



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LA MACROFIBRA
SINTÉTICA EN LA TENACIDAD DEL CONCRETO.”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Civil

Autor:

Karen Lucia Rojas Lizama

Asesor:

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz

Trujillo – Perú

2017

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por la Bachiller **Karen Lucía Rojas Lizama**, denominada:

**“ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LA MACROFIBRA SINTÉTICA EN LA
TENACIDAD DEL CONCRETO.”**

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz
ASESOR

Ing. Wiston Henry Azañedo Medina
**JURADO
PRESIDENTE**

Ing. Juan Paul Edward Henríquez Ulloa
JURADO

Ing. Roxana Milagros Aguilar Villena
JURADO

DEDICATORIA

Hoy le doy gracias a Dios porque
respiro, camino, veo, hablo y
porque me regala un día más de
vida.

A mi familia, no hubiera llegado a
donde llegué sin la fuerza, sin la
confianza y sin el amor que ustedes
siempre tuvieron para mí. Por
ustedes puedo decir que crecí con
amor. Gracias por ser como son
desde el fondo de mi corazón

A mi asesor Ing. Alberto Vásquez,
por ser un gran apoyo en la
realización de esta Tesis, por todo
su compartir de conocimiento y
dedicación a sus estudiantes.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios por todos los días poder contar con vida, y darme la oportunidad de terminar con éxito mi carrera universitaria, y también realizar esta Tesis, que servirá de referencia para futuras investigaciones.

A mis padres, Ricardo y Maritza, que son mi motivo para cumplir todas mi metas. Papá, que desde el cielo me sigues guiando. Mamá, gracias por dedicar tu vida entera a criarnos y dejarnos enseñanzas de vida.

A mi tía Carmen y mi abuela Inés, dos madres para mí, que son mi inspiración, motivo por el cual les dedico este logro en mi vida profesional.

A mi hermano Sergio, por estar en todos los bellos momentos de mi vida y por dar tu ayuda incondicional a quienes te la solicitan.

Al ingeniero Alberto Vásquez Díaz, gran persona y docente, quien me brindo su asesoría para la realización de esta Tesis, gracias ingeniero por el tiempo que dedica a esta hermosa profesión, en el cual por su dedicación, por sus esfuerzos, por su paciencia y compromiso, es base fundamental para mi desarrollo profesional.

A la Empresa SIKA, por el apoyo y atención para la realización de la Tesis.

A mis amigos: Karol, Steve, Yair y Alan, con quienes compartí grandes experiencias en la etapa universitaria, gracias por ser mi apoyo incondicional, dicen que las amistades que se forjan en la Universidad son verdaderas y duraderas, esperando en un futuro seguir compartiendo recuerdos.

Al personal de laboratorio de la UPN, por apoyarme en la realización de los ensayos de Laboratorio.

Karen Lucía Rojas Lizama.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DE LA TESIS.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN... ..	15
1.1. Realidad problemática.....	15
1.2. Formulación del problema	17
1.3. Justificación	17
1.4. Limitaciones.....	17
1.5. Objetivos.....	18
1.5.1. Objetivos General	18
1.5.2. Objetivos Específicos.....	18
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	19
2.1. Antecedentes.....	19
2.2. Bases Teóricas.....	20
2.2.1. Macrofibra Sintética.....	20
2.2.2. Fibras en el Concreto	23
2.2.3. Diseño de Mezcla	27
2.2.4. Tenacidad del Concreto	38
2.2. Hipótesis	40
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	41
3.1. Operacionalización de Variables	41
3.1.1. Variable Independiente.....	41

3.1.2. Variable Dependiente	41
3.2. Tipo de diseño de investigación	41
3.3. Unidad de estudio.....	42
3.4. Población.....	42
3.5. Muestra	42
3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos	45
3.6.1. Técnicas e Instrumentos	45
3.6.2. Procedimientos de recolección de datos	45
3.7. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos	73
CAPÍTULO 4 RESULTADOS	74
4.1. Selección de la Cantera.....	74
4.2. Ensayos de los Agregados.....	74
4.2.1. NTP 400.010:2011 Extracción y preparación de las muestra	76
4.2.2. NTP 339.185.2013 Contenido de humedad por secado	76
4.2.3. TP 400.037:2014 Agregados en concreto.....	78
4.2.4. NTP 400.012:2013 Análisis granulométrico	79
4.2.5. NTP 400.017:2011 Peso Unitario.....	81
4.2.6. NTP 400.019:2014 Abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles.....	84
4.2.7. NTP 400.021:2013 Peso específico y absorción del agregado grueso	84
4.2.8. NTP 400.022:2013 Peso específico y absorción del agregado fino.....	85
4.3. Diseño de Mezcla de Concreto	86
4.3.1. Materiales para la Dosificación del Concreto	86
4.3.2. Macrofibra Sintética	88
4.3.3. Diseño de Mezcla de Concreto (Dosificaciones)	90
4.4. Elaboración de Probetas: Paneles Cuadrados	94
4.5. Ensayo de Capacidad de Absorción de Energía	95
4.5.1. Carga	95
4.5.2. Tenacidad del Concreto Patrón.....	96
4.5.3. Tenacidad del Concreto Patrón + Macrofibra (3 kg/m ³).....	98
4.5.4. Tenacidad del Concreto Patrón + Macrofibra (5 kg/m ³)	100
4.5.5. Tenacidad del Concreto Patrón + Macrofibra (7 kg/m ³).....	102

