

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

**“COMPORTAMIENTO FÍSICO MECÁNICO DEL CONCRETO
HIDRÁULICO ADICIONADO CON CAUCHO RECICLADO”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. CABANILLAS HUACHUA, EMMA ROCÍO.

ASESOR:

MG. ING. PÉREZ LOAYZA, HÉCTOR.

CAJAMARCA- PERÚ

2017

AGRADECIMIENTO

A Dios:

Agradezco infinitamente a Dios, por haberme guiado en todo momento por darme la fortaleza para seguir adelante a pesar de los múltiples obstáculos que se presenta en la vida.

A mi mamá Teodocia Magdalena Huachua Villagaray:

Gracias mamá, por una persona digna de admirar, por ser quien jamás dejó de creer en mí e incentivarme a continuar, tú quien con firmeza me ayudaste a conseguir cada meta.

A mi papá Víctor Cabanillas Flores:

Por ser apoyo en cada momento y fortaleza en mi vida. Por tus cuidados y consejos que me brindas para continuar por el camino correcto.

A mis Hermanos Grodver, Mery y Alexander Cabanillas Huachua:

Porque con cada ocurrencia me permitieron darme cuenta de lo que puedo ser capaz y así poder continuar con cada meta trazada.

Al Ing. Ulises Isaac Saldaña Alvarado:

Gracias por enseñarme a descubrir el significado de la Ingeniería, por incentivarme a continuar con una de mis más grandes metas.

A mis grandes amigos Isabel, Yaquí, Giovanna, Manuel y Joaquín:

Gracias por ser incondicionales conmigo, por darme siempre fuerzas y ánimos para seguir adelante.

A mi asesor Mg. Ing. Héctor Pérez Loayza:

Gracias por aceptarme para realizar esta tesis de pre grado bajo su dirección. Su apoyo y confianza en mi trabajo y su capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en mi formación para investigar. Las ideas propias, siempre enmarcadas en su orientación y rigurosidad, han sido la clave del buen trabajo que hemos realizado juntos, el cual no se puede concebir sin su siempre oportuna participación.

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres Víctor y Magdalena, por ser lo más importante en mi vida, por brindarme sus consejos, cariño, amor, valores y su incondicional apoyo y en recompensa a sus esfuerzos.

A mis hermanos, por darme soporte, por brindarme su compañía apoyo y amistad.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I	19
1.1. INTRODUCCIÓN	20
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.3. FORMULACIÓN INTERROGATIVA DEL PROBLEMA	21
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
1.5. ALCANCES O DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	22
1.6. OBJETIVOS	22
1.6.1. OBJETIVO GENERAL	22
1.6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
1.7. HIPÓTESIS	23
1.7.1. HIPÓTESIS GENERAL:	23
1.7.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:.....	23
1.8. DEFINICIÓN DE VARIABLES	23
1.8.1. VARIABLE DEPENDIENTE	23
1.8.2. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	23
CAPÍTULO II	24
2.1. MARCO TEÓRICO.....	25
2.1.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS	25
2.1.2. A NIVEL INTERNACIONAL.....	25
2.1.3. A NIVEL NACIONAL.....	26
2.1.4. A NIVEL NACIONAL.....	26
2.2. BASES TEÓRICAS	26

2.2.1. DEFINICIÓN DEL CONCRETO	26
2.2.2. COMPONENTES DEL CONCRETO.....	27
2.2.3. PROPIEDADES PRINCIPALES DEL CONCRETO	27
2.2.3.1. PROPIEDADES PRINCIPALES DEL CONCRETO FRESCO.....	27
2.2.3.2. TRABAJABILIDAD	28
2.2.3.2.1.1. ESTABILIDAD	28
2.2.3.2.1.2. COMPACTABILIDAD	29
2.2.3.2.1.3. MOVILIDAD	29
2.2.3.2.1.4. SEGREGACIÓN	29
2.2.3.2.1.5. EXUDACIÓN	30
2.2.3.2.2. CONTRACCIÓN.....	30
2.2.3.3. PROPIEDADES PRINCIPALES DEL CONCRETO ENDURECIDO	31
2.2.3.3.1. ELASTICIDAD (ASTM C 469 – 94)	31
2.2.3.3.2. RESISTENCIA	31
2.2.3.3.3. EXTENSIBILIDAD	32
2.2.4. TIPOS DE CONCRETO	32
2.2.5. CAUCHO RECICLADO	33
2.2.5.1. COMPOSICIÓN DE LOS NEUMÁTICOS.....	34
2.2.5.2. PROCESOS DE RECUPERACIÓN DE LOS NEUMÁTICOS PARA SU RECICLAJE	35
2.2.5.2.1. MÉTODOS MEDIANTE APLICACIÓN DE CALOR	35
2.2.5.2.2. MÉTODOS FÍSICOS.....	36
2.2.5.2.3. IMPACTO AMBIENTAL	39
2.2.6. TEORÍA DEL CEMENTO	39
2.2.6.1. CEMENTO PORTLAND (ASTM C-150, NTP 334.009; 2016).....	40

2.2.6.1.1.	DEFINICIÓN	40
2.2.6.1.2.	PROPIEDADES DEL CEMENTO	40
2.2.6.1.2.1.	FINEZA Y SUPERFICIE ESPECÍFICA (NTP 334.002; 2013, ASTM C-430).....	40
2.2.6.1.2.2.	PESO ESPECÍFICO (NTP 334.005/AD 1:2012).....	41
2.2.6.1.2.3.	CONTENIDO DE AIRE (NTP 334.048:2013)	41
2.2.6.1.2.4.	FRAGUADO (NTP 334.006-2013).....	41
2.2.6.1.2.5.	RESISTENCIA MECÁNICA (NTP 334.051; 2013)	42
2.2.6.1.2.6.	ESTABILIDAD DE VOLUMEN (NTP 334.004; 2008)	42
2.2.6.1.2.7.	CALOR DE HIDRATACIÓN (NTP 334.064; 2009)	42
2.2.7.	AGREGADOS (NTP 400.037-2014 – ASTM C 33 - 99)	42
2.2.7.1.	DEFINICIÓN.....	42
2.2.7.2.	CLASIFICACIÓN	43
2.2.7.2.1.	AGREGADO FINO (NTP 400.037-2014 – ASTM C 33 - 99)	43
2.2.7.2.2.	AGREGADO GRUESO (NTP 400.037; 2014 – ASTM C 33 - 99).....	44
2.2.7.2.3.	ARENA (NTP 400.011; 2008 REVISADA EL 2013 – ASTM C 33 - 99).....	46
2.2.7.2.4.	GRAVA (NTP 400.011; 2008 REVISADA EL 2013 – ASTM C 33 - 99).....	47
2.2.7.2.5.	PIEDRA TRITURADA O CHANCADA (NTP 400.011; 2008 REVISADA EL 2013 – ASTM C 33 - 99) 47	47
2.2.7.2.6.	FORMA Y TEXTURA SUPERFICIAL (NTP 400.011; 2008 REVISADA EL 2013 – ASTM C 33 - 99) 47	47
2.2.7.3.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS (NTP 400.037 – 2014) 48	48
2.2.7.3.1.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NTP 400.012; 2013 – ASTM C 136 – 96 a).....	48
2.2.7.3.2.	MÓDULO DE FINURA	49
2.2.7.3.3.	PARA EL AGREGADO FINO	49

2.2.7.3.4.	PARA EL AGREGADO GRUESO	49
2.2.7.3.5.	PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN (NORMA ASTM C 127 - 88, ASTM C 128 - 97, NTP 400.021; 2013)	50
2.2.7.3.5.1.	SELECCIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES	50
2.2.7.3.5.2.	PREPARACIÓN DE LA MUESTRA	50
2.2.7.3.5.3.	PROCEDIMIENTO DE ENSAYO.....	50
2.2.7.3.5.4.	EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS.....	51
2.2.7.3.6.	CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.185 - 2013).....	52
2.2.7.3.7.	PESO UNITARIO (NTP 400.017 – 2011 REVISADA EL 2016; ASTM C – 29/ C29M - 2009) 53	
2.2.7.3.8.	RESISTENCIA A LA ABRASIÓN (NTP 400.019 - 2014; ASTM C 131 - 96).....	54
2.2.8.	TEORÍA DEL AGUA PARA EL CONCRETO (NTP 339.088; 2014)	54
2.2.8.1.	AGUA DE MEZCLADO (NTP 339.088; 2014 – RNE E 60)	55
2.2.8.2.	AGUA DE CURADO (NTP 339.088; 2014 – RNE 060).....	55
2.2.8.3.	AGUA DE LAVADO (NTP 339.088; 2014).....	56
2.2.8.4.	FUNCIONES DEL AGUA EN LA MEZCLA	56
2.2.8.5.	USOS DEL AGUA.....	56
2.2.8.6.	REQUISITOS DE CALIDAD.....	56
2.2.8.7.	VERIFICACIÓN DE CALIDAD.....	56
2.2.9.	TEORÍA DEL DISEÑO DE MEZCLAS	56
2.2.9.1.	ELECCIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO	57
2.2.9.1.1.	CÁLCULO DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR.....	57
2.2.9.1.1.1.	PRIMER MÉTODO	57
2.2.9.1.1.2.	SEGUNDO MÉTODO	58

2.2.9.2.	CÁLCULO DE LA RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA	59
2.2.9.3.	ELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO (Slump)	59
2.2.9.4.	SELECCIÓN DE TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO	60
2.2.9.5.	ELECCIÓN DE LA RELACIÓN DE AGUA CEMENTO (A/C)	63
2.2.9.5.1.	POR RESISTENCIA	63
2.2.9.5.2.	POR DURABILIDAD.....	64
2.2.9.6.	CÁLCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO	65
2.2.9.7.	ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO Y FINO	65
2.2.9.7.1.	MÉTODO DEL MÓDULO DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS.....	65
2.2.9.8.	AJUSTE POR HUMEDAD Y ABSORCIÓN	66
2.2.9.9.	CÁLCULO DE LAS PROPORCIONES EN PESO.....	67
2.2.9.10.	CÁLCULO DE LAS PROPORCIONES EN VOLUMEN.....	67
2.2.10.	PRUEBAS DE ENSAYOS	67
2.2.10.1.	DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS.....	67
2.2.10.2.	CURADO (NTP 339.033; 2015 – ASTM C 31/C 31 M -98)	68
2.2.10.2.1.	ALMACENAMIENTO	68
2.2.10.2.2.	CURADO INICIAL	69
2.2.10.2.3.	CURADO FINAL.....	69
2.2.10.3.	PRUEBA DE ESPECÍMENES A COMPRESIÓN (NTP 339.034; 2015 – ASTM C 39/C 39 M - 99) 69	
2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	71
CAPÍTULO III.		74
3.1.	MATERIALES Y MÉTODOS	75
3.2.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	75

3.2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	75
3.2.2. DISEÑO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	75
3.2.3. POBLACIÓN DE ESTUDIO	76
3.2.4. MUESTRA	76
3.2.5. UNIDAD DE ANÁLISIS.....	77
3.3. PROCEDIMIENTO Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	77
3.3.1. TOMA DE MUESTRAS.....	77
3.3.2. SELECCIÓN DE CANTERA	77
3.3.3. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS	78
3.3.3.1. MATERIALES.....	78
3.3.3.2. EQUIPOS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN	79
3.3.3.3. HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN LA INVESTIGACIÓN.....	79
CAPÍTULO IV.....	81
4.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	82
4.1.1. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS.....	82
4.2. RESULTADOS DEL DISEÑO DE MEZCLA.....	86
4.3. RESULTADO DE AJUSTE DE DISEÑO DE MEZCLA	89
4.4. PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.....	90
4.5. PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO	91
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103
ANEXOS.....	105
PANEL FOTOGRÁFICO	180

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Composición típica de llantas.....	34
Tabla N° 2: Composición y características entre neumáticos.....	34
Tabla N° 3: Análisis químico del neumático.....	35
Tabla N° 4: Composición aproximada de un neumático de automóvil en peso.....	35
Tabla N° 5: Parque Vehicular total de circulación al 2012 en el Perú.....	39
Tabla N° 6: Principales componentes del cemento Portland.....	40
Tabla N° 7: Porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado fino.....	43
Tabla N° 8: Husos granulométricos del agregado fino (NTP 400.037 – ASTM C 33 - 99).....	44
Tabla N° 9: Sustancias perjudiciales en el agregado grueso.....	45
Tabla N° 10: Husos granulométricos del agregado gruesos (NTP 400.037; 2014 – ASTM C 33 – 99).....	46
Tabla N° 11: Cantidad de muestra a ensayar para el agregado grueso para análisis granulométrico (NTP 400.012 - 2013).....	49
Tabla N° 12: Requisitos para agua de mezcla y curado (NTP 339.088).....	55
Tabla N° 13: Factores de corrección.....	58
Tabla N° 14: Grado de control.....	59
Tabla N° 15: Consistencia y Asentamiento.....	60
Tabla N° 16: Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción.....	60
Tabla N° 17: Porcentaje que pasan por las siguientes mallas para determinación el tamaño máximo del agregado grueso.....	61
Tabla N° 18: Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.....	61

Tabla N° 19: Volumen unitario de agua de mezclado, para asentamientos y tamaño máximo nominal.....	62
Tabla N° 20: Determinación del aire atrapado según el tamaño máximo nominal.....	63
Tabla N° 21: Relación agua /cemento y resistencia a la compresión del concreto.	64
Tabla N° 22: Relación agua /cemento y resistencia a la compresión del concreto.	64
Tabla N° 23: Requisitos para condiciones especiales de exposición.	65
Tabla N° 24: Módulo de fineza de la combinación de agregados.....	66
Tabla N° 25. Tipificación de la investigación.....	75
Tabla N° 26. Matriz experimental de diseño y niveles de variable de estudio.....	76
Tabla N° 27. Gradación del agregado fino.....	82
Tabla N° 28. Resultados del análisis granulométrico de agregado fino.....	82
Tabla N° 29. Módulo de Finura del agregado fino.....	82
Tabla N° 30. Gradación del agregado grueso (Uso granulométrico N° 67 – ASTM C33)	83
Tabla N° 31. Resultados del análisis granulométrico de agregado grueso.....	84
Tabla N° 32. Módulo de Finura del agregado grueso.....	84
Tabla N° 33. Resultados de los ensayos de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados.....	85
Tabla N° 34. Diseño de prueba de Concreto Patrón	86
Tabla N° 35. Volumen de Sustitución del agregado fino por el 10% de adición de partículas de caucho reciclado.....	86
Tabla N° 36. Volumen de Sustitución del agregado fino por el 15% de adición de partículas de caucho reciclado.....	87
Tabla N° 37. Volumen de Sustitución del agregado fino por el 20% de adición de partículas de caucho reciclado.....	87
Tabla N° 38. Diseño de prueba concreto patrón	87

Tabla N° 38. Diseño de prueba con 10% de adición de partículas de caucho reciclado.....	88
Tabla N° 39. Diseño de prueba con 15% de adición de caucho reciclado.....	88
Tabla N° 40. Diseño de prueba con 20% de adición de caucho reciclado.....	88
Tabla N° 41. Diseño final de Concreto Patrón.....	89
Tabla N° 42. Diseño final de Concreto con sustitución del 10% de Agregado Fino por Partículas de Caucho Reciclado.....	89
Tabla N° 43. Diseño final de Concreto con sustitución del 15% de Agregado Fino por Partículas de Caucho Reciclado.....	89
Tabla N° 44. Diseño final de Concreto con sustitución del 20% de Agregado Fino por Partículas de Caucho Reciclado.....	90
Tabla N° 45. Valores de peso unitario para concreto fresco.....	90
Tabla N° 46. Variación del peso unitario en % respecto al concreto patrón.....	90
Tabla N° 47. Resistencia a compresión a los 7,14 y 28 días.....	92
Tabla N° 48. Variación de la resistencia en % respecto al concreto patrón.....	92
Tabla N° 49. Resumen comparativo de resultados de resistencia promedio a la compresión.....	93
Tabla N° 50. Módulo de Elasticidad con 10% de sustitución.....	97
Tabla N° 51. Módulo de Elasticidad con 15% de sustitución.....	98
Tabla N° 52. Módulo de Elasticidad con 20% de sustitución.....	98
Tabla N° 53. Módulo de Elasticidad con 0% de sustitución.....	98
Tabla N° 54. Diferencia del módulo de elasticidad respecto a la mezcla patrón.....	98
Tabla N° 55. Granulometría M1 de Agregado Fino.....	106
Tabla N° 56. Granulometría M2 de Agregado Fino.....	107
Tabla N° 57. Granulometría M3 de Agregado Fino.....	108
Tabla N° 58. Módulo de Finura del Agregado Fino.....	109

Tabla N° 59. Peso específico y absorción del Agregado Fino	109
Tabla N° 60. Cálculo factor f.....	110
Tabla N° 61. Peso unitario suelto del agregado fino	110
Tabla N° 62. Peso unitario compactado del Agregado Fino	111
Tabla N° 63. Contenido de Humedad del Agregado Fino.....	111
Tabla N° 64. Granulometría M1 de Agregado Grueso	112
Tabla N° 65. Granulometría M2 de Agregado Grueso	113
Tabla N° 66. Granulometría M3 de Agregado Grueso	114
Tabla N° 67. Módulo de Finura del Agregado Grueso.....	115
Tabla N° 68. Peso específico y absorción del Agregado Grueso	115
Tabla N° 69. Cálculo factor f.....	116
Tabla N° 70. Peso unitario suelto de Agregado Grueso	116
Tabla N° 71. Peso compactado suelto de Agregado Grueso	117
Tabla N° 72. Contenido de humedad de Agregado Grueso	117
Tabla N° 73. Resistencia a la abrasión de Agregado Grueso	117
Tabla N° 74. Granulometría M1 de Partículas de Caucho Reciclado	118
Tabla N° 75. Granulometría M2 de Partículas de Caucho Reciclado	119
Tabla N° 76. Módulo de Finura de las Partículas de Caucho Reciclado.....	121
Tabla N° 77. Peso específico de las Partículas de Caucho Reciclado	121
Tabla N° 78. Calculo del peso específico del agua	121
Tabla N° 79. Calculo del factor f	122
Tabla N° 80. Peso unitario suelto de las partículas de caucho reciclado.....	122
Tabla N° 81. Peso unitario compactado de las partículas de caucho reciclado.....	122

Tabla N° 74. Probeta Representativa a los 14 días.....	148
Tabla N° 75. Probeta Representativa a los 28 días.....	149
Tabla N° 76. Probeta Representativa a los 7 días con 10% adición de caucho.....	150
Tabla N° 77. Probeta Representativa a los 14 días con 10% adición de caucho.....	153
Tabla N° 78. Probeta Representativa a los 28 días con 10% adición de caucho.....	156
Tabla N° 79. Probeta Representativa a los 07 días con 15% adición de caucho.....	159
Tabla N° 80. Probeta Representativa a los 14 días con 15% adición de caucho.....	162
Tabla N° 81. Probeta Representativa a los 28 días con 15% adición de caucho.....	165
Tabla N° 82. Probeta Representativa a los 07 días con 20% adición de caucho.....	168
Tabla N° 83. Probeta Representativa a los 14 días con 20% adición de caucho.....	171
Tabla N° 84. Probeta Representativa a los 28 días con 20% adición de caucho.....	174
Tabla N° 93. Coeficiente de Variación y Desviación del Concreto con sustitución del Agregado Fino con caucho reciclado 10% a los 28 días.	177
Tabla N° 94. Coeficiente de Variación y Desviación del Concreto con sustitución del Agregado Fino con caucho reciclado 15% a los 28 días.	177
Tabla N° 95. Coeficiente de Variación y Desviación del Concreto con sustitución del Agregado Fino con caucho reciclado 20% a los 28 días.	178
Tabla N° 96. Coeficiente de Variación y Desviación del Concreto con natural a los 28 días. ...	178

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura N° 1. Depósito de Neumáticos en la tramo Cajamarca – Hualgayoc.	21
Figura N° 2. Componentes del concreto.....	27
Figura N° 3. Esfuerzo vs Deformación a los 7 días adición de caucho 0%.	147
Figura N° 4. Esfuerzo vs Deformación a los 14 días adición de caucho 0%.	148

Figura N° 5. Esfuerzo vs Deformación a los 28 días adición de caucho 0%	149
Figura N° 6. Esfuerzo vs Deformación a los 07 días adición de caucho 10%	150
Figura N° 7. Esfuerzo vs Deformación a los 14 días adición de caucho 10%	153
Figura N° 8. Esfuerzo vs Deformación a los 14 días adición de caucho 10%	156
Figura N° 9. Esfuerzo vs Deformación a los 07 días adición de caucho 15%	159
Figura N° 10. Esfuerzo vs Deformación a los 14 días adición de caucho 15%	162
Figura N° 11. Esfuerzo vs Deformación a los 28 días adición de caucho 15%	165
Figura N° 12. Esfuerzo vs Deformación a los 14 días adición de caucho 20%	168
Figura N° 13. Esfuerzo vs Deformación a los 14 días adición de caucho 20%	171
Figura N° 14. Esfuerzo vs Deformación a los 28 días adición de caucho 20%	174
Figura N° 15. Desviación estándar en la Resistencia a los 28 días	179

RESUMEN:

El objetivo principal planteado en este trabajo de investigación fue el de determinar el comportamiento mecánico del concreto elaborado con la adición de partículas de caucho reciclado, así como también determinar su influencia en sus propiedades físicas como su peso unitario.

Los porcentajes usados de caucho reciclado con una granulometría bien gradada con un M:F de 3.70, fueron 10%, 15% y 20% respecto al volumen del Agregado Fino en una mezcla homogénea de concreto cuya resistencia a la compresión, de diseño fue de 210 kg/cm².

La metodología seguida fue:

Determinación de las propiedades físico mecánicas de los agregados y del cemento, diseño de la mezcla patrón, diseño de mezclas de prueba, diseño de mezclas de concreto con adición sustitutoria de agregado fino por partículas de caucho reciclado en 10%, 15%, y 20%, determinación de la resistencia del concreto adicionado.

Al finalizar este trabajo de investigación se obtuvo como resultado que la resistencia mecánica a la compresión varía un 8.47% entre ambos diseños; el diseño elaborado con el 10% de adición de partículas de caucho reciclado obtuvo una resistencia de: 191.65 Kg/cm², mientras que el concreto patrón es de 209.39 kg/cm²; la diferencia de un 38.15% en la resistencia mecánica a la compresión lo obtuvo el concreto patrón y el 15% de adición de partículas de caucho reciclado obteniendo este una resistencia a la compresión de 129.52 Kg/cm² y por último la variación del concreto patrón y el concreto elaborado con el 20% de adición de partículas de caucho reciclado fue de 46.13%, obteniendo una resistencia de 112.79 Kg/cm² el concreto adicionado el 20% de partículas de caucho reciclado.

Palabras claves: Concreto, Partículas de Caucho Reciclado, Mezclas, Resistencia a la compresión, Medio ambiente

ABSTRACT:

The main objective of this research was to determine the mechanical behavior of the concrete made with the addition of recycled rubber particles, as well as to determine its influence on its physical properties as its unit weight.

The percentages of recycled rubber with a well graded granulometry with a M: F of 3.70 were 10%, 15% and 20% of the volume of the Fine Aggregate in a homogeneous concrete mixture whose design compressive strength was 210 kg / cm².

The methodology followed was:

Determination of mechanical properties of aggregate and cement aggregates, design of the masterbatch, design of test mixtures, design of concrete mixtures with addition of fine aggregate by recycled rubber particles in 10%, 15%, and 20%, Determining the strength of the added concrete.

At the end of this research, it was obtained that the mechanical resistance to compression varies by 8.47% between both designs; The design made with 10% addition of recycled rubber particles obtained a strength of: 191.65 Kg / cm², while the standard concrete is 209.39 kg / cm²; The difference of 38.15% in the mechanical resistance to compression was obtained by the standard concrete and the 15% addition of particles of recycled rubber obtaining a compressive strength of 129.52 kg / cm² and finally the variation of the standard concrete and The concrete made with the 20% addition of recycled rubber particles was 46.13%, obtaining a resistance of 112.79 kg / cm² the concrete added 20% of recycled rubber particles.

Keywords: Concrete, Recycled Rubber Particles, Mixtures, Compressive Strength, Environment

CAPÍTULO I.

1.1. INTRODUCCIÓN

Durante muchos años mientras un porcentaje de los neumáticos (llantas) de vehículos ha sido reprocesado y utilizado, otro tanto ha sido acumulado en lugares especiales o simplemente arrojado en zonas públicas, lo que ha venido causando un problema grave al medio ambiente y la salud pública (DAMA, 2006).

Además, el alto consumo de materiales de construcción como el concreto, genera un consumo excesivo de materias primas, que habitualmente se encuentran en la naturaleza, siendo la extracción de recursos naturales el impacto más importante, generador de afectaciones ambientales y paisajísticas, llevando a entidades de protección del ambiente y gobiernos distritales y nacionales a limitar cada vez más el acceso a estos recursos.

Sin embargo, el problema ambiental no recae únicamente en la explotación minera, sino que también se resalta el tema de generación de residuos como lo son las llantas, las cuales aumentan proporcionalmente con el parque automotor. El problema ambiental de los desechos de llantas se genera por el escaso conocimiento de planes de gestión de residuos, tanto por temas culturales como por la falta de políticas e investigaciones sobre la reutilización y disposición final de este tipo de residuos.

Considerando los anteriores panoramas, como son: la generación desmedida de llantas e insuficientes sitios de disposición final de las mismas y la escasez de recursos pétreos, se podría considerar que la reutilización de las llantas como material reciclado dentro del concreto, presenta una medida para contribuir al beneficio ambiental, técnico y económico para la sociedad.

El propósito de esta investigación, es evaluar la viabilidad técnica de incorporar residuos provenientes de llantas como materiales para la elaboración de concreto; para dicho propósito se presentan en este documento los objetivos a los que irá encaminada la investigación, además se describe el estado del arte a nivel mundial para concretos con partículas de caucho, sus propiedades y comportamientos.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Sólo en Estados Unidos se llegan a arrojar más de 300 millones de neumáticos usados de autos al año. Esto supone un importante problema desde el punto de vista de la gestión de los residuos y desde punto de vista medioambiental. La mayoría de estos neumáticos llegan a los vertederos

donde ocupan mucho espacio, pueden causar plagas y presentan un gran peligro en caso de incendio, ya que liberan productos químicos muy peligrosos.

Los neumáticos se fabrican a partir de caucho natural, caucho sintético y otras sustancias incluidos cables, textiles y numerosos productos químicos. Lo cierto es que el gran problema que tienen los neumáticos de los autos es que su proceso de reciclado resulta muy costoso.

Aunque podríamos decir que los neumáticos de los vehículos realizados a partir de caucho natural son productos sostenibles y perfectamente respetuosos con el medio ambiente, lo cierto es que la mayoría de los neumáticos utilizan un alto porcentaje de cauchos sintéticos, todos obtenidos a base de hidrocarburos, lo que hace que sean altamente contaminantes en el caso de combustión.

Figura N° 1. Depósito de Neumáticos en la tramo Cajamarca – Hualgayoc.



1.3. FORMULACIÓN INTERROGATIVA DEL PROBLEMA

El problema de esta investigación se puede resumir con la siguiente interrogante:

¿Cómo influye la adición de las partículas de caucho reciclado en el comportamiento mecánico del concreto hidráulico con cemento portland tipo I?

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Los estudios realizados a nivel mundial concluyen que estos concretos con residuos de llantas de caucho tiene la versatilidad de la resistencia a la compresión, con altas resistencias a la flexión y al corte.

En la ciudad de Cajamarca no existe investigación de Concretos fabricados con caucho reciclado, y el crecimiento poblacional precisa el crecimiento vertical de las edificaciones, cada vez con mayor altura. Esto obliga a innovar la tecnología de la construcción con materiales nuevos y de propiedades físicas y mecánicas de alto comportamiento, debido a la necesidad de utilizar secciones estructurales reducidas, costos bajos en el proceso constructivo y cumpliendo con los parámetros sísmicos establecidos por el RNE.

La razón de la presente investigación es por la necesidad de aportar diseños óptimos para la obtención de concretos reciclados, la tecnología de concreto local, empleando agregados locales, cemento y residuos de caucho reciclado.

1.5. ALCANCES O DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Con el presente proyecto de tesis se pretende determinar el diseño óptimo para obtener la resistencia a la compresión del concreto de un $f'c=210$ Kg/cm² y la mejora de sus propiedades mecánicas, utilizando la dosificación adecuada de agregados locales y residuos sólidos de llantas de caucho.

La dosificación del concreto de un $f'c=210$ Kg/cm² será únicamente, para agregados de la localidad de Cajamarca; delimitado por las propiedades físico-mecánico de los agregados de la cantera proveedora y en las proporciones de los residuos de llantas de caucho usados en el diseño.

1.6. OBJETIVOS

1.6.1. OBJETIVO GENERAL

- Diseñar y evaluar las propiedades físico - mecánicas del concreto elaborado con partículas de caucho reciclado, que reemplaza a un porcentaje de agregado fino, tanto en estado fresco como en estado endurecido.

1.6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados.
- Determinar el diseño de mezclas óptimo para la obtención del concreto patrón.

- Determinar la proporción óptima de partículas de caucho reciclado, para la obtención de un concreto de buena calidad.
- Determinar el incremento de resistencia a la compresión del concreto usando partículas de caucho reciclado.
- Determinar la influencia de las partículas de caucho en el comportamiento del concreto con la incorporación de caucho reciclado en los porcentajes de 0%, 10%, 15% y 20%.

1.7. HIPÓTESIS

1.7.1. HIPÓTESIS GENERAL:

- La resistencia a la compresión del concreto adicionado con partículas de caucho reciclado se incrementa en el 10% respecto a la resistencia del concreto patrón.

1.7.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:

- El concreto adicionado con caucho reciclado posee una mejor trabajabilidad.
- El concreto adicionado con caucho reciclado tiene un MAYOR módulo de elasticidad.

1.8. DEFINICIÓN DE VARIABLES

1.8.1. VARIABLE DEPENDIENTE

- Resistencia a la compresión de concretos de $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, adicionando partículas de caucho reciclado.

1.8.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

- Porcentaje de partículas de caucho reciclado.

CAPÍTULO II.

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

Hoy en día, el concreto es uno de los materiales de construcción más importante usando en nuestro medio a nivel del mundo. Es la agrupación o concreción (de ahí su denominación anglosajona concrete) de partículas de cemento, piedra y arena, constituyendo una especie de piedra artificial de elevada resistencia a la compresión, aunque baja a la tracción.

Ha pasado mucho tiempo desde estos trascendentales descubrimientos, se han desarrollado enormemente sus planteamientos teóricos y, tanto el concreto armado como el pretensado, han alcanzado un alto grado de madurez. Sin embargo, existe en cierta manera, la percepción de que la sociedad no valora justamente el nivel de la técnica involucrada en esta tecnología de construcción, quizás por las apariencias comunes con la construcción más tradicional e, incluso en el mundo científico, da la sensación a veces, de que se la considera una tecnología "menor" frente a los temas habituales "prioritarios", como son las tecnologías de la información, los "nuevos" materiales o el medio ambiente.

2.1.2. A NIVEL INTERNACIONAL

El Reino Unido es el país que utiliza más concreto reciclado, comenta Sakai. La mayoría de ese material se usa para infraestructura, como la construcción de los recintos para los Juegos Olímpicos de Londres en 2012.

Otro país que le da uso a sus materiales de residuo es Japón. La nación asiática fabrica concreto con los desperdicios de la construcción de su red carretera.

Pero el uso de concreto reciclado todavía tiene algunos problemas. "Por un lado se requiere de una gran cantidad de energía para producir agregados de alta calidad; y por otro, se genera una gran cantidad de polvo durante el proceso", señaló Sakai a la revista Obras. "Necesitamos desarrollar una tecnología que requiera menos energía, así como formas de manejar el polvo adecuadamente", concluyó el especialista.

Según, Albano, C., Camacho, N., Reyes, J., Feliu, JL, Hernández, M. (Venezuela - 2005). "Influencia de la adición de goma de desecho a Portland I compuestos concretos: los ensayos destructivos y no destructivos". Concluyo en general a partir de los datos analizados, que es factible reutilizar el 5% de goma de desecho, sin tener en cuenta su tamaño de partícula, como

áridos para mezclas de concreto ya que las principales características del hormigón no se deterioran. Además, podemos esperar una reducción del peso propio del hormigón y también la protección del medio ambiente mediante el reciclaje de recursos de los residuos.

Según, Hermes Andrés torres Ospina (Bogotá – Colombia 2014) en su tesis “Valoración de propiedades mecánicas y de durabilidad de concreto adicionado con residuos de llantas de caucho.” Concluyo en general las propiedades mecánicas y de durabilidad se vieron afectadas por el uso de caucho como reemplazo parcial de arena, presentando un comportamiento generalizado de reducción de valores frente a los presentados por la muestra sin sustitución de caucho. Los concretos con mayores pérdidas en la resistencia a la compresión son los que contienen altos porcentajes de sustitución de caucho.

Según, Cristhian Roman Peñaloza Garzón (Bogotá – Colombia 2015) en su tesis “Comportamiento mecánico de una mezcla para concreto reciclado usando neumáticos triturados como reemplazo del 10% y 30% del volumen del agregado fino para un concreto con fines de uso estructural” determinó las variaciones que experimentan las propiedades finales del hormigón al agregar distintas dosis de Neumáticos Reciclados Triturados, concluyendo que logra alcanzar la resistencia a la compresión de diseño a la edad de 28 días de acuerdo con los resultados encontrados las diferencias con el concreto convencional en cuanto a resistencia están por debajo del 3% para esa edad.

2.1.3. A NIVEL NACIONAL

En nuestro país aún no se ha trabajado con concreto elaborado con caucho, el cual en otros países es hasta el momento un gran avance en la ingeniería.

2.1.4. A NIVEL NACIONAL

En Cajamarca aún no se ha trabajado con concreto elaborado con caucho.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. DEFINICIÓN DEL CONCRETO

El concreto es un material heterogéneo el cual está compuesto principalmente por la combinación de cemento, agua, agregado fino y grueso. Además, contiene un pequeño volumen de aire atrapado y puede contener aire intencionalmente incorporado mediante el empleo aditivo (Rivva 2007).

2.2.2. COMPONENTES DEL CONCRETO

Según Giraldo, B.O. (2003), el concreto fresco es una mezcla semilíquida de cemento portland, arena (agregado fino), grava o piedra triturada (agregado grueso), agua y aditivos. Mediante un proceso llamado hidratación, las partículas del cemento reaccionan químicamente con el agua y el concreto se endurece y se convierte en un material durable. Cuando se mezcla, se hace el vaciado y se cura de manera apropiada, el concreto forma estructuras sólidas capaces de soportar las temperaturas extremas del invierno y del verano sin requerir de mucho mantenimiento. El material que se utilice en la preparación del concreto afecta la facilidad con que pueda vaciarse y con la que se le pueda dar el acabado; también influye en el tiempo que tarde en endurecer, la resistencia que pueda adquirir, y lo bien que cumpla las funciones para las que fue preparado.

Figura N° 2. Componentes del concreto.



Fuente: Componentes del concreto – Covenin 1753 (2011).

2.2.3. PROPIEDADES PRINCIPALES DEL CONCRETO

Según Giraldo, B.O. (2003), el concreto fresco es una mezcla semilíquida de cemento portland, arena (agregado fino), grava o piedra triturada (agregado grueso), agua y aditivos. Mediante un proceso llamado hidratación, las partículas del cemento reaccionan químicamente con el agua y el concreto se endurece y se convierte en un material durable.

2.2.3.1. PROPIEDADES PRINCIPALES DEL CONCRETO FRESCO

El estado fresco se define como el tiempo que transcurre entre el momento que se puso en contacto el agua con el cemento hasta cuando el concreto comienza a rigidizarse (fraguado). Muchas de las propiedades exigibles a un concreto en estado endurecido dependen de las propiedades de éste cuando se encuentra en estado fresco.

2.2.3.2. TRABAJABILIDAD

La resistencia del hormigón se ve seriamente afectada por el grado de compactación por ello la consistencia de la mezcla debe permitir su transporte, colocación y terminación sin segregación y eliminar las burbujas de aire atrapado en la hormigonera.

Un hormigón es trabajable, según Waltz, cuando:

- Es fácilmente bien mezclado con un esfuerzo razonable.
- No se produce segregación ni exudación durante el transporte, colocación y compactado.
- Es correctamente compactado con los equipos disponibles.
- La exudación no produce “canales” o “nidos de abejas” significativos.

La trabajabilidad es la cualidad o el conjunto de cualidades que hacen al concreto más o menos fácil de ser colocado en una estructura. Una mezcla será trabajable en función del equipo disponible de compactación y del tipo de estructura al cual estará destinado. La relación entre el volumen de vacíos entre partículas de agregado y el volumen de pasta está entre 1.03 y 1.10, es decir que hay entre un tres y un 10 % más de pasta que de vacíos a rellenar. Cuanto mayor sea este porcentaje, más plástico será el hormigón. Si la cantidad de pasta es escasa, no se logrará llenar bien los encofrados, no existirá suficiente cohesión en la mezcla, y en consecuencia la mezcla no será trabajable.

Para lograr una mayor aproximación a la trabajabilidad, la Reología que es la ciencia que estudia el flujo o deslizamiento de los materiales, ha establecido los siguientes conceptos que permiten enfocar con más precisión el comportamiento del concreto en estado fresco y por consiguiente su trabajabilidad:

2.2.3.2.1.1. ESTABILIDAD

Es el desplazamiento o flujo que se produce en el concreto sin mediar la aplicación de fuerzas externas.

Se cuantifica por medio de la exudación y la segregación, evaluada con métodos standard que permiten comparar dichas características entre varios diseños, siendo obvio que se debe buscar obtener los valores mínimos.

Es interesante notar que ambos fenómenos no dependen expresamente del exceso de agua en la mezcla sino del contenido de finos y de las propiedades adherentes de la pasta.

2.2.3.2.1.2. COMPACTABILIDAD

Es la medida de la facilidad con que puede compactarse el concreto fresco. Existen varios métodos que establecen el denominado “Factor de compactación”, que evalúa la cantidad de trabajo que se necesita para la compactación total, y que consiste en el cociente entre la densidad suelta del concreto en la prueba, dividido entre la densidad del concreto compactado.

2.2.3.2.1.3. MOVILIDAD

Es la facilidad del concreto a ser desplazado mediante la aplicación de trabajo externo. Se evalúan en función de la viscosidad, cohesión y resistencia interna al corte.

La viscosidad viene dada por la fricción entre las capas de la pasta de cemento, la cohesión es la fuerza de adherencia entre la pasta de cemento y los agregados, y la resistencia interna al corte la provee la habilidad de las partículas de agregados a rotar y desplazarse dentro de la pasta.

2.2.3.2.1.4. SEGREGACIÓN

Es la separación de los constituyentes de una mezcla heterogénea de modo que la distribución de tamaños de las partículas componentes deja de ser uniforme. Las diferencias en tamaño y en densidad de las partículas son las causas principales de la segregación, pero su magnitud puede disminuirse con la selección de una granulometría adecuada y un manejo cuidadoso del material. Existen dos tipos de segregación:

- **Segregación interna:** en este caso las partículas grandes tienden a separarse, (por asentamiento o descohesión) o la pasta se separa de los agregados.
- **Segregación externa:** las fuerzas exteriores que actúan sobre el hormigón fresco superan las fuerzas internas de cohesión. Esto ocurre durante el transporte, colocación y vibrado. El concreto debe colocarse directamente en su posición definitiva, sin moverlo, ni dejarlo fluir sobre los encofrados, ni aplicarle un vibrado prolongado. El vibrado se suspende cuando dejan de aparecer burbujas de aire en la superficie. En concretos normales la segregación producirá una gran concentración de agregado grueso en la parte inferior del molde y en los concretos livianos, será en la parte superior, debido a su tendencia a flotar. La segregación

origina en la estructura puntos de muy baja resistencia, se forman zonas sin mortero denominados nidos de abeja, que permiten el ataque al concreto y al acero, de fluidos agresivos. Así se disminuye la seguridad de la estructura y su vida útil.

2.2.3.2.1.5. EXUDACIÓN

Este mecanismo es una forma especial de segregación, donde parte del agua de amasado tiende a ascender hacia la superficie del concreto recién colocado, por ser el componente de menor densidad de la mezcla y a la poca capacidad de la estructura granular para retenerla. Se puede considerar a la exudación como un caso particular de sedimentación. Como consecuencia de la exudación la parte superior del concreto tiene una relación a/c mayor, es porosa, débil al desgaste y al efecto de congelación. Debajo de las partículas de agregado grueso se acumula agua debilitando la interfaz "pasta-agregado". También, este efecto se produce debajo de las armaduras, disminuyendo la adherencia entre el concreto y el acero. El agua deja tras de sí estructuras capilares, orientados en una misma dirección, que aumenta la permeabilidad y facilita el ataque de agentes agresivos (cloruros, sulfatos). En el caso de estructuras de poco espesor, pavimentos, losas, cuando la velocidad de evaporación es mayor que la de exudación se producen fisuras de contracción plástica.

Existen dos tipos de exudación:

- **Exudación uniforme:** el fenómeno se desarrolla en toda la superficie libre del hormigón.
- **Exudación canalizada:** en este caso el agua arrastra las partículas finas de cemento y de agregado. Se produce un sifonaje y también, se puede producir en el caso de encofrados no estancos.

2.2.3.2.2. CONTRACCIÓN

Es una de las propiedades más importantes en función de los problemas de fisuración que acarrea con frecuencia.

Es el acortamiento que experimenta el concreto durante el proceso de endurecimiento y secado. Se debe principalmente a la pérdida por evaporación del exceso de agua de mezclado. La contracción del concreto se conoce como resultado de la pérdida de humedad.

Ya hemos visto que la pasta de cemento necesariamente se contrae debido a la reducción del volumen original de agua por combinación química, y a esto se le llama contracción intrínseca que es un proceso irreversible.

Pero además existe otro tipo de contracción inherente también a la pasta de cemento y es la llamada contracción por secado, que es la responsable del mayor parte de los problemas de deformación, dado que ocurre tanto en el estado plástico como en el endurecido si se permite la pérdida de agua en la mezcla.

Este proceso no es irreversible, ya que, si se repone el agua perdida por secado, se recupera gran parte de la contracción acaecida.

2.2.3.3. PROPIEDADES PRINCIPALES DEL CONCRETO ENDURECIDO

2.2.3.3.1. ELASTICIDAD (ASTM C 469 – 94)

Es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente.

El concreto no es un material elástico estrictamente hablando, ya que no tiene un comportamiento lineal en ningún tramo de su diagrama carga vs deformación en compresión, sin embargo, convencionalmente se acostumbra definir un “Módulo de elasticidad estático” del concreto mediante una recta tangente a la parte inicial del diagrama, o una recta secante que une el origen del diagrama con un punto establecido que normalmente es un % de la tensión última.

Los módulos de Elasticidad normales oscilan entre 250,000 a 350,000 kg/cm² y están en relación inversa con la relación Agua/Cemento.

Conceptualmente, las mezclas más ricas tienen módulos de Elasticidad mayores y mayor capacidad de deformación que las mezclas pobres. La norma que establece como determinar el Módulo de elasticidad estático del concreto es la ASTM C- 469.

2.2.3.3.2. RESISTENCIA

Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento.

Depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra expresar en términos de la relación Agua/Cemento en peso.

La afectan además los mismos factores que influyen en las características resistentes de la pasta, como son la temperatura y el tiempo, aunados a otros elementos adicionales constituidos por el tipo y características resistentes del cemento en particular que se use y de la calidad de los agregados, que complementan la estructura del concreto.

Un factor indirecto, pero no por eso menos importante en la resistencia, lo constituye el curado ya que es el complemento del proceso de hidratación sin el cual no se llegan a desarrollar completamente las características resistentes del concreto.

2.2.3.3.3. EXTENSIBILIDAD

Es la propiedad del concreto de deformarse sin agrietarse. Se define en función de la deformación unitaria máxima que puede asumir el concreto sin que ocurran fisuraciones.

Depende de la elasticidad y del denominado flujo plástico, constituido por la deformación que tiene el concreto bajo carga constante en el tiempo.

El flujo plástico tiene la particularidad de ser parcialmente recuperable, estando relacionado también con la contracción, pese a ser dos fenómenos nominalmente independientes.

2.2.4. TIPOS DE CONCRETO

Según (Gutiérrez, L.2003).

- **Concreto ordinario.** - También se suele referir a él denominándolo simplemente concreto. Es el material obtenido al mezclar cemento portland, agua y áridos de varios tamaños, superiores e inferiores a 5 mm, es decir, con grava y arena.
- **Concreto en masa.** - Es el concreto que no contiene en su interior armaduras de acero. Este concreto solo es apto para resistir esfuerzos de compresión.
- **Concreto armado.** - Es el concreto que en su interior tiene armaduras de acero, debidamente calculadas y situadas. Este hormigón es apto para resistir esfuerzos de compresión y tracción.
- **Concreto pretensado.** - Es el concreto que tiene en su interior una armadura de acero especial sometida a tracción. Puede ser pre-tensado si la armadura se ha tensado antes de colocar el concreto fresco o post-tensado si la armadura se tensa cuando el concreto ha adquirido su resistencia.

- **Mortero.** - Es una mezcla de cemento, agua y arena (árido fino), es decir, un concreto normal sin árido grueso.
- **Concreto ciclópeo.** - Es el concreto simple en cuya masa se incorporan grandes piedras o bloques; y q no contiene armadura.
- **Concreto sin finos.** - Es aquel que sólo tiene árido grueso, es decir, no tiene arena (árido menor de 5 mm).
- **Concreto aireado o celular.** - Se obtiene incorporando a la mezcla aire u otros gases derivados de reacciones químicas, resultando un concreto de baja densidad.
- **Concreto de alta densidad.** - Fabricados con áridos de densidades superiores a los habituales (normalmente barita, magnetita, hematita). El concreto pesado se utiliza para blindar estructuras y proteger frente a la radiación.

2.2.5. CAUCHO RECICLADO

Se le denomina caucho reciclado, al caucho reutilizado de los neumáticos que ya acabaron su vida útil, los neumáticos reutilizables son además de una fuente de energía aprovechable, un residuo que al ser valorizado puede ser usado en infinidad de aplicaciones. Por ello, debemos evitar a toda costa su depósito en vertedero y avanzar en su correcta gestión en las plantas de reciclaje que estén autorizadas a ello.

Para la Federación Española de la Recuperación y el Reciclaje (FER), miembro del Comité Organizador de SRR, en la actualidad existe recorrido para aprovechar todo el potencial que ofrece este sector. “Aunque el caucho se recicla cada vez más con nuevas aplicaciones, una gran parte del mismo se emplea como combustible alternativo con fines energéticos”, asegura Alicia García-Franco, directora general de la FER. “Para optimizar la capacidad tecnológica de las plantas de recuperación y reciclado de NFU, es necesario promover nuevos proyectos y concienciar a la sociedad de las opciones que ofrece el caucho reciclado, de forma que se consuman productos hechos con este material”, añade la responsable de esta Federación.

Por su propia naturaleza, el caucho ofrece muchas posibilidades al reciclarlo. Entre otras utilidades, las distintas fracciones de este material se pueden utilizar para la fabricación de suelos elásticos prefabricados en forma de baldosas, planchas o rollos, para pavimentos deportivos o parques infantiles.

Las partículas de tamaño intermedio pueden dedicarse a rellenar campos de césped artificial, y las más finas como aditivo para mejorar la calidad de las mezclas asfálticas y como componente para la fabricación de piezas en la industria del caucho. Además, este material es un excelente aislante, tanto térmico como acústico, un campo donde existe una importante vía de desarrollo para el sector. Alternativas como estas permiten dar una salida más útil y eficiente al elevado volumen de neumáticos.

2.2.5.1. COMPOSICIÓN DE LOS NEUMÁTICOS

Los neumáticos o llantas están compuestas de una gran cantidad de materiales, que les dan dependiendo del uso al cual se destinan, sus características especiales como resistencia a la carga, posibilidad de manejar alta presión, características de adherencia, entre otros.

Tabla N° 1: Composición típica de llantas.

Material	composición (%)	
	Automoviles	Camiones
Caucho natural	14	27
Caucho sintefico	27	14
Rellenos Reforzantes	28	28
Acero	14	15
Antioxidantes y rellenos	17	16

Fuente: Secretaria de medio ambiente - Bogotá (2006).

Tabla N° 2: Composición y características entre neumáticos.

COMPOSICION Y CARACTERISTICAS	Autos Camionetas	Camiones Buses
Caucho natural	14%	27%
Caucho sintético	27%	14%
Negro de humo 28%	28%	28%
Acero	14 – 15%	14 – 15%
Fibra textil, suavizantes, óxidos, antioxidantes	16 – 17%	16 – 17%
Peso promedio	8,6 kg	45,5 kg
Volumen	0,06 m³	0,36 m³

Fuente: Rubber Manufacturers Association.

Los neumáticos tienen más de 200 materias distintas necesarias; Neumáticos negros de carbono, sílices, azufres, plastificantes, vulcanizantes y también hilos metálicos o textiles como el poliéster, el rayón, el kevlar. Estas diversas materias primas se convertirán en un sin número de elementos, productos planos o perfilados, telas metálicas o textiles, aros. El conjunto de estos

productos darán al neumático sus propiedades de elasticidad, resistencia al desgaste, adherencia y longevidad.

Tabla N° 3: Análisis químico del neumático.

Elemento	Porcentaje
Carbono (C)	70
Hidrogeno (H)	7
Azufre (S)	1..3
Cloro (Cl)	0,2...0,6
Fierro (Fe)	15
Oxido de Zinc (ZnO)	2
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	5
Cromo (Cr)	97 ppm
Níquel (Ni)	77 ppm
Plomo (Pb)	60 – 760 ppm
Cadmio	5 – 10 ppm
Talio	0,2 – 0,3 ppm

Fuente: Combustibles alternativos – Holderbank (1997).

Tabla N° 4: Composición aproximada de un neumático de automóvil en peso.

Caucho	62,0
Betún	3,0
Oxido de zinc	3,0
Negro de humo	25,0
Acido esteartico	2,5
Alquitrán pino	1,3
Azufre	2,0
Antioxidante	0,6
Acelerador	0,6
Total	100,0

Fuente: www.goodyear.cl

2.2.5.2. PROCESOS DE RECUPERACIÓN DE LOS NEUMÁTICOS PARA SU RECICLAJE

2.2.5.2.1. MÉTODOS MEDIANTE APLICACIÓN DE CALOR

- **TERMÓLISIS**

La termólisis es la reacción en la que un compuesto se separa al menos en otros dos cuando se somete a temperaturas elevadas. Los neumáticos se someten a un calentamiento anaerobio (sin presencia de oxígeno). Las altas temperaturas y la ausencia del oxígeno destruyen los enlaces

químicos que forman en sí el neumático, de forma que aparecen cadenas de hidrocarburos que son los compuestos originales del neumático. Mediante este proceso se obtienen metales, hidrocarburos sólidos y gaseosos que pueden volver a la producción de neumáticos u a otras actividades.

- **PIROLISIS**

La pirolisis es la descomposición química de la materia orgánica y de todo tipo de materiales excepto metales y vidrios causada por el calentamiento en ausencia de oxígeno, pero sin producir dioxinas ni furanos muy contaminantes al medioambiente. En el caso de los neumáticos mediante pirolisis se produce la degradación del caucho mediante la aplicación de calor obteniendo: GAZ, un gas similar al propano que se puede emplear para su uso industrial, y aceite industrial líquido que puede ser refinado en diésel, coke y acero.

- **INCINERACIÓN**

La incineración es la combustión completa de la materia orgánica hasta su conversión en cenizas llevada a cabo en hornos mediante oxidación química en presencia de un exceso de oxígeno. Este es un proceso costoso que además presenta la dificultad de las diferentes velocidades de combustión de los materiales que forman el neumático y la necesidad si o si de una depuración de los residuos gaseosos que se emiten en el proceso por lo que es un proceso que no es fácil de controlar. Este proceso genera calor que puede ser usado como energía. En el caso de que la incineración no estuviera controlada el impacto ambiental sería elevadísimo: liberación de gases como monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, óxidos de zinc, óxidos de plomo,.... Además el hollín contiene cantidades importantes de hidrocarburos aromáticos poli cíclicos altamente cancerígenos y también muchos de los residuos generados son solubles al agua por lo que entrarían en la cadena trófica y de ahí a los seres humanos.

2.2.5.2.2. MÉTODOS FÍSICOS

- **TRITURACIÓN CRIOGÉNICA**

La trituración criogénica consiste en congelar con nitrógeno líquido llantas enteras, las cuales son golpeadas para obtener el caucho en forma de polvo, con liberación de nitrógeno gaseoso.

Este proceso tiene como ventaja el reducido tamaño de las partículas obtenidas y como desventaja el hecho de que las partículas de acero y caucho se encuentran mezcladas; adicionalmente

requiere instalaciones con altos costos de inversión y mantenimiento, así como maquinaria altamente especializada

Este método necesita unas instalaciones muy complejas lo que hace que tampoco sean rentables económicamente y el mantenimiento de la maquinaria y del proceso es difícil. La baja calidad de los productos obtenidos y la dificultad material y económica para purificar y separar el caucho y el metal entre si y de los materiales textiles que forman el neumático provoca que este sistema sea poco recomendable.

- **TRITURACIÓN MECÁNICA**

Este proceso es puramente mecánico, no existen agentes químicos ni adición de calor. Consta de pasar el neumático inicial por una serie de triturados sucesivos hasta conseguir reducir su volumen a un tamaño de salida muy pequeño, el cual dependerá del uso posterior que se le vaya a dar al producto.

Conversión de neumáticos en energía eléctrica

Los residuos de neumáticos una vez preparados pueden convertirse en energía eléctrica utilizable en la propia planta de reciclaje o conducida a otras instalaciones distribuidoras. Los residuos se introducen en una caldera donde se realiza la combustión. El calor que se libera en la misma se convierte en vapor de elevada temperatura y presión que se conduce hasta una turbina. Al expandirse mueve la turbina y el generador acoplado a ella produce electricidad, que tiene que se transformada posteriormente para su uso directo.

La mayor ventaja de este proceso es que se obtienen productos de buena calidad con un reducido número de etapas de proceso; adicionalmente no requiere de etapas de purificación ya que no se emplean sustancias ajenas a las llantas.

Este es el método empleado en el presente estudio para obtención de las partículas de caucho reciclado usadas

El proceso de transformación del caucho por el método de la trituración mecánica es el siguiente:

- **Desgarradora de llantas – acero:** Extrae el aro de acero de la llanta, obteniendo un acero que es nuevamente aprovechado en las siderúrgicas.

- **Primer proceso de trituración:** Las llantas son puestas en una banda que las dirige a la tolva principal en cuyo interior hay varios juegos de cuchillas de acero de alta resistencia, que cuentan con una capacidad de procesamiento de dos (2) toneladas/hora, de allí se obtienen los trozos de caucho con tamaño aproximado de 120 mm.
- **Pre-granulador o Rasper:** Equipo de molienda secundaria que tiene una capacidad de cuatro (4) toneladas/hora y que alimenta dos granuladores. A partir del pre-granulador es eliminado el acero hasta obtener un producto libre de metal.
- **Planta de granulometría fina:** Dos molinos granuladores producen gránulos entre malla 8 y malla 30; uno de los productos de mayor aceptación dentro del mercado mundial utilizado en la construcción de carreteras ecológicas.
- **Extractor de fibra:** Un conjunto de ciclones extrae la fibra del material generado por el molino granulador, que puede incorporarse a los procesos de fabricación de artículos de cemento, como tejas entre otros.
- **Extractor de acero:** El acero hecho casi polvo es separado del granulo de caucho en la última etapa, gracias a la presencia de dos electroimanes en línea.



Figura. 1. Tamaños de las partículas de caucho reciclado triturado en el mercado

Fuente: Cauchoperu.com

2.2.5.2.3. IMPACTO AMBIENTAL

Cada año, millones de neumáticos son desechados en todo el mundo. El principal inconveniente con los neumáticos usados es su disposición final; dado que la mayoría de ellos terminan en sitios eriazos o en vertederos clandestinos. El almacenamiento ocupa un espacio considerable, aparte del peligro por la posibilidad de incendios y además por ser un terreno ideal para la proliferación de roedores e insectos que a menudo son transmisores de enfermedades. La quema directa provoca graves problemas, ambientales ya que produce emisión de gases que contienen partículas nocivas para el entorno.

Se ha estimado que un 80 % de los neumáticos desechados, proceden de automóviles o camionetas, un 20 % de los vehículos pesados, y alrededor del 1 % restante son neumáticos especiales para motocicletas, aviones, equipos de construcción y vehículos especiales.

Tabla N° 5: Parque Vehicular total de circulación al 2012 en el Perú.

AÑO	Tipo de Neumático	Cantidad de Vehículos / und.	Peso del NFU(kg.)	Neumático por vehículo	Recambio anual medio	Unidades de NFU por año	Cant. De Ton. Por año
2012	CAMIONES	171,407.00	55	10	4	685,628.00	37,709.54
	PASAJEROS	377,572.00	10	4	1.33	502,170.76	5,021.71
	PARTICULARES	1,588,858.00	7	4	0.8	1,271,086.40	8,897.60
2012	TOTAL	2,137,837.00				2,458,885.16	51,628.85

Fuente: Ministerio de transportes 2012

NFU: neumáticos fuera de uso

2.2.6. TEORÍA DEL CEMENTO

El crecimiento en el consumo de cemento está directamente relacionado con el aumento de la población mundial y con el desarrollo de los países mediante las obras de ingeniería civil e infraestructura, se puede pensar que al menos a corto plazo el concreto y el mortero seguirán siendo los medios más baratos de construir y su consumo no cesará de aumentar proporcionalmente al crecimiento de la población y al desarrollo, con lo que el cemento que es el componente activo de ellos también lo hará. Se define como una mezcla de caliza quemada,

hierro, sílice y alúmina, estos materiales son mezclados en un horno de secar y pulverizados hasta convertirlo en un polvo muy fino llamado cemento. (Rivva, E. 2000).

Tabla N° 6: Principales componentes del cemento Portland.

SiO_2 :	16 - 26 %	SO_3 :	0,1 - 2,5 %
Al_2O_3 :	4 - 8 %	Mn_2O_3 :	0 - 3,0 %
Fe_2O_3 :	2 - 5 %	TiO_2 :	0 - 0,5 %
CaO :	58 - 67 %	P_2O_5 :	0 - 1,5 %
MgO :	1 - 5 %	PxC :	0,5 - 3,0 %
$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$:	0 - 1 %		

Fuente: Cementos Pacasmayo S.A.A.

2.2.6.1. CEMENTO PORTLAND (ASTM C-150, NTP 334.009; 2016)

2.2.6.1.1. DEFINICIÓN

El cemento es un producto artificial obtenido por la calcinación de mezcla adecuadamente molida de caliza, arcilla y minerales de hierro, formándose así un compuesto llamado Clinker. Luego se pulveriza el Clinker de cemento portland y se adiciona Yeso (sulfato de cálcico di hidratado), lo cual permite a la mezcla fraguar y endurecer. El cemento combinado con agregados pétreos (grava y arena) y agua, crea una mezcla uniforme, maleable y plástica que fragua y se endurece, adquiriendo consistencia pétreo, denominada concreto.

2.2.6.1.2. PROPIEDADES DEL CEMENTO

2.2.6.1.2.1. FINEZA Y SUPERFICIE ESPECÍFICA (NTP 334.002; 2013, ASTM C-430)

La fineza de un cemento es función del grado de molienda del mismo y está íntimamente ligado a su valor hidráulico. Puesto que la hidratación de los granos de cemento ocurre desde la superficie hacia el interior, el área superficial total de las partículas de cemento constituyen el material de hidratación. La importancia de la finura de un cemento radica en la influencia que puede tener sobre la velocidad de hidratación, la resistencia inicial y el calor generado.

La fragua de los cementos es más rápida y el agrietamiento más temprano conforme son más finos. La exudación disminuye conforme la fineza se incrementa; y la absorción se incrementa con el grosor del grano.

La resistencia a la compresión se incrementa más que la resistencia a la tensión conforme aumenta la fineza del cemento. La resistencia a la compresión está relacionada a la resistencia a la flexión como la raíz cuadrada de la superficie específica. La contracción parece ser una función lineal de la superficie específica y el agrietamiento puede relacionarse con el grado de desarrollo de resistencia del concreto y en general, los cementos que ganan rápidamente su resistencia son los más propensos a agrietarse.

Al aumentar la fineza de cualquier cemento aumenta su velocidad para desarrollar resistencia y así indirectamente, el riesgo de grietas por contracción.

2.2.6.1.2.2. PESO ESPECÍFICO (NTP 334.005/AD 1:2012)

El peso específico del cemento corresponde al material al estado compacto, su valor suele variar para los cementos portland normales, entre 3.00 gr/cm³ y 3.20 gr/cm³, las normas norteamericanas consideran un valor promedio de 3.15 gr/cm³ y las normas alemanas e inglesas un valor promedio de 3.12 gr/cm³, su determinación es particularmente necesaria en relación con el control y diseño de las mezclas de concreto.

2.2.6.1.2.3. CONTENIDO DE AIRE (NTP 334.048:2013)

La presencia de cantidades excesivas de aire en el cemento puede ser un factor que contribuya a la disminución de la resistencia de los concretos preparados con este. El ensayo de contenido de aire da un índice indirecto de la fineza y grado de molienda del cemento.

2.2.6.1.2.4. FRAGUADO (NTP 334.006-2013)

Este es el término utilizado para describir la rigidez de la pasta del cemento, aun cuando la definición de rigidez de la pasta puede considerarse un poco arbitraria. En términos generales el fraguado se refiere a un cambio del estado fluido al estado rígido. Aunque durante el fraguado la pasta adquiere cierta resistencia, para efectos prácticos es conveniente distinguir el fraguado del endurecimiento, pues este último término se refiere al incremento de resistencia de una pasta de cemento fraguada.

El tiempo de fragua de las pastas de cemento, a las que se ha dado consistencia normal se mide por la capacidad que tenga la pasta de soportar el peso de una varilla o aguja determinada, para determinar el tiempo de fraguado se sigue las normas siguientes:

- ✓ Fraguado Vicat, de acuerdo a la NTP 334.006-2003
- ✓ Fraguado Gilmore, de acuerdo a la NTP 334.056-2002

2.2.6.1.2.5. RESISTENCIA MECÁNICA (NTP 334.051; 2013)

La resistencia mecánica del cemento endurecido es la propiedad del material que posiblemente resulta más obvia en cuanto a los requisitos para usos estructurales. Por lo tanto, no es sorprendente que las pruebas de resistencia estén especificadas en todas las especificaciones del cemento. El valor de la resistencia a los 28 días se considera como la resistencia del cemento.

2.2.6.1.2.6. ESTABILIDAD DE VOLUMEN (NTP 334.004; 2008)

Es la capacidad de este para mantener un volumen constante una vez fraguado. Se considera que un cemento es poco estable cuando tiende a sufrir un proceso de expansión lentamente y por un largo periodo de tiempo, el efecto de un cemento poco estable no puede ser apreciado durante meses pero a la larga es capaz de originar fuertes agrietamientos en el concreto y fallas eventuales.

2.2.6.1.2.7. CALOR DE HIDRATACIÓN (NTP 334.064; 2009)

Es el calor que se desprende durante la reacción que se produce entre el agua y el cemento al estar en contacto, el contacto se puede llevar a cabo aun si el agua está en forma de vapor, por lo que es muy importante que el cemento este protegido de medio ambiente hasta el momento que se le mezcle con el agua el calor de hidratación que se produce en un cemento normal es de 85 a 100 cal/g.

2.2.7. AGREGADOS (NTP 400.037-2014 – ASTM C 33 - 99)

2.2.7.1. DEFINICIÓN

La norma técnica peruana de concreto armado E 0.60, define a los agregados de la siguiente manera: "Agregado: Conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratadas o elaboradas y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la norma ITINTEC 400.037." (Ministerio de Viviendo, Construcción y Saneamiento 2006:242) Los agregados

se dividen en Agregados Gruesos y Agregados Finos. El primero se define como el material retenido en el tamiz N4 (4.75 mm), en cambio los agregados finos son las partículas pasantes del tamiz N° 4.

2.2.7.2. CLASIFICACIÓN

2.2.7.2.1. AGREGADO FINO (NTP 400.037-2014 – ASTM C 33 - 99)

La norma técnica (NTP 400.011) define como agregado fino al proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el tamiz 9.51 mm (3/8”) y queda retenido en el tamiz 0.074 mm (N°200); además de cumplir con los límites establecidos en la norma NTP 400.037 o la norma ASTM C – 33 - 99.

El contenido de agregado fino normalmente del 35% al 45% por masa o volumen total del agregado. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duro, compactas y resistentes.

- El agregado fino no deberá indicar presencia de materia orgánica de acuerdo a los requisitos de la NTP 400.013.

Tabla N° 7: Porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado fino.

SUSTANCIAS PERJUDICIALES		PORCENTAJE (%)
Lentes de arcillas y partículas desmenuzables		3.00%
Partículas más finas que el tamiz N° 200	Concretos sujetos a abrasión	3.00%
	Otros concretos	0.50%
Carbón	Cuando la apariencia superficial del concreto es importante	0.50%
	Otros concretos	1.00%

La granulometría deberá corresponder a la gradación C.

Tabla N° 8: Husos granulométricos del agregado fino (NTP 400.037 – ASTM C 33 - 99).

MALLA	%QUE PASA
(3/8")	100
(N°4)	95-100
(N°8)	80-100
(N°16)	50-85
(N°30)	25-60
(N°50)	10-30
(N°100)	2-10

- El porcentaje indicado para las mallas N°50 y N°100 podrá ser reducido a 5% y a 0% respectivamente, si el agregado es empleado en concretos con aire incorporado que contenga más de 225 kilogramos de cemento por metro cúbico o si se emplea un aditivo mineral.
- El módulo de fineza del agregado fino se mantendrá dentro del límite ± 0.2 del valor asumido para la selección de las proporciones del concreto.

2.2.7.2.2. AGREGADO GRUESO (NTP 400.037; 2014 – ASTM C 33 - 99)

La norma técnica define como agregado grueso al material retenido en el tamiz N°4 (4.75mm) y cumple los límites establecidos por la NTP 400.037. El agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturada, piedra partida o agregados metálicos naturales o artificiales y deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

- Deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa.
- Las partículas deberán de ser químicamente estables y deberán estar libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.

El agregado grueso deberá de estar graduado dentro de los límites específicos de la NTP 400.037 tal como se muestra. Las normas de diseño estructural recomiendan el tamaño nominal máximo del agregado grueso sea mayor que pueda ser económicamente disponible, siempre que él sea compatible con las dimensiones y características de la estructura. Se considera que, en ningún caso el tamaño nominal máximo del agregado no deberá ser mayor de:

- Un quinto de la menos dimensión entre las caras encofradas.
- Un tercio del peralte de las losas.
- Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo.

En elementos de espesor reducido o ante la presencia de gran cantidad de armadura se podrá con autorización de la inspección reducir el tamaño nominal máximo del agregado grueso, siempre que se mantenga una adecuada trabajabilidad y se cumpla con el asentamiento requerido, y se obtenga las propiedades especificadas para el concreto.

El porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado grueso no deberá de exceder los siguientes valores de la siguiente tabla.

Tabla N° 9: Sustancias perjudiciales en el agregado grueso

SUSTANCIAS PERJUDICIALES		PORCENTAJE (%)
Arcilla		0.25%
Lentes de arcillas o partículas desmenuzables		5.00%
Partículas más fino que pasa la malla N° 200		1.00%
Carbón y Lignito	Cuando el acabado superficial del concreto	0.50%
	Otros concretos	1.00%

Tabla N° 10: Husos granulométricos del agregado gruesos (NTP 400.037; 2014 – ASTM C

33 – 99)

TABLA 2. REQUISITOS GRANULOMETRICOS ASTM C-33 PARA AGREGADO GRUESO														
TAMAÑO N°	TAMAÑO NOMINAL EN PULGADAS	PORCENTAJES PASANTES EN PESO PARA CADA MALLA STANDARD												
		4" (100 mm)	3 1/2" (90mm)	3" (75 mm)	2 1/2" (63 mm)	2" (50 mm)	1 1/2" (37.5 mm)	1" (25mm)	3/4" (19mm)	1/2" (12.5 mm)	3/8" (9.5 mm)	N°4 (4.75 mm)	N°8 (2.36 mm)	N°16 (1.18 mm)
1	3 1/2" a 1 1/2"	100	90 a 100	-----	25 a 60	-----	0 a 15	-----	0 a 5	-----	-----	-----	-----	-----
2	2 1/2" a 1 1/2"	-----	-----	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-----	0 a 5	-----	-----	-----	-----	-----
3	2" a 1"	-----	-----	-----	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-----	0 a 5	-----	-----	-----	-----
357	2" a Malla # 4	-----	-----	-----	100	95 a 100	-----	35 a 70	-----	10 a 30	-----	0 a 5	-----	-----
4	1 1/2" a 3/4"	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	-----	0 a 5	-----	-----	-----
467	1 1/2" a Malla # 4	-----	-----	-----	-----	100	95 a 100	-----	35 a 70	-----	10 a 30	0 a 5	-----	-----
5	1" a 1/2"	-----	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-----	-----	-----
56	1" a 3/8"	-----	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-----	-----
57	1" a Malla # 4	-----	-----	-----	-----	-----	100	95 a 100	-----	25 a 60	-----	0 a 10	0 a 5	-----
6	3/4" a 3/8"	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-----	-----
67	3/4" a Malla # 4	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	-----	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-----
7	1/2" a Malla # 4	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-----
8	3/8" a Malla # 4	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	85 a 100	0 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente: ASTM C-33

2.2.7.2.3. ARENA (NTP 400.011; 2008 REVISADA EL 2013 – ASTM C 33 - 99)

La NTP 400.011 define a la arena como el agregado fino proveniente de la desintegración natural de las rocas. También se define a la arena como el conjunto de partículas o granos de rocas, reducidos por fenómenos mecánicos naturales acumulados por los ríos y corrientes acuíferas en estratos aluviales o médanos o que se forma in situ por descomposición.

Se clasifican según el "comité de normalización" de la Sociedad de Ingenieros del Perú:

Arena fina..... 0.05 a 0.5mm.

Arena media..... 0.5 a 2.0mm.

Arena gruesa.....2.0 a 5.0 mm

2.2.7.2.4. GRAVA (NTP 400.011; 2008 REVISADA EL 2013 – ASTM C 33 - 99)

La NTP 400.011 define a la grava como el agregado grueso, proveniente de la desintegración natural de materiales pétreos, encontrándolos en canteras y lechos de ríos depositados en forma natural.

2.2.7.2.5. PIEDRA TRITURADA O CHANCADA (NTP 400.011; 2008 REVISADA EL 2013 – ASTM C 33 - 99)

La NTP 400.011 lo define como el agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas o gravas.

2.2.7.2.6. FORMA Y TEXTURA SUPERFICIAL (NTP 400.011; 2008 REVISADA EL 2013 – ASTM C 33 - 99)

La forma y textura de las partículas del agregado influyen considerablemente en los resultados a obtenerse en las propiedades del concreto. Existiendo un efecto de anclaje mecánico que resulta más o menos favorable en relación con el tamaño, la forma, la textura superficial y el acomodo entre ellas, también se producen fenómenos de adherencia entre la pasta de cemento y los agregados condicionados por estos factores; que contribuyen en el comportamiento de la resistencia y durabilidad del concreto.

➤ FORMA.

La forma de las partículas está controlada por la redondez o angulosidad y la esfericidad; dos parámetros relativamente independientes. Por naturaleza los agregados tienen una forma irregularmente geométrica, compuesta por combinaciones aleatorias de caras redondeadas y angulosidades.

En términos descriptivos la forma de los agregados se define en:

- **Angular:** poca evidencia de desgaste en caras y bordes.
- **Sub angular:** evidencia de algo de desgaste en caras y bordes.
- **Sub redondeada:** bordes casi eliminados.
- **Muy redondeados:** sin caras ni bordes.

La esfericidad resultante de agregados procesados depende mucho del tipo de chancado y la manera como se opera. La redondez está más en función de la dureza y resistencia al desgaste de la abrasión.

Los agregados con forma equidimensional produce un mejor acomodo entre partículas dentro del concreto, que los que tienen forma plana y alargada y requieren menos agua, pasta de cemento o mortero para un determinado grado de trabajabilidad del concreto.

➤ **TEXTURA.**

Representa que tan lisa o rugosa es la superficie del agregado. Es una característica ligada a la absorción, pues los agregados muy rugosos tienen mayor absorción que los lisos; además que producen concretos menos plásticos pues incrementan la fricción entre partículas dificultando el desplazamiento de la masa.

2.2.7.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS (NTP 400.037 – 2014)

2.2.7.3.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NTP 400.012; 2013 – ASTM C 136 – 96 a)

La NTP 400.012 define como: El estudio en forma y tamaño en que se encuentran distribuidas las partículas de un agregado. La cantidad de material se considerará de acuerdo a la NTP 400.012.

Consiste en separar por medio de una serie de tamices de aberturas progresivamente menores para la determinación de la distribución del tamaño de las partículas (Norma: ASTM C 136, NTP 400,037).

La granulometría y el tamaño máximo de agregado afectan las proporciones relativas de los agregados, así como los requisitos de agua y cemento, la trabajabilidad, capacidad de bombeo, economía, porosidad, contracción y durabilidad del concreto.

Del análisis granulométrico se desprende los siguientes conceptos:

- **Tamaño máximo:** es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra del agregado grueso.
- **Tamaño máximo nominal:** es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada en la que se produce el primer retenido.

Tabla N° 11: Cantidad de muestra a ensayar para el agregado grueso para análisis granulométrico (NTP 400.012 - 2013)

TAMAÑO MÁXIMO DE LAS PARTÍCULAS	PESO APROXIMADO DE LA MUESTRA(Kg)
3/8"	1
1/2"	2
3/4"	5
1"	10
1 1/2"	15
2"	20
2 1/2"	35
3 "	60
3 1/2"	100

2.2.7.3.2. MÓDULO DE FINURA

El módulo de finura, también llamado modulo granulométrico por algunos autores, es un indicador del grosor predominante de las partículas de agregado. El módulo de finura se calcula sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices estándar y dividiendo la suma entre 100.

2.2.7.3.3. PARA EL AGREGADO FINO

Viene a ser la relación entre la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados en cada uno de los tamices (N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100) sobre 100.

$$mf = \frac{\% \text{ ret.acum.malla (N}^\circ 4, \text{N}^\circ 8, \text{N}^\circ 16, \text{N}^\circ 30, \text{N}^\circ 50, \text{N}^\circ 100)}{100} \dots\dots\dots \text{Ec. 1}$$

Los valores de M.F. deben ser menor a 2.3 ni mayor a 3.1, para el agregado fino.

2.2.7.3.4. PARA EL AGREGADO GRUESO

Viene a ser la relación entre la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados en cada uno de los tamices (3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100) sobre 100.

$$mf = \frac{\% \text{ ret.acum.malla (3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N}^\circ 4) + 500}{100} \dots\dots\dots \text{Ec. 1}$$

2.2.7.3.5. PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN (NORMA ASTM C 127 - 88, ASTM C 128 - 97, NTP 400.021; 2013)

2.2.7.3.5.1. SELECCIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES.

Para el agregado grueso: Balanza con sensibilidad de 0.5 gr y capacidad no menor de 5 kg, cesta de malla de alambre, con abertura no mayor de 3 mm, depósito adecuado para sumergir la cesta de alambre en agua, estufa capaz de mantener una temperatura de $110^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$, termómetro con aproximación de 0.5°C .

Para el agregado fino: Balanza con sensibilidad de 0.1 gr y capacidad no menor de 1 kg, frasco volumétrico, cuya capacidad sea 500 cm³, calibrado hasta 0.10 cm³ a 20°C, molde cónico metálico de diámetro menor 4 cm de diámetro mayor 9 cm y altura 1.5 cm, varilla de metal con un extremo redondeado, de (25 ± 3) mm de diámetro y (340 ± 15) gr de peso.

2.2.7.3.5.2. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.

Para el agregado grueso. Luego de un lavado completo para eliminar el polvo y otras impurezas superficiales de las partículas, se secó la muestra hasta peso constante hasta una temperatura de 110°C, y luego se sumergió en agua durante 24 horas, se sacó la muestra del agua y se la hizo rodar sobre un paño absorbente.

Para el agregado fino. Se seleccionó por cuarteo 1000g, se colocó en un envase y se puso a secar en la estufa hasta la temperatura de 110°C, se retiró la muestra y se cubrió con agua y se dejó en reposo por 24 horas, se extendió en una superficie plana de aire tibio y se removió con frecuencia para garantizar un secado uniforme. Se continuó esta operación hasta que los granos de agregado fino no se adhieran marcadamente entre sí, luego se colocó el agregado fino en forma suelta en el molde cónico, golpeando la superficie suavemente 25 veces con la varilla de metal y levantando verticalmente el molde, hasta que el cono se derrumbe al quitar el molde, indicando que el agregado fino alcanzó una condición de saturado de superficie seca.

2.2.7.3.5.3. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO.

Para el agregado grueso.

Se obtuvo el peso de la muestra bajo la condición de saturación con la superficie seca, después de pesar se colocó la muestra saturada con superficie seca en la canastilla de alambre, y se

determinó su peso en agua, se secó la muestra hasta peso contante a una temperatura de 110°C, se dejó enfriar y se determinó su peso.

Para el agregado fino.

Se introdujo 500g del material preparado, y se llenó de agua hasta alcanzar casi la marca de 500, se eliminó las burbujas de aire, se llenó con agua hasta alcanzar la marca de 500 cm³ y se determinó el peso total del agua introducida en el frasco, se sacó el agregado fino del frasco, se secó hasta una temperatura de 110°C y se determinó su peso. Finalmente se llenó el picnómetro hasta la marca de calibración con agua y se determinó su peso.

2.2.7.3.5.4. EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS.

Para el Agregado Grueso

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

$$\text{Peso específico SSS} = \frac{B}{B - C}$$

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

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

A: Peso en el aire de la muestra secada al horno (gr).

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

C: Peso en el agua de la muestra saturada (gr).

Para el agregado fino

$$\text{Peso específico de masa} = \frac{W_o}{V - V_a}$$

$$\text{Peso específico SSS} = \frac{500}{V - V_a}$$

$$\text{Peso e. a} = \frac{W_o}{(V - V_a) - (500 - W_o)}$$

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

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

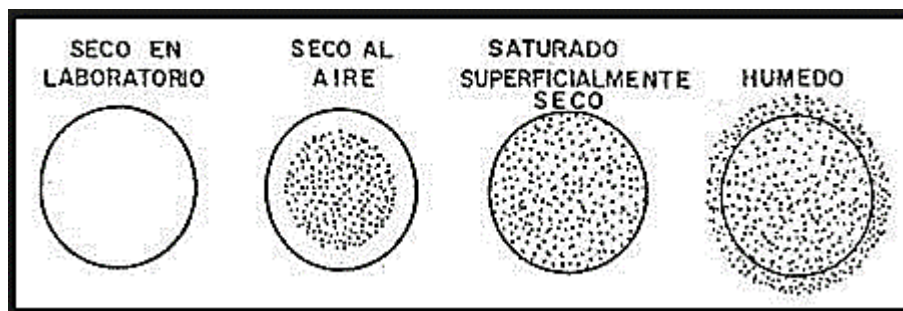
V : Volumen del frasco (cm³)

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

2.2.7.3.6. CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.185 - 2013)

Es la cantidad de agua que contiene el agregado en un momento dado. Cuando dicha cantidad de agua se expresa como porcentaje de la muestra seca (en estufa), se le denomina porcentaje de humedad, pudiendo ser mayor o menor que el porcentaje de absorción. Los agregados generalmente se los encuentra húmedos, y varían con el estado del tiempo, razón por la cual se debe determinar frecuentemente el contenido de humedad, para luego corregir las proporciones de una mezcla.

Figura. 2. Estados de saturación del agregado (NTP 400.012 - 2013).



- **SECO**

No existe humedad alguna en el agregado. Se lo consigue mediante un secado prolongado en una estufa a una temperatura de $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

- **SECO AL AIRE**

Cuando existe algo de humedad en el interior del agregado. Es característica en los agregados, que se han dejado secar al medio ambiente. Al igual que en el estado anterior, el contenido de humedad es menor que el porcentaje de absorción.

- **SATURADO Y SUPERFICIALMENTE SECO**

Estado en el cual, todos los poros del agregado se encuentran llenos de agua, condición ideal de un agregado, en la cual no absorbe ni cede agua.

- **HÚMEDO**

En este estado existe una película de agua que rodea al agregado llamada agua libre, que viene a ser la cantidad de exceso, respecto al estado saturado superficialmente seco. El contenido de humedad es mayor que el porcentaje de absorción. El agregado fino retiene mayor cantidad de agua que el agregado.

$$W\% = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100 \dots\dots\dots \text{Ec. 2}$$

Donde:

W%: Contenido de humedad

Ps: Peso de la muestra secada al horno (gr)

Ph: Peso de la muestra húmeda (gr)

2.2.7.3.7. PESO UNITARIO (NTP 400.017 – 2011 REVISADA EL 2016; ASTM C – 29/ C29M - 2009)

Se lo define como el peso del material seco que se necesita para llenar cierto recipiente de volumen unitario. También se le denomina peso volumétrico y se emplea en la conversión de cantidades en peso a cantidades en volumen y viceversa

El peso unitario de los agregados está en función directa del tamaño, forma y distribución de las partículas, y el grado de compactación (suelto o compacto).

$$PU = \frac{A - B}{V}$$

$$PU = (A - B) \times f$$

$$f = \frac{P.e \text{ agua}}{W_a} \dots\dots\dots \text{Ec. 3}$$

Donde:

PU: Peso Unitario.

A: Peso del recipiente.

V: Volumen del recipiente (m³)

f: Factor de calibración del recipiente (l/m³)

P.e agua: peso específico del agua (kg/m³)

Wa= peso del agua para llenar el recipiente a 16.7 °C (kg)

2.2.7.3.8. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN (NTP 400.019 - 2014; ASTM C 131 - 96)

Se define como la resistencia que ofrece el material bajo condiciones de desgaste. Oposición que presentan los agregados sometidos a fuerzas de impacto y al desgaste por abrasión y frotamiento, ya sea de carácter mecánico o hidráulico. Se mide en función inversa al incremento del material fino; y cuando la pérdida de peso se expresa en porcentaje de la muestra original se le denomina porcentaje de desgaste.

Existen diferentes métodos para medir los efectos de abrasión, pero actualmente el más usado es el de la prueba de los ángeles, por la rapidez con que se efectúa y porque se puede aplicar a cualquier tipo de agregado.

$$De = \frac{w_o - w_f}{w_o} \times 100 \dots\dots\dots Ec. 4$$

Donde:

De: Porcentaje de desgaste (%)

Wo: Peso original de la muestra (gr)

Wf: Peso final de la muestra (gr)

2.2.8. TEORÍA DEL AGUA PARA EL CONCRETO (NTP 339.088; 2014)

El agua es un componente esencial en las mezclas de concreto, pues permite que el cemento desarrolle su capacidad ligante. El uso de mucha agua de mezclado para elaborar el concreto diluya la pasta, debilitando las características del cemento por tal razón es importante que el cemento y el agua sean usados en las proporciones adecuadas para obtener buenos resultados (NTP 339.088 – RNE E 060).

2.2.8.1. AGUA DE MEZCLADO (NTP 339.088; 2014 – RNE E 60)

Cantidad de agua que requiere el concreto por unidad de volumen para que se hidraten las partículas del cemento y para proporcionar las condiciones de manejabilidad adecuada que permitan la aplicación y el acabado del mismo en el lugar de la colocación en el estado fresco.

Funciones:

Reaccionar con el cemento, produciendo su hidratación

Actuar como un lubricante, contribuyendo a la trabajabilidad de la mezcla.

- ✓ Asegurar el espacio necesario en la pasta, para el desarrollo de los productos de hidratación. La hidratación completa del cemento requiere del 22-25%, del agua de mezclado.
- ✓ Las impurezas del agua pueden presentarse disueltas o en forma de suspensión y pueden ser: carbonatos o bicarbonatos, cloruros, sulfatos, sales de hierro, sales inorgánicas, ácidos, materia orgánica, aceites, o sedimentos y pueden interferir en la hidratación del cemento, producir modificaciones del tiempo de fraguado, reducir la resistencia mecánica, causar manchas en la superficie del concreto y aumentar el riesgo de corrosión de las armaduras.

2.2.8.2. AGUA DE CURADO (NTP 339.088; 2014 – RNE 060)

El agua de curado no debe contener sustancias agresivas para el concreto endurecido o las armaduras, ya que durante las primeras edades el concreto es sumamente permeable; no emplear agua con elevados contenidos de cloruros en caso de estructuras armadas, evitar sustancias que puedan provocar decoloraciones o manchas superficiales y mantener reducida la diferencia de temperatura entre el agua de curado y el concreto para evitar la aparición de fisuras.

Tabla N° 12: Requisitos para agua de mezcla y curado (NTP 339.088).

DESCRIPCIÓN	LÍMITE PERMISIBLE
Sólidos en suspensión	5000 ppm máximo
Materia orgánica	3ppm máximo
Carbonatos y bicarbonatos alcalinos (alcalinidad total expresada en NAHCO ₃)	1000ppm máximo
Sulfatos(Ion SO ₄)	600 ppm máximo
Cloruros (Ion Cl)	1000 ppm máximo
PH	Entre 5.5 y 8.00

2.2.8.3. AGUA DE LAVADO (NTP 339.088; 2014)

El agua para lavado de los agregados, no debe contener materiales, en cantidades tales que produzcan una película o revestimiento dañino sobre las partículas de agregados.

2.2.8.4. FUNCIONES DEL AGUA EN LA MEZCLA

- Reaccionar con el cemento para hidratarlo.
- Actuar como lubricante, para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.

2.2.8.5. USOS DEL AGUA

En relación con su empleo en el concreto, el agua tiene dos diferentes aplicaciones como ingrediente en la elaboración de las mezclas y como medio de curado de las estructuras recién construidas.

2.2.8.6. REQUISITOS DE CALIDAD

El requisito de la calidad del agua de mezclado para concreto no tiene ninguna relación obligada con el aspecto bacteriológico (como es el caso de las aguas potables), sino que básicamente se refiere a sus características físico – químicas y a sus efectos sobre el comportamiento y las propiedades del concreto.

2.2.8.7. VERIFICACIÓN DE CALIDAD

La verificación de calidad de agua de uso previsto para elaborar el concreto, debe ser una práctica obligatoria antes de iniciar la construcción de obras importantes, sin embargo, puede permitirse que esta verificación se omita en las siguientes condiciones:

El agua procede de la red local de suministro para uso doméstico y no se le aprecia olor, color ni sabor; no obstante que no posea antecedentes de uso en la fabricación del concreto.

El agua procede de cualquier otra fuente de suministro que cuenta con antecedentes de uso en la fabricación del concreto con buenos resultados y no se le aprecia olor, color ni sabor.

2.2.9. TEORÍA DEL DISEÑO DE MEZCLAS

Se conoce como diseño de mezcla a la determinación de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto, el diseño de mezclas puede definirse también como

el proceso de selección de los componentes más adecuados y de la combinación más conveniente y económica de los mismos, con la finalidad de obtener un producto que en el estado no endurecido tenga la trabajabilidad y consistencia adecuada y que en el estado endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador e indicados en los planos y especificaciones de obra.

En la selección de las proporciones de las mezclas de concreto el diseñador debe de tener en cuenta que la composición de la mezcla está determinada por:

- ✓ Las propiedades que debe de tener el concreto no endurecido.
- ✓ Las propiedades que debe de tener el concreto endurecido.
- ✓ El costo de la unidad cúbica de concreto.

2.2.9.1. ELECCIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO

2.2.9.1.1. CÁLCULO DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

2.2.9.1.1.1. PRIMER MÉTODO

Si se cuenta con un registro de ensayos de obras anteriores, deberá calcularse la desviación estándar, el registro deberá:

- ❖ Representar materiales, procedimientos de control de calidad y condiciones similares a aquellos que se espera en la obra a ejecutar.
 - ❖ Representar a concretos preparados para alcanzar una resistencia de diseño $f'c$ que este dentro del rango de ± 70 kg/cm² de la especificada para el trabajo a realizar.
- a) Si se posee un registro de 03 ensayos consecutivos la desviación estándar se calculará haciendo uso de la siguiente formula:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots \text{Ec. 5}$$

Dónde:

S = Desviación estándar, en Kg/cm²

X_i = Resistencia de la probeta de concreto, en Kg/cm².

\bar{x} = Resistencia promedio de n probetas, en Kg/cm².

n = Numero de ensayos consecutivos de resistencia.

b) Consistir de por lo menos 30 ensayos consecutivos de resistencia

Si se posee dos grupos de ensayos consecutivos que totalicen por lo menos un registro de 30 ensayos consecutivos, la desviación estándar promedio se calculara con la siguiente formula:

$$\bar{s} = \sqrt{\frac{(n_1-1)(s_1)^2 + (n_2-1)(s_2)^2}{(n_1+n_2-2)}} \dots\dots\dots \text{Ec. 6}$$

Dónde:

\bar{s} = Desviación estándar promedio en Kg/cm².

S_1, S_2 = Desviación estándar calculada por los grupos 1 y 2 respectivamente en Kg/cm².

n_1, n_2 = Numero de ensayos en cada grupo, respectivamente.

2.2.9.1.1.2. SEGUNDO MÉTODO

Si solo se posee un registro de 15 a 29 ensayos consecutivos, se calculará la desviación estándar “s” correspondiente a dichos ensayos y se multiplicará por el factor de corrección indicado en la tabla N°12 para obtener el nuevo valor de “s”.

Tabla N° 13: Factores de corrección.

Muestras	Factor de corrección
Menores de 15	Usar tabla N°13
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30	1

Fuente: ACI 211

2.2.9.2. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA

Una vez que la desviación estándar ha sido calculada, la resistencia a compresión promedio requerida f'_{cr} . Se obtiene como el mayor valor de las ecuaciones (16) y (17).

- a. Si la desviación estándar se ha calculado de acuerdo a lo indicado en el Método 1 o el Método 2, la resistencia promedio requerida será el mayor de los valores determinados por las formulas siguientes usando la desviación estándar “s” calculada.

$$f'_{cr} = f'_{c} + 1.34s \dots\dots\dots \text{Ec. 7}$$

$$f'_{cr} = f'_{c} + 2.33s - 35 \dots\dots\dots \text{Ec. 8}$$

Dónde:

S = Desviación estándar, en Kg/cm².

- b. Si se desconoce el valor de la desviación estándar, se utilizará la (Tabla N° 13) para la determinación de la resistencia promedio requerida.

Tabla N° 14: Grado de control

Excelente en obra	10% - 12%
Bueno	15%
Regular	18%
Inferior	20%
Malo	25%

Fuente: ACI 211

2.2.9.3. ELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO (Slump)

- Si las especificaciones técnicas de obra requieren que el concreto tenga una determinada consistencia, el asentamiento puede ser elegido de la siguiente tabla.

Tabla N° 15: Consistencia y Asentamiento.

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO	TRABAJABILIDAD
Seca	0"(0mm) a 2" (50mm)	Poco trabajable
Plástica	3" (75mm) a 4" (100mm)	Trabajable
húmeda	≥5 " (125mm)	Muy trabajable

Fuente: ACI 211

- Si las especificaciones de obra no indican la consistencia, ni asentamiento requerido para la mezcla a ser diseñada, utilizando la tabla N°15. podemos seleccionar un valor adecuado para un determinado trabajo que se va a realizar. Se deberá usar las mezclas de la consistencia más densas que pueden ser colocadas eficientemente.

Tabla N° 16: Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción.

TIPOS DE CONSTRUCCIÓN	REVENIMIENTO (CM)	
	MÁXIMO	MÍNIMO
Zapatas y muros de sedimentación reforzados	8	2
Zapatas, simples cajones y muros de subestructura	8	2
Vigas y muros reforzados	10	2
Columnas	10	2
Pavimentos y losas	8	2
Concreto ciclópeo y masivo	5	2

Fuente: ACI 211

2.2.9.4. SELECCIÓN DE TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO

Las Normas de Diseño Estructural recomiendan que el tamaño máximo nominal del agregado grueso sea el mayor que sea económicamente disponible, siempre que sea compatible con las dimensiones y características de la estructura.

Tabla N° 17: Porcentaje que pasan por las siguientes mallas para determinación el tamaño máximo del agregado grueso.

Tamaño máximo nominal	Porcentajes que pasan por las siguientes mallas							
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8
2"	95-100	...	35-70	...	10-30	...	0.5	...
1 1/2"	100	95-100	...	35-70	...	10-30	0.5	...
1"	...	100	95-100	...	25-60	...	0.1	0.5
3/4"	...	...	100	90-100	...	20-55	0.1	0.5
1/2"	...	...	...	100	90-100	40-70	0.15	0.5
3/8"	...	...	...	...	100	85-100	10-30	0.1

Fuente: ACI 211

Tabla N° 18: Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.

ASENTAMIENTO	Agua , en L/m ³ , para los tamaños máximos nominales del agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	11
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---
Cont. Aire atrapado (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
CONCRETO CON AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	---
Promedio recomendable para el contenido total de aire (%)	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

Fuente: ACI 211 y ACI 318

Los valores del asentamiento para concreto con agregado más grande que 40mm (1 1/2") se basan en las pruebas de Slump hechas después de retirar las partículas mayores de 40mm (1 1/2") por tamizado húmedo. Estos contenidos de agua de mezclado son valores máximos para agregado grueso angular y en formado, y cuya granulometría está dentro de las especificaciones aceptadas (ASTM C 33 o ITINTEC 400.037).

* Para concreto que contiene agregado grande será tamizado húmedo por una malla de 40mm (1½") antes de evaluar el contenido de aire, el porcentaje de aire esperado en material más pequeño que 40mm (1½") debe ser el tabulado en la columna de 40mm (1½"). Sin embargo, los cálculos iniciales de las proporciones deben basarse en el contenido de aire como un porcentaje de la mezcla completa.

** Estos valores se basan en el criterio de que se necesita un 9% del contenido de aire en la fase de mortero del concreto.

Como se observa en la tabla N°18. No toma en cuenta para la estimación del agua de mezclado las incidencias del perfil, textura y granulometría de los agregados. Se debe tener en cuenta que estos valores tabulados son lo suficientemente aproximados para una primera estimación y que, dependiendo del perfil, textura y granulometría de los agregados, los valores requeridos de agua de mezclado pueden estar por encima o por debajo de dichos valores. Se puede usar la siguiente tabla para calcular la cantidad de agua de mezcla tomando en consideración además de la consistencia y tamaño máximo del agregado, el perfil del mismo.

Tabla N° 19: Volumen unitario de agua de mezclado, para asentamientos y tamaño máximo nominal.

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Volumen unitario de agua (lt/m ³); para asentamientos y perfiles de agregado grueso indicados.					
	1" a 2"		3" a 4"		6" a 7"	
	Agregado redondeado	Agregado angular	Agregado redondeado	Agregado angular	Agregado redondeado	Agregado angular
3/8"	185	212	201	227	230	250
1/2"	182	201	197	216	219	238
3/4"	170	189	185	204	208	227
1"	163	182	178	197	197	216
1 1/2"	155	170	170	185	185	204
2"	148	163	163	178	178	197
3"	136	151	151	167	163	182

Fuente: ACI 211

La tabla 18 nos muestra también el **volumen aproximado de aire atrapado**, en porcentaje, a ser esperado en un concreto sin aire incorporado y los promedios recomendados del contenido total de aire, en función del grado de exposición, para concretos con aire incorporado intencionalmente

por razones de durabilidad a ciclos de congelamiento y deshielo, agua de mar o sulfatos. Obtenidos los valores de cantidad de agua y de aire atrapado para un metro cúbico de concreto procedemos a calcular el volumen que ocupan dentro de la unidad de volumen de concreto:

$$\text{Volumen de agua (m}^3\text{)} = \frac{\text{Contenido de agua de mezclado (} \text{lt}/\text{m}^3\text{)}}{\text{Peso específico del agua (} 1000\text{kg}/\text{m}^3\text{)}} \dots\dots\dots \text{Ec. 9}$$

Tabla N° 20: Determinación del aire atrapado según el tamaño máximo nominal.

Tamaño máximo nominal	Aire atrapado
3/8"	3.00%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1"	1.50%
1 1/2"	1.00%
2"	0.50%
3"	0.30%

Fuente: ACI 211

2.2.9.5. ELECCIÓN DE LA RELACIÓN DE AGUA CEMENTO (A/C)

Existen dos criterios (por resistencia y por durabilidad), para la selección de la relación agua cemento a/c, de los cuales se elegirá el menor de los valores con el cual se garantiza el cumplimiento de las especificaciones.