CAPÍTULO 5 DISCUSIÓN	106
5.1. Análisis de los Resultados Obtenidos.....	106
5.2. Análisis Comparativos de Costos Unitarios	109
CONCLUSIONES.....	110
RECOMENDACIONES	112
REFERENCIAS.....	113
ANEXOS	116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Operacionalización de la variable dependiente	41
Tabla 3.2. Probetas de Concreto Patrón	43
Tabla 3.3. Probetas de Concreto + Macrofibra (3 kg/m ³).....	44
Tabla 3.4. Probetas de Concreto + Macrofibra (5 kg/m ³).....	44
Tabla 3.5. Probetas de Concreto + Macrofibra (7 kg/m ³).....	44
Tabla 3.6. Probetas para Muestra/Población.....	44
Tabla 3.7. Medida de las muestras	46
Tabla 3.8. Tamaño de la muestra de agregado.....	48
Tabla 3.9. Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global	52
Tabla 3.10. Capacidad de los recipientes	56
Tabla 3.11. N° de Esferas de acuerdo a la Gradación	60
Tabla 3.12. Gradación de las muestras de ensayo.....	60
Tabla 3.13. Masa mínima de muestra de Ensayo de Peso Específico y Absorción.....	64
Tabla 4.1. Datos de la Cantera	75
Tabla 4.2. Datos de Ubicación la Cantera	75
Tabla 4.3. Contenido de Humedad del Agregado Fino.....	77
Tabla 4.4. Contenido de Humedad del Agregado Grueso.....	77
Tabla 4.5. Huso Granulométrico del Agregado Fino.....	78
Tabla 4.6. Huso Granulométrico del Agregado Grueso.....	78
Tabla 4.7. Datos para el Peso Unitario del Agregado Fino.....	81
Tabla 4.8. Peso Unitario Suelto Seco del Agregado Fino.....	81
Tabla 4.9. Peso Unitario Compactado del Agregado Fino.....	82
Tabla 4.10. Datos para el Peso Unitario del Agregado Fino.....	82
Tabla 4.11. Peso Unitario Suelto Seco del Agregado Fino.....	83
Tabla 4.12. Peso Unitario Compactado del Agregado Fino.....	83
Tabla 4.13. Porcentaje de desgaste por abrasión	84

Tabla 4.14. Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso	85
Tabla 4.15. Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino	85
Tabla 4.16. Datos técnicos de la macrofibra sintética	89
Tabla 4.17. Propiedades físicas del agregado fino.....	90
Tabla 4.18. Propiedades físicas del agregado fino.....	91
Tabla 4.19. Dosificación del Concreto Patrón	91
Tabla 4.20. Dosificación del Concreto Patrón + Macrofibra (3 kg/m ³)	92
Tabla 4.21. Dosificación del Concreto Patrón + Macrofibra (5 kg/m ³)	93
Tabla 4.22. Dosificación del Concreto Patrón + Macrofibra (7 kg/m ³)	93
Tabla 4.23. Elaboración y desencofrado de las probetas	94
Tabla 4.24. Curado de las probetas.....	95
Tabla 4.25. Comparación de Resultados de Tenacidad.....	105
Tabla 6.1. Capacidad de Absorción de Energía (M-0-1)	142
Tabla 6.2. Capacidad de Absorción de Energía (M-0-2)	145
Tabla 6.3. Capacidad de Absorción de Energía (M-3-1)	150
Tabla 6.4. Capacidad de Absorción de Energía (M-3-2)	154
Tabla 6.5. Capacidad de Absorción de Energía (M-5-1)	158
Tabla 6.6. Capacidad de Absorción de Energía (M-5-2)	162
Tabla 6.7. Capacidad de Absorción de Energía (M-7-1)	166
Tabla 6.8. Capacidad de Absorción de Energía (M-7-2)	170
Tabla 6.9. Costo unitario del concreto $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$	174
Tabla 6.10. Costo unitario del concreto $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ + Macrofibra sintética (3kg/m ³).....	175
Tabla 6.11. Costo unitario del concreto $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ + Macrofibra sintética (5kg/m ³).....	175
Tabla 6.12. Costo unitario del concreto $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ + Macrofibra sintética (7kg/m ³).....	176

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Proporcionamiento de Agregados. Método Fuller	37
Figura 3.1. Diseño experimental con solo una Post - Prueba	42
Figura 3.2. Características de la Máquina los Ángeles	59
Figura 4.1. Ubicación de la Cantera	76
Figura 4.2. Granulometría del Agregado Fino	79
Figura 4.3. Granulometría del Agregado Grueso	80
Figura 4.4. Propiedades Físicas el Cemento Portland Tipo MS (MH).....	87
Figura 4.5. Disposición de la carga durante el ensayo.....	96
Figura 4.6. Tenacidad del Concreto Patrón (M-0-1)	97
Figura 4.7. Tenacidad del Concreto Patrón (M-0-2)	98
Figura 4.8. Tenacidad del Concreto Patrón + Macrofibra (3 kg/m3) (M-3-1)	99
Figura 4.9. Tenacidad del Concreto Patrón + Macrofibra (3 kg/m3) (M-3-2)	100
Figura 4.10. Tenacidad del Concreto Patrón + Macrofibra (5 kg/m3) (M-5-1)	101
Figura 4.11. Tenacidad del Concreto Patrón + Macrofibra (5 kg/m3) (M-5-2)	102
Figura 4.12. Tenacidad del Concreto Patrón + Macrofibra (7 kg/m3) (M-7-1)	103
Figura 4.13. Tenacidad del Concreto Patrón + Macrofibra (7 kg/m3) (M-7-2)	104
Figura 4.14. Comparación de Promedios de Ensayo de Tenacidad	105
Figura 6.1. Diagrama de Flujo para la Recolección de Información.....	116
Figura 6.2. Determinación de la capacidad de absorción de energía	117
Figura 6.3. Ensayos de Hormigón Proyectado	118
Figura 6.4. Especificaciones SikaFiber® Force PP 48.....	119
Figura 6.5. Especificaciones Cemento Portland Tipo MS (MH)	122
Figura 6.6. Certificación de los ensayos en el Laboratorio.....	173
Figura 6.7. Agregados de la Cantera Barreto.....	177
Figura 6.8. Producción de la Cantera Barreto	177
Figura 6.9. Muestra del Agregado Grueso	178