2.2.9.5.1. POR RESISTENCIA

Para concretos preparados con Cemento Portland, puede tomarse la relación a/c de la tabla N° 20 o 21.

Tabla N° 21: Relación agua /cemento y resistencia a la compresión del concreto.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS f'_{cr} (kg/cm ²)	RELACIÓN AGUA / CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	SIN AIRE INCORPORADO	CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	...
400	0.43	...
350	0.48	0.4
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.7	0.61
150	0.8	0.71

Fuente: ACI 211

Tabla N° 22: Relación agua /cemento y resistencia a la compresión del concreto.

RELACIÓN AGUA / CEMENTO	RESISTENCIA PROBABLE A LOS 28 DIAS (f'_{cr})	
	SIN AIRE INCORPORADO	CON AIRE INCORPORADO
0.35	420	335
0.45	350	280
0.54	280	225
0.63	225	180
0.71	175	140
0.8	140	110

Fuente: ACI 211

2.2.9.5.2. POR DURABILIDAD

El Reglamento Nacional de Edificaciones, manifiesta de que si se requiere un concreto de baja permeabilidad o el concreto ha de estar sometidos a congelación o deshielo en condición húmeda. Se deberá cumplir con los requisitos indicados en la tabla N°22.

Tabla N° 23: Requisitos para condiciones especiales de exposición.

CONDICIÓN DE LA EXPOSICIÓN	Relación máxima agua-material cementante (en peso) para concreto de peso normal	f'c mínimo(Mpa) para concretos de peso normal o con agregados ligeros
Concreto que se pretende tenga baja permeabilidad en exposición al agua.	0.5	28
Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo en condición húmeda o a productos químicos des congelantes.	0.45	31
Para proteger de la corrosión el refuerzo de acero cuando el concreto está expuesto a cloruros provenientes de productos descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar o a salpicaduras del mismo origen.	0.4	35

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones

2.2.9.6. CÁLCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO

Una vez que la cantidad de agua y la relación a/c han sido estimadas la cantidad de cemento por unidad de volumen del concreto es determinada dividiendo la cantidad de agua entre la relación a/c. Sin embargo, es posible que las especificaciones del proyecto establezcan una cantidad de cemento mínima. Tales requerimientos podrían ser especificados para asegurar un acabado satisfactorio.

$$\text{contenido de cemento} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{contenido de agua de mezcla} \left(\frac{\text{L}}{\text{m}^3} \right)}{\text{relacion}^a_c \text{ (para } f'cr)} \dots\dots\dots \text{Ec. 10}$$

$$\text{volumen de cemento}(\text{m}^3) = \frac{\text{contenido de cemento}(\text{kg})}{\text{peso especifico del cemento} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)} \dots\dots\dots \text{Ec. 11}$$

2.2.9.7. ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO Y FINO

2.2.9.7.1. MÉTODO DEL MÓDULO DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

Las investigaciones realizadas en la universidad de Maryland han permitido establecer que la combinación de los agregados fino y grueso cuando estos tienen granulometrías comprendidas

dentro de los límites que se establece la norma ASTM C 33, debe producir un concreto trabajable en condiciones ordinarias y se aproxime a los valores indicados en la tabla N°20.

Tabla N° 24: Módulo de fineza de la combinación de agregados.

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO	MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS QUE DA LAS MEJORES CONDICIONES DE TRABAJABILIDAD PARA LOS CONTENIDOS DE CEMENTO EN SACOS / METRO CÚBICO INDICADOS				
	5	6	7	8	9
3/8"	3.88	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.38	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.88	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.18	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.48	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.78	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.08	6.16	6.24	6.31	6.39

Fuente: Universidad de Maryland, Riva, E. (2007).

De la tabla N° 23 podemos obtener el módulo de fineza de la combinación de agregados (mc), al mismo tiempo se cuenta con el módulo de fineza del agregado fino (mf) y el módulo de fineza del agregado grueso (mg), de los cuales se hará uso para obtener el porcentaje de agregado fino respecto al volumen total de los agregados mediante el uso de la siguiente formula:

$$rf = \frac{mg-mc}{mg-mf} * 100 \quad \dots\dots\dots \text{Ec. 12}$$

Dónde:

rf: porcentaje del volumen del agregado fino, con respecto al volumen total de los agregados.

mg: módulo de fineza del agregado grueso.

mf: módulo de fineza del agregado fino.

2.2.9.8. AJUSTE POR HUMEDAD Y ABSORCIÓN

El contenido de agua añadida para formar parte de la pasta será afectado por el contenido de humedad de los agregados. Si ellos están secos absorberán agua y disminuirán la relación a/c y la trabajabilidad. Sin embargo, si ellos tienen humedad libre en la superficie aportaran agua a la

pasta aumentando la relación agua cemento, la trabajabilidad y la resistencia a la compresión. El aporte de humedad de los agregados se calcula con la siguiente formula:

$$AF = \text{Peso Agregado Fino Seco} * (\text{Contenido de Humedad} - \text{Absorción})$$

$$AG = \text{Peso Agregado Grueso Seco} * (\text{Contenido de Humedad} - \text{Absorción})$$

2.2.9.9. CÁLCULO DE LAS PROPORCIONES EN PESO

Consiste en obtener los pesos de los componentes del concreto respecto al peso del cemento.

Cemento: agregado fino: agregado grueso / agua

$$\frac{\text{peso del cemento}}{\text{peso del cemento}} : \frac{\text{peso del agregado fino}}{\text{peso del cemento}} \\ : \frac{\text{peso del agregado grueso}}{\text{peso del cemento}} / \frac{\text{agua efectiva}}{\text{peso del cemento}}$$

2.2.9.10. CÁLCULO DE LAS PROPORCIONES EN VOLUMEN

Cemento: agregado fino: agregado grueso / agua (L/bolsa)

$$\frac{\text{volumen del cemento}}{\text{volumen del cemento}} : \frac{\text{vol. agregado fino}}{\text{volumen del cemento}} \\ : \frac{\text{vol. agregado grueso}}{\text{volumen del cemento}} / \text{agua (L/bolsa)}$$

2.2.10. PRUEBAS DE ENSAYOS

2.2.10.1. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS

El ensayo de aceptación se realiza para verificar cuantitativamente si el concreto cumple con lo especificado en las normas técnicas. Es importante para aquellos involucrados en la realización de ensayos que estén claros, ya que los resultados de aceptación tienen importantes implicaciones en el cronograma de ejecución de los proyectos.

a. EQUIPO MENOR.

Está conformado por todas las herramientas livianas utilizadas para la elaboración y ensayo de las probetas, tales como: cuchara de albañil, guantes, cinta métrica, espátulas, palas, y barra compactadora de acero cilíndrica de 1.6 cm de diámetro por 60 cm de longitud y punta semiesférica de 0.8 cm de radio.

b. CONO DE ABRAMS. (NORMA NTP 339.035; 2015 – ASTM C 143/C 143 M - 98)

Construido de un material metálico rígido e inatacable por el concreto; con un espesor mínimo de 0.15cm. Su forma interna es similar a la de un cono truncado de 20cm de diámetro de base mayor, y de 10cm de diámetro de base menor y 30cm de altura. Las bases deben ser abiertas paralelas entre si y perpendiculares al eje del cono. El molde debe ser provisto de asas y aletas para su manejo. Para este ensayo se requiere de una plancha metálica de material similar al del cono, cuyas dimensiones no están especificadas, pero se recomienda que su área sea lo suficientemente grande para cubrir la base inferior del cono; y sirve como base para el mismo e impide la pérdida de agua entre la superficie de esta y el cono.

c. MOLDES CILÍNDRICOS (NTP 339.033; 2015 – ASTM C 31/C 31 M -98)

Construido de un material rígido, de superficie interior lisa, no absorbente y que no reacciona con el concreto. Provisto de una base metálica del mismo material de la pared del molde con la que se consigue un cierre hermético y provisto de asas laterales para su manejo. El molde debe tener dimensiones de: 15.24cm (6 pulgadas) de diámetro y 30.48cm (12 pulgadas) de altura.

d. EQUIPOS MAYORES.

Tenemos a la máquina de compresión, para realizar el ensayo a compresión.

2.2.10.2. CURADO (NTP 339.033; 2015 – ASTM C 31/C 31 M -98)

2.2.10.2.1. ALMACENAMIENTO

Si los especímenes no pueden ser elaborados en el lugar donde recibieran el curado inicial, inmediatamente después del terminado se debe mover al lugar donde recibirán el curado inicial, para su almacenamiento.

2.2.10.2.2. CURADO INICIAL

Inmediatamente después de moldeados y acabados los especímenes deben de ser colocados por un periodo de hasta 48 horas en un rango de temperatura de 16°C a 27°C y en un ambiente que prevenga la pérdida de humedad de los especímenes.

2.2.10.2.3. CURADO FINAL

Luego de completar el curado inicial y dentro de los 30 minutos después de remover los moldes, los especímenes se deben de curar manteniendo agua libre sobre su superficie permanentemente a una temperatura de 23°C ± 2°C, usando agua que cumpla con la NTP 334.077.

2.2.10.3. PRUEBA DE ESPECÍMENES A COMPRESIÓN (NTP 339.034; 2015 – ASTM C 39/C 39 M -99)

La resistencia a la compresión del concreto es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras. La resistencia a la compresión se mide fracturando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión. La resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en unidades de libra-fuerza por pulgada cuadrada (psi) en unidades corrientes utilizadas en EEUU o en mega pascales (MPa) en unidades SI. Los requerimientos para la resistencia a la compresión pueden variar desde 2.500 psi (17 MPa) para concreto residencial hasta 4.000 psi (28 MPa) y más para estructuras comerciales. Para determinadas aplicaciones se especifican resistencias superiores hasta de 10.000 psi (70 MPa) y más.

Por definición un ensayo de resistencia corresponde al promedio de la resistencia de dos probetas de 150 mm de diámetro y 300 mm de altura, ensayados a los 28 días.

O, (Nuevo en ACI 318.08) un ensayo de resistencia corresponde al promedio de la resistencia de tres probetas de 100 mm de diámetro y 200 mm de altura, ensayados a los 28 días.

La resistencia a la compresión es CONFORME si:

- Cada promedio aritmético de tres ensayos de resistencia consecutivos a 28 días será mayor o igual a f'_c .

- Ningún ensayo individual de resistencia será menor que f_c en más de 35 kg/cm² cuando f_c es 350 kg/cm² o menor.
- Ningún ensayo individual de resistencia será menor que f_c en más de 0.10 f_c cuando f_c es mayor a 350 kg/cm².

Figura 1: Tipo de fallas

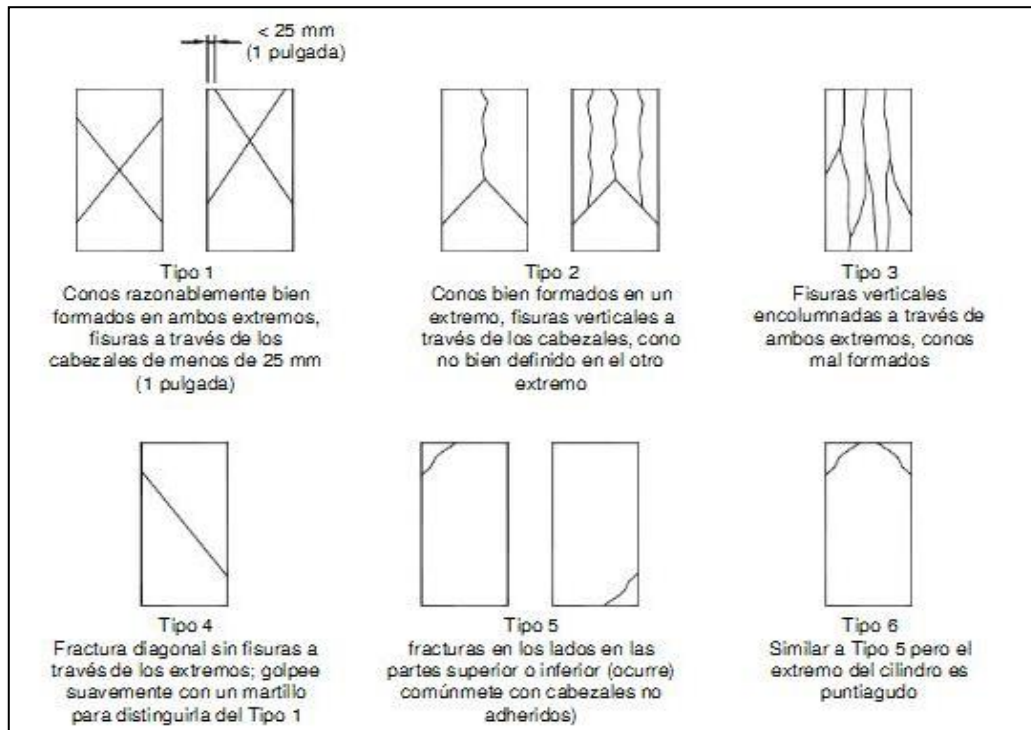


Figura 2: Falla tipo 3



2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- ✓ **Absorción:** Capacidad que tiene los agregados para llenar de agua los vacíos permeables de su estructura interna, al ser sumergirlos durante 24 horas en esta.
- ✓ **Agregados:** Llamados también áridos, son materiales inertes que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal, etc.) y el agua formando los concretos y morteros.
- ✓ **Agregado fino.** Material proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el tamiz 9.51 mm (3/8") y queda retenido en el tamiz 0.074 mm (N°200).
- ✓ **Agregado grueso:** Material retenido en el tamiz N°4(4.75mm), el agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturada, piedra partida o agregados metálicos naturales o artificiales.
- ✓ **Agua de mezclado:** El agua es un componente esencial en las mezclas de concreto, pues permite que el cemento desarrolle su capacidad ligante.
- ✓ **Agua de curado:** El agua no debe contener sustancias agresivas para el concreto endurecido o las armaduras
- ✓ **Calor de hidratación:** Se llama calor de hidratación al calor que se desprende durante la reacción que se produce entre el agua y el cemento al estar en contacto.
- ✓ **Cantera:** Lugar de extracción de los agregados para elaboración de mezclas de concreto.
- ✓ **Cemento:** Se define como una mezcla de caliza quemada, hierro, sílice y alúmina.
- ✓ **Cementos portland:** proceso de calcinación de caliza arcillosa que producía un cemento que al hidratarse adquiría según él, la misma resistencia que la piedra de la isla de Portland.
- ✓ **Cemento Pacasmayo:** Cemento común, para usos generales, es el que más se emplea para fines estructurales cuando no se requieren de las propiedades especiales.
- ✓ **Concreto:** Es el material obtenido al mezclar cemento portland, agua y áridos, además en algunos casos se utiliza aditivos.
- ✓ **Consistencia:** Es la mayor o menor facilidad que tiene el hormigón fresco para deformarse y consiguientemente para ocupar todos los huecos del molde o encofrado.

- ✓ **Contenido de humedad.** Es la cantidad de agua que contiene el agregado en un momento dado.
- ✓ **Curado de probetas de concreto:** Consiste en cubrir completamente con agua todas las caras de la probeta desencofrada de concreto.
- ✓ **Diseño de mezcla de concreto:** Se define así al proceso necesario para encontrar las proporciones necesarias de los componentes del concreto.
- ✓ **Durabilidad:** Se define como la capacidad para comportarse satisfactoriamente frente a las acciones físicas y químicas agresivas a lo largo de la vida útil de la estructura protegiendo también las armaduras y elementos metálicos embebidos en su interior.
- ✓ **Dosificación:** implica establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen el hormigón, a fin de obtener la resistencia y durabilidad requeridas, o bien, para obtener un acabado o pegado correctos.
- ✓ **Especímenes de concreto:** Son las probetas de concreto elaboradas con el fin de investigación.
- ✓ **Granulometría:** Es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado tal como se determina por análisis de tamices (norma ASTM C 136).
- ✓ **Investigación experimental:** Se presenta mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada.
- ✓ **Material más fino que el tamiz N°200:** Son elementos perjudiciales que cuando se hallan presentes en los agregados, disminuyen las propiedades fundamentales del concreto.
- ✓ **Módulo de finura:** Se define como el indicador del grosor predominante en el conjunto de partículas en un agregado.
- ✓ **Módulo de Finura de la Combinación de Agregados:** Método de diseño de mezcla empleado para determinar las proporciones de los componentes del concreto.
- ✓ **Peso específico:** Se define como la relación entre la masa de un volumen unitario del material y la masa de igual volumen de agua destilada, libre de gas, a una temperatura especificada.

- ✓ **Peso unitario:** Se lo define como el peso del material seco que se necesita para llenar cierto recipiente de volumen unitario.
- ✓ **Resistencia a la abrasión:** Se define como la resistencia que ofrece el material bajo condiciones de desgaste.
- ✓ **Resistencia a compresión:** Resistencia máxima que una probeta de concreto o mortero puede resistir cuando es cargada axialmente en compresión en una máquina de ensayo a una velocidad especificada.
- ✓ **Revenimiento:** Asentamiento del concreto cuando se ensaya en el cono de Abrams.
- ✓ **Sanidad:** Se define como la capacidad de los agregados para resistir variaciones excesivas de volumen debido a las condiciones físicas cambiantes.
- ✓ **Sangrado:** Relación entre la cantidad de agua que aparece en la superficie de una muestra y la cantidad total contenida en el concreto colocado.
- ✓ **Segregación:** Separación en mortero y agregado grueso, causada por el asentamiento de dicho agregado.
- ✓ **Tamaño máximo nominal.** Se define como el tamiz más pequeño que produce el primer retenido.
- ✓ **Variables:** Es una propiedad que puede variar y cuya variación es susceptible de adoptar diferentes valores, los cuales pueden medirse u observarse. Las variables adquieren valor para la investigación cuando se relacionan con otras variables, es decir, si forman parte de una hipótesis o de una teoría.
- ✓ **Viscosidad:** Propiedad del concreto para adherirse sus agregados entre sí.
- ✓ **Caucho:** Sustancia elástica, impermeable y resistente que se obtiene a partir del jugo lechoso de ciertas plantas tropicales; se emplea en la fabricación de neumáticos, tuberías aislantes, etc.

CAPÍTULO III.

3.1. MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales y métodos que se han utilizado en esta investigación están separadas en: selección de cantera, determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, diseño de mezclas, elaboración de especímenes, curado de probetas y prueba de compresión de los especímenes. En cada ítem se describe tanto los materiales, equipos y metodología (método experimental y procedimiento) para obtener los datos necesarios para el procesamiento de resultados.

3.2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Tabla N° 25. Tipificación de la investigación

CRITERIO	TIPO
Finalidad	Aplicada
Estrategia o enfoque metodológico	Cuantitativa
Objetivo	Explicativa
Fuente de datos	Primaria
Diseño de prueba de hipótesis	Experimental
Temporalidad	Transversal (sincrónica)
Contexto donde se desarrolla	Laboratorio

3.2.2. DISEÑO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

Se realizó probetas de concreto reemplazando en porcentajes de 0%, 10%, 15% y 20% de agregado fino por caucho reciclado y se aplicó 3 dosis para evaluar la resistencia mecánica a la compresión en estado endurecido a los 7,14 y 28 días. Se hicieron 6 repeticiones por cada tratamiento.

Tabla N° 26. Matriz experimental de diseño y niveles de variable de estudio

RESULTADOS		FACTORES DE ANÁLISIS			
		C Patrón	CA CON CAUCHO RECICLADO		
Dosificación		Sin adición 0%	10% en peso del agregado fino	15% en peso del agregado fino	20% en peso del agregado fino
Resistencia a la	7 días	CP-1	C10%-1	C15%-1	C20%-1
		CP -2	C10%-2	C15%-2	C20%-2
		CP -3	C10%-3	C15%-3	C20%-3
		CP -4	C10%-4	C15%-4	C20%-4
		CP -5	C10%-5	C15%-5	C20%-5
		CP -6	C10%-6	C15%-6	C20%-6
	14 días	CP -7	C10%-7	C15%-7	C20%-7
		CP -8	C10%-8	C15%-8	C20%-8
		CP -9	C10%-9	C15%-9	C20%-9
		CP -10	C10%-10	C15%-10	C20%-10
		CP -11	C10%-11	C15%-11	C20%-11
		CP -12	C10%-12	C15%-12	C20%-12
	28 días	CP -13	C10%-13	C15%-13	C20%-13
		CP -14	C10%-14	C15%-14	C20%-14
		CP -15	C10%-15	C15%-15	C20%-15
		CP -16	C10%-16	C15%-16	C20%-16
		CP -17	C10%-17	C15%-17	C20%-17
		CP -18	C10%-18	C15%-18	C20%-18

El número total de pruebas realizadas en estado endurecido es igual a: Variable independiente (resistencia a la compresión) X Numero de tratamientos de estudio X Numero de réplicas=4 x 3 x 6 = 72 ensayos de resistencia mecánica del concreto adicionado con partículas de caucho reciclado.

3.2.3. POBLACIÓN DE ESTUDIO

No aplicable.

3.2.4. MUESTRA

La muestra será elegida por juicio o conveniencia, se tomará como muestra 72 especímenes de concreto diseñado los cuales serán sometidos a ensayos compresión axial.

3.2.5. UNIDAD DE ANÁLISIS

Las probetas de concreto sustituyendo parcialmente con 10%, 15%, 20% el agregado fino por caucho reciclado.

3.3. PROCEDIMIENTO Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La investigación se realizó en el Laboratorio de Ensayos de Materiales “Carlos esparza Díaz”, en el edificio 1 C de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, ubicada en la Av. Atahualpa N° 1050, entre los meses de enero a mayo de 2016, durante cinco (05) meses consecutivos.

3.3.1. TOMA DE MUESTRAS

En esta investigación, para cada ensayo, de cada tipo de agregado (agregado grueso, agregado fino (caucho reciclado y natural)) las muestras representativas han sido tomadas de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 339; para la determinación de cada propiedad se precisaba cierta cantidad tanto de agregado fino y grueso. Para el agregado grueso, en ambos casos, las porciones en cada ensayo han sido las mismas; ya que el agregado grueso reciclado también requería ser analizado de la misma manera.

3.3.2. SELECCIÓN DE CANTERA

Teniendo en cuenta las normas técnicas peruanas, el material utilizado para la fabricación de los especímenes es de origen pluvial, tanto del agregado fino como el agregado grueso, los que se obtuvieron de la Planta de Chancado “La Banda”, propiedad del señor Ciro Banda Culqui, los agregados son extraídos de las márgenes del río Chonta, ubicado en la provincia y departamento de Cajamarca. Geográficamente en las coordenadas UTM según Datum WGS-84, ubican a la cantera en la Franja 17M con coordenadas 0779892.11 Este y 9205018.95 Norte, a una altitud de 2637 m.s.n.m.

Figura. 3 Plano de ubicación de la cantera “La Banda”.



3.3.3. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

Los agregados materia de estudio, se encuentran de forma dispersa a lo largo del Río Chonta, en un área de explotación de la cantera de aproximadamente de seis mil novecientos setenta y ocho (6978 m²), aproximadamente la potencia de explotación de la cantera llega en su punto más profundo a un metro con cincuenta centímetros (1.50 m). Los materiales son extraídos desde los márgenes del río con maquinaria pesada que consta de cargadores frontales de tres metros cúbicos de capacidad de pala (3 m³), y transportado por volquetes de quince metros cúbicos de capacidad de tolva (15 m³), estos últimos transportan el material a la zona de proceso, donde son lavados, reducidos a través de trituración y tamizados para su futura venta. El material es triturado y separado mecánicamente a través de la máquina aquí se hace una clasificación en TMN de 1/2" y 3/4", para su posterior despacho.

Se determinó las características físicas y mecánicas de los agregados mediante una serie de ensayos realizados en el “Laboratorio de ensayos de materiales Mg. Ing. Carlos Esparza Díaz”.

3.3.3.1. MATERIALES

- Agregado fino de cantera de río chonta
- Agregado grueso de 1/2" de la cantera de río chonta.

- Caucho reciclado, obtenido de la Fabrica Caucho Perú, ubicada en la Calle San José N° 363 Los Laureles, Villa Salvador, Lima.
- Agua potable de la ciudad universitaria.

3.3.3.2. EQUIPOS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN

- Estufa para secar las muestras de agregado.
- Balanza para medir el peso de los agregados y cemento.
- Prensa hidráulica para aplicar carga a compresión axial a los especímenes.
- Deformímetro para medir la deformación de los especímenes según el incremento de carga.
- Cronómetro para medir el tiempo de duración del ensayo a compresión desde el inicio de aplicación de carga hasta la rotura.
- Vernier para medir las dimensiones de los especímenes antes del ensayo a compresión.
- Cono de Abrams, plancha metálica y varilla, para medir el Slump o Asentamiento del concreto.
- Máquina de los Ángeles para medir el porcentaje desgaste del agregado grueso.
- Equipo (probeta, varilla), para determinar el peso unitario de los agregados y del concreto.
- Mezcladora de concreto.
- Juego de Tamices para granulometría de agregados fino y grueso.
- Probeta de vidrio graduada para medir agua en cantidades pequeñas.
- Molde cónico para determinar si el agregado fino si alcanzo el estado superficialmente seco.
- Fiola de 500 cm³ graduada para medir el peso específico del agregado fino.

3.3.3.3. HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN LA INVESTIGACIÓN

- Regla metálica graduada para medir el asentamiento (slump) del concreto.
- Marcador de concreto para codificar los especímenes.

- Badilejo grande y pequeño para re mezclar el concreto en la bandeja.
- Bandeja para llevar el concreto.
- Carretilla para trasladar los especímenes desde la poza de curado hasta la maquina compresión.
- Alicata.
- Martillo de goma para golpear las paredes laterales exteriores del molde de especímenes durante el vaciado de concreto.
- Palana para llenar los recipientes con agregado para su posterior pesado.
- Balde para trasladar los agregados hacia el trompo.
- Cucharon para llenar los moldes de los especímenes.

CAPÍTULO IV.

4.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1.1. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS

Tabla N° 27. Gradación del agregado fino.

MALLA		LIMITE SUPERIOR	LIMITE INFERIOR
N°	mm		
3/8	9.5	100%	100%
4	4.76	100%	95%
8	2.36	100%	80%
16	1.18	85%	50%
30	0.6	60%	25%
50	0.3	30%	10%
100	0.15	10%	2%

Tabla N° 28. Resultados del análisis granulométrico de agregado fino.

MALLA		PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE PASA
N°	mm	(gr)	parcial (%)	acumul (%)	(%)
3/8	9.5	0	0.00%	0.00%	100.00
4	4.76	21.000	5.40%	5.40%	94.60
8	2.36	36.000	9.25%	14.65%	85.35
16	1.18	75.000	19.28%	33.93%	66.07
30	0.6	63.000	16.20%	50.13%	49.87
50	0.3	80.000	20.57%	70.69%	29.31
100	0.15	79.000	20.31%	91.00%	9.00
200	0.075	21.000	5.40%	96.40%	3.60
CAZOLETA		14.000	3.60%	100.00%	0.00

Tabla N° 29. Módulo de Finura del agregado fino

ENSAYO	1	2	3
MODULO DE FINURA	2.66	2.57	2.65

Figura. 4. Curva granulométrica para el agregado fino

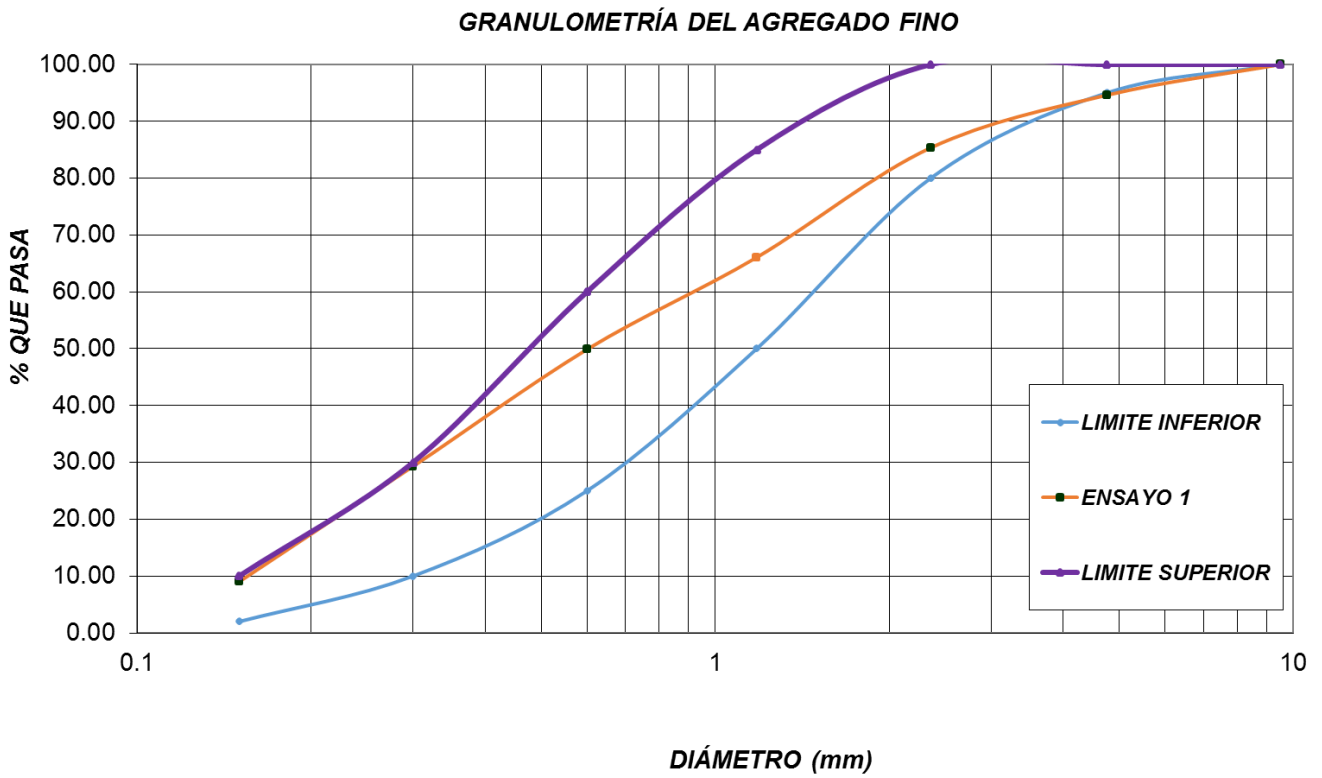


Tabla N° 30. Gradación del agregado grueso (Uso granulométrico N° 67 – ASTM C33)

MALLA		LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
N°	mm		
2	50	100%	100%
1 1/2	37.5	100%	100%
1	25.4	100%	100%
3/4	19	90%	100%
1/2	12.7	20%	55%
3/8	9.51	0%	10%
N° 4	4.76	0%	5%

Tabla N° 31. Resultados del análisis granulométrico de agregado grueso.

MALLA		PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE PASA	HUSO GRANULOMETRICO 67	
N°	mm	(g)	parcial (%)	acumul (%)	(%)		
2"	50	0.00	0.00%	0.00%	100.00	100.00	- 100.00
1 1/2"	37.5	0.00	0.00%	0.00%	100.00	100.00	- 100.00
1"	25.4	0.00	0.00%	0.00%	100.00	100.00	- 100.00
3/4"	19	0.00	0.00%	0.00%	100.00	90.00	- 100.00
1/2"	12.7	1321.20	44.04%	44.04%	55.96	20.00	- 55.00
3/8"	9.51	1287.80	42.93%	86.97%	13.03	0.00	- 10.00
4	4.76	384.00	12.80%	99.77%	0.23	0.00	- 5.00
CAZOLETA		7.00	0.23%	100.00%	0.00		

Tabla N° 32. Módulo de Finura del agregado grueso.

ENSAYOS	1	2	3	PROMEDIO
MODULO DE FINURA	6.867	6.898	6.873	6.880

Figura. 5. Curva granulométrica para el agregado grueso.

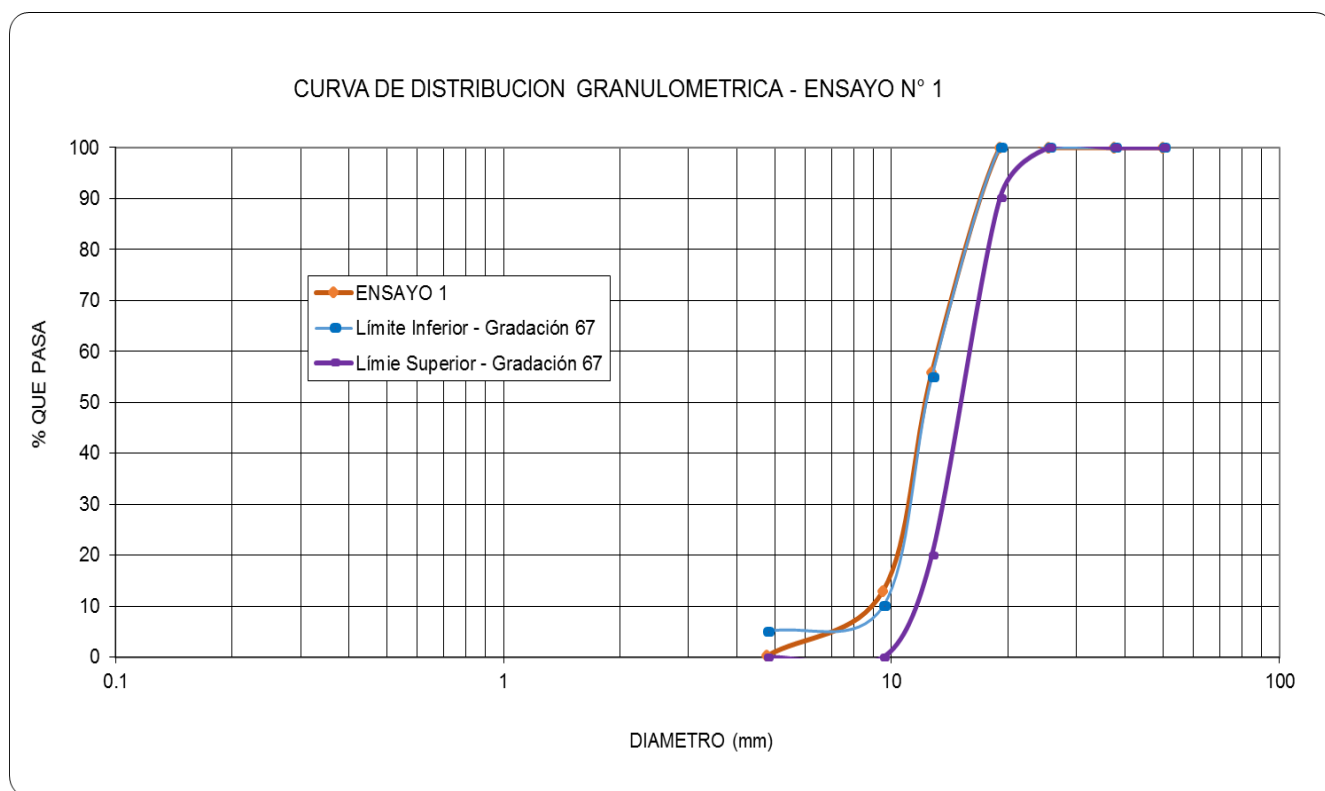


Tabla N° 33. Resultados de los ensayos de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados.

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS		
PROPIEDADES FÍSICAS	AGREGADO	
	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
PERFIL	-	Angular
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	-	3/4"
PESO ESPECIFICO DE MASA	2.601 gr/cm ³	2.616 gr/cm ³
PESO UNITARIO SUELTO	1,675.000 kg/cm ³	1,350.000 kg/cm ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	1,876.000 kg/cm ³	1,463.000 kg/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD	4.40%	1.42%
ABSORCIÓN	1.33%	1.09%
MÓDULO DE FINURA	2.63	6.88
ABRASIÓN	-	27.83%
PARTÍCULAS MENORES A LA MALLA N° 200	2.29%	0.86%

Análisis de Resultados:

- La granulometría del agregado fino no se ajusta a los límites granulométricos según la norma peruana NTP 400,037, por lo cual se determinó que para cumplir con los requerimientos de la norma es necesario mejorar la granulometría eliminando el 70% del material retenido en la malla N°4; mediante este proceso se logró ajustar la granulometría. Para el agregado grueso no se tuvo ningún problema, pues éste se encuentra dentro del uso granulométrico 67 de la NTP 400,037.
- Los valores para el módulo de finura (M.F.) del agregado fino no deben ser menor a 2.3 ni mayor a 3.1 según lo indicado en la norma peruana NTP 400,037. Mediante la realización del mejoramiento de la granulometría del agregado fino se ha podido lograr que el módulo de finura esté dentro de estos límites.
- El peso específico de los agregados puede variar entre los intervalos de 1.2 a 2.2 gr/cm³ para concretos ligeros; 2.3 a 2.9 gr/cm³ para concretos normales y 3.00 a 5.00 gr/cm³ para concretos pesados.

En los agregados de Cajamarca el peso específico varía de 2.45 a 2.71 gr/cm³, por lo cual nuestros agregados sí cumplen.

El porcentaje de absorción de los agregados comúnmente se halla en el intervalo de 0.20% - 3.5%, Pero en Cajamarca varía entre 0.85% y 2.75%, por lo cual los agregados estudiados

se encuentran dentro de los límites.

- Para la resistencia a la abrasión se acepta límites menores al 50% de pérdida del peso original, por lo que el agregado grueso cumple con esta condición. Además para agregados a usarse en estructuras no expuestas a abrasión directa, se acepta desgaste hasta del 40%.
- El peso unitario suelto obtenido del agregado fino es 1675.00 kg/m³ y 1350.00 kg/m³ para el agregado grueso, y se encuentra en el límite de los pesos unitarios sueltos de la ciudad de Cajamarca.

4.2. RESULTADOS DEL DISEÑO DE MEZCLA

VALORES DE DISEÑO DE MEZCLA CONCRETO PATRÓN

Tabla N° 34. Diseño de prueba de Concreto Patrón

MATERIALES	VALORES DE DISEÑO
Cemento	332.15 kg/m ³
Agua de diseño	205.00 Lt/m ³
Agregado Fino seco	790.50 kg/m ³
Agregado Grueso seco	954.00 kg/m ³
Aire (%)	2

VOLUMEN DE SUSTITUCIÓN DE LAS PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO RESPECTO AL AGREGADO FINO PARA MEZCLAS EXPERIMENTALES.

Tabla N° 35. Volumen de Sustitución del agregado fino por el 10% de adición de partículas de caucho reciclado

MATERIALES	VALORES DE DISEÑO
Cemento	332.00 kg/m ³
Agua de diseño	205.00 Lt/m ³
Agregado Fino seco	711.00 kg/m ³
Agregado Grueso seco	954.00 kg/m ³
Partículas de caucho reciclado	27.00 kg/m ³
Aire	2.00

Tabla N° 36. Volumen de Sustitución del agregado fino por el 15% de adición de partículas de caucho reciclado

MATERIALES	VALORES DE DISEÑO
Cemento	332.00 kg/m ³
Agua de diseño	205.00 Lt/m ³
Agregado Fino seco	672.00 kg/m ³
Agregado Grueso seco	954.00 kg/m ³
Partículas de caucho reciclado	41.00 kg/m ³
Aire	2.00

Tabla N° 37. Volumen de Sustitución del agregado fino por el 20% de adición de partículas de caucho reciclado

MATERIALES	VALORES DE DISEÑO
Cemento	332.00 kg/m ³
Agua de diseño	205.00 Lt/m ³
Agregado Fino seco	632.00 kg/m ³
Agregado Grueso seco	954.00 kg/m ³
Partículas de caucho reciclado	54.00 kg/m ³
Aire	2

RESULTADOS DEL DISEÑO DE MEZCLA CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO FINO CON PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO (03 PROBETAS – 0.02 m³)

Tabla N° 38. Diseño de prueba concreto patrón

PARA 03 ESPECÍMENES	
MATERIALES	PARA 03 ESPECÍMENES
Cemento:	6.64 kg
Agua Efectiva:	3.56 kg
Agregado Fino húmedo:	16.50 kg
Agregado Grueso húmedo:	19.36 kg

Tabla N° 39. Diseño de prueba con 10% de adición de partículas de caucho reciclado.

PARA 03 ESPECÍMENES	
MATERIALES	PARA 03 ESPECÍMENES
Cemento	6.64 kg
Agua Efectiva	3.60 kg
Agregado Fino húmedo:	14.84 kg
Agregado grueso húmedo:	19.36 kg
Caucho Reciclado	0.54 kg

Tabla N° 40. Diseño de prueba con 15% de adición de caucho reciclado.

PARA 03 ESPECÍMENES	
MATERIALES	PARA 03 ESPECÍMENES
Cemento	6.64 kg
Agua Efectiva	3.62 kg
Agregado Fino húmedo:	14.04 kg
Agregado grueso húmedo:	19.36 kg
Caucho Reciclado	0.82 kg

Tabla N° 41. Diseño de prueba con 20% de adición de caucho reciclado.

PARA 03 ESPECÍMENES	
MATERIALES	PARA 03 ESPECÍMENES
Cemento	6.64 kg
Agua Efectiva	3.64 kg
Agregado Fino húmedo:	13.20 kg
Agregado grueso húmedo:	19.36 kg
Caucho Reciclado	1.08 kg

4.3. RESULTADO DE AJUSTE DE DISEÑO DE MEZCLA

Tabla N° 42. Diseño final de Concreto Patrón

PARA 03 ESPECÍMENES	
MATERIALES	PARA 03 ESPECÍMENES
Cemento:	7.00 kg
Agua Efectiva:	3.82 kg
Agregado Fino húmedo:	14.70 kg
Agregado Grueso húmedo:	19.36 kg

CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DE AGREGADO FINO POR PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO

Tabla N° 43. Diseño final de Concreto con sustitución del 10% de Agregado Fino por Partículas de Caucho Reciclado.

MATERIALES	PARA 03 ESPECÍMENES
Cemento:	7.22 kg
Agua Efectiva:	3.98 Lt
Agregado Fino húmedo:	14.12 kg
Agregado Grueso húmedo:	19.36 kg

Tabla N° 44. Diseño final de Concreto con sustitución del 15% de Agregado Fino por Partículas de Caucho Reciclado.

MATERIALES	PARA 03 ESPECÍMENES
Cemento:	7.38 kg
Agua Efectiva:	4.08 Lt
Agregado Fino húmedo:	13.71 kg
Agregado Grueso húmedo:	19.36 kg

Tabla N° 45. Diseño final de Concreto con sustitución del 20% de Agregado Fino por Partículas de Caucho Reciclado.

MATERIALES	PARA 03 ESPECÍMENES
Cemento:	7.44 kg
Agua Efectiva:	4.14 Lt
Agregado Fino húmedo:	13.56 kg
Agregado Grueso húmedo:	19.36 kg

Análisis de Resultados:

- El cemento es un elemento importante en cuanto a la resistencia del concreto, se puede observar la variación que existe entre ambos diseños con respecto a la cantidad de cemento utilizado.

4.4. PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

PESO UNITARIO (NTP 339.046; 2008 REVISADA EL 2013 – ASTM C 138)

Se determinó el peso unitario de las mezclas de concreto según NTP 339.046, los valores del peso unitario están dentro de lo aceptable y se clasificaron como concretos de peso normal (2240-2400 kg/m³). Los resultados se muestran a continuación:

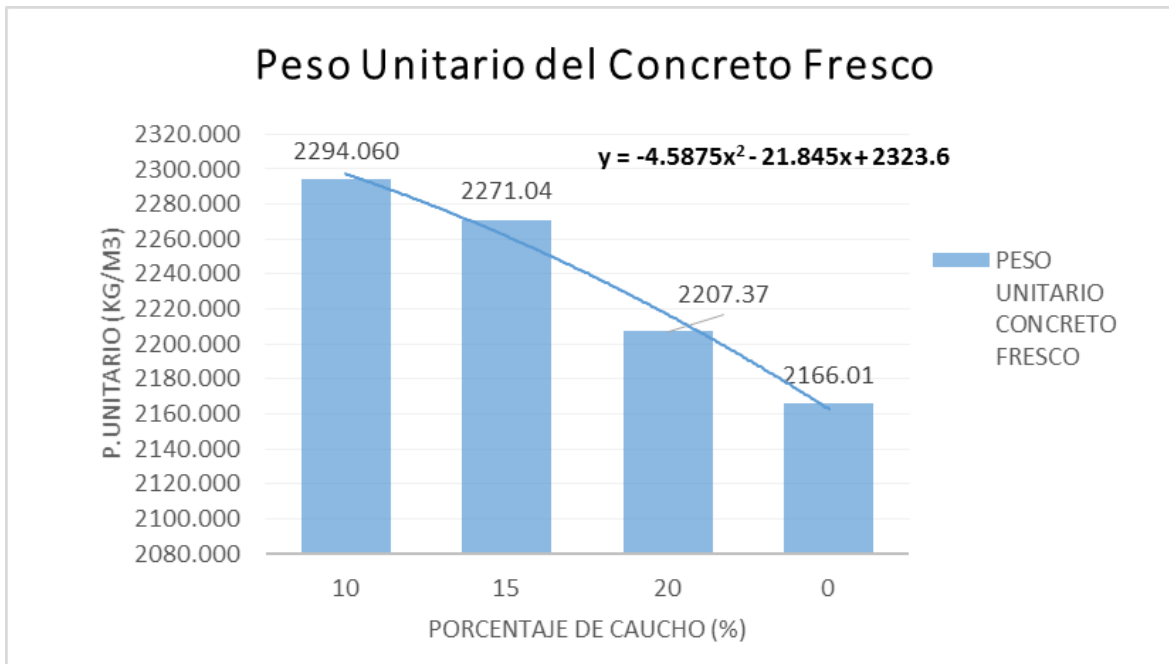
Tabla N° 46. Valores de peso unitario para concreto fresco.

PESO UNITARIO CONCRETO FRESCO				
	0.00%	10.0 %	15.0 %	20.0 %
Peso del Cilindro+concreto (kg)	22.965	21.277	20.877	20.214
Peso del Cilindro (kg)	8.875	8.650	8.604	8.171
Peso del concreto (kg)	14.090	12.627	12.273	12.043
Vol. del Cilindro (m ³)	0.006	0.006	0.006	0.006
Peso Unitario (kg/m³)	2294.060	2237.04	2207.37	2166.01

Tabla N° 47. Variación del peso unitario en % respecto al concreto patrón.

PESO UNITARIO CONCRETO FRESCO		
C° PATRÓN	2294.06	
PCR 10%	2237.04	2.49%
PCR 15%	2207.37	3.78%
PCR 20%	2166.01	5.58%

Figura. 6 Peso unitario del concreto fresco para diferentes porcentajes de sustitución del A. fino con Partículas de caucho reciclado.



Análisis de Resultados:

- El peso unitario del concreto fresco en mezcla de concreto patrón es ligeramente mayor en comparación con el concreto con sustitución del 10% del agregado fino por partículas de caucho recicladas, pues el concreto patrón tiene mayor cantidad de agregado fino en su diseño.
- A medida que se aumenta el porcentaje de aditivo, el valor del peso unitario decrece, esto debe a que a mayor porcentaje de sustitución del agregado fino por partículas de caucho reciclado, mayor será el volumen de la pasta y por ende disminuye el volumen del agregado fino por metro cubico.

4.5. PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

Para poder identificar los especímenes de concreto, se ha elaborado la siguiente nomenclatura:

CÓDIGO
CP

TIPOS DE MUESTRAS
Concreto patrón sin sustitución del A.F.

A-10%	Concreto con sustitución del 10% A.F. por partículas de caucho reciclado.
A-15%	Concreto con sustitución del 15% A.F. por partículas de caucho reciclado.
A-20%	Concreto con sustitución del 20% A.F. por partículas de caucho reciclado.

REPORTE DE PROBETAS DEL ENSAYO A LA COMPRESIÓN (NTP 339.034)

Luego de concluir con el ensayo a la compresión de las probetas elaboradas tanto de Concreto con agregado fino y sustitución por caucho reciclado, se presenta un cuadro Reporte.

Tabla N° 48. Resistencia a compresión a los 7,14 y 28 días.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)								
EDAD (DÍAS)	CP	A-10%	A-15%	A-20%				
7 DÍAS	131.91	131.59	126.17	124.26	98.74	97.50	73.60	
	130.17		123.30			100.36		68.82
	132.16		126.17			96.35		71.69
	130.85		126.17			100.36		74.56
	132.56		114.70			97.50		71.69
	131.91		129.04			100.36		77.42
14 DÍAS	183.52	182.96	172.05	183.04	119.00	103.23	98.45	
	183.56		177.79			114.70		91.76
	182.32		174.92			120.44		91.76
	181.56		194.99			126.17		103.23
	183.86		189.26			123.30		106.10
	182.96		189.26			126.17		100.36
28 DÍAS	209.33	209.39	200.73	191.65	129.52	137.64	112.79	
	212.20		194.99			126.17		103.23
	210.21		183.52			126.17		108.97
	209.09		194.99			129.04		114.70
	207.56		183.52			131.91		114.70
	207.96		192.12			126.17		120.44

Tabla N° 49. Variación de la resistencia en % respecto al concreto patrón.

DÍAS	PCR 10%	PCR 15%	PCR 20%
7	5.57%	24.97%	44.07%
14	-0.04%	34.96%	46.19%
28	8.47%	38.15%	46.13%

Tabla N° 50. Resumen comparativo de resultados de resistencia promedio a la compresión

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)				
EDAD (DÍAS)	CP	A-10%	A-15%	A-20%
7 DÍAS	131.59	124.26	98.74	73.60
14 DÍAS	182.96	183.04	119.00	98.45
28 DÍAS	209.39	191.65	129.52	112.79

Figura. 7 Resistencia promedio a la compresión a los 7 días.

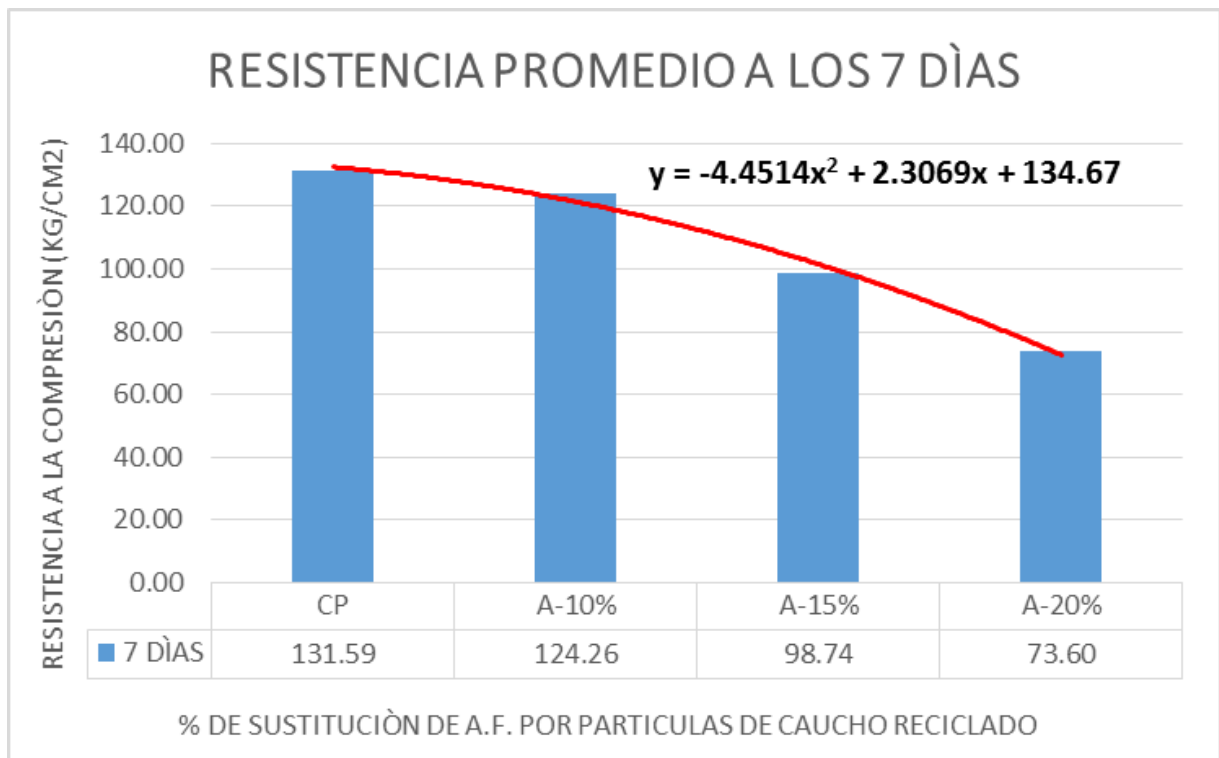


Figura. 8 Resistencia promedio a la compresión a los 14 días.

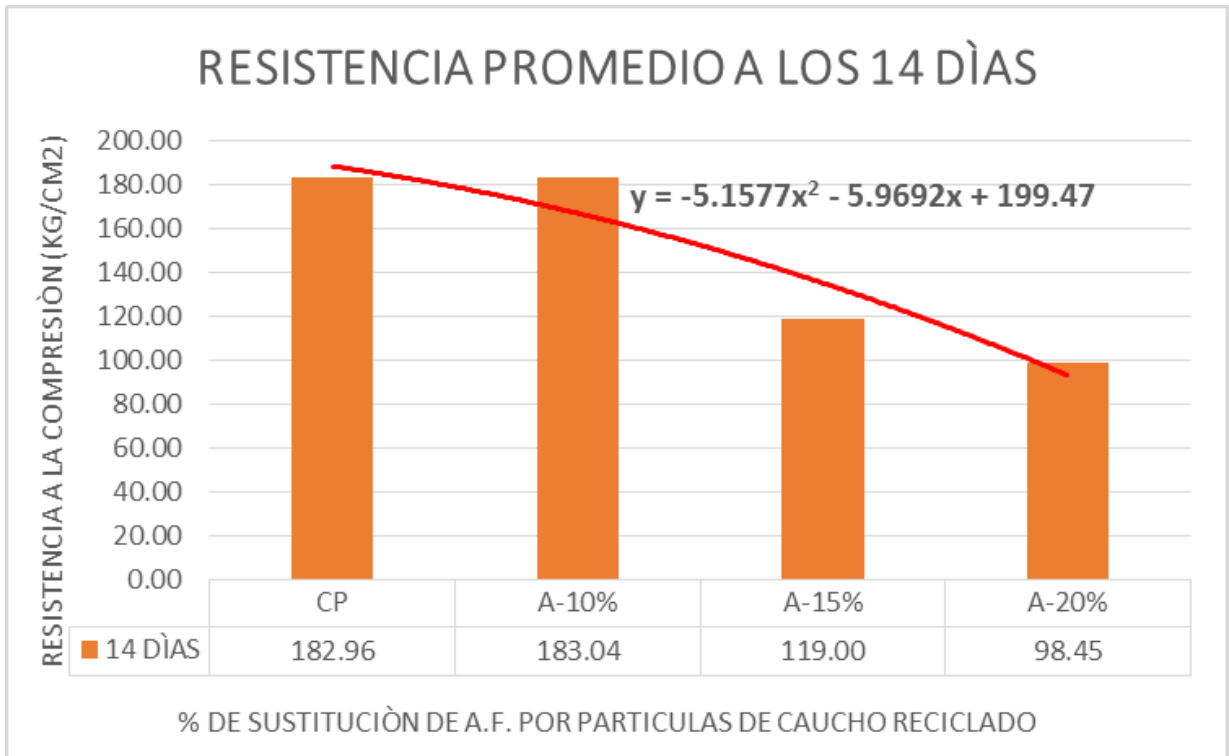


Figura. 9 Resistencia promedio a la compresión a los 28 días.

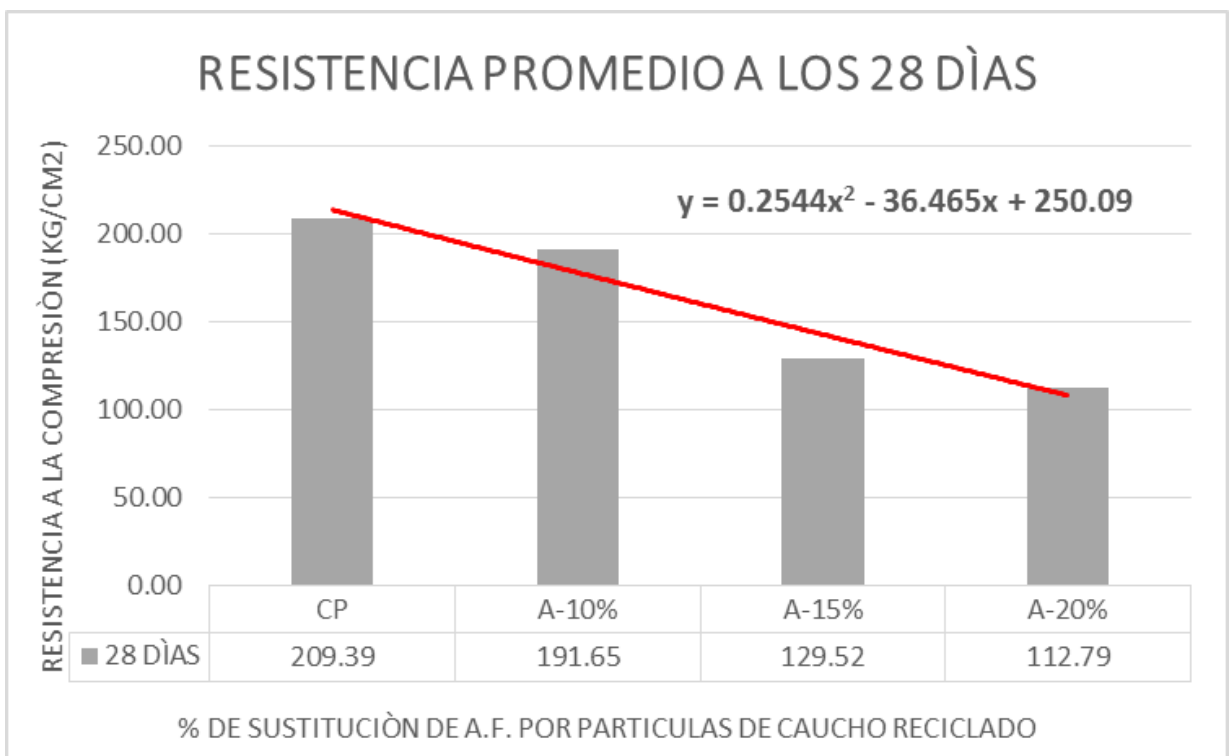


Figura. 10 Resumen de Resistencia promedio a la compresión a los 7, 14 y 28 días.

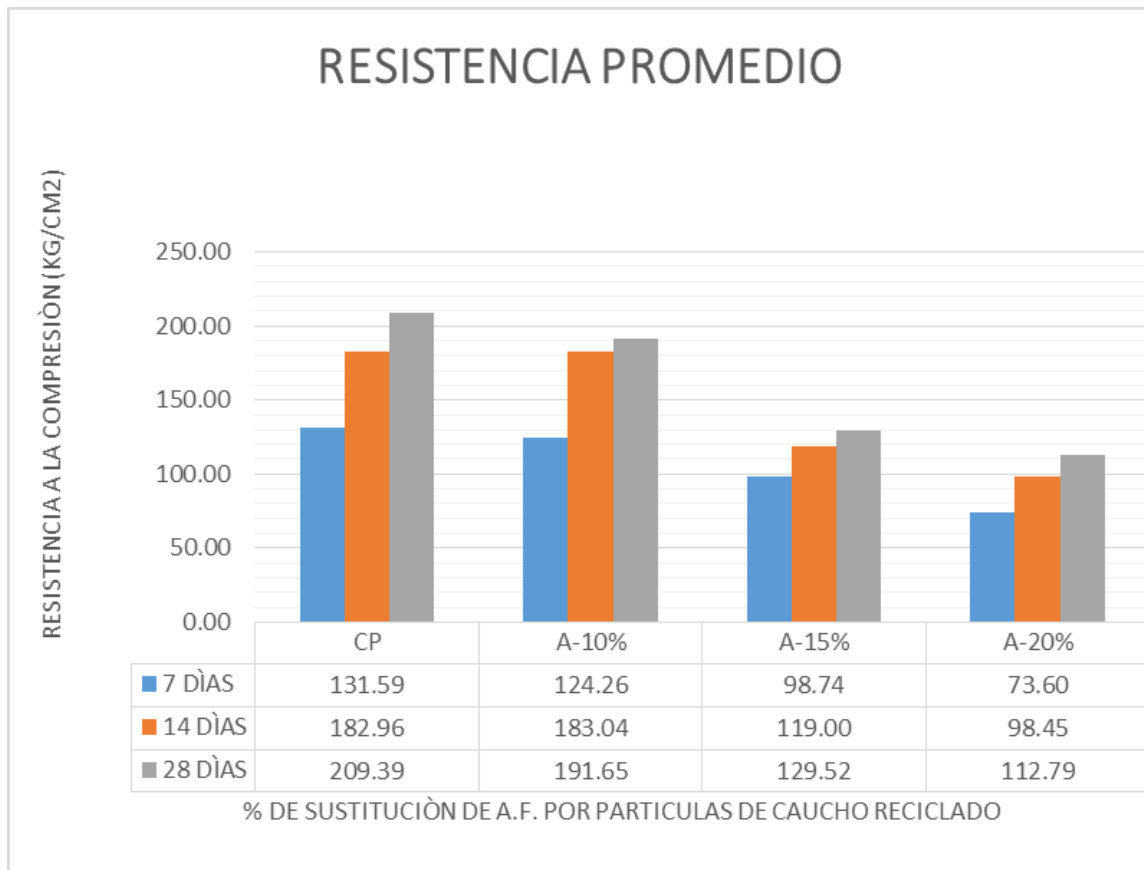
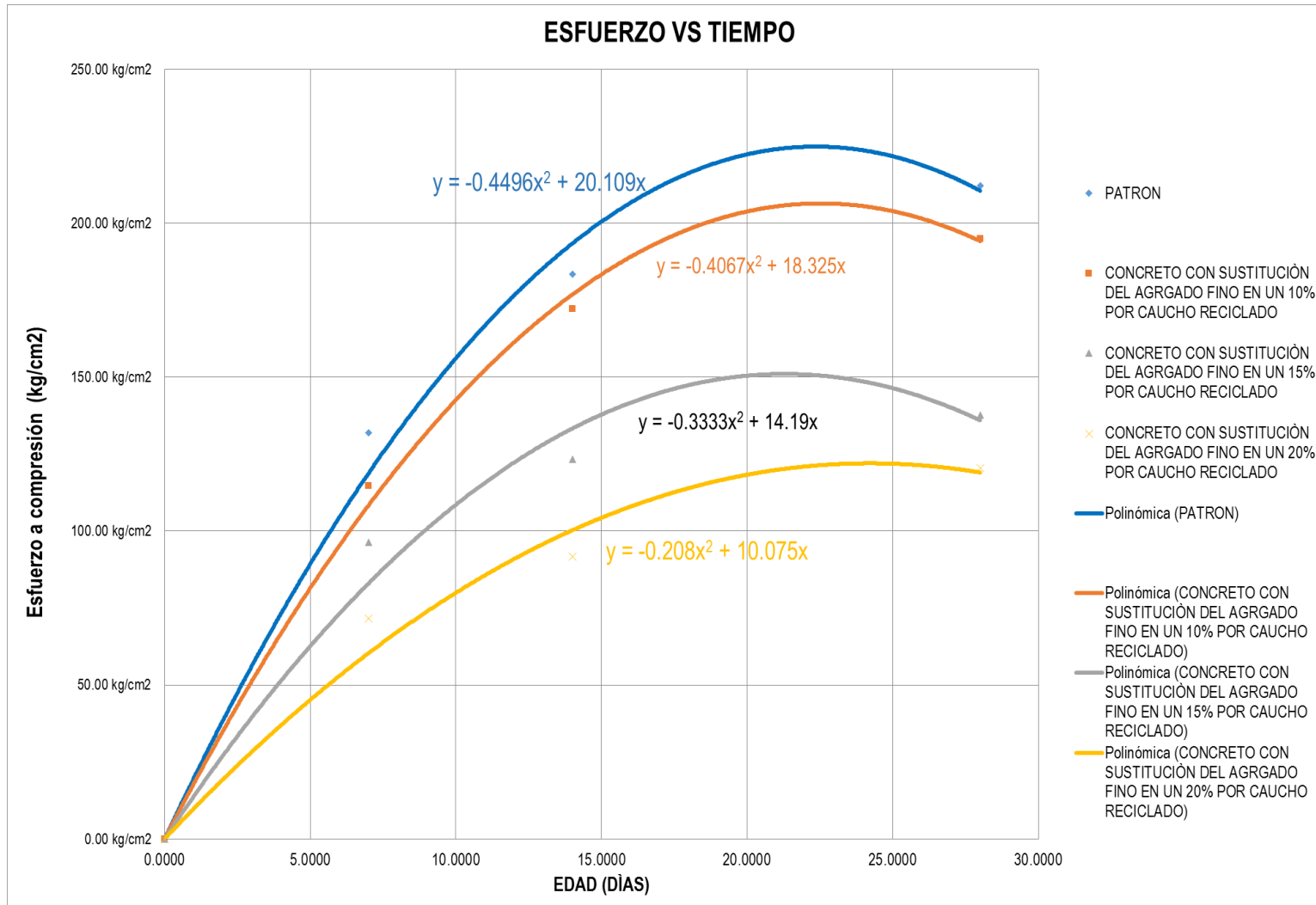


Figura. 11 Desarrollo de la resistencia a compresión del concreto en función de tiempo, para diferentes sustituciones del A.F



Análisis de Resultados:

- Se observa que el concreto patrón logra un desarrollo de 70% y 80% de la resistencia final a los 7 y 14 días respectivamente; mientras que para las mismas edades el concreto con la sustitución del 10% de Agregado Fino por Partículas de Caucho Reciclado obtiene una variación de 8.74% de resistencia obtenida a los 28 días.
- De esto se puede inferir que el concreto elaborado con la sustitución del 10% del Agregado Fino por las Partículas de Caucho Reciclado no presenta una variación muy visible en la Resistencia a la compresión del concreto patrón, a diferencia de la sustitución de los porcentajes del 15 y 20%, pero esto no asegura que se mantenga la tendencia a los 28 días.
- De la gráfica resistencia a compresión vs tiempo se puede concluir que las mezclas de concreto con sustitución del 10% disminuye la resistencia a la compresión del concreto patrón a los 28 días en un 8.74%, con 15% de partículas de caucho reciclado la resistencia disminuye en un 38.32% y con 20% de partículas de caucho reciclado se aprecia que la resistencia a compresión disminuye en aproximado de 46.29%.

ANÁLISIS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD

El módulo de elasticidad fue calculado gráficamente, después de elaborada la curva esfuerzo deformación unitaria y también a través de la fórmula en función de la resistencia a compresión alcanzada, apreciándose que mediante la fórmula se obtiene un mayor valor, esto posiblemente debido a limitaciones en la máquina de ensayo a compresión. (Ver anexos curvas esfuerzo deformación).

Tabla N° 51. Módulo de Elasticidad con 10% de sustitución

PCR %	DIAS	f_c (Kg/cm²)	E_c (Kg/cm²)
10%	7.00	124.26	167178.47
	14.00	183.04	202885.73
	28.00	191.65	207626.61

Tabla N° 52. Módulo de Elasticidad con 15% de sustitución

PCR %	DIAS	f _c (Kg/cm ²)	Ec (Kg/cm ²)
15%	7.00	98.74	149045.56
	14.00	119.00	163534.69
	28.00	129.52	170686.05

Tabla N° 53. Módulo de Elasticidad con 20% de sustitución

PCR %	DIAS	f _c (Kg/cm ²)	Ec (Kg/cm ²)
20%	7.00	73.60	128655.64
	14.00	98.45	148778.04
	28.00	112.79	159257.16

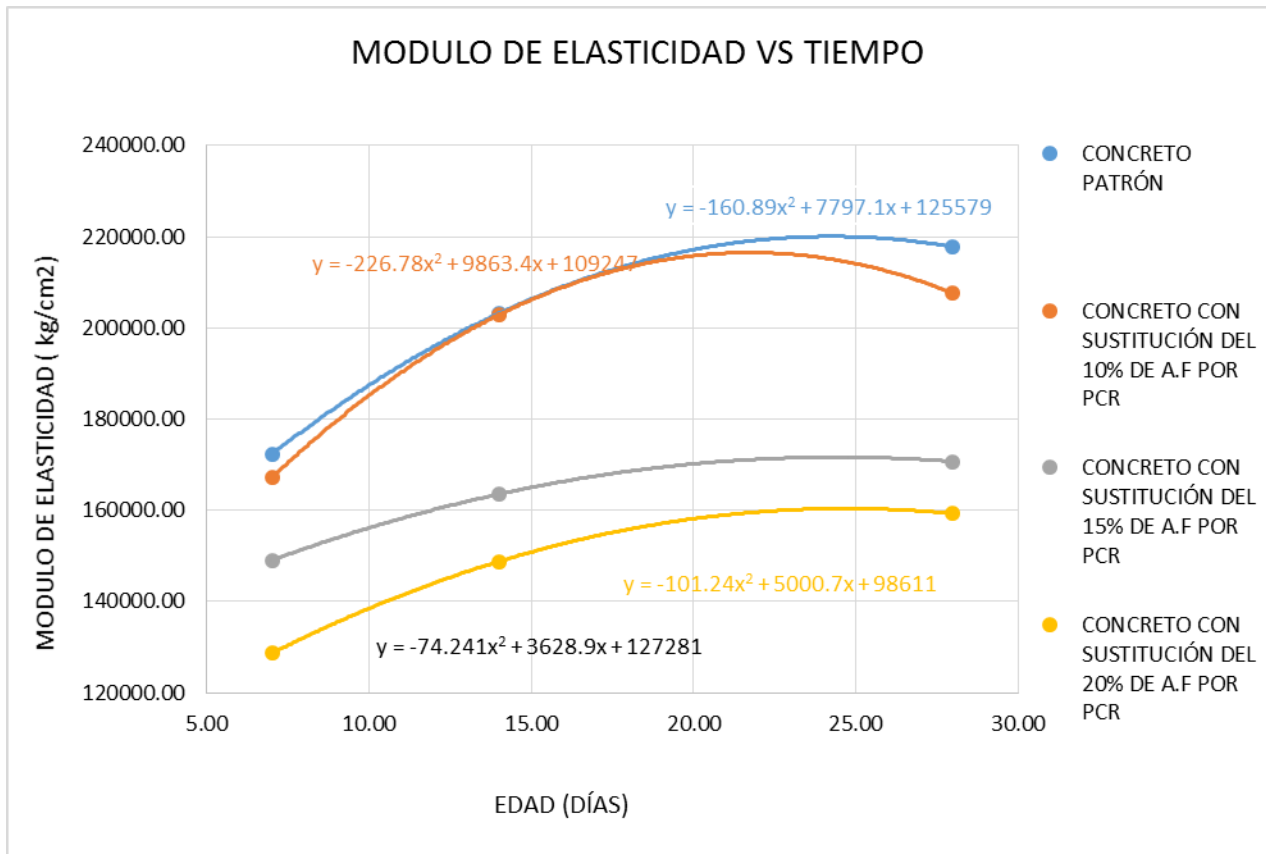
Tabla N° 54. Módulo de Elasticidad con 0% de sustitución

PCR %	DIAS	f _c (Kg/cm ²)	Ec (Kg/cm ²)
0%	7.00	131.59	172275.68
	14.00	182.96	203205.30
	28.00	209.39	217764.06

Tabla N° 55. Diferencia del módulo de elasticidad respecto a la mezcla patrón

Ec (Kg/cm ²) reemplazo del 10%	Ec (Kg/cm ²) reemplazo del 15%	Ec (Kg/cm ²) reemplazo del 20%	Ec (Kg/cm ²) patrón	Diferencia en % respecto al de la mezcla convencional		
				Mezcla 10%	Mezcla 15%	Mezcla 20%
167178.47	149045.56	128655.64	172275.68	2.96	13.48	25.32
202885.73	163534.69	148778.04	203205.30	0.16	19.52	26.78
207626.61	170686.05	159257.16	217764.06	4.66	21.62	26.87

Figura. 12 Cuadro estadístico de Variación del Módulo de Elasticidad.



Análisis de Resultados:

- A medida que se incrementa la dosis de las partículas de caucho reciclado, el concreto sustituido con partículas de caucho reciclado (10%, 15%, 20%) disminuye el módulo de elasticidad, esto se debe a que el módulo de elasticidad está directamente relacionado con la resistencia mecánica de concreto.

CAPÍTULO V.

5.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.1 CONCLUSIONES

Al término del presente trabajo se llegaron a las siguientes conclusiones:

- El porcentaje de disminución en la resistencia a la compresión obtenida a los 28 días, del concreto diseñado con sustitución del 10% del agregado fino por partículas de caucho reciclado es de 8.47% con respecto al concreto patrón, el concreto diseñado con una sustitución del 15% del agregado fino por partículas de caucho reciclado es de 38.15% con respecto al concreto patrón y el concreto diseñado con una sustitución del 20% del agregado fino por partículas de caucho reciclado es de 46.13% con respecto al concreto patrón. La desviación estándar de la resistencia a la compresión del concreto patrón a los 28 días es de 1.68 kg/cm² con un coeficiente de variación de 0.80%; la desviación estándar de la resistencia a la compresión del concreto con sustitución del 10% de agregado fino por partículas de caucho reciclado a los 28 días es de 6.89 kg/cm² con un coeficiente de variación de 3.59%; la desviación estándar de la resistencia a la compresión del concreto con sustitución del 15% de agregado fino por partículas de caucho reciclado a los 28 días es de 4.59 kg/cm² con un coeficiente de variación de 3.55% y la desviación estándar de la resistencia a la compresión del concreto con sustitución del 20% de agregado fino por partículas de caucho reciclado a los 28 días es de 5.92 kg/cm² con un coeficiente de variación de 5.25%;
- El porcentaje de disminución del módulo de elasticidad del concreto diseñado con la sustitución de diferentes porcentajes del agregado fino por partículas de caucho reciclado a los 28 días con respecto al módulo de elasticidad del concreto patrón es de: 4.66% con respecto al concreto elaborado con una sustitución del 10%, un 21.62% con sustitución del 15% y un 26.87% con sustitución de 20%.
- El porcentaje óptimo de sustitución de agregado fino por caucho reciclado es de 10%, ya que se obtuvo el mayor valor de la resistencia mecánica a la compresión: 191.65 kg/cm².
- La sustitución del 10, 15 y 20 % del agregado fino por partículas de caucho reciclado influye negativamente en la resistencia mecánica del concreto.

5.1.2 RECOMENDACIONES.

- Evaluar el comportamiento del concreto con caucho reciclado con sustituciones del agregado fino por partículas de caucho reciclado con rangos inferiores a las realizadas en la presente tesis.
- Evaluar el comportamiento del concreto con sustitución de partículas de caucho reciclado por agregado grueso según su granulometría.
- Difundir los resultados de la presente investigación y propiciar a la vez el uso de partículas de caucho en la elaboración de concreto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. (Ref. HARDING, M.). (Por / By José Castañeda Ávila, Cecilia Olague Caballero, Facundo M. Almeraya Calderón, Citlalli Gaona Tiburcio y Alberto Martínez Villafañe.) Revista Ingeniería de Construcción Volumen 15 N°1 Enero Junio de 2005.
2. (Ocean Concrete products. Ocean Heidelberg Cement Group, Steel Fibre Reinforcement, Working Together to Build our Communities report. 1999.)
3. F.ALTON, T. HAKTANIR (Engineering Faculty, Civil Eng., Dept., Kayeri TURKIA 2004)
4. RIVVA LOPEZ, Enrique: Diseño de Mezclas de Concreto, volumen 1.Peru. Editorial Universitaria, 2004
5. CANTER, W. Larry. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental, técnicas para la elaboración de estudios. 2ª ed. España: McGraw- Hill/Interamericana, 1998. p. 805.
6. BEDOYA MONTOYA, Carlos Mauricio. Confección del concreto reciclado mediante el aprovechamiento de residuos de la construcción. Trabajo de graduación Ing. Civil. Medellín Colombia, Universidad Nacional de Colombia, 1998. p. 143.
7. LUND, Herbert F. Manual McGraw-Hill de reciclaje, volumen 1 y 2. España: McGraw-Hill/Interamericana, 1996. p. 1101.
8. PASQUEL, Enrique: Tópicos de Tecnología del Concreto, volumen 1

ANEXOS

ENSAYO DE PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

AGREGADO FINO

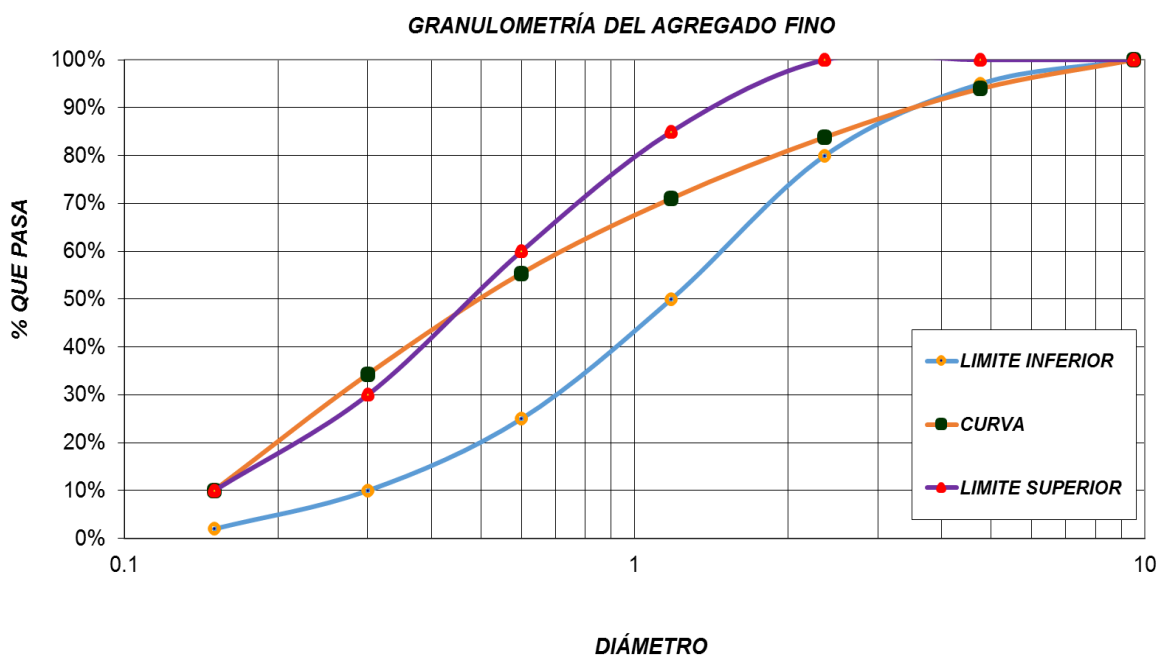
A. Análisis Granulométrico (NTP 400.012:2003):

Muestra 1:

Tabla N° 56. Granulometría M1 de Agregado Fino

MALLA		PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE PASA
N°	mm	(gr)	parcial (%)	acumul (%)	(%)
3/8	9.5	0	0.00%	0.00%	100.00
4	4.76	21.000	5.40%	5.40%	94.60
8	2.36	36.000	9.25%	14.65%	85.35
16	1.18	75.000	19.28%	33.93%	66.07
30	0.6	63.000	16.20%	50.13%	49.87
50	0.3	80.000	20.57%	70.69%	29.31
100	0.15	79.000	20.31%	91.00%	9.00
200	0.075	21.000	5.40%	96.40%	3.60
CAZOLETA		14.000	3.60%	100.00%	0.00

Figura. 13 Curva Granulométrica M1 del Agregado Fino

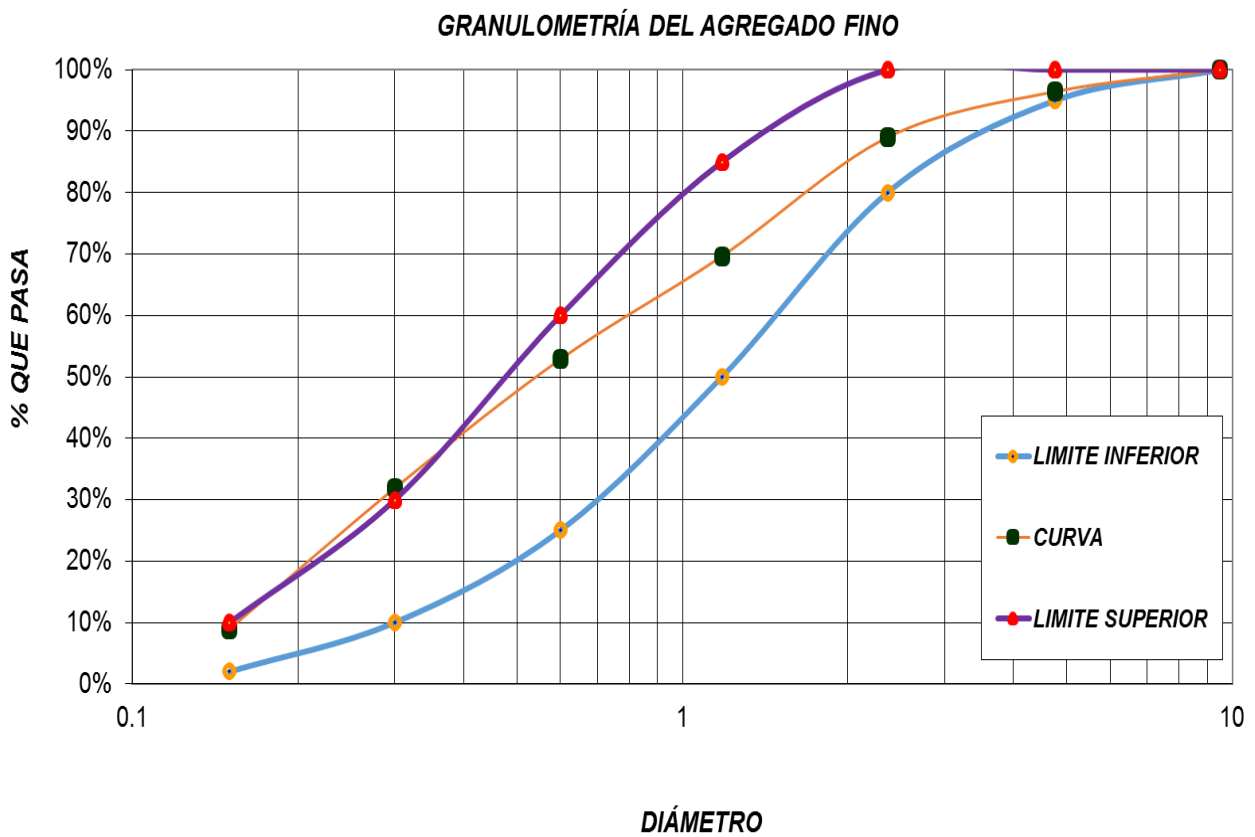


Muestra 2:

Tabla N° 57. Granulometría M2 de Agregado Fino

MALLA		PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE PASA
N°	mm	(gr)	parcial (%)	acumul (%)	(%)
3/8	9.5	0	0.00%	0.00%	100.00
4	4.76	14.000	3.66%	3.66%	96.34
8	2.36	29.000	7.57%	11.23%	88.77
16	1.18	76.000	19.84%	31.07%	68.93
30	0.6	66.000	17.23%	48.30%	51.70
50	0.3	82.000	21.41%	69.71%	30.29
100	0.15	90.000	23.50%	93.21%	6.79
200	0.075	11.000	2.87%	96.08%	3.92
CAZOLETA		15.000	3.92%	100.00%	0.00

Figura. 14 Curva Granulométrica M2 del Agregado Fino

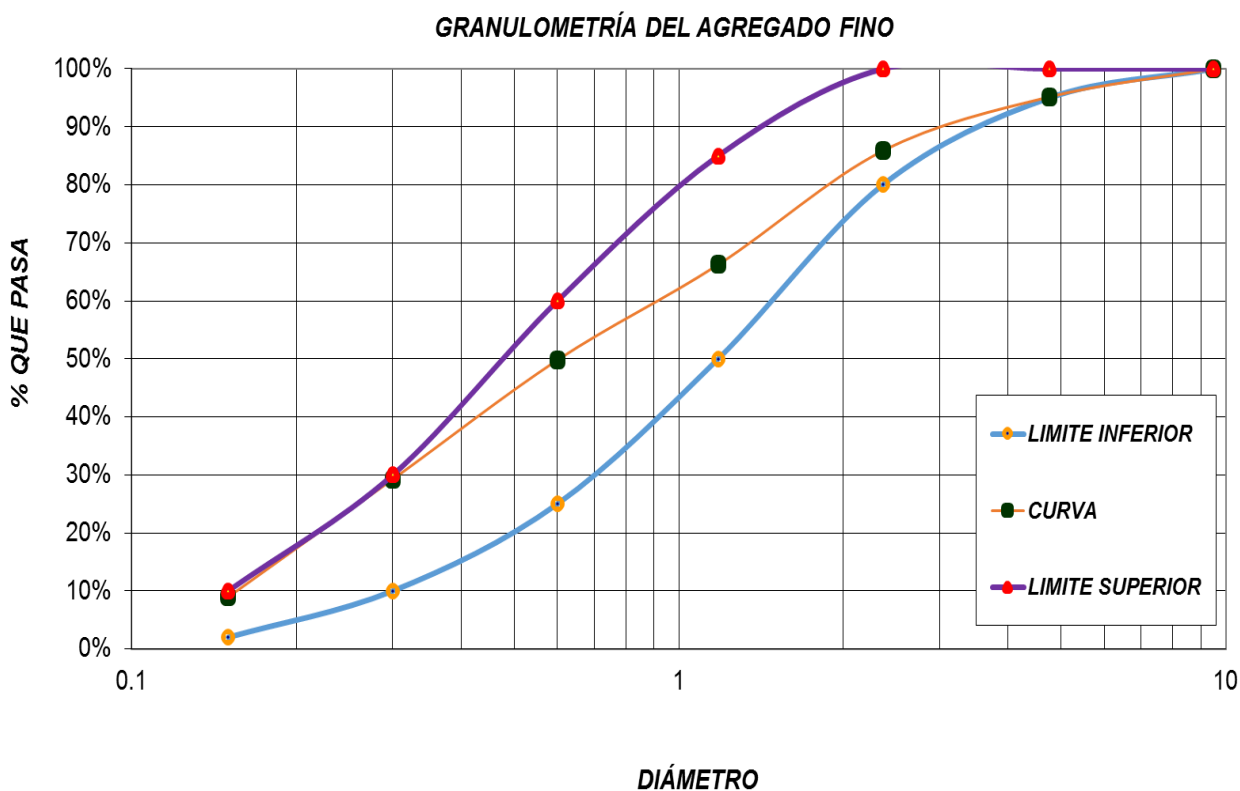


Muestra 3:

Tabla N° 58. Granulometría M3 de Agregado Fino

MALLA		PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE PASA
N°	mm	(gr)	parcial (%)	acumul (%)	(%)
3/8	9.5	0	0.00%	0.00%	100.00
4	4.76	19.000	4.83%	4.83%	95.17
8	2.36	37.000	9.41%	14.25%	85.75
16	1.18	77.000	19.59%	33.84%	66.16
30	0.6	64.000	16.28%	50.13%	49.87
50	0.3	81.000	20.61%	70.74%	29.26
100	0.15	80.000	20.36%	91.09%	8.91
200	0.075	20.000	5.09%	96.18%	3.82
CAZOLETA		15.000	3.82%	100.00%	0.00

Figura. 15 Curva Granulométrica M3 del Agregado Fino



B. Módulo de Finura

Tabla N° 59. Módulo de Finura del Agregado Fino

ENSAYO	1	2	3	PROMEDIO
MODULO DE FINURA	2.66	2.57	2.65	2.63

C. Peso Específico y Absorción (NTP 400.022:2013-NTP 400.021:2013)

Tabla N° 60. Peso específico y absorción del Agregado Fino

AGREGADO FINO				
ENSAYO	1	2	3	PROMEDIO
Wo= Es el peso en el aire de la muestra secada al horno (gr).	493.500	493.600	493.280	.....
V= Volumen del Frasco (cm3).	500.000	500.000	500.000	.....
Va= Peso en (gr) o Volumen (cm3) del Agua Añadida al frasco.	310.200	310.400	310.200	.....
a. Peso Específico de Masa $Pe = Wo / (V - Va)$	2.600	2.603	2.599	2.601 gr/cm ³
b. Peso Específico de Masa Saturada con Superficie Seca $Pesss = 500 / (V - Va)$	2.634	2.637	2.634	2.603 gr/cm ³
c. Peso Especifico Aparente $Pea = Wo / [(V - Va) - (500 - Wo)]$	2.692	2.694	2.694	2.694 gr/cm ³
d. Absorción $Ab = [(500 - Wo) * 100] / Wo$	1.317%	1.297%	1.362%	1.325%

D. Peso Unitario (NTP 400.017:2011)

Tabla N° 61. Cálculo factor f

PESO DE FIOLA	212.800
PESO DE FIOLA+AGUA	710.700
PESO ESP. DEL AGUA	0.996
PESO DEL RECIPIENTE+VIDRIO+GRASA	5151.000
PESO DEL RECIPIENTE+VIDRIO+GRASA+AGUA	14850.000
VOL. RECIPIENTE	9739.908
PESO DEL RECIPIENTE	4.220
Factor (f):	102.670

D.1. Peso Unitario Suelto

Tabla N° 62. Peso unitario suelto del agregado fino

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del Recipiente(g)	4.220 Kg	4.220 Kg	4.220 Kg
Peso del Recipiente + Muestra (g)	20.535 Kg	20.510 Kg	20.560 Kg
Peso de la Muestra (g)	16.315 Kg	16.290 Kg	16.340 Kg
Factor(f)	102.670	102.670	102.670
Peso unitario suelto (Kg/m ³)	1,675.067 kg/m ³	1,672.5 kg/m ³	1,677.63 kg/m ³
Peso unitario suelto Promedio (Kg/m³)	1675.07 Kg/cm³		

D.2. Peso Unitario Compactado

Tabla N° 63. Peso unitario compactado del Agregado Fino

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del Recipiente(g)	4.220 Kg	4.220 Kg	4.220 Kg
Peso del Recipiente + Muestra (g)	22.49 gr	22.500 gr	22.48 gr
Peso de la Muestra (g)	18.272 gr	18.280 gr	18.264 gr
Factor(f)	102.670	102.670	102.670
Peso unitario compactado (Kg/m ³)	1,876.00 kg/m ³	1,876.81 kg/m ³	1,875.18 kg/m ³
Peso unitario compactado Promedio (Kg/m³)	1876.000 Kg/cm³		

E. Contenido de Humedad (NTP 339.185:2013)

Tabla N° 64. Contenido de Humedad del Agregado Fino

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del Recipiente(g)	40.00	50.00	40.00
Peso del Recipiente + Muestr. Hum.(g)	485.00	505.00	470.00
Peso del Recipiente + Muestr.Seca.(g)	466.00	487.00	451.00
Peso del agua (g).	19.00	18.00	19.00
Peso de Muestra Seca. (g).	426.00	437.00	411.00
Contenido de Humedad. (%)	4.46%	4.12%	4.62%
Contenido de Humedad Promedio (%)	4.40%		

AGREGADO GRUESO

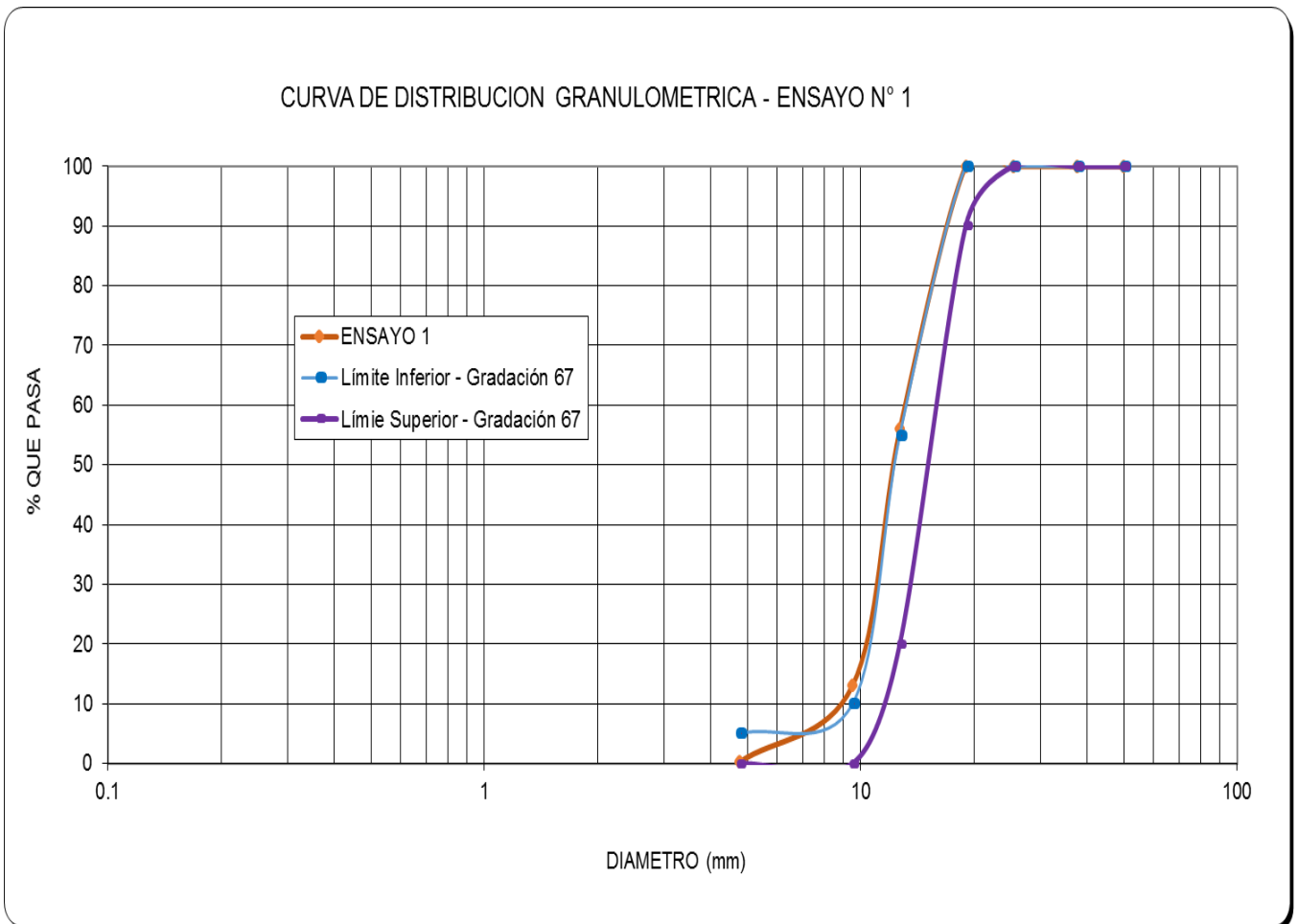
A. Análisis Granulométrico (NTP 400.012:2003):

Muestra 1:

Tabla N° 65. Granulometría M1 de Agregado Grueso

MALLA		PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE PASA	HUSO GRANULOMETRICO 67		
N°	mm	(g)	parcial (%)	acumul (%)	(%)		-	
2''	50	0.00	0.00%	0.00%	100.00	100.00	-	100.00
1 1/2''	37.5	0.00	0.00%	0.00%	100.00	100.00	-	100.00
1''	25.4	0.00	0.00%	0.00%	100.00	100.00	-	100.00
3/4''	19	0.00	0.00%	0.00%	100.00	90.00	-	100.00
1/2''	12.7	1321.20	44.04%	44.04%	55.96	20.00	-	55.00
3/8''	9.51	1287.80	42.93%	86.97%	13.03	0.00	-	10.00
4	4.76	384.00	12.80%	99.77%	0.23	0.00	-	5.00
CAZOLETA		7.00	0.23%	100.00%	0.00			