Figura 6.10. Muestra del Agregado Fino	178
Figura 6.11. Peso de Agregado Fino para Contenido de Humedad	179
Figura 6.12. Muestra en el Horno de Agregado Fino para Contenido de Humedad.....	179
Figura 6.13. Peso de Agregado Grueso para Contenido de Humedad	180
Figura 6.14. Muestra en el Horno de Agregado Grueso para Contenido de Humedad.....	180
Figura 6.15. Pisonado del Agregado Fino	181
Figura 6.16. Peso del Picnómetro con Masa y Agua	181
Figura 6.17. Materiales para el Peso Específico del Agregado Grueso	182
Figura 6.18. Peso Sumergido del Agredo Grueso	182
Figura 6.19. Granulometría del Agregado Grueso	183
Figura 6.20. Tamices del Agregado Grueso	183
Figura 6.21. Peso Unitario del Agregado Fino	184
Figura 6.22. Peso Unitario del Agregado Grueso	184
Figura 6.23. Ensayo Abrasión Los Ángeles	185
Figura 6.24. Material de Desgaste por Abrasión.....	185
Figura 6.25. Probeta para Panel Cuadrado (0.60mx0.60mx0.10m)	186
Figura 6.26. Trompo para Mezclas de Concreto.....	186
Figura 6.27. Mezcla de Concreto Patrón en las probetas	187
Figura 6.28. Panel Cuadrado M-0-1	187
Figura 6.29. Probetas M-01 Y M-0-2.....	188
Figura 6.30. Macrofibra Sintética	188
Figura 6.31. Tamaño de la Macrofibra	189
Figura 6.32. Macrofibra Sintética Sika Fiber Force PP 48	189
Figura 6.33. Mezcla de Concreto + Macrofibra 3kg/m3	190
Figura 6.34. Mezcla de Concreto + Macrofibra 3kg/m3 en la Probeta.....	190
Figura 6.35. Mezcla de Concreto + Macrofibra 5 kg/m3	191
Figura 6.36. Paneles cuadrados con Concreto + Macrofibra Sintética 7kg/m3	191
Figura 6.37. Ensayo de Capacidad de Absorción de Energía (M-0-1)	192

Figura 6.38. Probeta Fisurada de la M-0-1	192
Figura 6.39. Ensayo de Capacidad de Absorción de Energía (M-0-2)	193
Figura 6.40. Probeta Fisurada de la M-0-2	193
Figura 6.41. Ensayo de Capacidad de Absorción de Energía (M-3-1)	194
Figura 6.42. Probeta Fisurada de la M-3-1	194
Figura 6.43. Ensayo de Capacidad de Absorción de Energía (M-3-2)	195
Figura 6.44. Probeta Fisurada de la M-3-2	195
Figura 6.45. Ensayo de Capacidad de Absorción de Energía (M-5-1)	196
Figura 6.46. Probeta Fisurada de la M-5-1	196
Figura 6.47. Ensayo de Capacidad de Absorción de Energía (M-5-2)	197
Figura 6.48. Probeta Fisurada de la M-5-2	197
Figura 6.49. Ensayo de Capacidad de Absorción de Energía (M-7-1)	198
Figura 6.50. Probeta Fisurada de la M-7-1	198
Figura 6.51. Ensayo de Capacidad de Absorción de Energía (M-7-2)	199
Figura 6.52. Probeta Fisurada de la M-7-2	199

RESUMEN

La Macrofibra Sintética se muestra como una alternativa diferente para el diseño y construcción de pavimentos rígidos, su propiedad más importante es otorgar mayor Tenacidad al Concreto.

Esta tesis de investigación trata de aumentar la Tenacidad del Concreto de un diseño de mezclas patrón aplicando la dosificación de 3, 5 y 7 kg/m³ de Macrofibra Sintética.

Del mismo modo, los diferentes materiales usados en la investigación, fueron analizados para conocer sus propiedades acorde a las Normas Técnicas Peruanas, mientras que la Tenacidad del Concreto se midió con la Norma Europea 14488-5.

Para las mezclas de concreto patrón, los porcentajes de arena (60%) y piedra (40%) se obtuvieron realizando diferentes ensayos a sus propiedades, con una relación agua/cemento de 0.55.

Las cantidades de macrofibra sintética se obtuvieron a partir de estudios realizados en otras investigaciones, adicionando macrofibra sintética en 03 cantidades, usando como diseño final para el concreto con macrofibra sintética de 3, 5 y 7 kg/m³, respecto al volumen del concreto.

El ensayo para determinación de la Tenacidad se realizó con la Máquina de Capacidad de Absorción de Energía. La valoración de la tenacidad se realizó calculando el área bajo la curva: Para el Concreto Patrón se obtiene una tenacidad promedio de 22 J, para el Concreto + Macrofibra (3kg/m³) se obtiene una tenacidad de 391 J, para el Concreto + Macrofibra (5kg/m³) se obtiene una tenacidad de 792 J, para el Concreto + Macrofibra (7kg/m³) se obtiene una tenacidad de 890 J.

Considerando los aportes en Tenacidad, muestra que existen pocas diferencias para el valor de la tenacidad correspondiente a la carga pico. En el concreto patrón se produce una rápida caída de la capacidad de carga en el postpico. El incremento en la tenacidad de la macrofibra sintética se manifiesta claramente comparando los valores. También es posible apreciar que la tenacidad crece con el contenido de fibras como surge de comparar con las dosificaciones de 3, 5 y 7 kg/m³.