Figura. 16 Granulometría M1 del Agregado Grueso

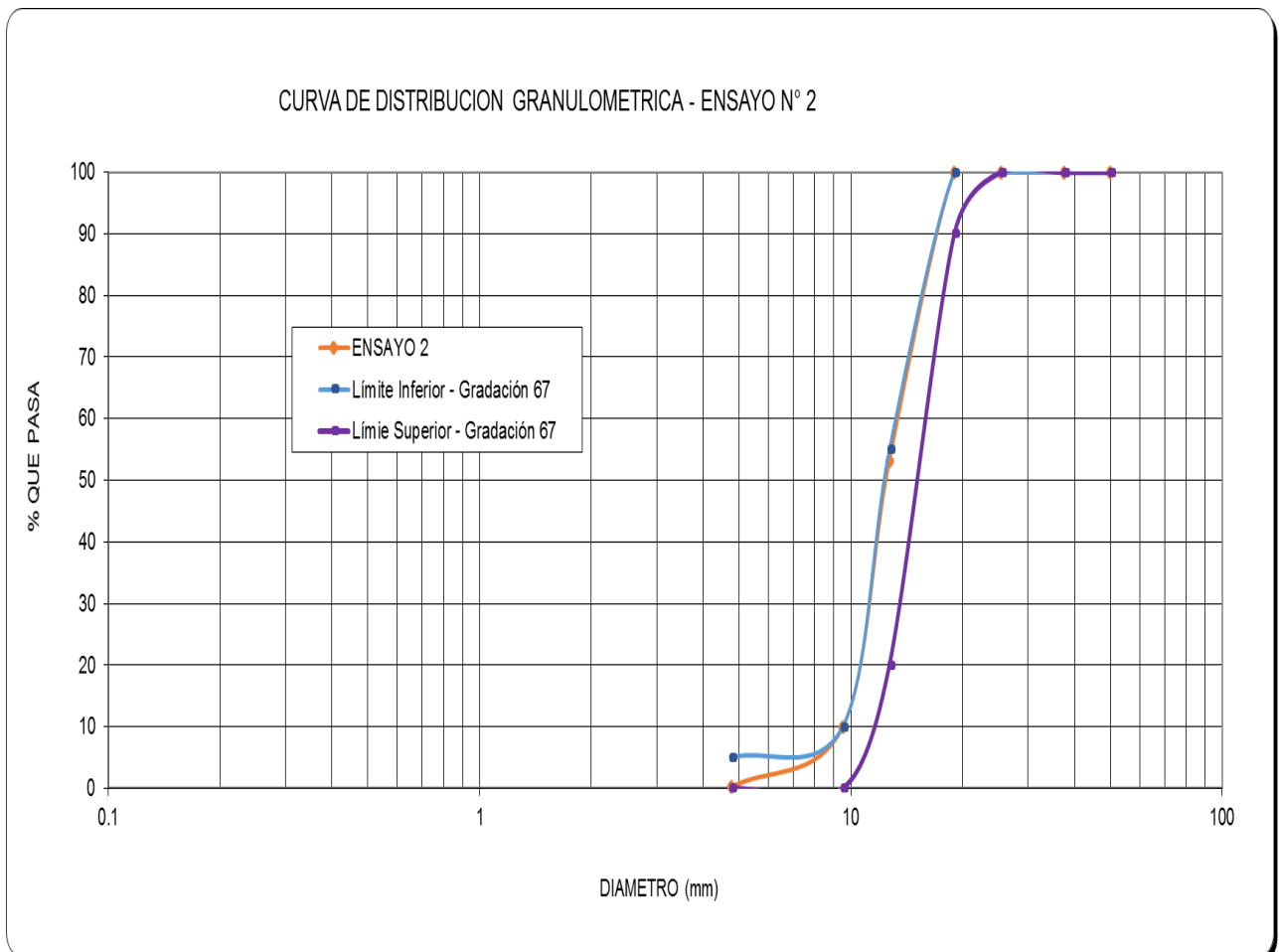


Muestra 2:

Tabla N° 66. Granulometría M2 de Agregado Grueso

MALLA		PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE PASA	HUSO GRANULOMETRICO 67		
N°	mm	(gr)	parcial (%)	acumul (%)	(%)			
2	50	0.00	0.00%	0.00%	100.00	100.00	-	100.00
1 1/2	37.5	0.00	0.00%	0.00%	100.00	100.00	-	100.00
1	25.4	0.00	0.00%	0.00%	100.00	100.00	-	100.00
3/4	19	0.00	0.00%	0.00%	100.00	90.00	-	100.00
1/2	12.7	1407.00	46.90%	46.90%	53.10	20.00	-	55.00
3/8	9.51	1293.90	43.13%	90.03%	9.97	0.00	-	10.00
4	4.76	292.90	9.76%	99.79%	0.21	0.00	-	5.00
CAZOLETA		6.20	0.21%	100.00%	0.00			

Figura. 17 Granulometría M2 del Agregado Grueso

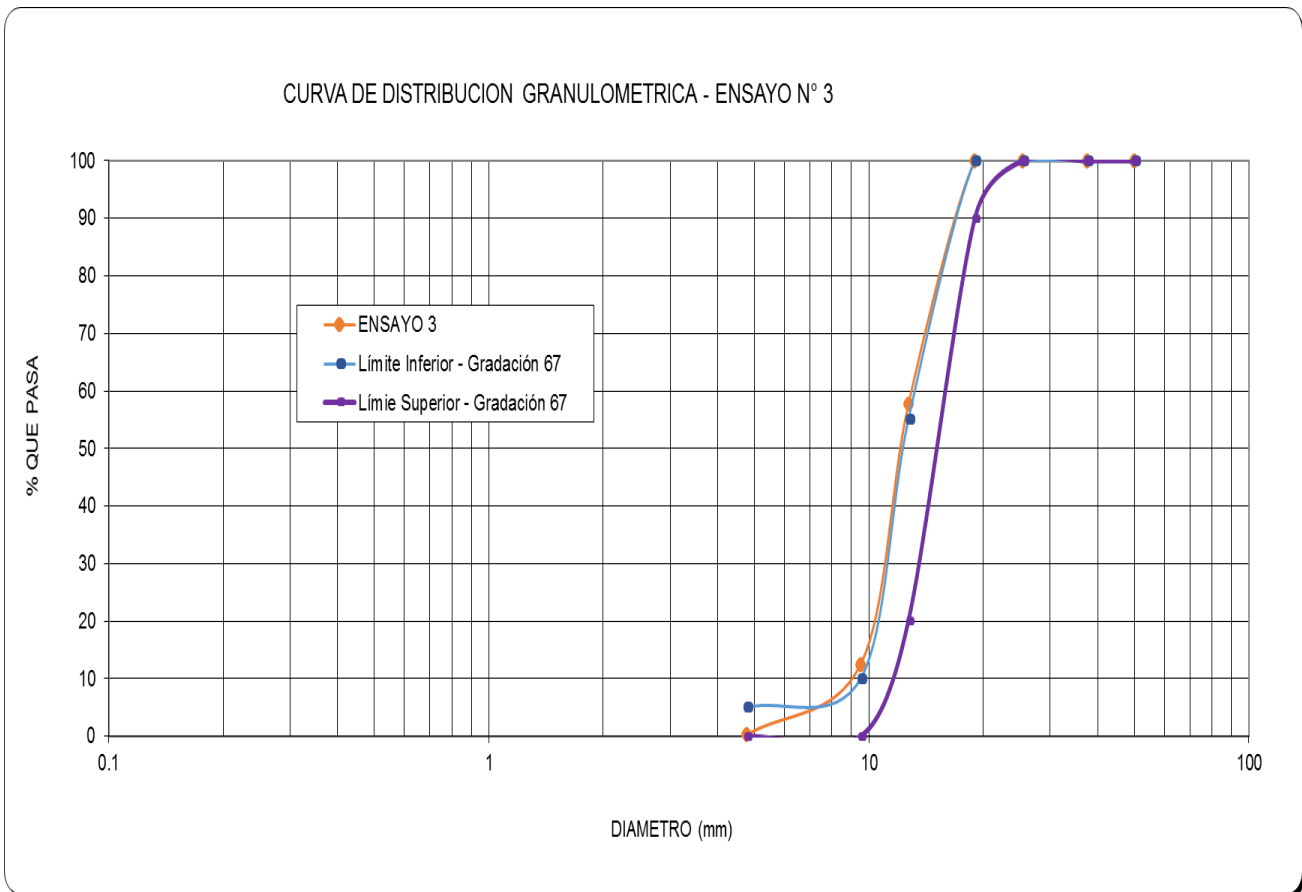


Muestra 3:

Tabla N° 67. Granulometría M3 de Agregado Grueso

MALLA		PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE PASA	HUSO GRANULOMETRICO 67	
N°	mm	(gr)	parcial (%)	acumul (%)	(%)		
2	50	0.00	0.00%	0.00%	100.00	100.00	- 100.00
1 1/2	37.5	0.00	0.00%	0.00%	100.00	100.00	- 100.00
1	25.4	0.00	0.00%	0.00%	100.00	100.00	- 100.00
3/4	19	0.00	0.00%	0.00%	100.00	90.00	- 100.00
1/2	12.7	1270.69	42.36%	42.36%	57.64	20.00	- 55.00
3/8	9.51	1355.30	45.18%	87.53%	12.47	0.00	- 10.00
4	4.76	367.41	12.25%	99.78%	0.22	0.00	- 5.00
CAZOLETA		6.60	0.22%	100.00%	0.00		

Figura. 18 Granulometría M2 del Agregado Grueso



B. Módulo de Finura

Tabla N° 68. Módulo de Finura del Agregado Grueso

ENSAYOS	1	2	3	PROMEDIO
MODULO DE FINURA	6.867	6.898	6.873	6.880

C. Peso Específico y Absorción (NTP 400.022:2013-NTP 400.021:2013)

Tabla N° 69. Peso específico y absorción del Agregado Grueso

ENSAYO	1	2	3	PROMEDIO
<i>A= Es el peso en el aire de la muestra secada al horno (gr).</i>	5937.000	5935.000	5934.000	
<i>B= Peso en el Aire de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr).</i>	6000.000	6000.000	6000.000	
<i>C= Peso en el Agua de la Muestra Saturada (gr).</i>	3736.000	3733.000	3725.000	
<i>a. Peso Específico de Masa Pe= A/(B-C)</i>	2.622 gr/cm3	2.618 gr/cm3	2.608 gr/cm3	2.616 gr/cm3
<i>b. Peso Específico de Masa Saturada con Superficie Seca Pesss= B/(B-C)</i>	2.650 gr/cm3	2.647 gr/cm3	2.637 gr/cm3	2.645 gr/cm3
<i>c. Peso Específico Aparente Pea= A/(A-C)</i>	2.697 gr/cm3	2.695 gr/cm3	2.686 gr/cm3	2.693 gr/cm3
<i>d. Absorción Ab= [(B-A)*100]/A)</i>	1.06%	1.10%	1.11%	1.09%

D. Peso Unitario (NTP 400.017:2011)

Tabla N° 70. Cálculo factor f

PESO DE FIOLA	212.800 gr
PESO DE FIOLA+AGUA	710.700 gr
PESO ESP. DEL AGUA	0.996 gr/cm ³
PESO DEL RECIPIENTE+VIDRIO+GRASA	5151.000 gr
PESO DEL RECIPIENTE+VIDRIO+GRASA+AGUA	14850.000 gr
VOL. RECIPIENTE	9739.908 cm ³
PESO DEL RECIPIENTE	4.220 gr
Factor (f):	102.670

D.1. Peso Unitario Suelto

Tabla N° 71. Peso unitario suelto de Agregado Grueso

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del Recipiente (gr).	4220.000	4220.000	4220.000
Peso del Recipiente + material (gr).	17370.000	17375.000	17365.000
Peso del Material (gr).	13150.000	13155.000	13145.000
Factor (f).	102.670	102.670	102.670
Peso Unitario Suelto Seco (kg/m ³).	1350.115 Kg/cm ³	1350.629 Kg/cm ³	1349.602 Kg/cm ³
Peso unitario suelto Promedio (Kg/m³)	1350.12 Kg/cm³		

D.2. Peso Unitario Compactado

Tabla N° 72. Peso compactado suelto de Agregado Grueso

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del Recipiente(g)	4220.000	4220.000	4220.000
Peso del Recipiente + Muestra (g)	18445.000	18475.000	18481.000
Peso de la Muestra (g)	14225.000	14255.000	14261.000
Factor(f)	102.670	102.670	102.670
Peso unitario compactado (Kg/m3)	1460.486 Kg/cm3	1463.566 Kg/cm3	1464.182 Kg/cm3
Peso unitario compactado Promedio (Kg/m3)	1462.74 Kg/cm3		

E. Contenido de Humedad (NTP 339.185:2013)

Tabla N° 73. Contenido de humedad de Agregado Grueso

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del Recipiente(g)	40.00	80.00	75.00
Peso del Recipiente + Muestr. Hum.(g)	545.00	945.00	915.00
Peso del Recipiente + Muestr.Seca.(g)	538.00	933.00	903.00
Peso del agua (g).	7.000	12.000	12.000
Peso de Muestra Seca. (g).	498.000	853.000	828.000
Contenido de Humedad. (%)	1.406%	1.407%	1.449%
Contenido de Humedad Promedio (%)	1.421%		

F. Resistencia a la Abrasión (NTP 400.019 y NTP 400.020:2002) – Gradación A

Tabla N° 74. Resistencia a la abrasión de Agregado Grueso

TAMAÑO DE TAMICES NTP (ABERTURAS CUADRADADAS)				ENSAYO		
PASA		RETENIDO EN		1°	2°	3°
N°	(mm)	N°	(mm)	PESO RETENIDO	PESO RETENIDO	PESO RETENIDO
1 1/2	37.500	1.000	25.400	1266.200	1266.200	1266.200
1	25.400	0.750	19.000	1259.700	1259.700	1259.700
3/4	19.000	0.500	12.700	1253.800	1253.800	1253.800
1/2	12.700	0.375	9.510	1245.700	1245.700	1245.700
Total de muestra Inicial (g)				5025.400	5025.400	5025.400
Total de muestra Final (g)				3626.831	3631.802	3621.806
Porcentaje de Desgaste (%)				27.83%	27.73%	27.93%
Porcentaje de Desgaste Promedio (%)				27.83%		

PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO

A. Análisis Granulométrico:

Tabla N° 75. Granulometría M1 de Partículas de Caucho Reciclado

1° ENSAYO								
TAMIZ		Peso Ret (gr)	% Ret.	% Ret. Acum.	% Q. Pasa	Huso granulométrico (Agregado Fino)		
#	(mm)							
3/8"	9.51	0.00	0.00	0.00	100.00	100	-	100
N°4	4.76	8.00	0.32	0.32	99.68	95	-	100
N°8	2.36	1234.00	49.36	49.68	50.32	80	-	100
N°16	1.18	263.00	10.52	60.20	39.80	50	-	85
N°30	0.60	436.00	17.44	77.64	22.36	25	-	60
N°50	0.30	120.00	4.80	82.44	17.56	10	-	30
N°100	0.15	421.00	16.84	99.28	0.72	2	-	10
Cazoleta		18.00	0.72	100.00	0.00	Modulo de finura		
Total		2500.00	100.00			3.70		

Figura. 19 Granulometría M1 de Partículas de Caucho Reciclado

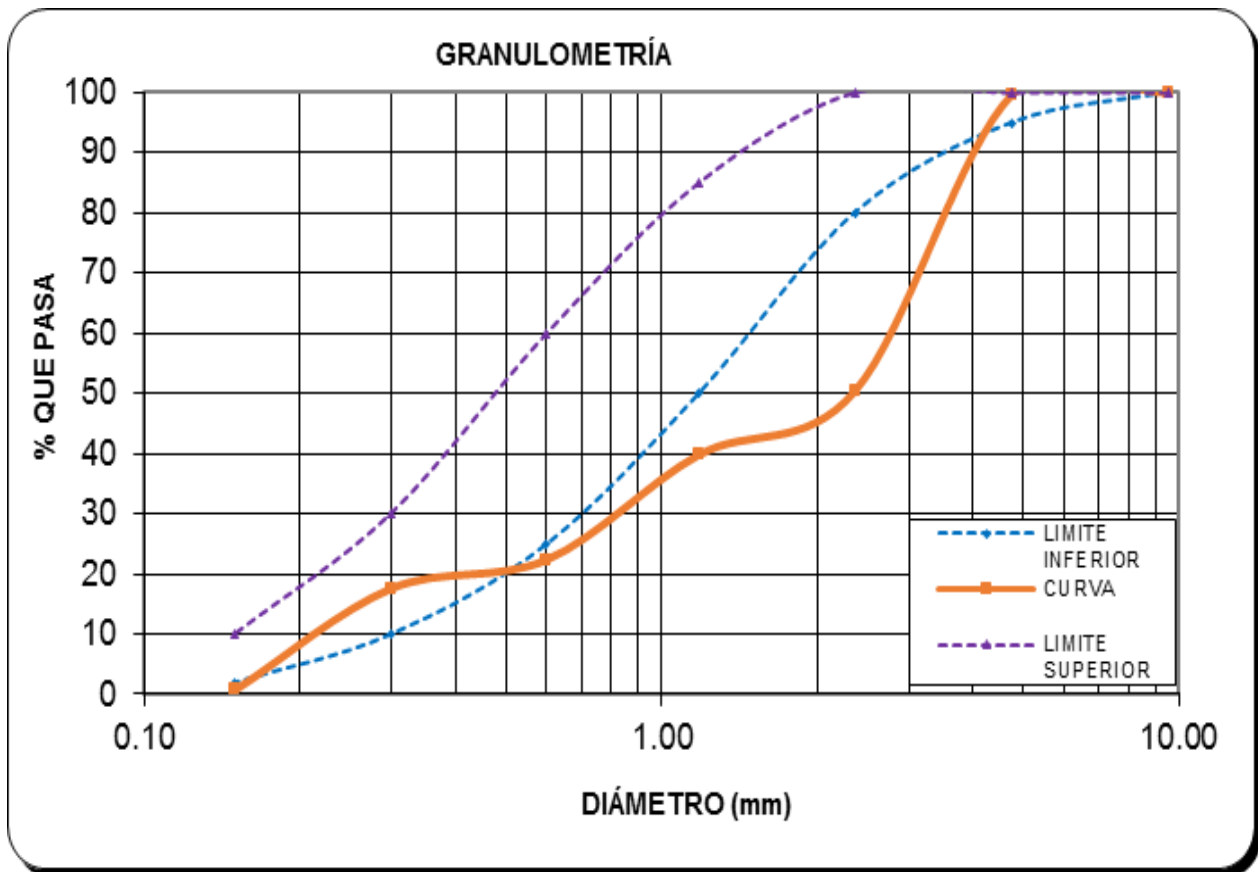


Tabla N° 76. Granulometría M2 de Partículas de Caucho Reciclado

2° ENSAYO								
TAMIZ		Peso Ret (gr)	% Ret.	% Ret. Acum.	% Q. Pasa	Huso granulométrico (Agregado Fino)		
#	(mm)							
3/8"	9.51	0.00	0.00	0.00	100.00	100	-	100
N°4	4.76	12.00	0.48	0.48	99.52	95	-	100
N°8	2.36	1246.00	49.84	50.32	49.68	80	-	100
N°16	1.18	284.00	11.36	61.68	38.32	50	-	85
N°30	0.60	428.00	17.12	78.80	21.20	25	-	60
N°50	0.30	134.00	5.36	84.16	15.84	10	-	30
N°100	0.15	384.00	15.36	99.52	0.48	2	-	10
Cazoleta		12.00	0.48	100.00	0.00	Modulo de finura		
Total		2500.00	100.00			3.75		

Figura. 20 Granulometría M2 de Partículas de Caucho Reciclado

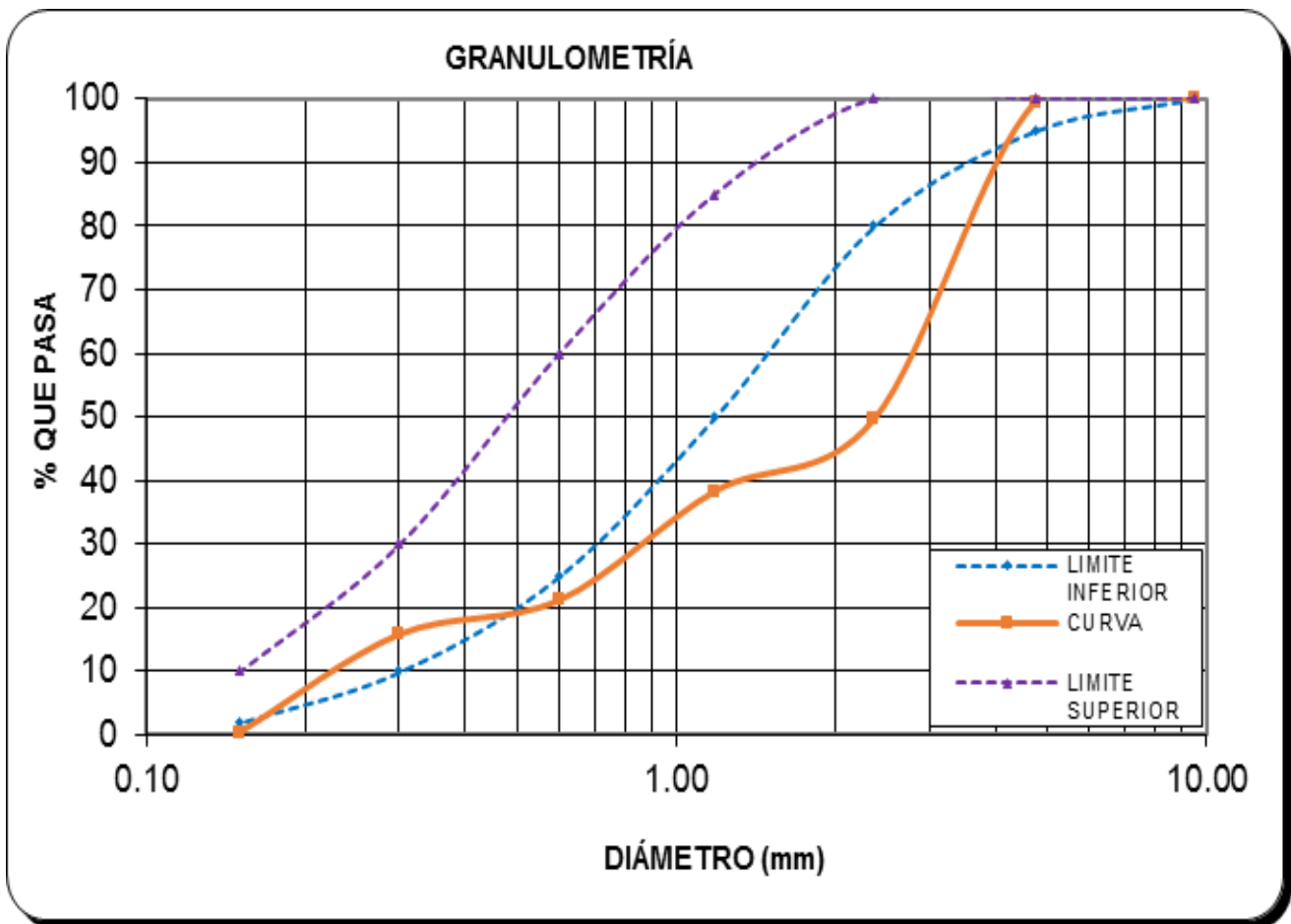
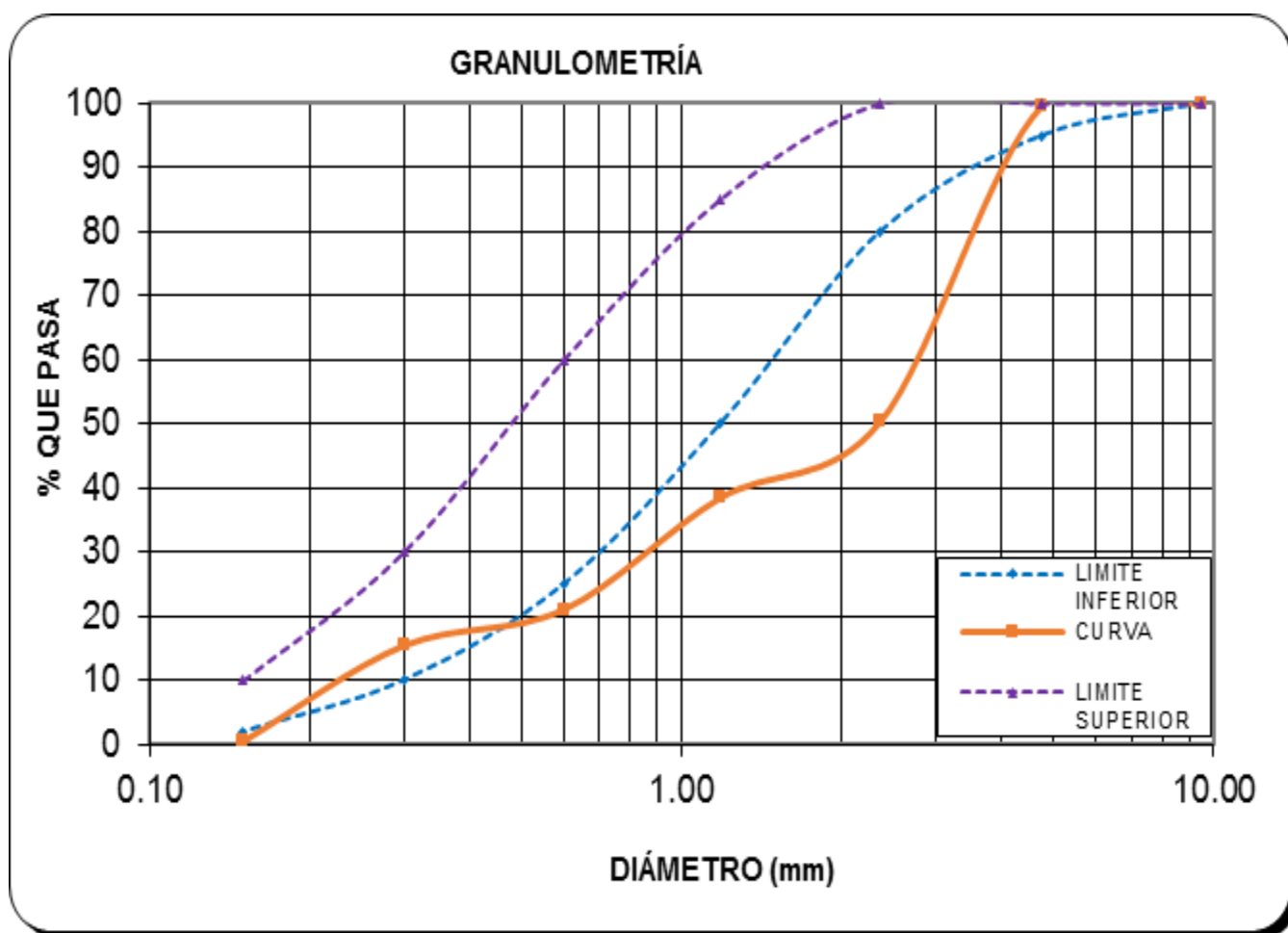


Figura. 21 Granulometría M3 de Partículas de Caucho Reciclado

3° ENSAYO								
TAMIZ		Peso (gr)	% Ret.	% Ret. Acum.	% Q. Pasa	Huso granulométrico (Agregado Fino)		
#	(mm)							
3/8"	9.51	0.00	0.00	0.00	100.00	100	-	100
Nº4	4.76	10.00	0.40	0.40	99.60	95	-	100
Nº8	2.36	1232.00	49.28	49.68	50.32	80	-	100
Nº16	1.18	296.00	11.84	61.52	38.48	50	-	85
Nº30	0.60	435.00	17.40	78.92	21.08	25	-	60
Nº50	0.30	141.00	5.64	84.56	15.44	10	-	30
Nº100	0.15	372.00	14.88	99.44	0.56	2	-	10
Cazoleta		14.00	0.56	100.00	0.00	Modulo de finura		
Total		2500.00	100.00			3.75		

Figura. 22 Granulometría M3 de Partículas de Caucho Reciclado



B. Módulo de Finura

Tabla N° 77. Módulo de Finura de las Partículas de Caucho Reciclado

ENSAYOS	1	2	3	PROMEDIO
MODULO DE FINURA	3.7	3.75	3.75	3.73

C. Peso Específico

Tabla N° 78. Peso específico de las Partículas de Caucho Reciclado

DATOS	1°	2°	3°
W_{caucho} (gr)	195.00	195.00	195.00
W_{fiola} (gr)	151.00	151.00	151.00
$W_{caucho + fiola}$ (gr)	346.00	346.00	346.00
$W_{fiola + caucho + agua}$ (gr)	626.00	629.00	627.00
$V_a = V_{agua\ añadida}$ (cm ³)	280.00	283.00	281.00

ENSAYO	1°	2°	3°	PROMEDIO
W_0 =Peso en el aire de la muestra secada al horno (gr)	195.00	195.00	195.00	195.00
V=Volumen del frasco (cm ³)	500.00	500.00	500.00	500.00
V_a =Peso en gr o volumen del agua	280.00	283.00	281.00	281.33
a. Peso específico de masa $P_{em} = W_0 / (V - V_a)$ (gr/cm ³)	0.89	0.90	0.89	0.89

D. Peso Unitario Suelto y Compactado

Tabla N° 79. Calculo del peso específico del agua

Calculo del peso específico del agua	
Peso de fiola+agua (gr)	710.70
Peso de fiola (gr)	212.80
Peso de agua (gr)	497.90
Volumen fiola (cm ³)	500.00
Peso específico=W/V (gr/cm ³)	0.9958
P.e en (kg/m³)	995.80

Tabla N° 80. Calculo del factor f

Calculo del factor f	
Peso especifico del agua (kg/m ³)	995.80
Peso del Cilindro+vidrio (kg)	4.760
Peso del Cilindro+vidrio+Agua (kg)	7.700
Peso Agua (Pagua)=	2.940
>>> f (1/m ³) =	338.707

Tabla N° 81. Peso unitario suelto de las partículas de caucho reciclado.

ENSAYO	1°	2°	3°
Peso del recipiente (kg)	3.81	3.81	3.81
Peso del recipiente+muestra (kg)	5.84	5.88	5.86
Peso de muestra (kg)	2.04	2.08	2.06
f	338.71	338.71	338.71
PUS kg/m ³	689.27	702.82	696.04
Peso Unitario Suelto promedio (Kg/m ³)	696.04		

Tabla N° 82. Peso unitario compactado de las partículas de caucho reciclado.

ENSAYO	1°	2°	3°
Peso del recipiente (kg)	3.81	3.81	3.81
Peso del recipiente+muestra (kg)	6.12	6.16	6.13
Peso de muestra (kg)	2.32	2.36	2.33
f	338.71	338.71	338.71
PUC kg/m ³	784.11	797.66	787.49
Peso Unitario Compactado promedio (Kg/m ³)	789.75		

DISEÑO DE MEZCLA POR EL MÉTODO DEL MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS DEL CONCRETO PATRÓN

1.00 CARACTERÍSTICAS DEL CEMENTO

Tipo de Cemento PACASMAYO TIPO I
P.E (gr/cm³) 3.120 gr/cm³

2.00 CARACTERÍSTICAS DEL LOA AGREGADOS

AGREGADOS	PROCEDENCIA	COORDENADAS UTM	
AGREGADO FINO	RIO CHONTA	ESTE	0779892.11
AGREGADO GRUESO		NORTE	9205018.95

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS		
PROPIEDADES FÍSICAS	AGREGADO	
	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
PERFIL	-	Angular
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	-	3/4"
PESO ESPECÍFICO DE MASA	2.601 gr/cm ³	2.616 gr/cm ³
PESO UNITARIO SUELTO	1,675.000 kg/cm ³	1,350.000 kg/cm ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	1,876.000 kg/cm ³	1,463.000 kg/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD	4.40%	1.42%
ABSORCIÓN	1.33%	1.09%
MÓDULO DE FINURA	2.63	6.88
ABRASIÓN	-	27.83%
PARTÍCULAS MENORES A LA MALLA N° 200	2.29%	0.86%

3.00 RESISTENCIA A COMPRESIÓN

Resistencia a Compresión de Diseño (f'_c): 210.00 kg/cm²
Resistencia a Compresión Promedio (f'_{cr}): 252.00 kg/cm²

4.00 SELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL

Tamaño Máximo Nominal: 3/4"

5.00 SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

Asentamiento: 3" - 4"

6.00 VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Cantidad de agua de mezclado: 205.00 Lt/m³

7.00 CONTENIDO DE AIRE

Aire atrapado: 2.0%

8.00 RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Relación Agua - Cemento: 0.6172

9.00 FACTOR CEMENTO

Cemento: 332.00 kg/cm³
Factor Cemento: 7.81 bolsas/m³

10.00 CÁLCULO DEL VOLUMEN ABSOLUTO DE LA PASTA

Volumen Absoluto de Cemento	0.106410 m ³
Volumen Absoluto del agua	0.205000 m ³
Volumen Absoluto de aire	0.020000 m ³
Suma de volúmenes absolutos o volumen absoluto de la pasta	0.331410 m ³

11.00 VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO

Volumen absoluto del agregado 0.668590 m³

12.00 CÁLCULO DEL MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

MC 4.9460

13.00 CÁLCULO DEL VALOR Rf

% AFS = 0.4546
% AFS = 0.5454

14.00 CÁLCULO DE LOS VOLÚMENES ABSOLUTOS DE LOS AGREGADOS

Volumen absoluto del agregado fino 0.303942 m³
Volumen absoluto del agregado grueso 0.364647 m³

15.00 PESOS SECOS DE LOS AGREGADOS

Peso seco del agregado fino 790.50 kg/m³
Peso seco del agregado grueso 954.00 kg/m³

16.00 VALORES DE DISEÑO

MATERIALES	VALORES DE DISEÑO
Cemento	332.15 kg/m ³
Agua de diseño	205.00 Lt/m ³
Agregado Fino seco	790.50 kg/m ³
Agregado Grueso seco	954.00 kg/m ³
Aire (%)	2

17.00 CORRECCIÓN POR HUMEDAD DEL AGREGADO

* Peso húmedo del:

Agregado Fino: 825.28 kg/m³

Agregado grueso: 967.55 kg/m³

* A continuación se determina la humedad superficial de los agregados:

Humedad Superficial

Agregado Fino: 3.1%

Agregado grueso: 0.3%

* Los aportes de humedad de los agregados serán

Aporte de humedad del:

Agregado Fino: 24.3 Lt/m³

Agregado grueso: 3.2 Lt/m³

Aporte de Humedad del

Agregado 27.5 Lt/m³

Agua efectiva 177.5 Lt/m³

* Y los pesos de los materiales por metro cubico de concreto, corregidos por humedad del agregado, a ser empleados en las mezclas de prueba serán:

MATERIALES	VALORES DE DISEÑO
Cemento:	332.00 kg/m ³
Agua Efectiva:	178.00 Lt/m ³
Agregado Fino húmedo:	825.00 kg/m ³
Agregado Grueso húmedo:	968.00 kg/m ³

18.00 CORRECCIÓN POR PESO VOLUMÉTRICO

$$P_e = \frac{2281.64}{0.98}$$

$$P_e = 2328.21 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Porcentaje de vacíos} = 1.47\%$$

19.00 VOLUMEN DE MEZCLA DE PRUEBA

3 ESPECIMENES (m³)

Volumen de probeta 0.02

PARA 03 ESPECÍMENES	
MATERIALES	PARA 03 ESPECÍMENES
Cemento:	6.64 kg
Agua Efectiva:	3.56 kg
Agregado Fino húmedo:	16.50 kg
Agregado Grueso húmedo:	19.36 kg
PESO TOTAL	46.06 kg

DISEÑO DE MEZCLA POR EL MÉTODO DEL MODULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS DEL CONCRETO EXPERIMENTAL CON LA SUSTITUCIÓN DEL 10% DE A. FINO POR PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO.

1.00 CARACTERÍSTICAS DEL CEMENTO

Tipo de Cemento PACASMAYO TIPO I
P.E (gr/cm³) 3.120 gr/cm³

2.00 CARACTERÍSTICAS DEL LOA AGREGADOS

AGREGADOS	PROCEDENCIA	COORDENADAS UTM	
AGREGADO FINO	RIO CHONTA	ESTE	0779892.11
AGREGADO GRUESO		NORTE	9205018.95

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS			
PROPIEDADES FÍSICAS	AGREGADO		
	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO
PERFIL	-	Angular	-
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	-	3/4"	-
PESO ESPECIFICO DE MASA	2.601 gr/cm ³	2.616 gr/cm ³	0.892 gr/cm ³
PESO UNITARIO SUELTO	1,675.00 kg/cm ³	1,350.00 kg/cm ³	696.04 kg/cm ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	1,876.00 kg/cm ³	1,463.00 kg/cm ³	789.75 kg/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD	4.40%	1.42%	-
ABSORCIÓN	1.33%	1.09%	-
MÓDULO DE FINURA	2.63	6.88	3.73
ABRASIÓN	-	27.83%	-
PARTÍCULAS MENORES A LA MALLA N° 200	2.29%	0.86%	-

3.00 RESISTENCIA A COMPRESIÓN

Resistencia a Compresión de Diseño (f'c): 210.00 kg/cm²
Resistencia a Compresión Promedio (f'cr): 252.00 kg/cm²

4.00 SELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL

Tamaño Máximo Nominal: 3/4"

5.00 SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

Asentamiento: 3" - 4"

6.00 VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Cantidad de agua de mezclado: 205.00 Lt/m³

7.00 CONTENIDO DE AIRE

Aire atrapado:	2.00%
----------------	-------

8.00 RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Relación Agua - Cemento:	0.617
--------------------------	-------

9.00 FACTOR CEMENTO

Cemento:	332.00 kg/cm ³	332.25 kg/cm ³
Factor Cemento:	7.8 bolsas/m ³	

10.00 CÁLCULO DEL VOLUMEN ABSOLUTO DE LA PASTA

Cemento	0.106410 m ³
Agua	0.205000 m ³
Aire	0.020000 m ³
Suma de volúmenes absolutos o volumen	<u>0.331410 m³</u>

11.00 VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO

Volumen absoluto del agreg	0.668590 m ³
----------------------------	-------------------------

12.00 CÁLCULO DEL MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

MC	4.946
----	-------

13.00 CÁLCULO DEL VALOR R_r

RF	45.46%
----	--------

14.00 CÁLCULO DE LOS VOLÚMENES ABSOLUTOS DE LOS AGREGADOS

Volumen absoluto del agregado fino	0.30394 m ³
Volumen absoluto del agregado grueso	0.36465 m ³

DISEÑO DE MEZCLA CON SUSTITUCIÓN DEL 10% DE AGREGADO FINO CON PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO**15.00 CÁLCULO DE LOS VOLÚMENES ABSOLUTOS DE LOS AGREGADOS CON SUSTITUCIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO**

Volumen absoluto del agregado grueso	0.36465 m ³
Volumen absoluto del agregado fino	0.27355 m ³
Volumen absoluto de partículas de caucho reciclado	0.03039 m ³

16.00 PESOS SECOS DE LOS AGREGADOS

Agregado fino	711.45 kg/m ³
Agregado grueso	954.00 kg/m ³
Partículas de caucho reciclado	27.11 kg/m ³

17.00 VALORES DE DISEÑO

MATERIALES	VALORES DE DISEÑO
Cemento	332.00 kg/m ³
Agua de diseño	205.00 Lt/m ³
Agregado Fino seco	711.00 kg/m ³
Agregado Grueso seco	954.00 kg/m ³
Partículas de caucho reciclado	27.00 kg/m ³
Aire	2.00

18.00 CORRECCIÓN POR HUMEDAD DEL AGREGADO

* Peso húmedo del:

Agregado Fino: 742.29 kg/m³

Agregado grueso: 967.55 kg/m³

* A continuación se determina la humedad superficial de los agregados:

Humedad Superficial

Agregado Fino: 3.1%

Agregado grueso: 0.3%

* Los aportes de humedad de los agregados serán

Aporte de humedad del:

Agregado Fino: 21.9 Lt/m³

Agregado grueso: 3.2 Lt/m³

Aporte de Humedad del Agregado 25.0 Lt/m³

Agua efectiva 180.0 Lt/m³

* Y los pesos de los materiales por metro cubico de concreto, corregidos por humedad del agregado, a ser empleados en las mezclas de prueba serán:

MATERIALES	VALORES DE DISEÑO
Cemento:	332.00 kg/m ³
Agua Efectiva:	180.00 Lt/m ³
Agregado Fino húmedo:	742.00 kg/m ³
Agregado Grueso húmedo:	968.00 kg/m ³
Partículas de caucho reciclado	27.00 kg/m ³

18.00 CORRECCIÓN POR PESO VOLUMÉTRICO

$$P_e = \frac{2229.00}{0.98}$$

$$P_e = 2274.49 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Porcentaje de vacíos} = 1.65\%$$

19.00 VOLUMEN DE MEZCLA DE PRUEBA**3 ESPECIMENES (m3)**

Volumen de probeta 0.02

PARA 03 ESPECÍMENES	
MATERIALES	PARA 03 ESPECÍMENES
Cemento	6.64 kg
Agua Efectiva	3.60 kg
Agregado Fino húmedo:	14.84 kg
Agregado grueso húmedo:	19.36 kg
Caucho Reciclado	0.54 kg

DISEÑO DE MEZCLA POR EL MÉTODO DEL MODULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS DEL CONCRETO EXPERIMENTAL CON LA SUSTITUCIÓN DEL 15% DE A. FINO POR PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO.

1.00 CARACTERÍSTICAS DEL CEMENTO

Tipo de Cemento PACASMAYO TIPO I
P.E (gr/cm3) 3.120 gr/cm3

2.00 CARACTERÍSTICAS DEL LOA AGREGADOS

AGREGADOS	PROCEDENCIA	COORDENADAS UTM	
AGREGADO FINO	RIO CHONTA	ESTE	0779892.11
AGREGADO GRUESO		NORTE	9205018.95

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS			
PROPIEDADES FÍSICAS	AGREGADO		
	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	PARTÍCULAS DE CAUCHO
PERFIL	-	Angular	-
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	-	3/4"	-
PESO ESPECIFICO DE MASA	2.601 gr/cm3	2.616 gr/cm3	0.892 gr/cm3
PESO UNITARIO SUELTO	1,675.000 kg/cm3	1,350.000 kg/cm3	696.044 kg/cm3
PESO UNITARIO COMPACTADO	1,876.000 kg/cm3	1,463.000 kg/cm3	789.753 kg/cm3
CONTENIDO DE HUMEDAD	4.40%	1.42%	-
ABSORCIÓN	1.33%	1.09%	-
MÓDULO DE FINURA	2.63	6.88	3.73
ABRASIÓN	-	27.83%	-
PARTÍCULAS MENORES A LA MALLA Nº 200	2.29%	0.86%	-

3.00 RESISTENCIA A COMPRESIÓN

Resistencia a Compresión de Diseño (f'c): 210.00 kg/cm2
Resistencia a Compresión Promedio (f'cr): 252.00 kg/cm2

4.00 SELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL

Tamaño Máximo Nominal: 3/4"

5.00 SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

Asentamiento: 3" - 4"

6.00 VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Cantidad de agua de mezclado: 205.00 Lt/m³

7.00 CONTENIDO DE AIRE

Aire atrapado: 2.00%

8.00 RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Relación Agua - Cemento: 0.617

9.00 FACTOR CEMENTO

Cemento: 332.00 kg/cm³ 332.25 kg/cm³

Factor Cemento: 7.8 bolsas/m³

10.00 CÁLCULO DEL VOLUMEN ABSOLUTO DE LA PASTA

Cemento 0.106410 m³

Agua 0.205000 m³

Aire 0.020000 m³

Suma de volúmenes
absolutos o volumen absoluto 0.331410 m³

11.00 VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO

Volumen absoluto del
agregado 0.668590 m³

12.00 CÁLCULO DEL MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

MC 4.946

13.00 CÁLCULO DEL VALOR R_r

RF 45.46%

14.00 CÁLCULO DE LOS VOLÚMENES ABSOLUTOS DE LOS AGREGADOS

Volumen absoluto del agregado fino 0.3039 m³

Volumen absoluto del agregado grueso 0.3646 m³

DISEÑO DE MEZCLA CON SUSTITUCIÓN DEL 15% DE AGREGADO FINO CON PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO

15.00 CÁLCULO DE LOS VOLÚMENES ABSOLUTOS DE LOS AGREGADOS CON SUSTITUCIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO

Volumen absoluto del agregado grueso 0.365 m³

Volumen absoluto del agregado fino 0.258 m³

Volumen absoluto de partículas de caucho recic 0.046 m³

16.00 PESOS SECOS DE LOS AGREGADOS

Agregado fino	671.92 kg/m ³
Agregado grueso	954.00 kg/m ³
Partículas de caucho reciclado	40.66 kg/m ³

17.00 VALORES DE DISEÑO

<i>MATERIALES</i>	<i>VALORES DE DISEÑO</i>
Cemento	332.00 kg/m ³
Agua de diseño	205.00 Lt/m ³
Agregado Fino seco	672.00 kg/m ³
Agregado Grueso seco	954.00 kg/m ³
Partículas de caucho reciclado	41.00 kg/m ³
Aire	2.00

18.00 CORRECCIÓN POR HUMEDAD DEL AGREGADO

* Peso húmedo del:

Agregado Fino:	701.57 kg/m ³
Agregado grueso:	967.55 kg/m ³

* A continuación se determina la humedad superficial de los agregados:

Agregado Fino:	3.1%
Agregado grueso:	0.3%

* Los aportes de humedad de los agregados serán

Aporte de humedad del:	
Agregado Fino:	20.7 Lt/m ³
Agregado grueso:	3.2 Lt/m ³
Aporte de Humedad del Agregado	23.8 Lt/m ³

Agua efectiva	181.2 Lt/m ³
---------------	-------------------------

* Y los pesos de los materiales por metro cubico de concreto, corregidos por humedad del agregado, a ser empleados en las

<i>MATERIALES</i>	<i>VALORES DE DISEÑO</i>
Cemento:	332.00 kg/m ³
Agua Efectiva:	181.00 Lt/m ³
Agregado Fino húmedo:	702.00 kg/m ³
Agregado Grueso húmedo:	968.00 kg/m ³
Partículas de caucho reciclado	41.00 kg/m ³

18.00 CORRECCIÓN POR PESO VOLUMÉTRICO

$$P_e = \frac{2204.00}{0.98}$$

$$P_e = 2248.98 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Porcentaje de vacíos} = 1.85\%$$

19.00 VOLUMEN DE MEZCLA DE PRUEBA**3 ESPECIMENES (m3)**

Volumen de probeta

0.02

PARA 03 ESPECÍMENES	
MATERIALES	PARA 03 ESPECÍMENES
Cemento	6.64 kg
Agua Efectiva	3.62 kg
Agregado Fino húmedo:	14.04 kg
Agregado grueso húmedo:	19.36 kg
Caucho Reciclado	0.82 kg

DISEÑO DE MEZCLA POR EL MÉTODO DEL MODULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS DEL CONCRETO EXPERIMENTAL CON LA SUSTITUCIÓN DEL 20% DE A. FINO POR PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO.