Por lo tanto, a mayor capacidad de absorción de energía, mayor prestación del concreto a requerimientos de flexión.

ABSTRACT

The Synthetic Macrofiber is shown as a different alternative for the design and construction of rigid pavements, its most important property is to grant greater Tenacity to the Concrete.

This research thesis aims to increase the toughness of concrete of a pattern mix design by applying the dosage of 3, 5 and 7 kg /m³ of Synthetic Macrofiber.

As well as analyze the different materials used in this research, were analyzed according to the Peruvian Technical Standards while the toughness of concrete was evaluated with the European Standard 14488 -5.

For concrete mixtures, the percentages of sand (60%) and stone (40%) were obtained by performing different tests of their properties with a water/cement ratio of 0.55.

The amounts of Synthetic Macrofiber were obtained from studies carried out in other investigations, adding Synthetic Macrofiber in 03 quantities, using as final design for concrete with synthetic macrofiber of 3, 5 and 7 kg / m³, respect to the volume of the concrete.

The test for determination of toughness was done with an Energy Absorption Capacity Equipment. Toughness assessment was done calculating the area under the curve: For the standard concrete, the average toughness was 22J; for the Concrete + Macrofibra (3 kg/m³), a toughness of 391J was obtained; for the Concrete + Macrofibra (5kg/m³), a toughness of 792J was obtained; and for Concrete + Macrofibra (7kg/m³), a toughness of 890 J was obtained.

Considering the contributions of toughness, it's shown that there are few differences for the value of the corresponding toughness to the peak load. In the standard concrete there is a rapid fall of the load capacity in the post-peak. The increase in the toughness of the synthetic macrofiber is clearly manifested by comparing the values. It is also possible to appreciate that toughness grows with the fiber content as it arises from comparison with the dosages of 3, 5 and 7kg/m³.

Therefore, a major Energy Absorption Capacity, major rendering concrete to flexing requirements.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Montalvo (2015), menciona que el concreto es uno de los materiales más utilizado por el hombre en la industria de la construcción. Esto se debe a su gran versatilidad, durabilidad, trabajabilidad y resistencia que proporciona en sus diferentes estados físicos. La utilización del concreto se da en un variado campo de aplicación, entre los cuales están edificios, carreteras, losas industriales, presas, puentes, entre otras. En el campo de la infraestructura vial, esto se hace cada vez más latente, debido a las necesidades del país, respecto al diseño y desarrollo de estructuras durables y eficientes desde el punto de vista económico y funcional, con un nivel de servicio y un comportamiento que sea capaz de soportar el incremento constante en el parque automotor, el transporte masivo de personas y el transporte de carga.

Acorde con Mendoza, Vásquez y Villa (2012), para lograr estas metas, y sobre todo, que se vean reflejadas en resultados cada vez más eficientes y funcionales, se hace necesario recurrir a la esencia misma de las estructuras, lo que en otras palabras, significa lograr mayores niveles de mejora en la composición de los materiales que se emplean para tal fin. Hoy en día se siguen desarrollando y ensayando nuevos materiales que eviten o reduzcan las fisuras. Acorde con Sika® (2015), la fisuración del concreto es un fenómeno indeseable cuyas causas van desde variaciones en la composición del material, hasta efectos de cambios térmicos. Una fisura delata realmente la “competencia perdida” entre la capacidad del material de resistir un esfuerzo frente al efecto de un esfuerzo actuante.

Sika® (2015) manifiesta que aunque el material inicia su proceso de retracción, la restricción del terreno (incluso con plásticos o aislantes) hace que se generen esfuerzos aleatorios, dentro del material (que es joven y débil), que en muchos casos terminan generando una red de fisuras indeseadas. La generación de estos cambios dimensionales a edad temprana, que se convierten en esfuerzos, tiene como causas más frecuentes: Pérdida prematura de agua por evaporación en superficie, pérdida prematura de agua por un sustrato absorbente, cambios térmicos (oscilación día-noche), o estacional. En una estructura de concreto a mayor edad, estos esfuerzos generados por cambios dimensionales, pueden tener causas similares como: Retracción del material por secado, cambios térmicos (oscilación estacional o día noche), ciclos de humedecimiento, y cargas externas de trabajo.

Según Covarrubias (2014), la construcción de Pavimentos Rígidos, es una tendencia creciente a nivel mundial, países como México, Chile y Argentina han desarrollado nueva tecnología para construir este tipo de pavimento de alta resistencia, optimizando costos. Las macrofibras que en relación a Sika® (2015), son bicomponentes que están destinadas a prevenir la fisuración en estado endurecido, a reducir el ancho de la fisura, si ésta se presenta, y a permitir el adecuado funcionamiento de la estructura fisurada. Las dosificaciones más frecuentes oscilan entre 0.2% a 0.8% del volumen del concreto. En realidad, las macrofibras se incluyen en el concreto, para aumentar la tenacidad del material, es decir, para hacer que las estructuras, incluso después del agrietamiento de la matriz, puedan seguir siendo cargadas. La tenacidad según Sika (2015) es una propiedad que describe de una manera más completa la capacidad de un material para soportar cargas antes de colapsar.

En nuestro país, se han venido desarrollando proyectos de Pavimentos Rígidos y según Chang (2013), entre las características deseadas para un buen desempeño del pavimento se encuentran: resistencia y durabilidad de los materiales ante las cargas de tráfico y cambios de las condiciones medio-ambientales, serviciabilidad, buen drenaje, economía en costos de construcción y mantenimiento, amistoso al medio ambiente, y seguridad. En el caso de los pavimentos rígidos, un buen diseño implica formular un diseño de mezcla de concreto durable y resistente, proveer un soporte uniforme al pavimento de concreto, brindar una adecuada transferencia de carga entre losas, y seleccionar el espesor de losa adecuado para que los esfuerzos actuantes dentro de la estructura no superen los límites permisibles

En Trujillo, la construcción de Pavimentos Rígidos resistentes y durables, es aún insipiente y con un poco desinterés en investigación. Sin embargo, existen proyectos que han realizado estudios sobre la tecnología de nuevos materiales para mejorar resistencias en el concreto. En el caso de los pavimentos rígidos, un buen diseño implica formular un diseño de mezcla de concreto durable y resistente para proveer un soporte uniforme al pavimento de concreto, brindar una adecuada transferencia de carga entre losas, y seleccionar el espesor de losa adecuado para que los esfuerzos actuantes dentro de la estructura no superen los límites permisibles, de acuerdo a Chang (2013).

En relación con el párrafo anterior el diseño de mezcla de concreto debe contener la configuración adecuada de los agregados: finos y gruesos, estos resultados deben ser calculados en laboratorio acuerdo con la Normativa de Ensayos. Entonces, dado el carácter reciente de esta clase de tecnología en el país, se vuelve atinente un estudio en mayor detalle, acerca de la influencia de macrofibras para obtener pavimentos rígidos más resistentes y durables. Por todo lo explicado, los pavimentos rígidos reforzados con macrofibras de concreto son una alternativa técnicamente viable en obras viales, y en ciertas circunstancias

es la más adecuada para resistir los efectos de las cargas de tráfico y medio-ambientales que actúan sobre la estructura del pavimento, acorde a Chang (2013).

Con base en las razones expuestas, el presente trabajo se propone, entre otros objetivos, analizar la tenacidad del concreto reforzado con macrofibras sintéticas. Los beneficios con el uso de estas macrofibras en los pavimentos rígidos se podrían ver reflejados, en el desarrollo de estructuras más durables, funcionales y más rentables.

1.2. Formulación del problema

¿En qué medida la aplicación de dosificaciones de la Macrofibra Sintética influye en la Tenacidad del Concreto, medido según Norma UNE-EN-14488-5, en la ciudad de Trujillo, en el año 2016?

1.3. Justificación

Desde el punto de vista teórico, esta investigación crea reflexión y discusión tanto por la falta de conocimiento existente del tema, como la poca investigación tecnológica en el ámbito local. Los grandes volúmenes de concreto que se producen actualmente en la industria de la construcción hacen que se realicen mejoras u optimizaciones en la tecnología del mismo. Es por esto que diferentes investigaciones relacionadas a la aplicación de concreto reforzados con macrofibras, imperan en mejoras en el material concreto y, a su vez optimizaciones en los diseños de dichas estructuras. La Macrofibra Sintética se muestra como una alternativa diferente para el diseño y construcción de pavimentos rígidos, cambiando totalmente los métodos convencionales. Un problema que se observa en la mayoría de proyectos de construcción de pavimentos son las fallas o fracturas debido a la falta de consideración de las solicitaciones reales que actuarán en la estructura, así también como la dificultad del mismo proceso constructivo. Proyectos de gran magnitud poseen la necesidad de realizar mejoras mecánicas y físicas en el concreto para diferentes solicitaciones, evitando así diferentes fallas, optimizando costo y tiempo. Es por ello que la presente tesis se enfocará en cuantificar las mejoras brindadas por la adición de macrofibra al concreto, para así tener nuevas consideraciones en los futuros diseños.

1.4. Limitaciones

Al realizar el proyecto, se encontraron ciertas dificultades y carencias. La investigadora tiene acceso limitado a un espacio del laboratorio donde se realizarán las mezclas de concreto, para reducir la limitación, se tendrá que regir a los horarios disponibles para evitar algún tipo de inconveniente, elaborando cronogramas mensuales de avance en laboratorio de la UPN.

La investigación demandará costos en la realización de la mezcla de concreto, sin embargo para contrastar los gastos, las muestras de agregados deberán ser obtenidos de acuerdo a la norma NTP 400.010, en cantidad necesaria a fin de minimizar posibles variaciones en el comportamiento del concreto. Para los ensayos de caracterización de agregados, se deberán reducir a las cantidades de ensayo de acuerdo a la Norma ASTM C702 o NTP 400.043. Por último, existe también un riesgo que las pruebas arrojen resultados errados, debido a condiciones climatológicas o sistemáticas (o referentes al uso de instrumentos y equipos). Para contrarrestar se tomará las pautas para la realización del Ensayo de Tenacidad descritas en la norma UNE-EN-14488-5.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Aumentar la Tenacidad del Concreto de un diseño de mezclas patrón aplicando dosificaciones de 3.0, 5.0 y 7.0 kg/m³ de Macrofibra Sintética.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar el proporcionamiento de agregados, cemento y agua para una mezcla de concreto.
- Realizar la aplicación de la Macrofibra Sintética en las probetas planas de Concreto elaboradas en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte.
- Analizar los cambios que se realicen antes durante y después del proceso del experimento.
- Realizar el procesamiento de datos obtenidos de la experimentación.
- Comparar los resultados del aumento obtenido en el laboratorio antes y después de aplicar la Macrofibra Sintética.
- Dar como resultado final la dosificación adecuada de macrofibra sintética para incrementar la Tenacidad del Concreto.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. A nivel internacional

El trabajo de Garzón (2009), sobre la Eficiencia en la transferencia de cargas en juntas transversales de pavimento rígido reforzado con fibras metálicas. Este trabajo demuestra que: La ductilidad del concreto reforzado con fibra metálica fue evidente en los ensayos de módulo de rotura sobre viguetas, en donde el material después de sufrir el primer agrietamiento siguió soportando carga debido a las fibras y la falla no se presentó de manera súbita como ocurre en el concreto convencional.