1.00 CARACTERÍSTICAS DEL CEMENTO

Tipo de Cemento PACASMAYO TIPO I
P.E (gr/cm3) 3.120 gr/cm3

2.00 CARACTERÍSTICAS DEL LOA AGREGADOS

AGREGADOS	PROCEDENCIA	COORDENADAS UTM	
AGREGADO FINO	RIO CHONTA	ESTE	0779892.11
AGREGADO GRUESO		NORTE	9205018.95

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS			
PROPIEDADES FÍSICAS	AGREGADO		
	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	PARTÍCULAS DE CAUCHO
PERFIL	-	Angular	-
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	-	3/4"	-
PESO ESPECÍFICO DE MASA	2.601 gr/cm3	2.616 gr/cm3	0.892 gr/cm3
PESO UNITARIO SUELTO	1,675.000 kg/cm3	1,350.000 kg/cm3	696.044 kg/cm3
PESO UNITARIO COMPACTADO	1,876.000 kg/cm3	1,463.000 kg/cm3	789.753 kg/cm3
CONTENIDO DE HUMEDAD	4.40%	1.42%	-
ABSORCIÓN	1.33%	1.09%	-
MÓDULO DE FINURA	2.63	6.88	3.73
ABRASIÓN	-	27.83%	-
PARTÍCULAS MENORES A LA MALLA Nº 200	2.29%	0.86%	-

3.00 RESISTENCIA A COMPRESIÓN

Resistencia a Compresión de Diseño (f_c): 210.00 kg/cm2
Resistencia a Compresión Promedio (f_{cr}): 252.00 kg/cm2

4.00 SELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL

Tamaño Máximo Nominal: 3/4"

5.00 SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

Asentamiento: 3" - 4"

6.00 VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Cantidad de agua de mezclado: 205.00 Lt/m³

7.00 CONTENIDO DE AIRE

Aire atrapado: 2.00%

8.00 RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Relación Agua - Cemento: 0.617

9.00 FACTOR CEMENTO

Cemento: 332.00 kg/cm³ 332.25 kg/cm³
Factor Cemento: 7.8 bolsas/m³

10.00 CÁLCULO DEL VOLUMEN ABSOLUTO DE LA PASTA

Cemento	0.106410 m ³
Agua	0.205000 m ³
Aire	0.020000 m ³
Suma de volúmenes absolutos o volumen absoluto de la pasta	0.331410 m ³

11.00 VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO

Volumen absoluto del agregado 0.668590 m³

12.00 CÁLCULO DEL MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

MC 4.946

13.00 CÁLCULO DEL VALOR R_r

RF 45.46%

14.00 CÁLCULO DE LOS VOLÚMENES ABSOLUTOS DE LOS AGREGADOS

Volumen absoluto del agregado fino 0.3039 m³
Volumen absoluto del agregado grueso 0.3646 m³

DISEÑO DE MEZCLA CON SUSTITUCIÓN DEL 20% DE AGREGADO FINO CON PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO

15.00 CÁLCULO DE LOS VOLÚMENES ABSOLUTOS DE LOS AGREGADOS CON SUSTITUCIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO

Volumen absoluto del agregado grueso 0.365 m³
Volumen absoluto del agregado fino 0.243 m³
Volumen absoluto de partículas de caucho reciclado 0.061 m³

16.00 PESOS SECOS DE LOS AGREGADOS

Agregado fino	632.40 kg/m3
Agregado grueso	954.00 kg/m3
Partículas de caucho reciclado	54.21 kg/m3

17.00 VALORES DE DISEÑO

MATERIALES	VALORES DE DISEÑO
Cemento	332.00 kg/m3
Agua de diseño	205.00 Lt/m3
Agregado Fino seco	632.00 kg/m3
Agregado Grueso seco	954.00 kg/m3
Partículas de caucho reciclado	54.00 kg/m3
Aire	2

18.00 CORRECCIÓN POR HUMEDAD DEL AGREGADO

* Peso húmedo del:

Agregado Fino:	659.81 kg/m3
Agregado grueso:	967.55 kg/m3

* A continuación se determina la humedad superficial de los agregados:

Humedad Superficial	
Agregado Fino:	3.1%
Agregado grueso:	0.3%

* Los aportes de humedad de los agregados serán

Aporte de humedad del:	
Agregado Fino:	19.4 Lt/m3
Agregado grueso:	3.2 Lt/m3
Aporte de Humedad del Agregado	22.6 Lt/m3

Agua efectiva	182.4 Lt/m3
---------------	-------------

* Y los pesos de los materiales por metro cubico de concreto, corregidos por humedad del agregado, a ser empleados en las mezclas de prueba

MATERIALES	VALORES DE DISEÑO
Cemento:	332.00 kg/m3
Agua Efectiva:	182.00 Lt/m3
Agregado Fino húmedo:	660.00 kg/m3
Agregado Grueso húmedo:	968.00 kg/m3
Partículas de caucho reciclado	54.00 kg/m3

18.00 CORRECCIÓN POR PESO VOLUMÉTRICO

$$Pe = \frac{2177.00}{0.98}$$

$$Pe = 2221.43 \text{ kg/m3}$$

$$\text{Porcentaje de vacíos} = 2.49\%$$

19.00 VOLUMEN DE MEZCLA DE PRUEBA

Volumen de probeta

0.02

3 ESPECIMENES (m3)

PARA 03 ESPECÍMENES	
MATERIALES	PARA 03 ESPECÍMENES
Cemento	6.64 kg
Agua Efectiva	3.64 kg
Agregado Fino húmedo:	13.20 kg
Agregado grueso húmedo:	19.36 kg
Caucho Reciclado	1.08 kg

AJUSTE DE MEZCLA DE PRUEBA DEL CONCRETO PATRÓN POR EL MÉTODO DE VOLÚMENES ABSOLUTOS

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS		
PROPIEDADES FÍSICAS	AGREGADO	
	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
PERFIL	-	Angular
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	-	3/4"
PESO ESPECIFICO DE MASA	2.60 gr/cm ³	2.62 gr/cm ³
PESO UNITARIO SUELTO	1,675.000 kg/cm ³	1,350.000 kg/cm ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	1,876.000 kg/cm ³	1,463.000 kg/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD	4.40%	1.42%
ABSORCIÓN	1.33%	1.09%
MÓDULO DE FINURA	2.63	6.88
ABRASIÓN	-	27.83%
PARTÍCULAS MENORES A LA MALLA N° 200	2.29%	0.86%

Materiales de Diseño por metro cúbico, corregidos por humedad

Agua efectiva	178.00 Lt/m ³
Cemento	332.00 kg/m ³
Agregado Fino (húmedo)	825.00 kg/m ³
Agregado Grueso (húmedo)	968.00 kg/m ³

Datos de Laboratorio

Revenimiento o slump	5.2 cm
Peso unitario del C°	2294.060 Kg/m ³
Agua Adicional	356 cm ³
Mezcla	Sobre arenosa

1.00 Colada para 3probetas

Número de especímenes 3 probetas
 Volumen de espécimen 0.02 m3

Cemento	6.64 Kg
Agua añadida	3.92 Lts
Agregado Fino (húmedo)	16.50 Kg
Agregado Grueso (húmedo)	19.36 Kg
PESO DE LA COLADA	46.42 Kg

2.00 Rendimiento de mezcla de ensayo

Rendimiento $\frac{\text{Peso de Colada}}{\text{Peso Unitario del Concreto}}$
 0.0202 m3

3.00 Agua de mezclado será:

Humedad superficial del A. fino 3.08%
 Humedad superficial del A. grueso 0.33%
 Agua Añadida 3.92 Lt/td
 Aporte de humedad de A. fino 0.49 Lt/td
 Aporte de humedad de A. grueso 0.06 Lt/td
 Agua de Mezcla por Tanda 4.47 Lt/td

4.00 Agua de mezcla requerida

* Agua de mezcla requerida 220.70 Lt/m3

5.00 Corrección por asentamiento

Slump obtenido 5.20 cm 2.05 pulg
 Slump deseado 7.62 cm
 Disminución de cantidad de agua -4.84 Lts
 Agua nueva de mezclado 215.86 Lts

6.00 Relación a/c

0.6172

Nueva Cantidad de Cemento 350.000 Kg/m3 8.235294118

7.00 Corrección por trabajabilidad

Volumen del Agregado grueso 0.3646 m3
 Nuevo volumen 0.4011 m3
 Nuevo peso 1,049.40 kg/m3

8.00 Volumen absoluto de los materiales sin consideran el aire

Volumen absoluto del cemento	0.00213 m3
Volumen absoluto de agua	0.00447 m3
Volumen absoluto de A. fino	0.00608 m3
Volumen absoluto de A. grueso	0.00729 m3
Total	0.01997 m3
Aire	1.32%

9.00 Cantidades ajustadas por m3

Volumen absoluto del cemento	0.11218 m3
Volumen absoluto de agua	0.21586 m3
Volumen absoluto de A. grueso	0.40111 m3
Volumen absoluto de aire	0.00013 m3
Volumen total excluido el A. fino	0.72928 m3
Volumen absoluto de A. fino	0.27072 m3
Peso de A. fino seco	704.091

10.00 Pesos ajustados por m3, corregidos por humedad

* Peso húmedo del:

Agregado Fino:	735.08 kg/m3
Agregado grueso:	967.55 kg/m3

* A continuación se determina la humedad superficial de los agregados:

Humedad Superficial	
Agregado Fino:	3.1%
Agregado grueso:	0.3%

* Los aportes de humedad de los agregados serán

Aporte de humedad del:	
Agregado Fino:	21.7 Lt/m3
Agregado grueso:	3.2 Lt/m3
Aporte de Humedad del	24.8 Lt/m3
Agregado	

Agua efectiva	191.0 Lt/m3
---------------	-------------

* Y los pesos de los materiales por metro cubico de concreto, corregidos por humedad del agregado, a ser empleados en las mezclas de prueba

MATERIALES	VALORES DE DISEÑO
Cemento:	350.00 kg/m3
Agua Efectiva:	191.00 Lt/m3
Agregado Fino húmedo:	735.00 kg/m3
Agregado Grueso húmedo:	968.00 kg/m3

20.00 VOLUMEN DE MEZCLA DE PRUEBA**6 PROBETAS**

Número de probetas	3	6
Volumen de probeta	0.02	0.04

PARA 03 ESPECÍMENES	
MATERIALES	PARA 03 ESPECÍMENES
Cemento:	7.00 kg
Agua Efectiva:	3.82 kg
Agregado Fino húmedo:	14.70 kg
Agregado Grueso húmedo:	19.36 kg
PESO TOTAL	44.88 kg

**AJUSTE DE MEZCLA DE PRUEBA DEL CONCRETO EXPERIMENTAL CON LA
SUSTITUCIÓN DEL 10% DE A. FINO POR PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO POR EL
MÉTODO DE VOLÚMENES ABSOLUTOS**

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS			
PROPIEDADES FÍSICAS	AGREGADO		
	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO
PERFIL	-	Angular	-
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	-	3/4"	-
PESO ESPECÍFICO DE MASA	2.60 gr/cm ³	2.62 gr/cm ³	0.892 gr/cm ³
PESO UNITARIO SUELTO	1,675.000 kg/cm ³	1,350.000 kg/cm ³	696.04 kg/cm ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	1,876.000 kg/cm ³	1,463.000 kg/cm ³	789.75 kg/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD	4.40%	1.42%	-
ABSORCIÓN	1.33%	1.09%	-
MÓDULO DE FINURA	2.63	6.88	3.73
ABRASIÓN	-	27.83%	-
PARTÍCULAS MENORES A LA MALLA N° 200	2.29%	0.86%	-

Materiales de Diseño por metro cúbico, corregidos por humedad

Agua efectiva	180.00 Lt/m ³
Cemento	332.00 kg/m ³
Agregado Fino (húmedo)	742.00 kg/m ³
Agregado Grueso (húmedo)	968.00 kg/m ³
Partículas de caucho reciclado	27.00 kg/m ³

Datos de Laboratorio

Revenimiento o slump	7.8 cm
Peso unitario del C°	2237.040 Kg/m ³
Agua Adicional	365 cm ³
Mezcla	Sobre arenosa

1.00 Colada para

3probetas

Número de especímenes 3 probetas
 Volumen de espécimen 0.02 m3

Cemento	6.64 Kg
Agua añadida	3.97 Lts
Agregado Fino (húmedo)	14.84 Kg
Agregado Grueso (húmedo)	19.36 Kg
Partículas de caucho reciclado	0.54 Kg
PESO DE LA COLADA	45.35 Kg

2.00 Rendimiento de mezcla de ensayo

Rendimiento $\frac{\text{Peso de Colada}}{\text{Peso Unitario del Concreto}}$
 0.0203 m3

3.00 Agua de mezclado será:

Humedad superficial del A. fino 3.08%
 Humedad superficial del A. grueso 0.33%
 Agua Añadida 3.97 Lt/td
 Aporte de humedad de A. fino 0.49 Lt/td
 Aporte de humedad de A. grueso 0.06 Lt/td
 Agua de Mezcla por Tanda 4.51 Lt/td

4.00 Agua de mezcla requerida

* Agua de mezcla requerida 222.71 Lt/m3

<>

5.00 Corrección por asentamiento

Slump obtenido 7.80 cm 3.07 pulg
 Slump deseado 7.62 cm
 Disminución de cantidad de agua 0.36 Lts
 Agua nueva de mezclado 223.07 Lts

6.00 Relación a/c

0.6172

Nueva Cantidad de Cemento 361.000 Kg/m3 8.49

7.00 Corrección por trabajabilidad

Volumen del Agregado grueso 0.3646 m3
 Nuevo volumen 0.4011 m3
 Nuevo peso 1,049.40 kg/m3

8.00 Volumen absoluto de los materiales sin consideran el aire

Volumen absoluto del cemento 0.00213 m3
 Volumen absoluto de agua 0.00451 m3
 Volumen absoluto de A. fino 0.00547 m3
 Volumen absoluto de A. grueso 0.00729 m3
 Volumen Absoluto de P. caucho 0.00061 m3
Total 0.02001 m3
Aire 1.29%

9.00 Cantidades ajustadas por m3

Volumen absoluto del cemento	0.11571 m3
Volumen absoluto de agua	0.22307 m3
Volumen absoluto de A. grueso	0.40111 m3
Volumen absoluto de aire	0.00013 m3
Volumen total excluido el A. fino	0.74002 m3
Volumen absoluto de A. fino	0.25998 m3
Peso de A. fino seco	676.166

10.00 Pesos ajustados por m3, corregidos por humedad

* Peso húmedo del:

Agregado Fino:	705.92 kg/m3
Agregado grueso:	967.55 kg/m3

* A continuación se determina la humedad superficial de los agregados:

Humedad Superficial	
Agregado Fino:	3.1%
Agregado grueso:	0.3%

* Los aportes de humedad de los agregados serán

Aporte de humedad del:	
Agregado Fino:	20.8 Lt/m3
Agregado grueso:	3.2 Lt/m3
Aporte de Humedad del Agregado	24.0 Lt/m3

Agua efectiva	199.1 Lt/m3
---------------	-------------

* Y los pesos de los materiales por metro cubico de concreto, corregidos por humedad del agregado, a ser empleados en las mezclas de prueba

MATERIALES	VALORES DE DISEÑO
Cemento:	361.00 kg/m3
Agua Efectiva:	199.00 Lt/m3
Agregado Fino húmedo:	706.00 kg/m3
Agregado Grueso húmedo:	968.00 kg/m3

20.00 VOLUMEN DE MEZCLA DE PRUEBA

3 PROBETAS

Número de probetas	3	6
Volumen de probeta	0.02	0.04

PARA 03 ESPECÍMENES	
MATERIALES	PARA 03 ESPECÍMENES
Cemento:	7.22 kg
Agua Efectiva:	3.98 Lt
Agregado Fino húmedo:	14.12 kg
Agregado Grueso húmedo:	19.36 kg
PESO TOTAL	44.68 kg

**AJUSTE DE MEZCLA DE PRUEBA DEL CONCRETO EXPERIMENTAL CON LA
SUSTITUCIÓN DEL 15% DE A. FINO POR PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO POR EL
MÉTODO DE VOLÚMENES ABSOLUTOS**

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS			
PROPIEDADES FÍSICAS	AGREGADO		
	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO
PERFIL	-	Angular	-
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	-	3/4"	-
PESO ESPECIFICO DE MASA	2.60 gr/cm ³	2.62 gr/cm ³	0.892 gr/cm ³
PESO UNITARIO SUELTO	1,675.000 kg/cm ³	1,350.000 kg/cm ³	696.04 kg/cm ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	1,876.000 kg/cm ³	1,463.000 kg/cm ³	789.75 kg/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD	4.40%	1.42%	-
ABSORCIÓN	1.33%	1.09%	-
MÓDULO DE FINURA	2.63	6.88	3.73
ABRASIÓN	-	27.83%	-
PARTÍCULAS MENORES A LA MALLA N° 200	2.29%	0.86%	-

Materiales de Diseño por metro cúbico, corregidos por humedad

Agua efectiva	180.00 Lt/m ³
Cemento	332.00 kg/m ³
Agregado Fino (húmedo)	702.00 kg/m ³
Agregado Grueso (húmedo)	968.00 kg/m ³
Partículas de caucho reciclado	41.00 kg/m ³

Datos de Laboratorio

Revenimiento o slump	8.5 cm
Peso unitario del C°	2207.370 Kg/m³
Agua Adicional	450 cm³
Mezcla	Sobre arenosa

1.00 Colada para 3probetas

Número de especímenes	3 probetas
Volumen de espécimen	0.02 m ³

Cemento	6.64 Kg
Agua añadida	4.05 Lts
Agregado Fino (húmedo)	14.04 Kg
Agregado Grueso (húmedo)	19.36 Kg
Partículas de caucho reciclado	0.82 Kg
PESO DE LA COLADA	44.91 Kg

2.00 Rendimiento de mezcla de ensayo

Rendimiento	$\frac{\text{Peso de Colada}}{\text{Peso Unitario del Concreto}}$
	0.0203 m ³

3.00 Agua de mezclado será:

Humedad superficial del A. fino	3.08%
Humedad superficial del A. grueso	0.33%
Agua Añadida	4.05 Lt/td
Aporte de humedad de A. fino	0.49 Lt/td
Aporte de humedad de A. grueso	0.06 Lt/td
Agua de Mezcla por Tanda	4.60 Lt/td

4.00 Agua de mezcla requerida

* Agua de mezcla requerida	226.06 Lt/m3
----------------------------	--------------

<>

5.00 Corrección por asentamiento

Slump obtenido	8.50 cm	3.35 pulg
Slump deseado	7.62 cm	
Disminución de cantidad de agua	1.76 Lts	
Agua nueva de mezclado	227.82 Lts	

6.00 Relación a/c

0.6172

Nueva Cantidad de Cemento	369.000 Kg/m3	8.68
---------------------------	---------------	------

7.00 Corrección por trabajabilidad

Volumen del Agregado grueso	0.3646 m3
Nuevo volumen	0.4011 m3
Nuevo peso	1,049.40 kg/m3

8.00 Volumen absoluto de los materiales sin consideran el aire

Volumen absoluto del cemento	0.00213 m3
Volumen absoluto de agua	0.00460 m3
Volumen absoluto de A. fino	0.00517 m3
Volumen absoluto de A. grueso	0.00729 m3
Volumen Absoluto de P. caucho	0.00061 m3
Total	0.01979 m3

Aire 2.71%**9.00 Cantidades ajustadas por m3**

Volumen absoluto del cemento	0.11827 m3
Volumen absoluto de agua	0.22782 m3
Volumen absoluto de A. grueso	0.40111 m3
Volumen absoluto de aire	0.00027 m3
Volumen total excluido el A. fino	0.74748 m3
Volumen absoluto de A. fino	0.25252 m3
Peso de A. fino seco	656.767

10.00 Pesos ajustados por m3, corregidos por humedad

* Peso húmedo del:	
Agregado Fino:	685.67 kg/m3
Agregado grueso:	967.55 kg/m3

* A continuación se determina la humedad superficial de los agregados:

Humedad Superficial	
Agregado Fino:	3.1%
Agregado grueso:	0.3%

* Los aportes de humedad de los agregados serán

Aporte de humedad del:	
Agregado Fino:	20.2 Lt/m ³
Agregado grueso:	3.2 Lt/m ³
Aporte de Humedad del Agregado	<u>23.4 Lt/m³</u>

Agua efectiva 204.5 Lt/m³

* Y los pesos de los materiales por metro cubico de concreto, corregidos por humedad del agregado, a ser empleados en las mezclas de prueba

MATERIALES	VALORES DE DISEÑO
Cemento:	369.00 kg/m ³
Agua Efectiva:	204.00 Lt/m ³
Agregado Fino húmedo:	686.00 kg/m ³
Agregado Grueso húmedo:	968.00 kg/m ³

20.00 VOLUMEN DE MEZCLA DE PRUEBA

3 PROBETAS

Número de probetas	3	6
Volumen de probeta	0.02	0.04

PARA 03 ESPECÍMENES	
MATERIALES	PARA 03 ESPECÍMENES
Cemento:	7.38 kg
Agua Efectiva:	4.08 Lt
Agregado Fino húmedo:	13.71 kg
Agregado Grueso húmedo:	19.36 kg
PESO TOTAL	44.53 kg

**AJUSTE DE MEZCLA DE PRUEBA DEL CONCRETO EXPERIMENTAL CON LA
SUSTITUCIÓN DEL 20% DE A. FINO POR PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO POR EL
MÉTODO DE VOLÚMENES ABSOLUTOS**

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS			
PROPIEDADES FÍSICAS	AGREGADO		
	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO
PERFIL	-	Angular	-
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	-	3/4"	-
PESO ESPECÍFICO DE MASA	2.60 gr/cm ³	2.62 gr/cm ³	0.892 gr/cm ³
PESO UNITARIO SUELTO	1,675.000 kg/cm ³	1,350.000 kg/cm ³	696.04 kg/cm ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	1,876.000 kg/cm ³	1,463.000 kg/cm ³	789.75 kg/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD	4.40%	1.42%	-
ABSORCIÓN	1.33%	1.09%	-
MÓDULO DE FINURA	2.63	6.88	3.73
ABRASIÓN	-	27.83%	-
PARTÍCULAS MENORES A LA MALLA N° 200	2.29%	0.86%	-

Materiales de Diseño por metro cúbico, corregidos por humedad

Agua efectiva	180.00 Lt/m ³
Cemento	332.00 kg/m ³
Agregado Fino (húmedo)	660.00 kg/m ³
Agregado Grueso (húmedo)	968.00 kg/m ³
Partículas de caucho reciclado	54.00 kg/m ³

Datos de Laboratorio

Revenimiento o slump	9 cm
Peso unitario del C°	2166.010 Kg/m ³
Agua Adicional	500 cm ³
Mezcla	Sobre arenosa

1.00 Colada para 3probetas

Número de especímenes	3 probetas
Volumen de espécimen	0.02 m ³

Cemento	6.64 Kg
Agua añadida	4.10 Lts
Agregado Fino (húmedo)	13.20 Kg
Agregado Grueso (húmedo)	19.36 Kg
Partículas de caucho reciclado	1.08 Kg
PESO DE LA COLADA	44.38 Kg

2.00 Rendimiento de mezcla de ensayo

Rendimiento	$\frac{\text{Peso de Colada}}{\text{Peso Unitario del Concreto}}$
	0.0205 m ³

3.00 Agua de mezclado será:

Humedad superficial del A. fino	3.08%
Humedad superficial del A. grueso	0.33%
Agua Añadida	4.10 Lt/td
Aporte de humedad de A. fino	0.49 Lt/td
Aporte de humedad de A. grueso	0.06 Lt/td
Agua de Mezcla por Tanda	4.65 Lt/td

4.00 Agua de mezcla requerida

* Agua de mezcla requerida	226.92 Lt/m3
----------------------------	--------------

<>

5.00 Corrección por asentamiento

Slump obtenido	9.00 cm	3.54 pulg
Slump deseado	7.62 cm	
Disminución de cantidad de agua	2.76 Lts	
Agua nueva de mezclado	229.68 Lts	

6.00 Relación a/c

0.6172

Nueva Cantidad de Cemento	372.000 Kg/m3	8.753
---------------------------	---------------	-------

7.00 Corrección por trabajabilidad

Volumen del Agregado grueso	0.3646 m3
Nuevo volumen	0.4011 m3
Nuevo peso	1,049.40 kg/m3

8.00 Volumen absoluto de los materiales sin consideran el aire

Volumen absoluto del cemento	0.00213 m3
Volumen absoluto de agua	0.00465 m3
Volumen absoluto de A. fino	0.00517 m3
Volumen absoluto de A. grueso	0.00729 m3
Volumen Absoluto de P. caucho	0.00061 m3
Total	0.01984 m3

Aire 3.15%**9.00 Cantidades ajustadas por m3**

Volumen absoluto del cemento	0.11923 m3
Volumen absoluto de agua	0.22968 m3
Volumen absoluto de A. grueso	0.40111 m3
Volumen absoluto de aire	0.00032 m3
Volumen total excluido el A. fino	0.75033 m3
Volumen absoluto de A. fino	0.24967 m3
Peso de A. fino seco	649.331

10.00 Pesos ajustados por m3, corregidos por humedad

* Peso húmedo del:	
Agregado Fino:	677.91 kg/m3
Agregado grueso:	967.55 kg/m3

* A continuación se determina la humedad superficial de los agregados:

Humedad Superficial	
Agregado Fino:	3.1%
Agregado grueso:	0.3%

* Los aportes de humedad de los agregados serán

Aporte de humedad del:	
Agregado Fino:	20.0 Lt/m ³
Agregado grueso:	3.2 Lt/m ³
Aporte de Humedad del Agregado	23.1 Lt/m ³

Agua efectiva	206.5 Lt/m ³
---------------	-------------------------

* Y los pesos de los materiales por metro cubico de concreto, corregidos por humedad del agregado, a ser empleados en las mezclas de prueba

MATERIALES	VALORES DE DISEÑO
Cemento:	372.00 kg/m ³
Agua Efectiva:	207.00 Lt/m ³
Agregado Fino húmedo:	678.00 kg/m ³
Agregado Grueso húmedo:	968.00 kg/m ³

20.00 VOLUMEN DE MEZCLA DE PRUEBA

3 PROBETAS

Número de probetas	3	6
Volumen de probeta	0.02	0.04

PARA 03 ESPECÍMENES	
MATERIALES	PARA 03 ESPECÍMENES
Cemento:	7.44 kg
Agua Efectiva:	4.14 Lt
Agregado Fino húmedo:	13.56 kg
Agregado Grueso húmedo:	19.36 kg
PESO TOTAL	44.50 kg

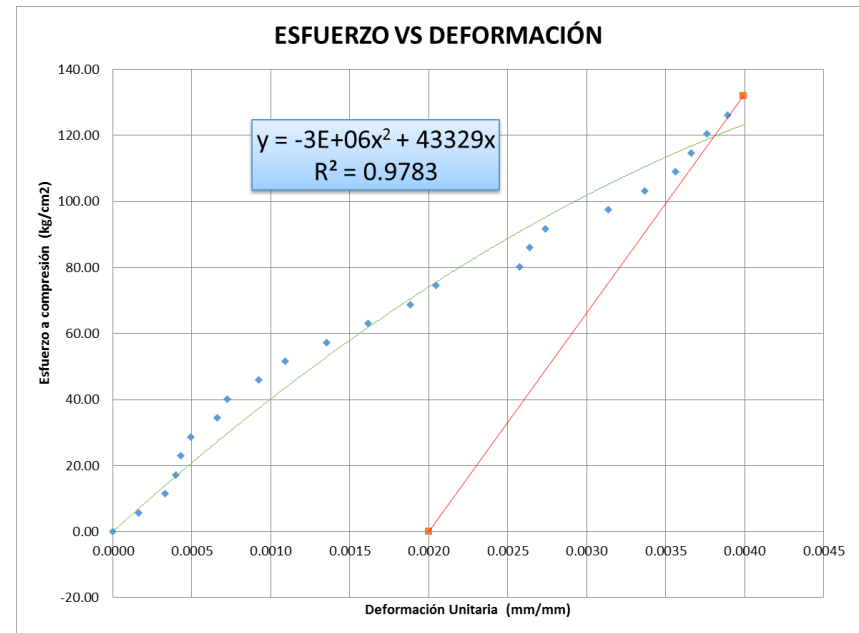
MÓDULO DE ELASTICIDAD DE AMBOS CONCRETOS

CONCRETO SIN ADICIÓN DE CAUCHO – ENSAYO A LOS 7 DÍAS

Tabla N° 63. Probeta Representativa

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPECÍMEN PATRÓN CONCRETO AL 0% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	09/01/2016	EDAD	7.00 días	
FECHA DE ROTURA	16/01/2016	CÓDIGO	C0%-7D-1	
RESISTENCIA Fc	210.00 kg/cm2	FALLA	TIPO 5	
PESO	12.90 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm2	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2441.66 Kg/m3	CARGA ULTIMA	30.00 Tn	
CARGA (Tn)	DEFFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm2)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.05	5.74	0.000165	7.07
2.00	0.10	11.47	0.000330	13.97
3.00	0.12	17.21	0.000396	16.69
4.00	0.13	22.94	0.000429	18.04
5.00	0.15	28.68	0.000495	20.71
6.00	0.20	34.41	0.000660	27.29
7.00	0.22	40.15	0.000726	29.88
8.00	0.28	45.88	0.000924	37.48
9.00	0.33	51.62	0.001089	43.63
10.00	0.41	57.35	0.001353	53.14
11.00	0.49	63.09	0.001617	62.22
12.00	0.57	68.82	0.001881	70.89
13.00	0.62	74.56	0.002046	76.10
14.00	0.78	80.29	0.002574	91.66
15.00	0.80	86.03	0.002640	93.49
16.00	0.83	91.76	0.002739	96.18
17.00	0.95	97.50	0.003135	106.36
18.00	1.02	103.23	0.003366	111.86
19.00	1.08	108.97	0.003564	116.33
20.00	1.11	114.70	0.003663	118.47
21.00	1.14	120.44	0.003762	120.55
22.00	1.18	126.17	0.003894	123.24
23.00	1.21	131.91	0.003993	125.19
23.00	1.21	131.91	0.003993	125.19
ECUACIÓN CORREGIDA		$ESF = -3E + 06X^2 + 43329X$		
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN		$R^2 = 0.9783$		
ESFUERZO DE ROTURA		131.91 kg/cm2		
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	172275.68 kg/cm2		
	ACI 318 S	190333.62 kg/cm2		
	GRÁFICA	66171.52 kg/cm2		

Figura N° 3. Esfuerzo vs Deformación a los 7 días adición de caucho 0%.

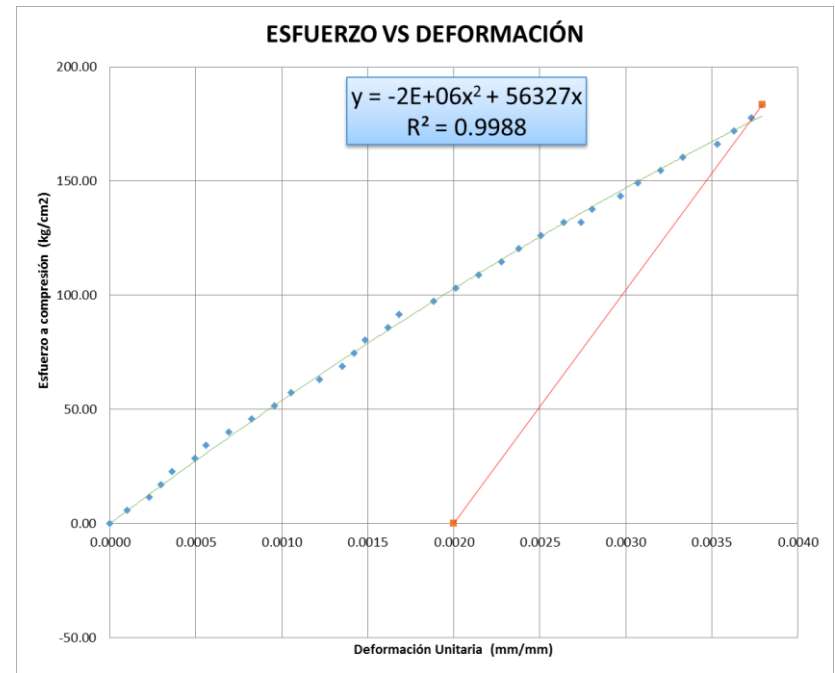


CONCRETO SIN ADICIÓN DE CAUCHO – ENSAYO A LOS 14 DÍAS

Tabla N° 83. Probeta Representativa a los 14 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 0% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	09/01/2016	EDAD	14.00 días	
FECHA DE ROTURA	23/01/2016	CÓDIGO	C0%-14D-1	
RESISTENCIA Fc	210.00 kg/cm2	FALLA	TIPO 5	
PESO	12.90 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm2	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2441.66 Kg/m3	CARGA ULTIMA	30.00 Tn	
CARGA (Tn)	DEFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm2)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00
1.00	0.03	5.74	0.000099	4.26
2.00	0.07	11.47	0.000231	9.85
3.00	0.09	17.21	0.000297	12.61
4.00	0.11	22.94	0.000363	15.33
5.00	0.15	28.68	0.000495	27.39
6.00	0.17	34.41	0.000561	30.97
7.00	0.21	40.15	0.000693	38.08
8.00	0.25	45.88	0.000825	45.11
9.00	0.29	51.62	0.000957	52.08
10.00	0.32	57.35	0.001056	57.26
11.00	0.37	63.09	0.001221	65.80
12.00	0.41	68.82	0.001353	72.56
13.00	0.43	74.56	0.001419	75.91
14.00	0.45	80.29	0.001485	79.24
15.00	0.49	86.03	0.001617	85.86
16.00	0.51	91.76	0.001683	89.14
17.00	0.57	97.50	0.001881	98.88
18.00	0.61	103.23	0.002013	105.29
19.00	0.65	108.97	0.002145	111.63
20.00	0.69	114.70	0.002277	117.90
21.00	0.72	120.44	0.002376	122.55
22.00	0.76	126.17	0.002508	128.70
23.00	0.80	131.91	0.002640	134.78
23.00	0.83	131.91	0.002739	139.29
24.00	0.85	137.64	0.002805	142.27
25.00	0.90	143.38	0.002970	149.66
26.00	0.93	149.11	0.003069	154.04
27.00	0.97	154.85	0.003201	159.82
28.00	1.01	160.58	0.003333	165.53
29.00	1.07	166.32	0.003531	173.97
30.00	1.10	172.05	0.003630	178.13
31.00	1.13	177.79	0.003729	182.25
32.00	1.15	183.52	0.003795	184.97
ECUACIÓN CORREGIDA		$ESF = -2E + 06X^2 + 55589X$		
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN		$R^2 = 0.999$		
ESFUERZO DE ROTURA		183.52 kg/cm2		
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	203205.30 kg/cm2		
	ACI 318 S	16241474.27 kg/cm2		
	GRÁFICA	102218.92 kg/cm2		

Figura N° 4. Esfuerzo vs Deformación a los 14 días adición de caucho 0%.

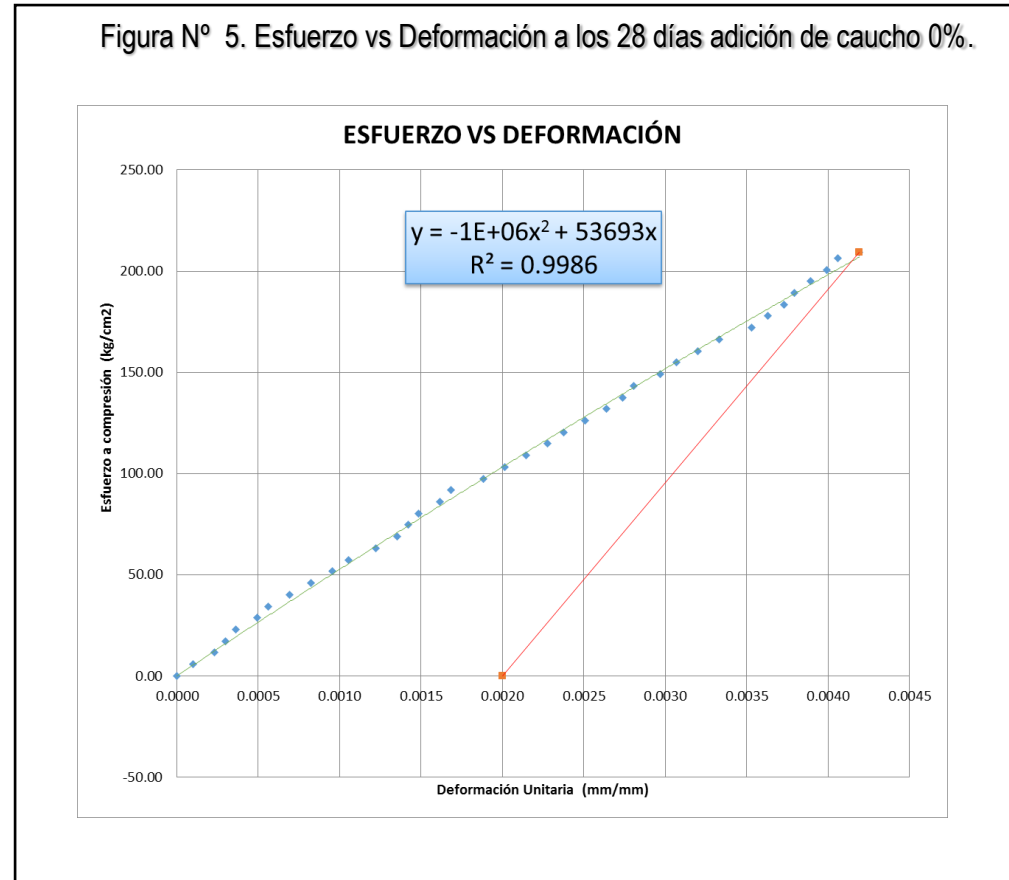


CONCRETO SIN ADICIÓN DE CAUCHO – ENSAYO A LOS 28 DÍAS

Tabla N° 84. Probeta Representativa a los 28 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPECIMEN PATRÓN CONCRETO AL 0% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	09/01/2016	EDAD	28.00 días	
FECHA DE ROTURA	06/02/2016	CÓDIGO	C0%-28D-2	
RESISTENCIA f'c	210.00 kg/cm2	FALLA	TIPO 5	
PESO	12.90 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm2	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2441.66 Kg/m3	CARGA ULTIMA	30.00 Tn	
CARGA (Tn)	DEFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm2)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.03	5.74	0.000099	5.32
2.00	0.07	11.47	0.000231	12.39
3.00	0.09	17.21	0.000297	15.92
4.00	0.11	22.94	0.000363	19.43
5.00	0.15	28.68	0.000495	26.43
6.00	0.17	34.41	0.000561	29.92
7.00	0.21	40.15	0.000693	36.86
8.00	0.25	45.88	0.000825	43.78
9.00	0.29	51.62	0.000957	50.65
10.00	0.32	57.35	0.001056	55.79
11.00	0.37	63.09	0.001221	64.30
12.00	0.41	68.82	0.001353	71.08
13.00	0.43	74.56	0.001419	74.45
14.00	0.45	80.29	0.001485	77.82
15.00	0.49	86.03	0.001617	84.52
16.00	0.51	91.76	0.001683	87.86
17.00	0.57	97.50	0.001881	97.82
18.00	0.61	103.23	0.002013	104.42
19.00	0.65	108.97	0.002145	110.98
20.00	0.69	114.70	0.002277	117.51
21.00	0.72	120.44	0.002376	122.39
22.00	0.76	126.17	0.002508	128.86
23.00	0.80	131.91	0.002640	135.29
24.00	0.83	137.64	0.002739	140.09
25.00	0.85	143.38	0.002805	143.28
26.00	0.90	149.11	0.002970	151.22
27.00	0.93	154.85	0.003069	155.96
28.00	0.97	160.58	0.003201	162.24
29.00	1.01	166.32	0.003333	168.49
30.00	1.07	172.05	0.003531	177.80
31.00	1.10	177.79	0.003630	182.43
32.00	1.13	183.52	0.003729	187.03
33.00	1.15	189.26	0.003795	190.09
34.00	1.18	194.99	0.003894	194.67
35.00	1.21	200.73	0.003993	199.22
36.00	1.23	206.46	0.004059	202.25
37.00	1.27	212.20	0.004191	208.27
37.00	1.29	212.20	0.004257	211.27
ECUACIÓN CORREGIDA		$ESF = -1E + 06X^2 + 53881X$		
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN		$R^2 = 0.9986$		
ESFUERZO DE ROTURA		212.20 kg/cm2		
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	218504.76 kg/cm2		
	ACI 318 S	241408.44 kg/cm2		
	GRÁFICA	93999.56 kg/cm2		

Figura N° 5. Esfuerzo vs Deformación a los 28 días adición de caucho 0%.

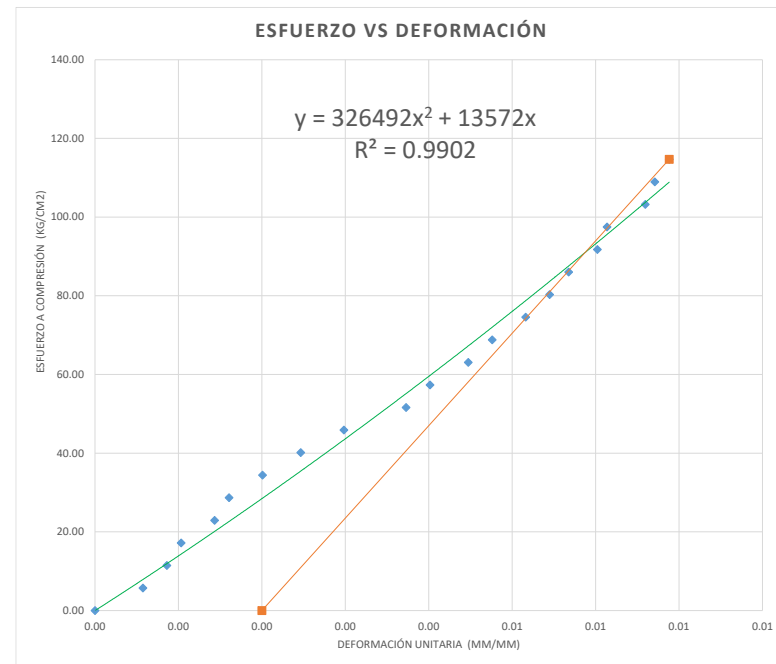


CONCRETO CON 10% DE ADICIÓN DE CAUCHO – ENSAYO A LOS 7 DÍAS

Tabla N° 85. Probeta Representativa a los 7 días con 10%
adición de caucho.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPECÍMEN PATRÓN CONCRETO AL 10% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	09/01/2016	EDAD	7.00 días	
FECHA DE ROTURA	16/01/2016	CÓDIGO	C10%-7D-5	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	12.43 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2352.70 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	20.00 Tn	
CARGA (Tn)	DEFFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.10	5.74	0.000574	7.89
2.00	0.15	11.47	0.000860	11.92
3.00	0.18	17.21	0.001032	14.36
4.00	0.25	22.94	0.001434	20.13
5.00	0.28	28.68	0.001606	22.64
6.00	0.35	34.41	0.002007	28.56
7.00	0.43	40.15	0.002466	35.46
8.00	0.52	45.88	0.002982	43.38
9.00	0.65	51.62	0.003728	55.13
10.00	0.70	57.35	0.004015	59.75
11.00	0.78	63.09	0.004473	67.25
12.00	0.83	68.82	0.004760	72.00
13.00	0.90	74.56	0.005162	78.75
14.00	0.95	80.29	0.005448	83.64
15.00	0.99	86.03	0.005678	87.58
16.00	1.05	91.76	0.006022	93.57
17.00	1.07	97.50	0.006137	95.58
18.00	1.15	103.23	0.006595	103.71
19.00	1.17	108.97	0.006710	105.77
20.00	1.20	114.70	0.006882	108.87
ECUACIÓN CORREGIDA				
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN				
114.70 kg/cm ²				
ESFUERZO DE ROTURA				
114.70 kg/cm ²				
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60		160647.90 kg/cm ²	
	ACI 318 S		167876.04 kg/cm ²	
	GRÁFICA		23494.38 kg/cm ²	

Figura N° 6. Esfuerzo vs Deformación a los 07 días adición de caucho 10%.



MODULO DE ELASTICIDAD DE 4 PROBETAS MÁS

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 10% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	09/01/2016	EDAD	7.00 días	
FECHA DE ROTURA	16/01/2016	CÓDIGO	C10%-7D-1	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	12.23 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2314.84 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	22.00 Tn	
CARGA (Tn)	DEFFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.00	5.74	0.000000	0.00
2.00	0.03	11.47	0.000172	2.82
3.00	0.09	17.21	0.000516	8.47
4.00	0.12	22.94	0.000688	11.31
5.00	0.15	28.68	0.000860	14.16
6.00	0.30	34.41	0.001721	28.51
7.00	0.38	40.15	0.002179	36.24
8.00	0.45	45.88	0.002581	43.06
9.00	0.55	51.62	0.003154	52.86
10.00	0.63	57.35	0.003613	60.77
11.00	0.71	63.09	0.004072	68.73
12.00	0.77	68.82	0.004416	74.73
13.00	0.86	74.56	0.004932	83.80
14.00	0.84	80.29	0.004817	81.78
15.00	0.87	86.03	0.004989	84.81
16.00	0.95	91.76	0.005448	92.94
17.00	1.00	97.50	0.005735	98.05
18.00	1.05	103.23	0.006022	103.18
19.00	1.10	108.97	0.006309	108.33
20.00	1.15	114.70	0.006595	113.50
21.00	1.19	120.44	0.006825	117.65
22.00	1.22	126.17	0.006997	120.77
ECUACIÓN CORREGIDA		$ESF = 130978X^2 + 16345X$		
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN		$R^2 = 0.976$		
ESFUERZO DE ROTURA		126.17 kg/cm ²		
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	168488.94 kg/cm ²		
	ACI 318 S	171837.54 kg/cm ²		
	GRÁFICA	25250.57 kg/cm ²		

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 10% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	09/01/2016	EDAD	7.00 días	
FECHA DE ROTURA	16/01/2016	CÓDIGO	C10%-7D-2	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	12.14 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2297.81 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	21.50 Tn	
CARGA (Tn)	DEFFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.00	5.74	0.000000	0.00
2.00	0.01	11.47	0.000057	1.17
3.00	0.04	17.21	0.000229	4.65
4.00	0.08	22.94	0.000459	9.27
5.00	0.10	28.68	0.000574	11.56
6.00	0.15	34.41	0.000860	17.24
7.00	0.25	40.15	0.001434	28.42
8.00	0.30	45.88	0.001721	33.92
9.00	0.50	51.62	0.002868	55.26
10.00	0.58	57.35	0.003326	63.52
11.00	0.63	63.09	0.003613	68.60
12.00	0.69	68.82	0.003957	74.61
13.00	0.76	74.56	0.004359	81.50
14.00	0.80	80.29	0.004588	85.39
15.00	0.85	86.03	0.004875	90.19
16.00	0.90	91.76	0.005162	94.92
17.00	0.95	97.50	0.005448	99.60
18.00	1.00	103.23	0.005735	104.21
19.00	1.04	108.97	0.005964	107.85
20.00	1.08	114.70	0.006194	111.45
21.00	1.10	120.44	0.006309	113.24
21.50	1.15	123.30	0.006595	117.66
ECUACIÓN CORREGIDA		$ESF = -384447X^2 + 20375X$		
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN		$R^2 = 0.9493$		
ESFUERZO DE ROTURA		123.30 kg/cm ²		
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	166563.29 kg/cm ²		
	ACI 318 S	168001.94 kg/cm ²		
	GRÁFICA	26832.49 kg/cm ²		

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 10% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	09/01/2016	EDAD	7.00 días	
FECHA DE ROTURA	16/01/2016	CÓDIGO	C10%-7D-3	
RESISTENCIA f'c	210.00 kg/cm2	FALLA	TIPO 5	
PESO	12.21 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm2	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2311.06 Kg/m3	CARGA ULTIMA	22.00 Tn	
CARGA (Tn)	DEFFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm2)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.05	5.74	0.000287	4.71
2.00	0.10	11.47	0.000574	9.41
3.00	0.12	17.21	0.000688	11.28
4.00	0.17	22.94	0.000975	15.97
5.00	0.20	28.68	0.001147	18.79
6.00	0.27	34.41	0.001548	25.33
7.00	0.38	40.15	0.002179	35.60
8.00	0.48	45.88	0.002753	44.90
9.00	0.60	51.62	0.003441	56.03
10.00	0.65	57.35	0.003728	60.65
11.00	0.73	63.09	0.004187	68.04
12.00	0.79	68.82	0.004531	73.56
13.00	0.85	74.56	0.004875	79.08
14.00	0.87	80.29	0.004989	80.92
15.00	0.95	86.03	0.005448	88.25
16.00	1.00	91.76	0.005735	92.83
17.00	1.03	97.50	0.005907	95.57
18.00	1.10	103.23	0.006309	101.96
19.00	1.16	108.97	0.006653	107.43
20.00	1.23	114.70	0.007054	113.79
21.00	1.28	120.44	0.007341	118.33
22.00	1.35	126.17	0.007742	124.67
ECUACIÓN CORREGIDA		$ESF = -41759X^2 + 16426X$		
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN		$R^2 = 0.9877$		
ESFUERZO DE ROTURA		126.17 kg/cm2		
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	168488.94 kg/cm2		
	ACI 318 S	171416.20 kg/cm2		
	GRÁFICA	21972.15 kg/cm2		

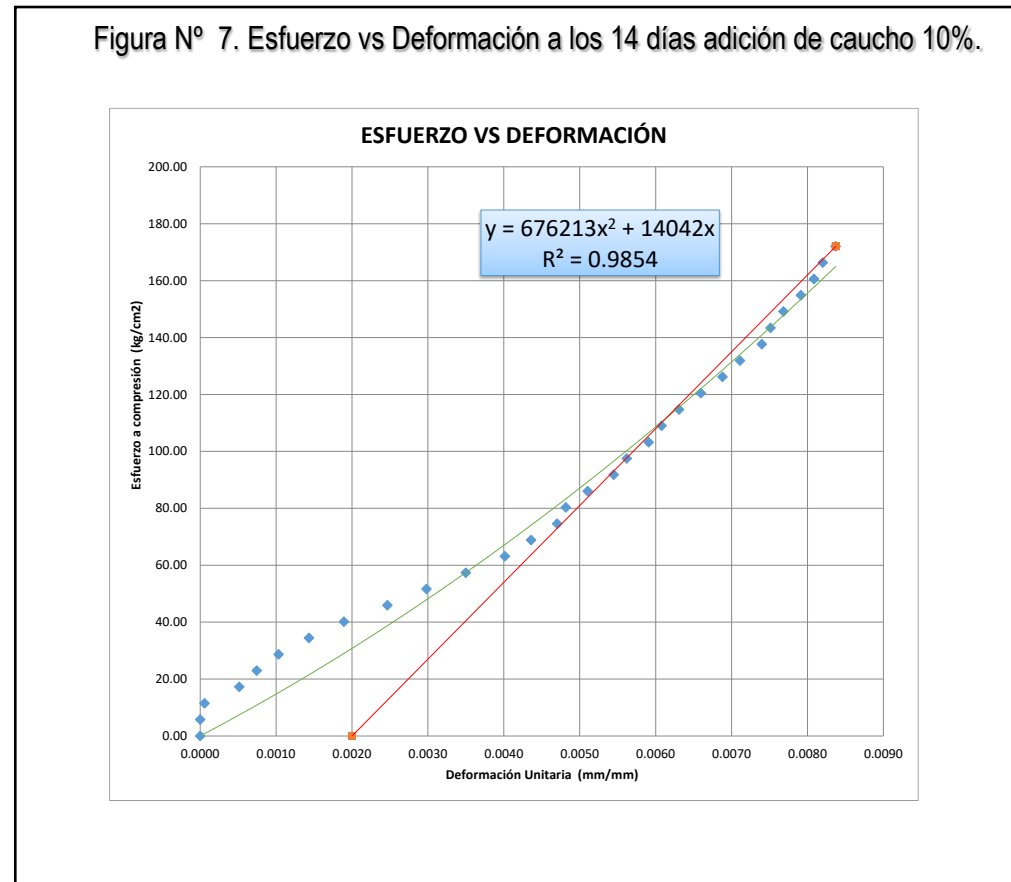
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 10% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	09/01/2016	EDAD	7.00 días	
FECHA DE ROTURA	16/01/2016	CÓDIGO	C10%-7D-4	
RESISTENCIA f'c	210.00 kg/cm2	FALLA	TIPO 5	
PESO	12.36 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm2	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2339.45 Kg/m3	CARGA ULTIMA	22.00 Tn	
CARGA (Tn)	DEFFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm2)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.03	5.74	0.000172	4.23
2.00	0.05	11.47	0.000287	7.04
3.00	0.07	17.21	0.000401	9.84
4.00	0.10	22.94	0.000574	14.02
5.00	0.14	28.68	0.000803	19.56
6.00	0.19	34.41	0.001090	26.43
7.00	0.23	40.15	0.001319	31.89
8.00	0.28	45.88	0.001606	38.66
9.00	0.36	51.62	0.002065	49.38
10.00	0.45	57.35	0.002581	61.25
11.00	0.51	63.09	0.002925	69.06
12.00	0.57	68.82	0.003269	76.79
13.00	0.60	74.56	0.003441	80.63
14.00	0.63	80.29	0.003613	84.44
15.00	0.68	86.03	0.003900	90.75
16.00	0.70	91.76	0.004015	93.26
17.00	0.75	97.50	0.004301	99.48
18.00	0.80	103.23	0.004588	105.65
19.00	0.82	108.97	0.004703	108.11
20.00	0.85	114.70	0.004875	111.77
21.00	0.87	120.44	0.004989	114.19
22.00	0.92	126.17	0.005276	120.23
ECUACIÓN CORREGIDA		$ESF = -351557X^2 + 24641X$		
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN		$R^2 = 0.9785$		
ESFUERZO DE ROTURA		126.17 kg/cm2		
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	168488.94 kg/cm2		
	ACI 318 S	174584.66 kg/cm2		
	GRÁFICA	38510.85 kg/cm2		

CONCRETO CON 10% DE ADICIÓN DE CAUCHO – ENSAYO A LOS 14 DÍAS

Tabla N° 86. Probeta Representativa a los 14 días con 10%
adición de caucho.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 10% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	10/01/2016	EDAD	14.00 días	
FECHA DE ROTURA	24/01/2016	CÓDIGO	C10%-14D-1	
RESISTENCIA f'c	210.00 kg/cm2	FALLA	TIPO 5	
PESO	12.23 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm2	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2314.84 Kg/m3	CARGA ULTIMA	30.00 Tn	
CARGA (Tn)	DEFFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm2)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.00	5.74	0.000000	0.00
2.00	0.01	11.47	0.000057	0.81
3.00	0.09	17.21	0.000516	7.43
4.00	0.13	22.94	0.000746	10.84
5.00	0.18	28.68	0.001032	15.22
6.00	0.25	34.41	0.001434	21.52
7.00	0.33	40.15	0.001893	29.00
8.00	0.43	45.88	0.002466	38.74
9.00	0.52	51.62	0.002982	47.89
10.00	0.61	57.35	0.003498	57.40
11.00	0.70	63.09	0.004015	67.27
12.00	0.76	68.82	0.004359	74.05
13.00	0.82	74.56	0.004703	80.99
14.00	0.84	80.29	0.004817	83.34
15.00	0.89	86.03	0.005104	89.29
16.00	0.95	91.76	0.005448	96.58
17.00	0.98	97.50	0.005620	100.28
18.00	1.03	103.23	0.005907	106.54
19.00	1.06	108.97	0.006079	110.35
20.00	1.10	114.70	0.006309	115.50
21.00	1.15	120.44	0.006595	122.03
22.00	1.20	126.17	0.006882	128.67
23.00	1.24	131.91	0.007111	134.06
24.00	1.29	137.64	0.007398	140.90
25.00	1.31	143.38	0.007513	143.66
26.00	1.34	149.11	0.007685	147.85
27.00	1.38	154.85	0.007914	153.49
28.00	1.41	160.58	0.008086	157.77
29.00	1.43	166.32	0.008201	160.64
30.00	1.46	172.05	0.008373	164.99
ECUACIÓN CORREGIDA				
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN				
ESFUERZO DE ROTURA		172.05 kg/cm2		
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	196752.69 kg/cm2		
	ACI 318 S	200663.02 kg/cm2		
	GRÁFICA	26996.20 kg/cm2		

Figura N° 7. Esfuerzo vs Deformación a los 14 días adición de caucho 10%.