La eficiencia en la transferencia de cargas aumenta con la cuantía de fibra metálica adicionada hasta un valor óptimo.

Para las pruebas desarrolladas con cuantías entre 0kg/m³ y 50kg/m³, se encontró que la mayor eficiencia se encuentra para 42kg/m³; cuantías mayores presentan menores eficiencias en la transferencia de carga.

Las conclusiones de este trabajo son: La fibra sintética sintéticas en cuantías de 0.9kg/m el control de la fisuración por retracción de fraguado. El incremento de la cuantía de fibra sintética genera un incremento en las propiedades mecánicas.

El trabajo de Mendoza (2012), sobre Análisis del esfuerzo residual en concreto para pavimento rígido reforzado con fibras metálicas y sintéticas

Las conclusiones de este trabajo, se buscaron realizar una comparación entre el concreto simple y las modificadas con fibras, teniendo en cuenta una misma dosificación y un mismo diseño de mezcla, obteniendo el esfuerzo residual y por medio de este establecer parámetros de comparación. Se midió mediante el ensayo ASTM 1399 el esfuerzo residual de una mezcla de concreto tanto con fibras sintéticas como con fibras de acero, y su comportamiento post-fisuramiento. El uso de estas fibras en los pavimentos rígidos se puede ver reflejado en estructuras más durables y con la necesidad de menos mantenimiento.

Este antecedente es materia de aporte para nuestro trabajo debido:

Se evidencia que el incremento del valor del esfuerzo residual es del orden potencial, lo que nos lleva a concluir que los concretos fibroreforzados se comportaran de mejor forma que los concretos sin refuerzo, lo que nos ayudará en el tema de mantenimiento rutinario y periódico de los pavimentos de concreto. Las fibras sintéticas nos ayudan en mayor rango al control de fisuramiento donde las cargas no sean notables, las metálicas son usadas en mayor proporción para controlar los mismos fenómenos pero tiene mejor comportamiento en cargas

mayores, por ello son utilizadas en pisos industriales donde las solicitaciones son grandes y constantes.

2.1.2. A nivel nacional

El trabajo de Sotil y Zegarra (2015), sobre Análisis comparativo del comportamiento del concreto sin refuerzo, concreto reforzado con fibras de acero wirand® ff3 y concreto reforzado con fibras de acero wirand® ff4 aplicado a losas industriales de pavimento rígido. Este trabajo demuestra que:

Para este tipo de fibra, la dosificación y las características físicas son los principales parámetros para determinar el aumento a la resistencia a la flexión, como evidencian los resultados. Para dosificaciones de 20 y 25 kg/m³, se concluye que la fibra Wirand FF4 posee mejor capacidad a la flexión debido al mayor puente de transferencia de esfuerzo por su longitud mayor y esbeltez respecto a la FF3, lo que evita que el concreto se separe una vez ocurra la primera falla y elimina la propagación de las fisuras.

Al momento de la falla del concreto (primera fisura), se evidencia el trabajo post-fisuración de la fibra. En las gráficas cargas-deflexión se observa la recuperación de curva gracias al aporte de los filamentos metálicos, logrando aumentar el punto de carga máxima resistida.

Se cumple la tendencia de mejorar con el aumento de la dosificación al igual que las demás propiedades mecánicas, asimismo se concluye que el performance del concreto fibroreforzado depende directamente también de las dimensiones de la fibra.

Las conclusiones de este trabajo son: Es muy importante saber que las fibras controlan la fisuración en el concreto, logrando un mejor comportamiento mecánico y físico, más no logran eliminarlas al 100% debido al que este es un material muy variable, dependiendo de muchos factores de diseño y producción.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Macrofibra Sintética

2.2.1.1. Concepto de macrofibra sintética:

SIKA® (2015) dice que: Las Fibras Sintéticas estructurales ó Macrofibras son elementos que se añaden a la mezcla del hormigón para mejorar la durabilidad y las propiedades mecánicas del mismo. Esto se consigue debido al hecho de que son elaboradas a partir de materiales sintéticos que pueden resistir la alcalinidad del hormigón y las condiciones desfavorables del ambiente.

Estas Fibras Sintéticas no sufren procesos de oxidación, son muy estables químicamente frente a muchos ataques garantizando la durabilidad del hormigón de manera más efectiva

que la fibra metálica la cual posee una baja resistencia a la corrosión cuando está expuesta a ambientes agresivos.

A pesar de estas propiedades, este material igualmente se degrada bajo los efectos de los rayos UV y, algunas de ellas, tienen un punto de vitrificación a -20 °C, dependiendo del material con el que estén fabricadas. Además, estas fibras llegan a perder sus propiedades físicas y mecánicas a temperaturas superiores a 50 °C.

Acorde con ProFirme (2014), Es una fibra copolimérica 100 % virgen de alto desempeño, diseñada específicamente para sustituir los armados de acero en diferentes aplicaciones con mayores ventajas tanto técnicas como económicas.

2.2.1.2. Ficha técnica

Eucomex® (2015) menciona lo siguiente:

- Material: polipropileno/polietileno
- Gravedad específica: 0.92
- Tasa de dosificación: 1.8 a 12 kg/m (3 a 20 lb/yd)
- Longitud disponible: 51 mm (2")
- Relación de aspecto: 74
- Resistencia a la tensión: 600-650 MPa (87-94 Ksi)
- Módulo de elasticidad (en 14889.2): 9.5 GPa (1380 Ksi)
- Punto de ignición (ASTM d-1929): 330 C (625 F)
- Conductividad eléctrica: baja
- Absorción de agua: despreciable
- Resistencia a ácidos y álcalis: excelente

2.2.1.3. Uso de la macrofibra

SIKA (2015), menciona lo siguiente sobre el uso de Macrofibra, debido a sus propiedades mecánicas Sika® Fiber es recomendada para ser usada en las siguientes aplicaciones:

- Pisos industriales y bodegas.
- Losas comerciales y residenciales de alta calidad.
- Cubiertas y revestimientos de concreto.

- Reemplazo de malla de alambre electrosoldada y fibra metálica. Como refuerzo en concreto lanzado, para taludes, túneles, minería, etc.

2.2.1.4. Beneficios de la Macrofibra

Eucomex® (2015) dice que:

- Resistencias equivalentes a las obtenidas con la malla de acero electrosoldada y varilla de refuerzo determinados por los cálculos de ingeniería.
- Controla y mitiga el agrietamiento por contracción plástica y reduce la segregación y sangrado
- Proporciona refuerzo tridimensional contra micro y macro-agrietamiento.
- En aplicaciones de concreto lanzado, reduce el desgaste del equipo y el rebote de fibra e incrementa el espesor de recubrimiento comparado con la fibra de acero.
- Incrementa la durabilidad, la resistencia a la fatiga y tenacidad a la flexión.
- Reducción de costos en comparación con la malla de acero electrosoldada, control de agrietamiento por contracción.
- Se agregan fácilmente a la mezcla de concreto en cualquier momento, antes de la colocación.
- Ensayadas de acuerdo con las normas ASTM C 1399, C 1550, C 1609 y C 1018.

2.2.1.5. Ventajas

- Reduce contracción plástica por secado diferido.
- Provee un reforzamiento multidimensional.
- Mejora la resistencia a flexión.
- Mejora la resistencia al impacto, fatiga y abrasión del concreto.
- Incrementa la durabilidad y dureza del concreto.
- Es un verdadero reemplazo de la malla de alambre soldado, del refuerzo metálico de calibre delgado y de la fibra metálica.

2.2.1.6. Dosificación

La recomendación estándar, va de 0.890 kg a 4.45 kg por metro cúbico de concreto, o bien según se requiera en la especificación del diseño de mezcla. Para lograr la equivalencia de 0.1% de volumen de concreto debe ser usada una dosis mínima recomendada de 1.8 kg por metro cúbico.

2.2.2. Fibras en el Concreto

2.2.2.1. Reseña Histórica de la Aplicación de las Fibras

A lo largo de las décadas, se han desarrollado investigaciones referentes al concreto y sus propiedades. Desde el siglo XX viene experimentando una profunda evolución como principal material de construcción. Dichas investigaciones fundamentalmente buscan mejorar el rendimiento del mismo. Tecnologías nuevas vienen presentándose desde el siglo XX, como por ejemplo concreto proyectado o concretos pre y post tensados, concretos de alta resistencia o autocompactantes, así también como concreto reforzado con fibras de acero o fibras sintéticas.

Las fibras como refuerzo no son un material descubierto en la actualidad. Remontándose hace 4000 años se utilizaba la fibra como adición para mejorar propiedades. Los ejemplos más claros que se tienen evidencia son: en la baja Mesopotamia, los adobes de barro cocidos al sol se construían con paja y hasta hace unos años se utilizaban pelos de cabra o caballo para armar el yeso. De la misma manera, en el antiguo Egipto se introducían pajas al macizo arcilloso para la confección de ladrillos, dándole mayor resistencia y una buena manejabilidad. Dichas fibras naturales se utilizaron hasta el año 1935 aproximadamente, y fue cuando se inició el uso de fibras sintéticas.

La aparición de fibras como adición a material de construcción corresponde a las fibras metálicas. Se registró la primera patente de concreto reforzado con elementos metálicos en el estado de California en 1874 por A. Berard. El elemento consistía en una piedra artificial que utilizaba acero granular. Luego de Berard, aparecieron muchas patentes, entre las principales se encuentra la de G. Martin en 1927. Este consistía en la adición de alambres de acero rizado en el concreto empleado en tuberías.

El inicio de las fibras sintéticas es gracias a la marca Chardonnet, quien a finales del siglo XIX inventó la seda artificial, no obstante, en 1935 es cuando se produce la primera fibra de nylon, surgiendo una nueva etapa en el uso de fibras. Sin embargo, la aplicación de este tipo de fibras en la construcción fue varios años después.

Con el transcurrir del tiempo y los años, las patentes van evolucionando y utilizando parámetros muy similares a los actuales. Una ejemplificación para este caso es la patente de G. Constantinesco en 1954 en Estados Unidos, utilizando fibras helicoidales y espirales para aumentar la resistencia a la fisuración del concreto.

2.2.2.2. Evolución del Concreto Fibroreforzado

El inicio de los años 50 fue una etapa de numerosas investigaciones referentes a concreto reforzado con fibras de acero. Los trabajos realizados y que destacaron en la época fueron los de Romualdi, Batos y Mandel (1963).

No es hasta la década de los 70 que se comenzó a utilizar en los países europeos, sobre todo en España, donde se utilizaban las fibras en diversos proyectos: revestimiento de túneles, pavimentos industriales, pavimentación de tableros de puentes, contenedores de puentes, etc. Dentro de esta época resalta el registro de la patente de I. Kennedy (España) la cual consistía en la implementación del proceso Hatschek, el cual producía láminas de cemento reforzado con fibras de asbesto o amianto para elaborar concreto, sin embargo, entre 1970 y 1980 quedó inutilizado debido a los casos de problemas de salud que se generaba.