MODULO DE ELASTICIDAD DE 4 PROBETAS MÁS

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPECÍMEN PATRÓN CONCRETO AL 10% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	10/01/2016	EDAD	14.00 días	
FECHA DE ROTURA	24/01/2016	CÓDIGO	C10%-14D-2	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	12.14 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2297.81 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	31.00 Tn	
CARGA (Tn)	DEFFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.08	5.74	0.000459	5.79
2.00	0.12	11.47	0.000688	8.78
3.00	0.30	17.21	0.001721	23.04
4.00	0.40	22.94	0.002294	31.54
5.00	0.44	28.68	0.002523	35.05
6.00	0.48	34.41	0.002753	38.63
7.00	0.50	40.15	0.002868	40.44
8.00	0.56	45.88	0.003212	45.97
9.00	0.60	51.62	0.003441	49.74
10.00	0.66	57.35	0.003785	55.52
11.00	0.78	63.09	0.004473	67.52
12.00	0.84	68.82	0.004817	73.74
13.00	0.90	74.56	0.005162	80.10
14.00	0.93	80.29	0.005334	83.34
15.00	0.98	86.03	0.005620	88.81
16.00	1.02	91.76	0.005850	93.27
17.00	1.06	97.50	0.006079	97.78
18.00	1.10	103.23	0.006309	102.37
19.00	1.14	108.97	0.006538	107.02
20.00	1.17	114.70	0.006710	110.54
21.00	1.21	120.44	0.006939	115.31
22.00	1.27	126.17	0.007284	122.57
23.00	1.29	131.91	0.007398	125.03
24.00	1.32	137.64	0.007570	128.74
25.00	1.37	143.38	0.007857	135.00
26.00	1.42	149.11	0.008144	141.37
27.00	1.50	154.85	0.008603	151.77
28.00	1.58	160.58	0.009061	162.44
29.00	1.62	166.32	0.009291	167.86
30.00	1.71	172.05	0.009807	180.31
31.00	1.77	177.79	0.010151	188.80
ECUACIÓN CORREGIDA	$ESF = 450584X^2 + 13407X$			
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	$R^2 = 0.9911$			
ESFUERZO DE ROTURA	177.79 kg/cm ²			
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	200005.02 kg/cm ²		
	ACI 318 S	201732.52 kg/cm ²		
	GRÁFICA	21811.52 kg/cm ²		

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPECÍMEN PATRÓN CONCRETO AL 10% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	10/01/2016	EDAD	14.00 días	
FECHA DE ROTURA	24/01/2016	CÓDIGO	C10%-14D-3	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	12.21 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2311.06 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	30.50 Tn	
CARGA (Tn)	DEFFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.00	5.74	0.000000	0.00
2.00	0.01	11.47	0.000057	1.04
3.00	0.09	17.21	0.000516	9.34
4.00	0.13	22.94	0.000746	13.48
5.00	0.18	28.68	0.001032	18.67
6.00	0.25	34.41	0.001434	25.91
7.00	0.33	40.15	0.001893	34.19
8.00	0.43	45.88	0.002466	44.53
9.00	0.52	51.62	0.002982	53.83
10.00	0.61	57.35	0.003498	63.12
11.00	0.70	63.09	0.004015	72.40
12.00	0.76	68.82	0.004359	78.58
13.00	0.82	74.56	0.004703	84.76
14.00	0.84	80.29	0.004817	86.82
15.00	0.89	86.03	0.005104	91.96
16.00	0.95	91.76	0.005448	98.13
17.00	0.98	97.50	0.005620	101.22
18.00	1.03	103.23	0.005907	106.35
19.00	1.06	108.97	0.006079	109.44
20.00	1.10	114.70	0.006309	113.54
21.00	1.15	120.44	0.006595	118.67
22.00	1.20	126.17	0.006882	123.80
23.00	1.25	131.91	0.007169	128.93
24.00	1.28	137.64	0.007341	132.00
25.00	1.30	143.38	0.007456	134.05
26.00	1.36	149.11	0.007800	140.20
27.00	1.42	154.85	0.008144	146.34
28.00	1.50	160.58	0.008603	154.52
29.00	1.55	166.32	0.008889	159.63
30.00	1.62	172.05	0.009291	166.78
30.50	1.90	174.92	0.010897	195.34
ECUACIÓN CORREGIDA	$ESF = -15651X^2 + 18097X$			
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	$R^2 = 0.98$			
ESFUERZO DE ROTURA	174.92 kg/cm ²			
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	198385.52 kg/cm ²		
	ACI 318 S	201832.20 kg/cm ²		
	GRÁFICA	19661.34 kg/cm ²		

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 10% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	10/01/2016	EDAD	14.00 días	
FECHA DE ROTURA	24/01/2016	CÓDIGO	C10%-14D-4	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	12.36 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2339.45 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	34.00 Tn	
CARGA (Tn)	DEFFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.00	5.74	0.000000	0.00
2.00	0.05	11.47	0.000287	4.92
3.00	0.11	17.21	0.000631	10.85
4.00	0.14	22.94	0.000803	13.82
5.00	0.19	28.68	0.001090	18.80
6.00	0.26	34.41	0.001491	25.81
7.00	0.30	40.15	0.001721	29.83
8.00	0.45	45.88	0.002581	45.05
9.00	0.53	51.62	0.003040	53.25
10.00	0.63	57.35	0.003613	63.58
11.00	0.71	63.09	0.004072	71.91
12.00	0.77	68.82	0.004416	78.20
13.00	0.80	74.56	0.004588	81.35
14.00	0.83	80.29	0.004760	84.51
15.00	0.90	86.03	0.005162	91.92
16.00	0.94	91.76	0.005391	96.18
17.00	0.97	97.50	0.005563	99.38
18.00	1.03	103.23	0.005907	105.80
19.00	1.06	108.97	0.006079	109.03
20.00	1.10	114.70	0.006309	113.34
21.00	1.15	120.44	0.006595	118.75
22.00	1.20	126.17	0.006882	124.18
23.00	1.25	131.91	0.007169	129.63
24.00	1.28	137.64	0.007341	132.92
25.00	1.30	143.38	0.007456	135.11
26.00	1.36	149.11	0.007800	141.71
27.00	1.42	154.85	0.008144	148.35
28.00	1.50	160.58	0.008603	157.24
29.00	1.55	166.32	0.008889	162.83
30.00	1.62	172.05	0.009291	170.69
31.00	1.70	177.79	0.009750	179.73
32.00	1.76	183.52	0.010094	186.55
33.00	1.84	189.26	0.010553	195.69
34.00	1.86	194.99	0.010667	197.98
ECUACIÓN CORREGIDA		$ESF = 136303X^2 + 17106X$		
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN		$R^2 = 0.9906$		
ESFUERZO DE ROTURA		194.99 kg/cm ²		
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	209459.23 kg/cm ²		
	ACI 318 S	217037.21 kg/cm ²		
	GRÁFICA	22497.67 kg/cm ²		

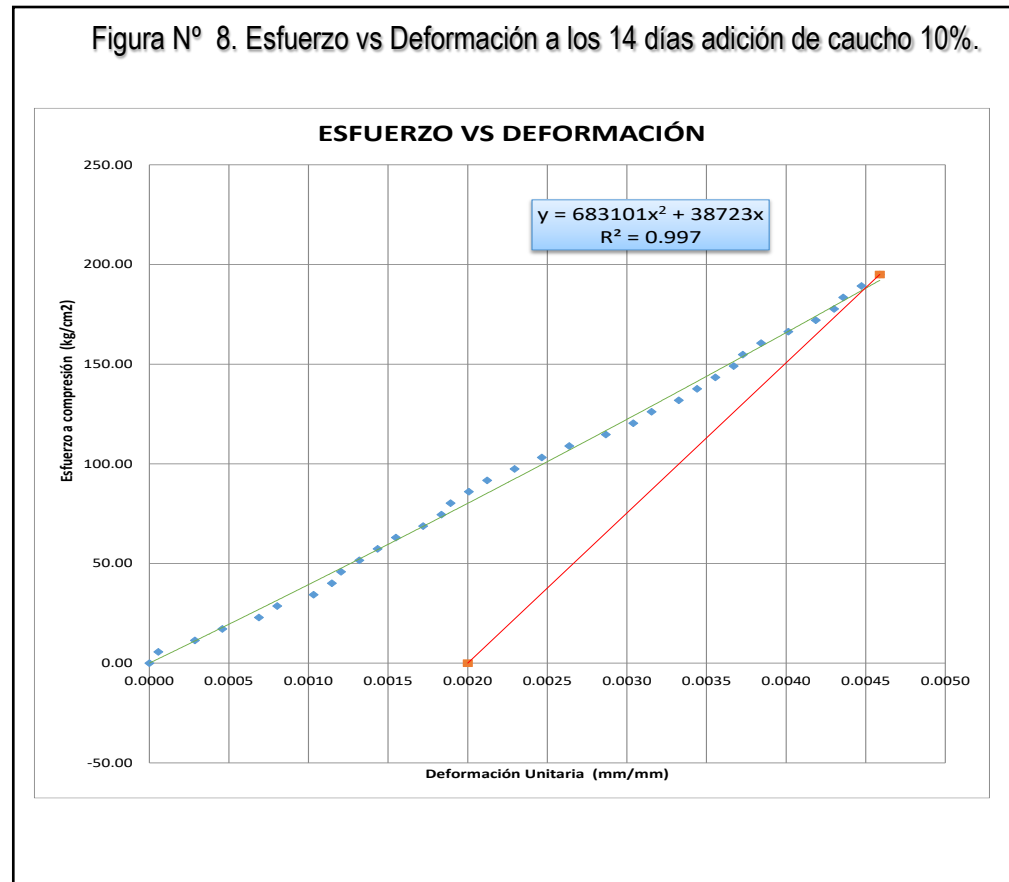
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 10% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	10/01/2016	EDAD	14.00 días	
FECHA DE ROTURA	24/01/2016	CÓDIGO	C10%-14D-6	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	12.53 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2371.63 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	33.00 Tn	
CARGA (Tn)	DEFFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.01	5.74	0.000057	0.98
2.00	0.07	11.47	0.000401	6.91
3.00	0.11	17.21	0.000631	10.90
4.00	0.15	22.94	0.000860	14.93
5.00	0.19	28.68	0.001090	18.98
6.00	0.21	34.41	0.001204	21.02
7.00	0.30	40.15	0.001721	30.29
8.00	0.38	45.88	0.002179	38.66
9.00	0.45	51.62	0.002581	46.09
10.00	0.55	57.35	0.003154	56.86
11.00	0.60	63.09	0.003441	62.32
12.00	0.66	68.82	0.003785	68.93
13.00	0.75	74.56	0.004301	78.98
14.00	0.78	80.29	0.004473	82.36
15.00	0.82	86.03	0.004703	86.90
16.00	0.90	91.76	0.005162	96.08
17.00	0.96	97.50	0.005506	103.04
18.00	1.00	103.23	0.005735	107.72
19.00	1.04	108.97	0.005964	112.43
20.00	1.10	114.70	0.006309	119.55
21.00	1.12	120.44	0.006423	121.94
22.00	1.18	126.17	0.006767	129.15
23.00	1.17	131.91	0.006710	127.95
24.00	1.25	137.64	0.007169	137.66
25.00	1.30	143.38	0.007456	143.79
26.00	1.36	149.11	0.007800	151.21
27.00	1.43	154.85	0.008201	159.96
28.00	1.48	160.58	0.008488	166.27
29.00	1.49	166.32	0.008545	167.54
30.00	1.51	172.05	0.008660	170.08
31.00	1.53	177.79	0.008775	172.62
32.00	1.56	183.52	0.008947	176.46
33.00	1.60	189.26	0.009176	181.60
ECUACIÓN CORREGIDA		$ESF = 293131X^2 + 17101X$		
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN		$R^2 = 0.9911$		
ESFUERZO DE ROTURA		189.26 kg/cm ²		
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	206355.96 kg/cm ²		
	ACI 318 S	218248.17 kg/cm ²		
	GRÁFICA	26373.26 kg/cm ²		

CONCRETO CON 10% DE ADICIÓN DE CAUCHO – ENSAYO A LOS 28 DÍAS

Tabla N° 87. Probeta Representativa a los 28 días con 10%
adición de caucho.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 10% DE CAUCHO				
PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)				
CEMENTO				
FECHA DE ELABORACIÓN	11/01/2016	EDAD	28.00 días	
FECHA DE ROTURA	08/02/2016	CÓDIGO	C10%-28D-4	
RESISTENCIA f_c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	12.85 kg	ALTIMA	303.00 mm	
DIÁMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2432.19 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	34.00 Tn	
CARGA (Tn)	DEFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.01	5.74	0.000057	2.22
2.00	0.05	11.47	0.000287	11.16
3.00	0.08	17.21	0.000459	17.91
4.00	0.12	22.94	0.000688	26.97
5.00	0.14	28.68	0.000803	31.53
6.00	0.18	34.41	0.001032	40.70
7.00	0.20	40.15	0.001147	45.31
8.00	0.21	45.88	0.001204	47.63
9.00	0.23	51.62	0.001319	52.27
10.00	0.25	57.35	0.001434	56.92
11.00	0.27	63.09	0.001548	61.60
12.00	0.30	68.82	0.001721	68.65
13.00	0.32	74.56	0.001835	73.37
14.00	0.33	80.29	0.001893	75.73
15.00	0.35	86.03	0.002007	80.48
16.00	0.37	91.76	0.002122	85.24
17.00	0.40	97.50	0.002294	92.43
18.00	0.43	103.23	0.002466	99.65
19.00	0.46	108.97	0.002638	106.91
20.00	0.50	114.70	0.002868	116.66
21.00	0.53	120.44	0.003040	124.01
22.00	0.55	126.17	0.003154	128.94
23.00	0.58	131.91	0.003326	136.36
24.00	0.60	137.64	0.003441	141.34
25.00	0.62	143.38	0.003556	146.33
26.00	0.64	149.11	0.003670	151.33
27.00	0.65	154.85	0.003728	153.84
28.00	0.67	160.58	0.003842	158.88
29.00	0.70	166.32	0.004015	166.46
30.00	0.73	172.05	0.004187	174.09
31.00	0.75	177.79	0.004301	179.20
32.00	0.76	183.52	0.004359	181.76
33.00	0.78	189.26	0.004473	186.89
34.00	0.80	194.99	0.004588	192.04
ECUACIÓN CORREGIDA				
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN				
ESFUERZO DE ROTURA			194.99 kg/cm ²	
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	209459.23 kg/cm ²		
	ACI 318 S	230070.63 kg/cm ²		
	GRÁFICA	75343.34 kg/cm ²		

Figura N° 8. Esfuerzo vs Deformación a los 14 días adición de caucho 10%.



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPECÍMEN PATRÓN CONCRETO AL 10% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	11/01/2016	EDAD	28.00 días	
FECHA DE ROTURA	08/02/2016	CÓDIGO	C10%-28D-3	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	12.21 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2311.06 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	32.00 Tn	
CARGA (Tn)	DEFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.00	5.74	0.000000	0.00
2.00	0.01	11.47	0.000057	1.00
3.00	0.09	17.21	0.000516	8.99
4.00	0.13	22.94	0.000746	13.01
5.00	0.18	28.68	0.001032	18.04
6.00	0.25	34.41	0.001434	25.11
7.00	0.33	40.15	0.001893	33.23
8.00	0.43	45.88	0.002466	43.43
9.00	0.52	51.62	0.002982	52.67
10.00	0.61	57.35	0.003498	61.95
11.00	0.70	63.09	0.004015	71.29
12.00	0.76	68.82	0.004359	77.54
13.00	0.82	74.56	0.004703	83.82
14.00	0.84	80.29	0.004817	85.92
15.00	0.89	86.03	0.005104	91.17
16.00	0.95	91.76	0.005448	97.49
17.00	0.98	97.50	0.005620	100.67
18.00	1.03	103.23	0.005907	105.96
19.00	1.06	108.97	0.006079	109.15
20.00	1.10	114.70	0.006309	113.40
21.00	1.15	120.44	0.006595	118.74
22.00	1.20	126.17	0.006882	124.09
23.00	1.25	131.91	0.007169	129.45
24.00	1.28	137.64	0.007341	132.68
25.00	1.30	143.38	0.007456	134.84
26.00	1.36	149.11	0.007800	141.31
27.00	1.42	154.85	0.008144	147.81
28.00	1.50	160.58	0.008603	156.52
29.00	1.55	166.32	0.008889	161.98
30.00	1.62	172.05	0.009291	169.65
31.00	1.70	177.79	0.009750	178.45
32.00	1.78	183.52	0.010208	187.29
32.00	1.85	183.52	0.010610	195.06
ECUACIÓN CORREGIDA		$ESF = 94995X^2 + 17377X$		
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN		$R^2 = 0.9875$		
ESFUERZO DE ROTURA		183.52 kg/cm ²		
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	203205.30 kg/cm ²		
	ACI 318 S	206735.72 kg/cm ²		
	GRÁFICA	21315.32 kg/cm ²		

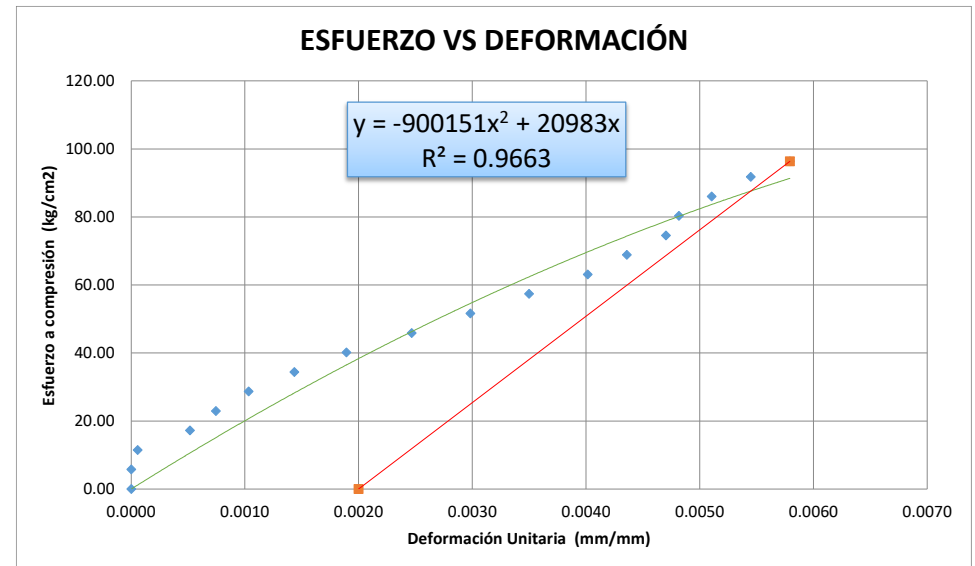
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPECÍMEN PATRÓN CONCRETO AL 10% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	11/01/2016	EDAD	28.00 días	
FECHA DE ROTURA	08/02/2016	CÓDIGO	C10%-28D-5	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	12.56 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2377.30 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	32.00 Tn	
CARGA (Tn)	DEFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.01	5.74	0.000057	2.25
2.00	0.05	11.47	0.000287	11.28
3.00	0.08	17.21	0.000459	18.08
4.00	0.12	22.94	0.000688	27.20
5.00	0.14	28.68	0.000803	31.79
6.00	0.18	34.41	0.001032	40.99
7.00	0.20	40.15	0.001147	45.61
8.00	0.21	45.88	0.001204	47.93
9.00	0.23	51.62	0.001319	52.57
10.00	0.25	57.35	0.001434	57.23
11.00	0.27	63.09	0.001548	61.90
12.00	0.30	68.82	0.001721	68.93
13.00	0.32	74.56	0.001835	73.64
14.00	0.33	80.29	0.001893	75.99
15.00	0.35	86.03	0.002007	80.72
16.00	0.37	91.76	0.002122	85.46
17.00	0.40	97.50	0.002294	92.59
18.00	0.43	103.23	0.002466	99.75
19.00	0.46	108.97	0.002638	106.95
20.00	0.50	114.70	0.002868	116.59
21.00	0.53	120.44	0.003040	123.86
22.00	0.55	126.17	0.003154	128.72
23.00	0.58	131.91	0.003326	136.03
24.00	0.60	137.64	0.003441	140.93
25.00	0.62	143.38	0.003556	145.84
26.00	0.64	149.11	0.003670	150.76
27.00	0.65	154.85	0.003728	153.23
28.00	0.67	160.58	0.003842	158.17
29.00	0.70	166.32	0.004015	165.61
30.00	0.73	172.05	0.004187	173.08
31.00	0.75	177.79	0.004301	178.08
32.00	0.76	183.52	0.004359	180.58
ECUACIÓN CORREGIDA		$ESF = 518090X^2 + 39173X$		
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN		$R^2 = 0.9967$		
ESFUERZO DE ROTURA		183.52 kg/cm ²		
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	203205.30 kg/cm ²		
	ACI 318 S	215688.25 kg/cm ²		
	GRÁFICA	77808.24 kg/cm ²		

CONCRETO CON 15% DE ADICIÓN DE CAUCHO – ENSAYO A LOS 7 DÍAS

Tabla N° 88. Probeta Representativa a los 07 días con 15%
adición de caucho.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPECÍMEN PATRÓN CONCRETO AL 15% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	09/01/2016	EDAD	7.00 días	
FECHA DE ROTURA	16/01/2016	CÓDIGO	C15%-7D-3	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	12.21 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2311.06 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	16.80 Tn	
CARGA (Tn)	DEFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.00	5.74	0.000000	0.00
2.00	0.01	11.47	0.000057	1.20
3.00	0.09	17.21	0.000516	10.59
4.00	0.13	22.94	0.000746	15.14
5.00	0.18	28.68	0.001032	20.70
6.00	0.25	34.41	0.001434	28.23
7.00	0.33	40.15	0.001893	36.49
8.00	0.43	45.88	0.002466	46.27
9.00	0.52	51.62	0.002982	54.57
10.00	0.61	57.35	0.003498	62.39
11.00	0.70	63.09	0.004015	69.73
12.00	0.76	68.82	0.004359	74.36
13.00	0.82	74.56	0.004703	78.77
14.00	0.84	80.29	0.004817	80.19
15.00	0.89	86.03	0.005104	83.65
16.00	0.95	91.76	0.005448	87.60
16.80	1.01	96.35	0.005792	91.34
ECUACIÓN CORREGIDA				
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN				
ESFUERZO DE ROTURA		96.35 kg/cm ²		
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	147236.23 kg/cm ²		
	ACI 318 S	149794.26 kg/cm ²		
	GRÁFICA	25405.75 kg/cm ²		

Figura N° 9. Esfuerzo vs Deformación a los 07 días adición de caucho 15%.



MODULO DE ELASTICIDAD DE 5 PROBETAS MÁS

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 15% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	09/01/2016	EDAD	7.00 dias	
FECHA DE ROTURA	16/01/2016	CÓDIGO	C15%-7D-1	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	12.23 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2314.84 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	17.00 Tn	
CARGA (Tn)	DEFFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.00	5.74	0.000000	0.00
2.00	0.01	11.47	0.000057	1.19
3.00	0.09	17.21	0.000516	10.50
4.00	0.13	22.94	0.000746	15.02
5.00	0.18	28.68	0.001032	20.55
6.00	0.25	34.41	0.001434	28.04
7.00	0.33	40.15	0.001893	36.26
8.00	0.43	45.88	0.002466	46.03
9.00	0.52	51.62	0.002982	54.33
10.00	0.63	57.35	0.003613	63.86
11.00	0.69	63.09	0.003957	68.77
12.00	0.75	68.82	0.004301	73.47
13.00	0.83	74.56	0.004760	79.42
14.00	0.86	80.29	0.004932	81.56
15.00	0.90	86.03	0.005162	84.33
16.00	0.96	91.76	0.005506	88.31
17.00	0.99	97.50	0.005678	90.23
ECUACIÓN CORREGIDA	$ESF = -863400X^2 + 20794X$			
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	$R^2 = 0.9646$			
ESFUERZO DE ROTURA	97.50 kg/cm ²			
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	148110.04 kg/cm ²		
	ACI 318 S	151053.63 kg/cm ²		
	GRÁFICA	26510.00 kg/cm ²		

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 15% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	09/01/2016	EDAD	7.00 dias	
FECHA DE ROTURA	16/01/2016	CÓDIGO	C15%-7D-2	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	12.14 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2297.81 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	17.50 Tn	
CARGA (Tn)	DEFFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.01	5.74	0.000057	1.44
2.00	0.08	11.47	0.000459	11.48
3.00	0.12	17.21	0.000688	17.18
4.00	0.20	22.94	0.001147	28.49
5.00	0.23	28.68	0.001319	32.71
6.00	0.25	34.41	0.001434	35.51
7.00	0.27	40.15	0.001548	38.30
8.00	0.30	45.88	0.001721	42.48
9.00	0.35	51.62	0.002007	49.40
10.00	0.38	57.35	0.002179	53.54
11.00	0.44	63.09	0.002523	61.76
12.00	0.50	68.82	0.002868	69.92
13.00	0.54	74.56	0.003097	75.32
14.00	0.60	80.29	0.003441	83.38
15.00	0.63	86.03	0.003613	87.38
16.00	0.66	91.76	0.003785	91.37
17.00	0.70	97.50	0.004015	96.66
17.50	0.72	100.36	0.004129	99.30
ECUACIÓN CORREGIDA	$ESF = -265866X^2 + 25145X$			
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	$R^2 = 0.9936$			
ESFUERZO DE ROTURA	100.36 kg/cm ²			
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	150272.35 kg/cm ²		
	ACI 318 S	151570.29 kg/cm ²		
	GRÁFICA	47135.82 kg/cm ²		

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 15% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	09/01/2016	EDAD	7.00 días	
FECHA DE ROTURA	16/01/2016	CÓDIGO	C15%-7D-4	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	12.85 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2432.19 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	17.50 Tn	
CARGA (Tn)	DEFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.01	5.74	0.000057	1.95
2.00	0.05	11.47	0.000287	9.99
3.00	0.08	17.21	0.000459	16.30
4.00	0.12	22.94	0.000688	25.08
5.00	0.14	28.68	0.000803	29.63
6.00	0.18	34.41	0.001032	39.05
7.00	0.20	40.15	0.001147	43.91
8.00	0.21	45.88	0.001204	46.38
9.00	0.23	51.62	0.001319	51.40
10.00	0.25	57.35	0.001434	56.53
11.00	0.27	63.09	0.001548	61.76
12.00	0.30	68.82	0.001721	69.81
13.00	0.32	74.56	0.001835	75.31
14.00	0.33	80.29	0.001893	78.10
15.00	0.35	86.03	0.002007	83.75
16.00	0.37	91.76	0.002122	89.51
17.00	0.40	97.50	0.002294	98.34
17.50	0.43	100.36	0.002466	107.42
ECUACIÓN CORREGIDA	$ESF = 4E + 06X^2 + 33694X$			
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	$R^2 = 0.9934$			
ESFUERZO DE ROTURA	100.36 kg/cm ²			
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	150272.35 kg/cm ²		
	ACI 318 S	165059.58 kg/cm ²		
	GRÁFICA	215338.21 kg/cm ²		

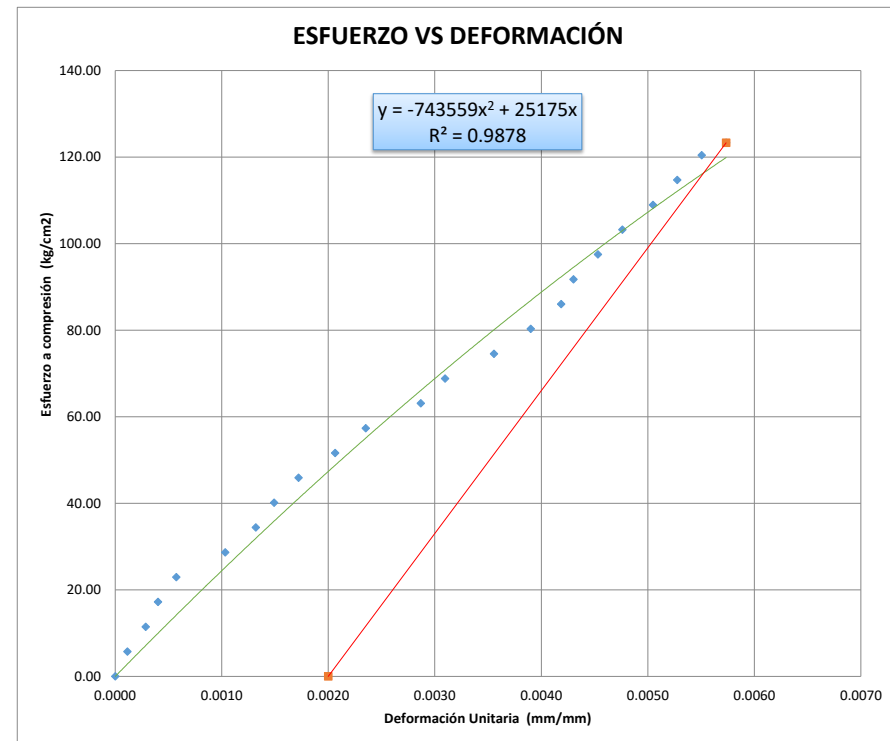
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 15% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	09/01/2016	EDAD	7.00 días	
FECHA DE ROTURA	16/01/2016	CÓDIGO	C15%-7D-3	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	12.56 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2377.30 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	17.00 Tn	
CARGA (Tn)	DEFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.01	5.74	0.000057	2.31
2.00	0.05	11.47	0.000287	11.51
3.00	0.08	17.21	0.000459	18.39
4.00	0.12	22.94	0.000688	27.51
5.00	0.14	28.68	0.000803	32.06
6.00	0.18	34.41	0.001032	41.11
7.00	0.20	40.15	0.001147	45.63
8.00	0.21	45.88	0.001204	47.88
9.00	0.23	51.62	0.001319	52.37
10.00	0.25	57.35	0.001434	56.86
11.00	0.27	63.09	0.001548	61.33
12.00	0.30	68.82	0.001721	68.02
13.00	0.32	74.56	0.001835	72.46
14.00	0.33	80.29	0.001893	74.68
15.00	0.35	86.03	0.002007	79.10
16.00	0.37	91.76	0.002122	83.52
17.00	0.48	97.50	0.002753	107.60
ECUACIÓN CORREGIDA	$ESF = -429605X^2 + 40271X$			
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	$R^2 = 0.976$			
ESFUERZO DE ROTURA	97.50 kg/cm ²			
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	148110.04 kg/cm ²		
	ACI 318 S	157208.47 kg/cm ²		
	GRÁFICA	129506.53 kg/cm ²		

CONCRETO CON 15% DE ADICIÓN DE CAUCHO – ENSAYO A LOS 14 DÍAS

Tabla N° 89. Probeta Representativa a los 14 días con 15%
adición de caucho.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 15% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	10/01/2016	EDAD	14.00 días	
FECHA DE ROTURA	24/01/2016	CÓDIGO	C15%-14D-5	
RESISTENCIA Fc	210.00 kg/cm2	FALLA	TIPO 5	
PESO	11.24 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm2	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2127.46 Kg/m3	CARGA ULTIMA	21.50 Tn	
CARGA (Tn)	DEFFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm2)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.02	5.74	0.000115	2.88
2.00	0.05	11.47	0.000287	7.16
3.00	0.07	17.21	0.000401	9.99
4.00	0.10	22.94	0.000574	14.19
5.00	0.18	28.68	0.001032	25.20
6.00	0.23	34.41	0.001319	31.91
7.00	0.26	40.15	0.001491	35.89
8.00	0.30	45.88	0.001721	41.11
9.00	0.36	51.62	0.002065	48.81
10.00	0.41	57.35	0.002351	55.08
11.00	0.50	63.09	0.002868	66.08
12.00	0.54	68.82	0.003097	70.83
13.00	0.62	74.56	0.003556	80.11
14.00	0.68	80.29	0.003900	86.87
15.00	0.73	86.03	0.004187	92.36
16.00	0.75	91.76	0.004301	94.53
17.00	0.79	97.50	0.004531	98.80
18.00	0.83	103.23	0.004760	102.99
19.00	0.88	108.97	0.005047	108.12
20.00	0.92	114.70	0.005276	112.13
21.00	0.96	120.44	0.005506	116.07
21.50	1.00	123.30	0.005735	119.92
ECUACIÓN CORREGIDA				
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN				
ESFUERZO DE ROTURA		123.30 kg/cm2		
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	166563.29 kg/cm2		
	ACI 318 S	149670.33 kg/cm2		
	GRÁFICA	33012.55 kg/cm2		

Figura N° 10. Esfuerzo vs Deformación a los 14 días adición de caucho 15%.



MODULO DE ELASTICIDAD DE 5 PROBETAS MÁS

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 15% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	10/01/2016	EDAD	14.00 días	
FECHA DE ROTURA	24/01/2016	CÓDIGO	C15%-14D-1	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	12.23 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2314.84 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	18.00 Tn	
CARGA (Tn)	DEFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.00	5.74	0.000000	0.00
2.00	0.01	11.47	0.000057	1.13
3.00	0.09	17.21	0.000516	10.07
4.00	0.13	22.94	0.000746	14.44
5.00	0.18	28.68	0.001032	19.82
6.00	0.25	34.41	0.001434	27.18
7.00	0.33	40.15	0.001893	35.36
8.00	0.43	45.88	0.002466	45.22
9.00	0.52	51.62	0.002982	53.76
10.00	0.63	57.35	0.003613	63.76
11.00	0.69	63.09	0.003957	69.01
12.00	0.75	68.82	0.004301	74.12
13.00	0.83	74.56	0.004760	80.71
14.00	0.86	80.29	0.004932	83.12
15.00	0.90	86.03	0.005162	86.27
16.00	0.96	91.76	0.005506	90.88
17.00	0.99	97.50	0.005678	93.13
18.00	1.01	103.23	0.005792	94.62
ECUACIÓN CORREGIDA	$ESF = -601934X^2 + 19821X$			
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	$R^2 = 0.9645$			
ESFUERZO DE ROTURA	103.23 kg/cm ²			
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	152403.98 kg/cm ²		
	ACI 318 S	155432.91 kg/cm ²		
	GRÁFICA	27220.45 kg/cm ²		

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 15% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	10/01/2016	EDAD	14.00 días	
FECHA DE ROTURA	24/01/2016	CÓDIGO	C15%-14D-2	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	11.24 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2127.46 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	20.00 Tn	
CARGA (Tn)	DEFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.00	5.74	0.000000	0.00
2.00	0.01	11.47	0.000057	1.06
3.00	0.09	17.21	0.000516	9.46
4.00	0.13	22.94	0.000746	13.61
5.00	0.18	28.68	0.001032	18.76
6.00	0.25	34.41	0.001434	25.90
7.00	0.33	40.15	0.001893	33.95
8.00	0.43	45.88	0.002466	43.85
9.00	0.52	51.62	0.002982	52.60
10.00	0.63	57.35	0.003613	63.10
11.00	0.69	63.09	0.003957	68.73
12.00	0.75	68.82	0.004301	74.30
13.00	0.83	74.56	0.004760	81.62
14.00	0.86	80.29	0.004932	84.33
15.00	0.90	86.03	0.005162	87.93
16.00	0.96	91.76	0.005506	93.27
17.00	0.99	97.50	0.005678	95.91
18.00	1.01	103.23	0.005792	97.67
19.00	1.10	108.97	0.006309	105.47
20.00	1.16	114.70	0.006653	110.59
ECUACIÓN CORREGIDA	$ESF = -276199X^2 + 18461X$			
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	$R^2 = 0.9711$			
ESFUERZO DE ROTURA	114.70 kg/cm ²			
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	160647.90 kg/cm ²		
	ACI 318 S	144354.89 kg/cm ²		
	GRÁFICA	24652.78 kg/cm ²		

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 15% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	10/01/2016	EDAD	14.00 días	
FECHA DE ROTURA	24/01/2016	CÓDIGO	C15%-14D-3	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	11.24 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2127.46 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	21.00 Tn	
CARGA (Tn)	DEFFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.00	5.74	0.000000	0.00
2.00	0.01	11.47	0.000057	1.02
3.00	0.09	17.21	0.000516	9.14
4.00	0.13	22.94	0.000746	13.18
5.00	0.18	28.68	0.001032	18.21
6.00	0.25	34.41	0.001434	25.22
7.00	0.33	40.15	0.001893	33.19
8.00	0.43	45.88	0.002466	43.09
9.00	0.52	51.62	0.002982	51.93
10.00	0.61	57.35	0.003498	60.70
11.00	0.70	63.09	0.004015	69.42
12.00	0.76	68.82	0.004359	75.19
13.00	0.83	74.56	0.004760	81.89
14.00	0.86	80.29	0.004932	84.76
15.00	0.90	86.03	0.005162	88.56
16.00	0.96	91.76	0.005506	94.24
17.00	0.98	97.50	0.005620	96.13
18.00	1.06	103.23	0.006079	103.65
19.00	1.08	108.97	0.006194	105.52
20.00	1.13	114.70	0.006481	110.19
21.00	1.18	120.44	0.006767	114.84
ECUACIÓN CORREGIDA	$ESF = -116730X^2 + 177760X$			
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	$R^2 = 0.9727$			
ESFUERZO DE ROTURA	120.44 kg/cm ²			
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	164615.11 kg/cm ²		
	ACI 318 S	147919.74 kg/cm ²		
	GRÁFICA	25262.63 kg/cm ²		

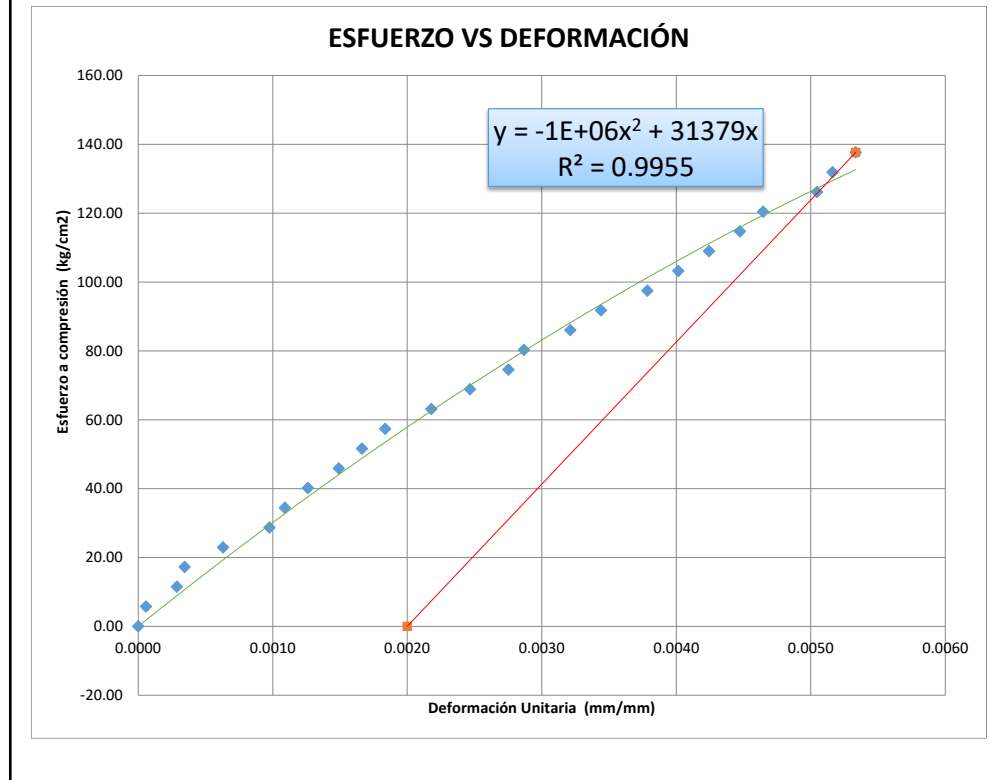
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 15% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	10/01/2016	EDAD	14.00 días	
FECHA DE ROTURA	24/01/2016	CÓDIGO	C15%-14D-4	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	11.24 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2127.46 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	22.00 Tn	
CARGA (Tn)	DEFFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.00	5.74	0.000000	0.00
2.00	0.05	11.47	0.000287	4.81
3.00	0.11	17.21	0.000631	10.62
4.00	0.14	22.94	0.000803	13.54
5.00	0.19	28.68	0.001090	18.41
6.00	0.26	34.41	0.001491	25.28
7.00	0.30	40.15	0.001721	29.22
8.00	0.45	45.88	0.002581	44.13
9.00	0.53	51.62	0.003040	52.16
10.00	0.63	57.35	0.003613	62.29
11.00	0.71	63.09	0.004072	70.45
12.00	0.77	68.82	0.004416	76.61
13.00	0.80	74.56	0.004588	79.70
14.00	0.83	80.29	0.004760	82.80
15.00	0.90	86.03	0.005162	90.06
16.00	0.94	91.76	0.005391	94.23
17.00	0.97	97.50	0.005563	97.37
18.00	1.03	103.23	0.005907	103.67
19.00	1.06	108.97	0.006079	106.83
20.00	1.10	114.70	0.006309	111.06
21.00	1.15	120.44	0.006595	116.36
22.00	1.20	126.17	0.006882	121.69
ECUACIÓN CORREGIDA	$ESF = 135595X^2 + 16749X$			
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	$R^2 = 0.9769$			
ESFUERZO DE ROTURA	126.17 kg/cm ²			
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	168488.94 kg/cm ²		
	ACI 318 S	151400.68 kg/cm ²		
	GRÁFICA	25843.82 kg/cm ²		

CONCRETO CON 15% DE ADICIÓN DE CAUCHO – ENSAYO A LOS 28 DÍAS

Tabla N° 90. Probeta Representativa a los 28 días con 15%
adición de caucho.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 15% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	11/01/2016	EDAD	28.00 días	
FECHA DE ROTURA	08/02/2016	CÓDIGO	C15%-28D-1	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	12.23 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2314.84 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	24.00 Tn	
CARGA (Tn)	DEFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.01	5.74	0.000057	1.80
2.00	0.05	11.47	0.000287	8.99
3.00	0.06	17.21	0.000344	10.79
4.00	0.11	22.94	0.000631	19.76
5.00	0.17	28.68	0.000975	30.50
6.00	0.19	34.41	0.001090	34.07
7.00	0.22	40.15	0.001262	39.43
8.00	0.26	45.88	0.001491	46.57
9.00	0.29	51.62	0.001663	51.91
10.00	0.32	57.35	0.001835	57.25
11.00	0.38	63.09	0.002179	67.91
12.00	0.43	68.82	0.002466	76.77
13.00	0.48	74.56	0.002753	85.62
14.00	0.50	80.29	0.002868	89.16
15.00	0.56	86.03	0.003212	99.75
16.00	0.60	91.76	0.003441	106.79
17.00	0.66	97.50	0.003785	117.34
18.00	0.70	103.23	0.004015	124.36
19.00	0.74	108.97	0.004244	131.37
20.00	0.78	114.70	0.004473	138.37
21.00	0.81	120.44	0.004645	143.61
22.00	0.88	126.17	0.005047	155.82
23.00	0.90	131.91	0.005162	159.30
24.00	0.93	137.64	0.005334	164.52
ECUACIÓN CORREGIDA				
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN				
ESFUERZO DE ROTURA		137.64 kg/cm ²		
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	175980.96 kg/cm ²		
	ACI 318 S	179478.46 kg/cm ²		
	GRÁFICA	41289.08 kg/cm ²		

Figura N° 11. Esfuerzo vs Deformación a los 28 días adición de caucho 15%.



MODULO DE ELASTICIDAD DE 5 PROBETAS MÁS

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 15% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	11/01/2016	EDAD	28.00 días	
FECHA DE ROTURA	08/02/2016	CÓDIGO	C15%-28D-2	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	12.14 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2297.81 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	22.00 Tn	
CARGA (Tn)	DEFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.01	5.74	0.000057	1.42
2.00	0.08	11.47	0.000459	11.34
3.00	0.12	17.21	0.000688	17.00
4.00	0.20	22.94	0.001147	28.28
5.00	0.23	28.68	0.001319	32.51
6.00	0.25	34.41	0.001434	35.32
7.00	0.27	40.15	0.001548	38.13
8.00	0.30	45.88	0.001721	42.34
9.00	0.35	51.62	0.002007	49.34
10.00	0.38	57.35	0.002179	53.54
11.00	0.44	63.09	0.002523	61.92
12.00	0.50	68.82	0.002868	70.27
13.00	0.54	74.56	0.003097	75.83
14.00	0.60	80.29	0.003441	84.15
15.00	0.63	86.03	0.003613	88.31
16.00	0.66	91.76	0.003785	92.45
17.00	0.70	97.50	0.004015	97.98
18.00	0.72	103.23	0.004129	100.73
19.00	0.78	108.97	0.004473	108.99
20.00	0.80	114.70	0.004588	111.74
21.00	0.84	120.44	0.004817	117.23
22.00	0.93	126.17	0.005334	129.54
ECUACIÓN CORREGIDA		$ESF = -88613X^2 + 24761X$		
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN		$R^2 = 0.9951$		
ESFUERZO DE ROTURA		126.17 kg/cm ²		
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	168488.94 kg/cm ²		
	ACI 318 S	169944.22 kg/cm ²		
	GRÁFICA	37848.32 kg/cm ²		

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 15% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	11/01/2016	EDAD	28.00 días	
FECHA DE ROTURA	08/02/2016	CÓDIGO	C15%-28D-3	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	12.21 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2311.06 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	22.00 Tn	
CARGA (Tn)	DEFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.00	5.74	0.000000	0.00
2.00	0.01	11.47	0.000057	0.96
3.00	0.09	17.21	0.000516	8.71
4.00	0.13	22.94	0.000746	12.61
5.00	0.18	28.68	0.001032	17.50
6.00	0.25	34.41	0.001434	24.38
7.00	0.33	40.15	0.001893	32.30
8.00	0.43	45.88	0.002466	42.29
9.00	0.52	51.62	0.002982	51.35
10.00	0.61	57.35	0.003498	60.48
11.00	0.70	63.09	0.004015	69.69
12.00	0.76	68.82	0.004359	75.87
13.00	0.82	74.56	0.004703	82.08
14.00	0.84	80.29	0.004817	84.16
15.00	0.89	86.03	0.005104	89.37
16.00	0.95	91.76	0.005448	95.65
17.00	0.98	97.50	0.005620	98.80
18.00	1.03	103.23	0.005907	104.08
19.00	1.06	108.97	0.006079	107.25
20.00	1.10	114.70	0.006309	111.50
21.00	1.15	120.44	0.006595	116.82
22.00	1.16	126.17	0.006653	117.89
ECUACIÓN CORREGIDA		$ESF = 137063X^2 + 16809X$		
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN		$R^2 = 0.9724$		
ESFUERZO DE ROTURA		126.17 kg/cm ²		
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	168488.94 kg/cm ²		
	ACI 318 S	171416.20 kg/cm ²		
	GRÁFICA	27118.06 kg/cm ²		

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 15% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	11/01/2016	EDAD	28.00 días	
FECHA DE ROTURA	08/02/2016	CÓDIGO	C15%-28D-4	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	11.84 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2240.08 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	22.50 Tn	
CARGA (Tn)	DEFFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.01	5.74	0.000057	2.35
2.00	0.05	11.47	0.000287	11.74
3.00	0.08	17.21	0.000459	18.76
4.00	0.12	22.94	0.000688	28.09
5.00	0.14	28.68	0.000803	32.74
6.00	0.18	34.41	0.001032	42.01
7.00	0.20	40.15	0.001147	46.63
8.00	0.21	45.88	0.001204	48.94
9.00	0.23	51.62	0.001319	53.54
10.00	0.25	57.35	0.001434	58.14
11.00	0.27	63.09	0.001548	62.73
12.00	0.30	68.82	0.001721	69.59
13.00	0.32	74.56	0.001835	74.16
14.00	0.33	80.29	0.001893	76.44
15.00	0.35	86.03	0.002007	80.99
16.00	0.37	91.76	0.002122	85.53
17.00	0.40	97.50	0.002294	92.33
18.00	0.43	103.23	0.002466	99.10
19.00	0.46	108.97	0.002638	105.85
20.00	0.50	114.70	0.002868	114.83
21.00	0.53	120.44	0.003040	121.53
22.00	0.55	126.17	0.003154	125.99
22.50	0.60	129.04	0.003441	137.09
ECUACIÓN CORREGIDA		$ESF = -353850X^2 + 41058X$		
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN		$R^2 = 0.9901$		
ESFUERZO DE ROTURA		129.04 kg/cm ²		
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	170392.83 kg/cm ²		
	ACI 318 S	165428.63 kg/cm ²		
	GRÁFICA	89546.00 kg/cm ²		

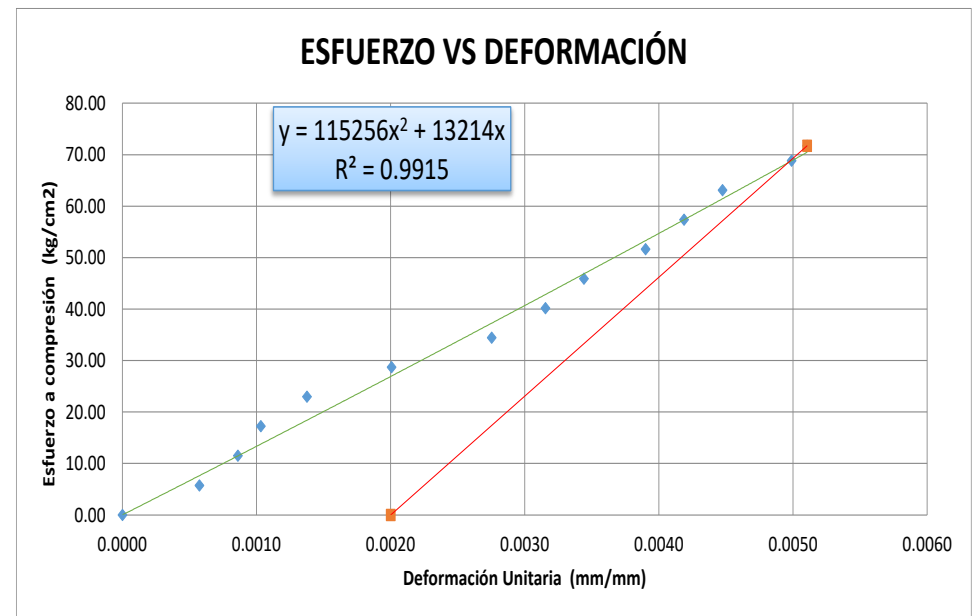
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 15% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	11/01/2016	EDAD	28.00 días	
FECHA DE ROTURA	08/02/2016	CÓDIGO	C15%-28D-5	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	11.84 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2240.08 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	23.00 Tn	
CARGA (Tn)	DEFFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.01	5.74	0.000057	2.29
2.00	0.05	11.47	0.000287	11.45
3.00	0.08	17.21	0.000459	18.34
4.00	0.12	22.94	0.000688	27.55
5.00	0.14	28.68	0.000803	32.17
6.00	0.18	34.41	0.001032	41.41
7.00	0.20	40.15	0.001147	46.05
8.00	0.21	45.88	0.001204	48.37
9.00	0.23	51.62	0.001319	53.01
10.00	0.25	57.35	0.001434	57.66
11.00	0.27	63.09	0.001548	62.31
12.00	0.30	68.82	0.001721	69.31
13.00	0.32	74.56	0.001835	73.98
14.00	0.33	80.29	0.001893	76.32
15.00	0.35	86.03	0.002007	81.00
16.00	0.37	91.76	0.002122	85.69
17.00	0.40	97.50	0.002294	92.73
18.00	0.43	103.23	0.002466	99.79
19.00	0.46	108.97	0.002638	106.86
20.00	0.50	114.70	0.002868	116.31
21.00	0.53	120.44	0.003040	123.42
22.00	0.55	126.17	0.003154	128.16
23.00	0.58	131.91	0.003326	135.29
ECUACIÓN CORREGIDA		$ESF = 242218X^2 + 39868X$		
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN		$R^2 = 0.09925$		
ESFUERZO DE ROTURA		131.91 kg/cm ²		
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	172275.68 kg/cm ²		
	ACI 318 S	167256.63 kg/cm ²		
	GRÁFICA	99451.93 kg/cm ²		

CONCRETO CON 20% DE ADICIÓN DE CAUCHO – ENSAYO A LOS 07 DÍAS

Tabla N° 91. Probeta Representativa a los 07 días con 20%
adición de caucho.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 20% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	09/01/2016	EDAD	7.00 días	
FECHA DE ROTURA	16/01/2016	CÓDIGO	C20%-7D-4	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	12.85 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2432.19 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	12.50 Tn	
CARGA (Tn)	DEFFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.10	5.74	0.000574	7.62
2.00	0.15	11.47	0.000860	11.45
3.00	0.18	17.21	0.001032	13.76
4.00	0.24	22.94	0.001376	18.41
5.00	0.35	28.68	0.002007	26.99
6.00	0.48	34.41	0.002753	37.25
7.00	0.55	40.15	0.003154	42.83
8.00	0.60	45.88	0.003441	46.83
9.00	0.68	51.62	0.003900	53.29
10.00	0.73	57.35	0.004187	57.34
11.00	0.78	63.09	0.004473	61.42
12.00	0.87	68.82	0.004989	68.80
12.50	0.89	71.69	0.005104	70.45
ECUACIÓN CORREGIDA				
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN				
ESFUERZO DE ROTURA		71.69 kg/cm ²		
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	127003.31 kg/cm ²		
	ACI 318 S	139500.81 kg/cm ²		
	GRÁFICA	23093.94 kg/cm ²		

Figura N° 12. Esfuerzo vs Deformación a los 14 días adición de caucho 20%.



MODULO DE ELASTICIDAD DE 5 PROBETAS MÁS

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 20% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	09/01/2016	EDAD	7.00 días	
FECHA DE ROTURA	16/01/2016	CÓDIGO	C20%-7D-1	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	11.77 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2227.78 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	12.00 Tn	
CARGA (Tn)	DEFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.09	5.74	0.000516	7.39
2.00	0.15	11.47	0.000860	12.16
3.00	0.19	17.21	0.001090	15.27
4.00	0.25	22.94	0.001434	19.82
5.00	0.35	28.68	0.002007	27.11
6.00	0.45	34.41	0.002581	34.04
7.00	0.57	40.15	0.003269	41.89
8.00	0.64	45.88	0.003670	46.22
9.00	0.78	51.62	0.004473	54.36
10.00	0.85	57.35	0.004875	58.16
11.00	0.96	63.09	0.005506	63.78
12.00	1.00	68.82	0.005735	65.72
		$ESF = -549218X^2 + 14609X$		
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	$R^2 = 0.9932$			
ESFUERZO DE ROTURA	68.82 kg/cm ²			
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	124437.33 kg/cm ²		
	ACI 318 S	119818.08 kg/cm ²		
	GRÁFICA	18425.61 kg/cm ²		

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 20% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	09/01/2016	EDAD	7.00 días	
FECHA DE ROTURA	16/01/2016	CÓDIGO	C20%-7D-2	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	12.14 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2297.81 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	12.50 Tn	
CARGA (Tn)	DEFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.10	5.74	0.000574	6.22
2.00	0.20	11.47	0.001147	12.45
3.00	0.25	17.21	0.001434	15.56
4.00	0.35	22.94	0.002007	21.80
5.00	0.45	28.68	0.002581	28.04
6.00	0.55	34.41	0.003154	34.28
7.00	0.65	40.15	0.003728	40.53
8.00	0.75	45.88	0.004301	46.79
9.00	0.85	51.62	0.004875	53.05
10.00	0.95	57.35	0.005448	59.32
11.00	1.00	63.09	0.005735	62.45
12.00	1.05	68.82	0.006022	65.59
12.50	1.16	71.69	0.006653	72.49
ECUACIÓN CORREGIDA		$ESF = 7879X^2 + 10844X$		
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	$R^2 = 0.9967$			
ESFUERZO DE ROTURA	71.69 kg/cm ²			
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	127003.31 kg/cm ²		
	ACI 318 S	128100.28 kg/cm ²		
	GRÁFICA	15407.99 kg/cm ²		

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 20% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	09/01/2016	EDAD	7.00 días	
FECHA DE ROTURA	16/01/2016	CÓDIGO	C20%-7D-3	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	12.21 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2311.06 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	13.00 Tn	
CARGA (Tn)	DEFFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.08	5.74	0.000459	5.98
2.00	0.12	11.47	0.000688	9.12
3.00	0.21	17.21	0.001204	16.54
4.00	0.28	22.94	0.001606	22.65
5.00	0.32	28.68	0.001835	26.28
6.00	0.41	34.41	0.002351	34.81
7.00	0.45	40.15	0.002581	38.76
8.00	0.56	45.88	0.003212	50.14
9.00	0.60	51.62	0.003441	54.46
10.00	0.63	57.35	0.003613	57.76
11.00	0.68	63.09	0.003900	63.39
12.00	0.72	68.82	0.004129	68.01
13.00	0.75	74.56	0.004301	71.53
ECUACIÓN CORREGIDA	$ESF = 935823X^2 + 12605X$			
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	$R^2 = 0.9933$			
ESFUERZO DE ROTURA	74.56 kg/cm ²			
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	129518.48 kg/cm ²		
	ACI 318 S	131768.68 kg/cm ²		
	GRÁFICA	32397.34 kg/cm ²		

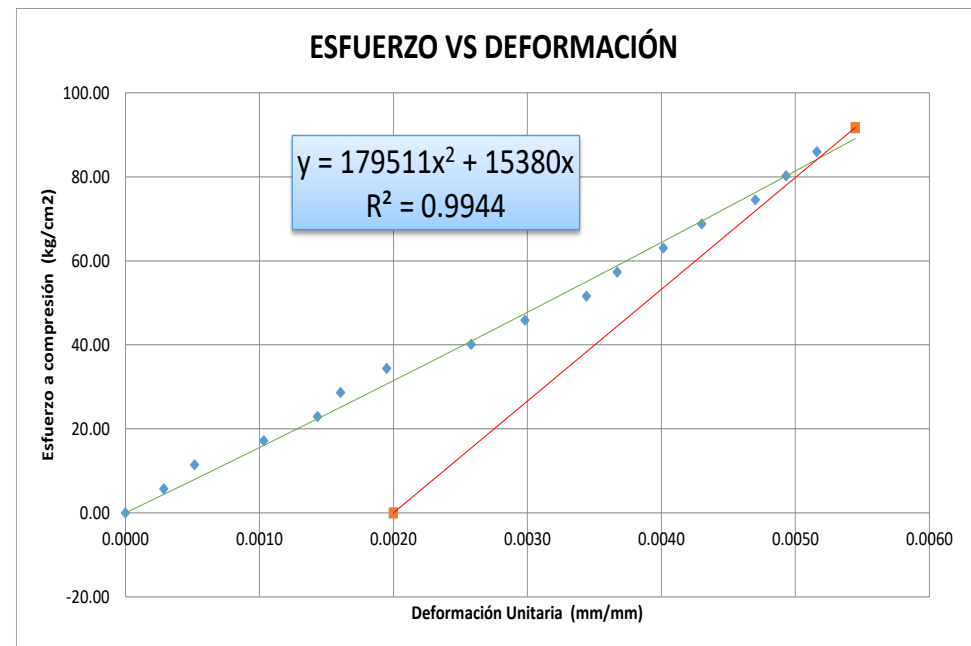
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 20% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	09/01/2016	EDAD	7.00 días	
FECHA DE ROTURA	16/01/2016	CÓDIGO	C20%-7D-5	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	12.14 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2297.81 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	13.50 Tn	
CARGA (Tn)	DEFFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.10	5.74	0.000574	6.22
2.00	0.24	11.47	0.001376	14.82
3.00	0.35	17.21	0.002007	21.48
4.00	0.38	22.94	0.002179	23.29
5.00	0.42	28.68	0.002409	25.68
6.00	0.53	34.41	0.003040	32.21
7.00	0.72	40.15	0.004129	43.30
8.00	0.78	45.88	0.004473	46.75
9.00	0.82	51.62	0.004703	49.03
10.00	0.98	57.35	0.005620	58.07
11.00	1.01	63.09	0.005792	59.75
12.00	1.15	68.82	0.006595	67.48
13.00	1.30	74.56	0.007456	75.63
13.50	1.36	77.42	0.007800	78.84
ECUACIÓN CORREGIDA	$ESF = -102610X^2 + 10909X$			
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	$R^2 = 0.9914$			
ESFUERZO DE ROTURA	77.42 kg/cm ²			
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	131985.72 kg/cm ²		
	ACI 318 S	133125.71 kg/cm ²		
	GRÁFICA	13349.58 kg/cm ²		

CONCRETO CON 20% DE ADICIÓN DE CAUCHO – ENSAYO A LOS 14 DÍAS

Tabla N° 92. Probeta Representativa a los 14 días con 20%
adición de caucho.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 20% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	10/01/2016	EDAD	14.00 días	
FECHA DE ROTURA	24/01/2016	CÓDIGO	C20%-14D-2	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	11.27 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2133.14 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	16.00 Tn	
CARGA (Tn)	DEFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.05	5.74	0.000287	4.43
2.00	0.09	11.47	0.000516	7.99
3.00	0.18	17.21	0.001032	16.07
4.00	0.25	22.94	0.001434	22.42
5.00	0.28	28.68	0.001606	25.16
6.00	0.34	34.41	0.001950	30.67
7.00	0.45	40.15	0.002581	40.89
8.00	0.52	45.88	0.002982	47.46
9.00	0.60	51.62	0.003441	55.05
10.00	0.64	57.35	0.003670	58.87
11.00	0.70	63.09	0.004015	64.64
12.00	0.75	68.82	0.004301	69.48
13.00	0.82	74.56	0.004703	76.30
14.00	0.86	80.29	0.004932	80.22
15.00	0.90	86.03	0.005162	84.17
16.00	0.95	91.76	0.005448	89.12
ECUACIÓN CORREGIDA				
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN				
ESFUERZO DE ROTURA		91.76 kg/cm ²		
MÓDULO DE ELASTICIDAD		NORMA E0.60	143687.85 kg/cm ²	
		ACI 318 S	129632.20 kg/cm ²	
		GRÁFICA	26610.45 kg/cm ²	

Figura N° 13. Esfuerzo vs Deformación a los 14 días adición de caucho 20%.



MODULO DE ELASTICIDAD DE 5 PROBETAS MÁS

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 20% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	10/01/2016	EDAD	14.00 días	
FECHA DE ROTURA	24/01/2016	CÓDIGO	C20%-14D-1	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	11.27 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2133.14 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	16.00 Tn	
CARGA (Tn)	DEFFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.05	5.74	0.000287	4.24
2.00	0.09	11.47	0.000516	7.69
3.00	0.18	17.21	0.001032	15.60
4.00	0.25	22.94	0.001434	21.92
5.00	0.28	28.68	0.001606	24.66
6.00	0.34	34.41	0.001950	30.24
7.00	0.45	40.15	0.002581	40.72
8.00	0.52	45.88	0.002982	47.57
9.00	0.60	51.62	0.003441	55.57
10.00	0.64	57.35	0.003670	59.64
11.00	0.70	63.09	0.004015	65.82
12.00	0.75	68.82	0.004301	71.06
13.00	0.80	74.56	0.004588	76.36
14.00	0.83	80.29	0.004760	79.58
15.00	0.86	86.03	0.004932	82.82
16.00	0.91	91.76	0.005219	88.28
EUCACIÓN CORREGIDA		$ESF = 430537X^2 + 14668X$		
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN		$R^2 = 0.9936$		
ESFUERZO DE ROTURA		91.76 kg/cm ²		
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	143687.85 kg/cm ²		
	ACI 318 S	129632.20 kg/cm ²		
	GRÁFICA	28506.91 kg/cm ²		

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 20% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	10/01/2016	EDAD	14.00 días	
FECHA DE ROTURA	24/01/2016	CÓDIGO	C20%-14D-3	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	11.27 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2133.14 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	18.00 Tn	
CARGA (Tn)	DEFFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.01	5.74	0.000057	0.60
2.00	0.05	11.47	0.000287	3.04
3.00	0.21	17.21	0.001204	13.13
4.00	0.30	22.94	0.001721	19.05
5.00	0.42	28.68	0.002409	27.23
6.00	0.58	34.41	0.003326	38.62
7.00	0.60	40.15	0.003441	40.08
8.00	0.66	45.88	0.003785	44.52
9.00	0.77	51.62	0.004416	52.88
10.00	0.81	57.35	0.004645	55.98
11.00	0.93	63.09	0.005334	65.50
12.00	1.01	68.82	0.005792	72.02
13.00	1.07	74.56	0.006137	77.00
14.00	1.12	80.29	0.006423	81.21
15.00	1.18	86.03	0.006767	86.34
16.00	1.20	91.76	0.006882	88.07
17.00	1.28	97.50	0.007341	95.06
18.00	1.37	103.23	0.007857	103.10
EUCACIÓN CORREGIDA		$ESF = 333694X^2 + 10500X$		
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN		$R^2 = 0.9895$		
ESFUERZO DE ROTURA		103.23 kg/cm ²		
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	152403.98 kg/cm ²		
	ACI 318 S	137495.71 kg/cm ²		
	GRÁFICA	17625.16 kg/cm ²		

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 20% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	10/01/2016	EDAD	14.00 días	
FECHA DE ROTURA	24/01/2016	CÓDIGO	C20%-14D-4	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	11.27 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2133.14 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	18.50 Tn	
CARGA (Tn)	DEFFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.05	5.74	0.000287	3.48
2.00	0.10	11.47	0.000574	6.98
3.00	0.18	17.21	0.001032	12.61
4.00	0.24	22.94	0.001376	16.86
5.00	0.32	28.68	0.001835	22.56
6.00	0.43	34.41	0.002466	30.48
7.00	0.58	40.15	0.003326	41.39
8.00	0.64	45.88	0.003670	45.80
9.00	0.77	51.62	0.004416	55.43
10.00	0.86	57.35	0.004932	62.16
11.00	0.93	63.09	0.005334	67.44
12.00	1.01	68.82	0.005792	73.50
13.00	1.05	74.56	0.006022	76.55
14.00	1.09	80.29	0.006251	79.61
15.00	1.16	86.03	0.006653	84.99
16.00	1.20	91.76	0.006882	88.08
17.00	1.28	97.50	0.007341	94.29
18.00	1.38	103.23	0.007914	102.11
18.50	1.43	106.10	0.008201	106.04
ECUACIÓN CORREGIDA	$ESF = 99749X^2 + 12112X$			
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	$R^2 = 0.9885$			
ESFUERZO DE ROTURA	106.10 kg/cm ²			
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	154506.20 kg/cm ²		
	ACI 318 S	139392.29 kg/cm ²		
	GRÁFICA	17109.55 kg/cm ²		

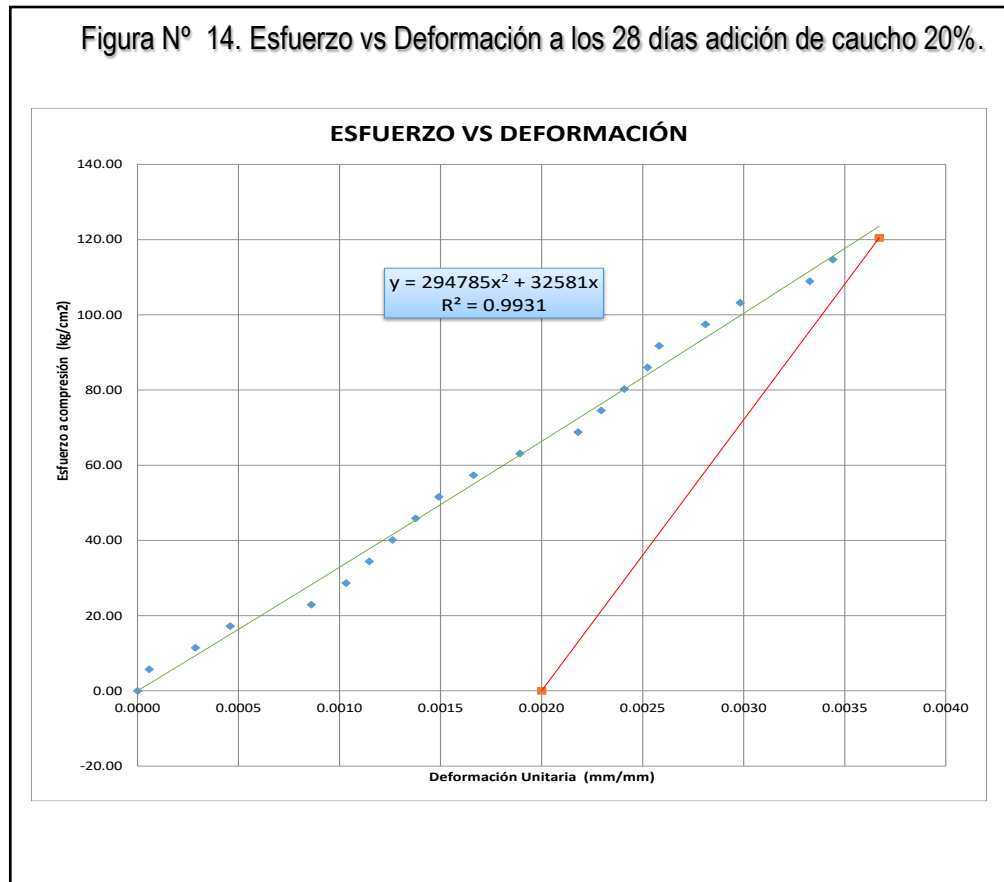
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 20% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	10/01/2016	EDAD	14.00 días	
FECHA DE ROTURA	24/01/2016	CÓDIGO	C20% - 14D-5	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	11.27 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2133.14 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	17.50 Tn	
CARGA (Tn)	DEFFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.05	5.74	0.000287	3.63
2.00	0.10	11.47	0.000574	7.42
3.00	0.16	17.21	0.000918	12.18
4.00	0.28	22.94	0.001606	22.42
5.00	0.30	28.68	0.001721	24.22
6.00	0.43	34.41	0.002466	36.56
7.00	0.47	40.15	0.002695	40.58
8.00	0.50	45.88	0.002868	43.66
9.00	0.55	51.62	0.003154	48.93
10.00	0.59	57.35	0.003384	53.27
11.00	0.67	63.09	0.003842	62.25
12.00	0.71	68.82	0.004072	66.90
13.00	0.75	74.56	0.004301	71.66
14.00	0.79	80.29	0.004531	76.52
15.00	0.85	86.03	0.004875	84.01
16.00	0.86	91.76	0.004932	85.28
17.00	0.88	97.50	0.005047	87.84
17.50	0.91	100.36	0.005219	91.74
ECUACIÓN CORREGIDA	$ESF = 1E + 06X^2 + 12359X$			
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	$R^2 = 0.9934$			
ESFUERZO DE ROTURA	100.36 kg/cm ²			
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	150272.35 kg/cm ²		
	ACI 318 S	135572.60 kg/cm ²		
	GRÁFICA	31179.43 kg/cm ²		

CONCRETO CON 20% DE ADICIÓN DE CAUCHO – ENSAYO A LOS 28 DÍAS

Tabla N° 93. Probeta Representativa a los 28 días con 20%
adición de caucho.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 20% DE CAUCHO				
		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
CEMENTO				
FECHA DE ELABORACIÓN	11/01/2016	EDAD	28.00 días	
FECHA DE ROTURA	08/02/2016	CÓDIGO	C20% - 28D-5	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	11.42 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2160.58 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	21.00 Tn	
CARGA (Tn)	DEFFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.01	5.74	0.000057	1.87
2.00	0.05	11.47	0.000287	9.37
3.00	0.08	17.21	0.000459	15.01
4.00	0.15	22.94	0.000860	28.25
5.00	0.18	28.68	0.001032	33.95
6.00	0.20	34.41	0.001147	37.76
7.00	0.22	40.15	0.001262	41.58
8.00	0.24	45.88	0.001376	45.40
9.00	0.26	51.62	0.001491	49.24
10.00	0.29	57.35	0.001663	55.00
11.00	0.33	63.09	0.001893	62.72
12.00	0.38	68.82	0.002179	72.40
13.00	0.40	74.56	0.002294	76.29
14.00	0.42	80.29	0.002409	80.19
15.00	0.44	86.03	0.002523	84.09
16.00	0.45	91.76	0.002581	86.05
17.00	0.49	97.50	0.002810	93.89
18.00	0.52	103.23	0.002982	99.79
19.00	0.58	108.97	0.003326	111.64
20.00	0.60	114.70	0.003441	115.60
21.00	0.64	120.44	0.003670	123.56
ECUACIÓN CORREGIDA				
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN				
ESFUERZO DE ROTURA		120.44 kg/cm ²		
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	164615.11 kg/cm ²		
	ACI 318 S	151387.69 kg/cm ²		
	GRÁFICA	72098.67 kg/cm ²		

Figura N° 14. Esfuerzo vs Deformación a los 28 días adición de caucho 20%.



MODULO DE ELASTICIDAD DE 5 PROBETAS MÁS

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 20% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	11/01/2016	EDAD	28.00 días	
FECHA DE ROTURA	08/02/2016	CÓDIGO	C20%-28D-1	
RESISTENCIA f_c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	11.42 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2160.58 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	18.00 Tn	
CARGA (Tn)	DEFFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.04	5.74	0.000229	4.82
2.00	0.07	11.47	0.000401	8.42
3.00	0.10	17.21	0.000574	12.03
4.00	0.16	22.94	0.000918	19.23
5.00	0.20	28.68	0.001147	24.03
6.00	0.28	34.41	0.001606	33.60
7.00	0.33	40.15	0.001893	39.58
8.00	0.42	45.88	0.002409	50.31
9.00	0.45	51.62	0.002581	53.89
10.00	0.53	57.35	0.003040	63.40
11.00	0.60	63.09	0.003441	71.71
12.00	0.66	68.82	0.003785	78.82
13.00	0.70	74.56	0.004015	83.55
14.00	0.76	80.29	0.004359	90.64
15.00	0.80	86.03	0.004588	95.36
16.00	0.84	91.76	0.004817	100.08
17.00	0.89	97.50	0.005104	105.97
18.00	0.95	103.23	0.005448	113.02
ECUACIÓN CORREGIDA		$ESF = -47107X^2 + 21001X$		
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN		$R^2 = 0.9918$		
ESFUERZO DE ROTURA		103.23 kg/cm ²		
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	152403.98 kg/cm ²		
	ACI 318 S	140157.76 kg/cm ²		
	GRÁFICA	29936.76 kg/cm ²		

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 20% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	11/01/2016	EDAD	28.00 días	
FECHA DE ROTURA	08/02/2016	CÓDIGO	C20%-28D-2	
RESISTENCIA f_c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	11.42 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2160.58 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	19.00 Tn	
CARGA (Tn)	DEFFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.08	5.74	0.000459	5.74
2.00	0.10	11.47	0.000574	7.20
3.00	0.21	17.21	0.001204	15.49
4.00	0.30	22.94	0.001721	22.55
5.00	0.35	28.68	0.002007	26.59
6.00	0.43	34.41	0.002466	33.20
7.00	0.47	40.15	0.002695	36.58
8.00	0.53	45.88	0.003040	41.75
9.00	0.62	51.62	0.003556	49.72
10.00	0.74	57.35	0.004244	60.73
11.00	0.80	63.09	0.004588	66.41
12.00	0.88	68.82	0.005047	74.15
13.00	0.95	74.56	0.005448	81.09
14.00	0.98	80.29	0.005620	84.11
15.00	1.01	86.03	0.005792	87.16
16.00	1.05	91.76	0.006022	91.27
17.00	1.08	97.50	0.006194	94.39
18.00	1.12	103.23	0.006423	98.59
19.00	1.18	108.97	0.006767	104.98
ECUACIÓN CORREGIDA		$ESF = 476469X^2 + 12288X$		
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN		$R^2 = 0.9901$		
ESFUERZO DE ROTURA		108.97 kg/cm ²		
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	156580.20 kg/cm ²		
	ACI 318 S	143998.41 kg/cm ²		
	GRÁFICA	22856.66 kg/cm ²		

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 20% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	11/01/2016	EDAD	28.00 días	
FECHA DE ROTURA	08/02/2016	CÓDIGO	C20%-28D-3	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	11.42 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2160.58 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	20.00 Tn	
CARGA (Tn)	DEFFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.04	5.74	0.000229	5.37
2.00	0.07	11.47	0.000401	9.53
3.00	0.12	17.21	0.000688	16.73
4.00	0.17	22.94	0.000975	24.26
5.00	0.22	28.68	0.001262	32.12
6.00	0.25	34.41	0.001434	37.00
7.00	0.28	40.15	0.001606	41.99
8.00	0.30	45.88	0.001721	45.38
9.00	0.33	51.62	0.001893	50.57
10.00	0.38	57.35	0.002179	59.48
11.00	0.40	63.09	0.002294	63.14
12.00	0.43	68.82	0.002466	68.72
13.00	0.47	74.56	0.002695	76.35
14.00	0.49	80.29	0.002810	80.25
15.00	0.51	86.03	0.002925	84.19
16.00	0.53	91.76	0.003040	88.19
17.00	0.58	97.50	0.003326	98.42
18.00	0.60	103.23	0.003441	102.60
19.00	0.64	108.97	0.003670	111.13
20.00	0.68	114.70	0.003900	119.86
ECUACIÓN CORREGIDA	$ESF = 2E + 06X^2 + 22936X$			
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	$R^2 = 0.997$			
ESFUERZO DE ROTURA	114.70 kg/cm ²			
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	160647.90 kg/cm ²		
	ACI 318 S	147739.25 kg/cm ²		
	GRÁFICA	60374.17 kg/cm ²		

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN CONCRETO AL 20% DE CAUCHO				
CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C - 150)		
FECHA DE ELABORACIÓN	11/01/2016	EDAD	28.00 días	
FECHA DE ROTURA	08/02/2016	CÓDIGO	C20%-28D-4	
RESISTENCIA f _c	210.00 kg/cm ²	FALLA	TIPO 5	
PESO	11.42 kg	ALTURA	303.00 mm	
DIAMETRO	14.90 cm	ÁREA	174.37 cm ²	
PESO UNITARIO DEL C° END.	2160.58 Kg/m ³	CARGA ULTIMA	20.00 Tn	
CARGA (Tn)	DEFFORMACIÓN (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN UNITARIA (mm/mm)	ESFUERZO CORREGIDO (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.01	5.74	0.000057	1.88
2.00	0.05	11.47	0.000287	9.38
3.00	0.09	17.21	0.000516	16.90
4.00	0.15	22.94	0.000860	28.20
5.00	0.17	28.68	0.000975	31.97
6.00	0.20	34.41	0.001147	37.64
7.00	0.22	40.15	0.001262	41.42
8.00	0.24	45.88	0.001376	45.20
9.00	0.26	51.62	0.001491	48.98
10.00	0.29	57.35	0.001663	54.67
11.00	0.33	63.09	0.001893	62.25
12.00	0.38	68.82	0.002179	71.75
13.00	0.40	74.56	0.002294	75.56
14.00	0.43	80.29	0.002466	81.27
15.00	0.45	86.03	0.002581	85.08
16.00	0.48	91.76	0.002753	90.80
17.00	0.49	97.50	0.002810	92.71
18.00	0.52	103.23	0.002982	98.44
19.00	0.58	108.97	0.003326	109.92
20.00	0.63	114.70	0.003613	119.51
ECUACIÓN CORREGIDA	$ESF = 106690X^2 + 32691X$			
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	$R^2 = 0.9934$			
ESFUERZO DE ROTURA	114.70 kg/cm ²			
MÓDULO DE ELASTICIDAD	NORMA E0.60	160647.90 kg/cm ²		
	ACI 318 S	147739.25 kg/cm ²		
	GRÁFICA	71106.68 kg/cm ²		

GRÁFICAS Y CUADROS ESTADÍSTICOS

COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Tabla N° 94. Coeficiente de Variación y Desviación del Concreto con sustitución del Agregado Fino con caucho reciclado 10% a los 28 días.

CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO FINO EN UN 10% POR CAUCHO RECICLADO	Resistencia promedio	191.65 kg/cm ²	
	Resistencia (kg/cm²)	X - Xprom	(X - Xprom)²
Probeta 1	200.73	9.08	82.46
Probeta 2	194.99	3.35	11.19
Probeta 3	183.52	-8.12	66.01
Probeta 4	194.99	3.35	11.19
Probeta 5	183.52	-8.12	66.01
Probeta 6	192.12	0.48	0.23
Desviación Estándar	6.89 kg/cm²		
Coeficiente de Variación	3.59%		

Tabla N° 95. Coeficiente de Variación y Desviación del Concreto con sustitución del Agregado Fino con caucho reciclado 15% a los 28 días.

CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO FINO EN UN 15% POR CAUCHO RECICLADO	Resistencia promedio	129.52 kg/cm ²	
	Resistencia (kg/cm²)	X - Xprom	(X - Xprom)²
Probeta 1	137.64	8.12	66.01
Probeta 2	126.17	-3.35	11.19
Probeta 3	126.17	-3.35	11.19
Probeta 4	129.04	-0.48	0.23
Probeta 5	131.91	2.39	5.71
Probeta 6	126.17	-3.35	11.19
Desviación Estándar	4.59 kg/cm²		
Coeficiente de Variación	3.55%		

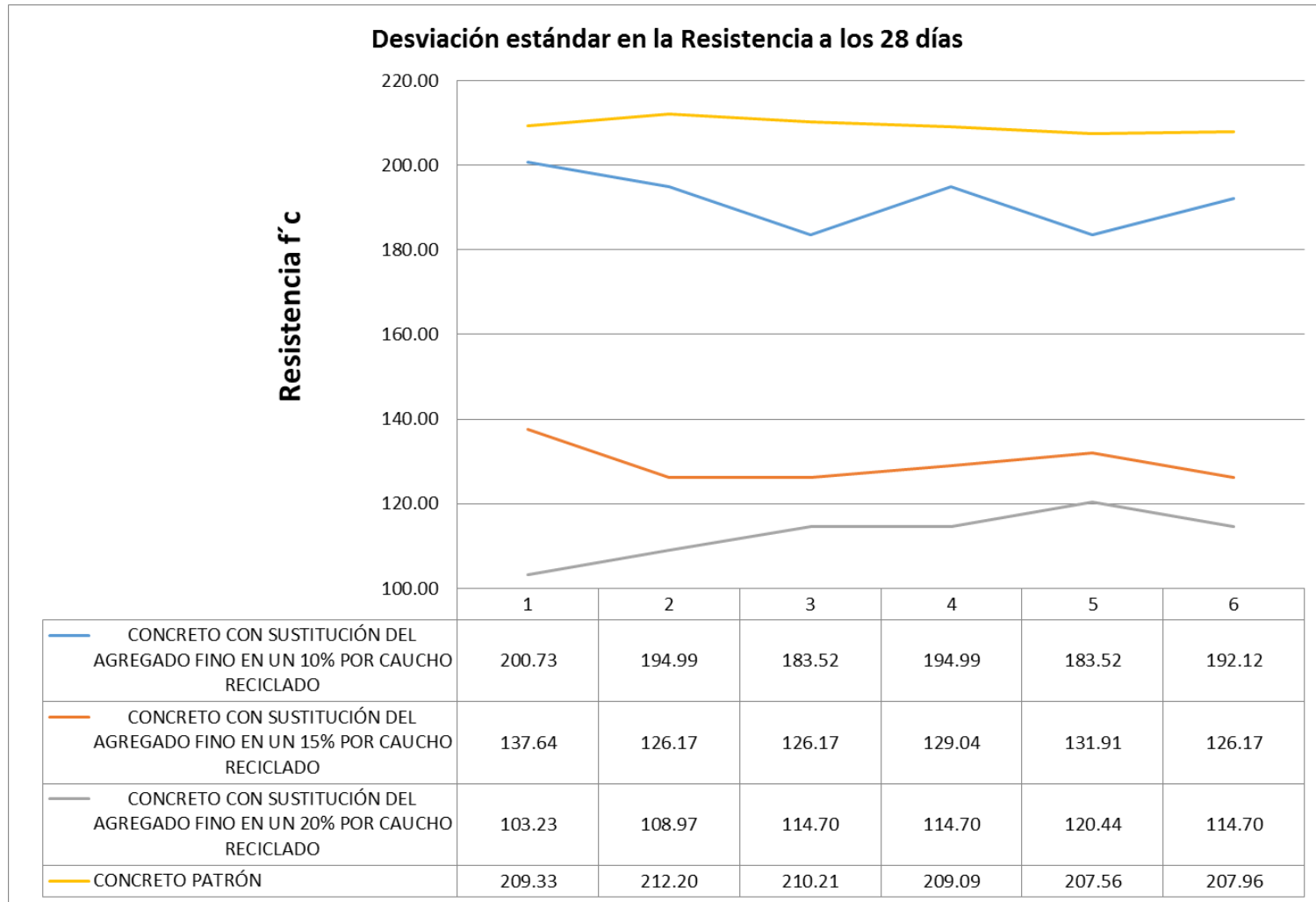
Tabla N° 96. Coeficiente de Variación y Desviación del Concreto con sustitución del Agregado Fino con caucho reciclado 20% a los 28 días.

CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO FINO EN UN 20% POR CAUCHO RECICLADO	Resistencia promedio	112.79 kg/cm ²	
	Resistencia (kg/cm ²)	X - Xprom	(X - Xprom) ²
Probeta 1	103.23	-9.56	91.36
Probeta 2	108.97	-3.82	14.62
Probeta 3	114.70	1.91	3.65
Probeta 4	114.70	1.91	3.65
Probeta 5	120.44	7.65	58.47
Probeta 6	114.70	1.91	3.65
Desviación Estándar	5.92 kg/cm²		
Coeficiente de Variación	5.25%		

Tabla N° 97. Coeficiente de Variación y Desviación del Concreto con natural a los 28 días.

CONCRETO PATRÓN	Resistencia promedio	209.39 kg/cm ²	
	Resistencia (kg/cm ²)	X - Xprom	(X - Xprom) ²
Probeta 1	209.33	-0.06	0.00
Probeta 2	212.20	2.81	7.87
Probeta 3	210.21	0.82	0.67
Probeta 4	209.09	-0.30	0.09
Probeta 5	207.56	-1.83	3.35
Probeta 6	207.96	-1.43	2.05
Desviación Estándar	1.68 kg/cm²		
Coeficiente de Variación	0.80%		

Figura N° 15. Desviación estándar en la Resistencia a los 28 días.



PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía 1. Selección del agregado grueso y fino para determinar el peso específico.



Fotografía 2. Material usado para la determinación del peso específico del agregado fino.



Fotografía 3. Ensayo Peso Unitario Seco Compactado del Agregado Grueso



Fotografía 4. Juego de tamices para la granulometría del agregado fino.



Fotografía 5. Juego de tamices para la granulometría del agregado grueso.



Fotografía 6. Ensayo de granulometría para el Agregado Fino.



Fotografía 7. Ensayo de granulometría para las Partículas de Caucho Reciclado.



Fotografía 8. Peso de muestras para determinar el contenido de humedad del agregado fino.



Fotografía 9. Mezcla de los materiales para la elaboración de los especímenes de concreto.



Fotografía 10. Peso de las partículas de caucho reciclado.



Fotografía 11. Mezcla de las partículas de caucho reciclado con los materiales de mezcla.



Fotografía 12. Ensayo del Cono de Abrams



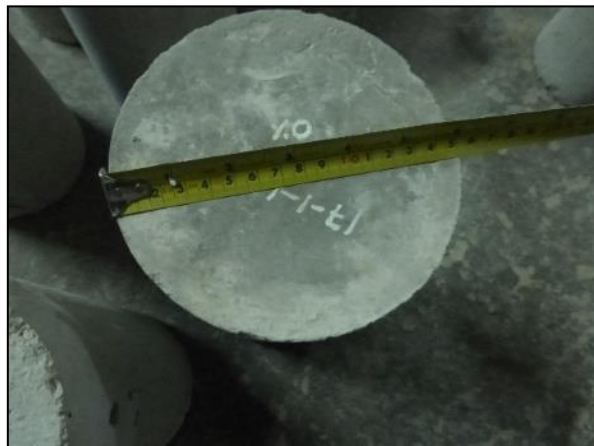
Fotografía 13. Medición del Asentamiento o Slump.



Fotografía 14. Encofrado de probetas.



Fotografía 15. Medición de altura y diámetro de probetas.



Fotografía 16. Probetas listas para el ensayo a compresión.



Fotografía 17. Peso de las probetas.



Fotografía 18. Falla de los especímenes ensayados.



FALLAS DE LAS PROBETAS ENSAYADAS

A continuación, se presentan algunas muestras de los tipos de fallas que han sufrido las probetas en ambos diseños.

- **CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO**



Fotografía 19

FRACTURA TIPO 5 (FRACTURA EN PARTE SUPERIOR)

Fotografía 20

FRACTURA TIPO 5 (FRACTURA EN PARTE SUPERIOR)





Fotografía 21

FRACTURA TIPO 5 (FRACTURA EN PARTE SUPERIOR)

Fotografía 22

FRACTURA TIPO 5 (FRACTURA EN PARTE SUPERIOR)



FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO PORTLAND PACASMAYO TIPO I

CEMENTO PORTLAND TIPO I

De uso general en la construcción, para emplearse en obras que no requieran propiedades especiales.

DESCRIPCIÓN

El cemento portland Tipo I es un cemento de uso general que cumple con los requisitos de las normas técnicas NTP 334.009 y ASTM C 150.

El cemento portland Tipo I se fabrica mediante la molienda conjunta de clinker Tipo I y yeso que le brindan mayor resistencia inicial y menores tiempos de fraguado.

PROPIEDADES

Mayor resistencia inicial

Debido a su óptima formulación el cemento Tipo I desarrolla mayor resistencia a edades tempranas y menores tiempos de fraguado y puede reducir el agrietamiento, por ello necesita un curado húmedo rápido.

En el cuadro adjunto se indican las propiedades específicas del cemento portland Tipo I.



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
 Calle La Colonia s/n. 150 Lts. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
 Carretera Panamericana Norte Km. 086 Pacasmayo - La Libertad
 Teléfono: 317 - 0000



SQC-REG-01-00002
 Versión 01

Cemento Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150
 Pacasmayo, 20 de Julio del 2018

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CP-SAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.2	Máximo 5.0
SO ₃	%	2.8	Máximo 3.0
Pérdida por ignición	%	3.0	Máximo 3.5
Residuo Insoluble	%	0.73	Máximo 1.5

PROPIEDADES FÍSICAS		CP-SAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	8	Máximo 12
Expansión en Autoclava	%	0.10	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	3770	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.12	NO ESPECIFICA

Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 30ías	MPa (Kg/cm ²)	31.7 (323)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 70ías	MPa (Kg/cm ²)	38.5 (392)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 280ías (*)	MPa (Kg/cm ²)	46.5 (474)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

Tiempo de Fragado Vicat :

Fragado Inicial	min	132	Mínimo 45
Fragado Final	min	209	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despedido durante el periodo del 01-06-2018 al 30-06-2018
 La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Mayo 2018
 (*) Requisito opcional.

Ing. Ivanoff V. Rojas Tello
 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.