En la actualidad, la construcción de estructuras elaboradas con concreto reforzados con fibras de acero viene teniendo gran éxito y aceptación, gracias a los diversos trabajos de investigación, revelando sus grandes ventajas y ampliando sus campos de aplicación. Cabe resaltar su aplicación en ramas militares, utilizándose concreto fibroreforzado en el blindado de carros de combate, hangares y recintos protegidos frente al impacto de proyectiles.

2.2.2.3. Definición

Según la información obtenida del Manual Interno de Maccaferri: Fibras como elemento estructural para el Refuerzo del Hormigón, se puede definir como:

“Fibras: Las fibras son filamentos discontinuos, producidos con una variada gama de formatos, dimensiones y destinados específicamente para uso en concreto y argamasas. Tiene como finalidad principal inhibir el surgimiento de fisuras, así como su propagación en elementos estructurales como pisos y pavimentos, concreto proyectado, revestimiento de túneles y piezas pre-fabricadas.” (Maccaferri 2007).

Según el ACI, el concreto fibroreforzado es una mezcla constituida a partir de cemento hidráulico, contenido agregados finos y gruesos y filamentos o fibras discretas discontinuas. Estructuralmente proporcionan una mayor energía de rotura⁷, sustituyendo parcial o completamente los sistemas convencionales de armaduras de acero. Por otra parte, del lado no estructural, las fibras proporcionan un notable incremento en la resistencia al fisuramiento, así como el incremento de otras propiedades como por ejemplo, el incremento de la resistencia al fuego, abrasión, impacto entre otros.

“Las fibras son empleadas en aplicaciones estructurales en busca de beneficios adicionales en cuanto a reducción de mano de obra, incremento de la durabilidad y reducción o eliminación del refuerzo tradicional. El concreto soporta esfuerzos a tracción que son transmitidos por adherencia a las fibras una vez se ha producido micro-fisura, controlan la fisuración y reducen la intensidad de la misma a la vez que mejoran la tenacidad.” (Colegio de Ingenieros del Perú 2012).

En la cita anterior podemos destacar las principales propiedades que le confieren las fibras al concreto, las cuales están siendo solicitadas con mayor frecuencia en los proyectos de construcción de pisos industriales. Por esta razón, la optimización de la constructibilidad de este tipo de estructuras, hace que mejoren los rendimientos de las cuadrillas y se genere un producto final con mayor calidad. Más adelante, se profundizará en los beneficios que aportan, principalmente las fibras de acero, en las mezclas de concreto.

Cabe mencionar, el concreto reforzado con fibras de acero está compuesto esencialmente por los mismos materiales que un concreto convencional y adicionalmente, fibras de acero. Como ya se mencionó, esta adición no sólo cambia o altera ciertas propiedades en estado endurecido, sino también lo hace en estado fresco, por lo que se exigen ciertas condiciones en sus componentes.

Fundamentalmente, la naturaleza y el tipo de fibras, son las que determinan la efectividad y/o ventaja del cambio producido en el concreto. Actualmente, existe una gran variedad de fibras, las cuales se explicarán a continuación.

2.2.2.4. Tipos de Fibras

La adición de fibras a la masa de concreto confiere ciertas propiedades, ya sea en estado fresco o en estado endurecido. Es por esto que se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Fibras Estructurales: brindan una mayor energía de rotura y proporcionan mejora en la resistencia a la fisuración en estado endurecido.
- Fibras No Estructurales: controlan la fisuración por retracción (estado fresco), así también como resistencia al fuego, abrasión e impacto.

Por otra parte, la clasificación de las fibras también se da por la materia prima con la cual son producida, entre las cuales se tienen:

- Naturales: amianto (asbesto), celulosa y carbono;
- Sintética: nylon, polipropileno, vidrio y otras.
- Metálicas: acero carbono, inox y sus aleaciones y aluminio.

2.2.2.4.1. Fibras Naturales y Sintéticas

La propiedad más notoria es el aumento de la cohesión de la pasta de concreto en estado fresco. Su función principal es reducir la fisuración en estado plástico y en las primeras horas de endurecimiento del concreto. El ACI indica que no se debe sustituir el refuerzo convencional por este tipo de fibras, pues no aumentan propiedades en estado endurecido (ACI 1996).

Los cambios volumétricos del concreto a temprana edad generan la formación de planos de debilitamiento y fisuras debido a las tensiones presentes, las cuales no son resistidas por el concreto.

Muchos investigadores vienen difundiendo el empleo de estas fibras como reductores de fisuras de retracción plástica, esto a complejos mecanismos de presión de poros capilares, los cuales inhiben o disminuyen la retracción por exudación y en consecuencia, las fisuras.

Actualmente, este tipo de fibras son utilizadas en concreto para elementos prefabricados, revestimiento (paneles delgados de alta resistencia) y pisos industriales.

Se clasifican en:

- Monofilamentos extruidos
- Láminas fibriladas

Así mismo, se pueden clasificar según su diámetro y forma

- Micro-fibras < 0.30mm diámetro
- Macro-fibras > 0.30mm diámetro

Finalmente, como todas las fibras, brinda resistencia extra a la abrasión, al fuego y al impacto.

2.2.2.4.1. Fibras Metálicas

Se utilizan como refuerzo tridimensional en el concreto, dispersas homogéneamente en el volumen. Básicamente, las fibras de acero se caracterizan geométricamente por la longitud (L), por el diámetro equivalente (De) y anclaje en las extremidades.

La geometría de las fibras varía extensamente, teniendo diferente tipo de secciones, hasta variaciones en la forma longitudinal, la sección puede ser circular o cuadrada, la forma puede ser rectilínea o corrugada, entre otras variedades.

Las fibras de acero están consideradas como refuerzo primario del concreto, por tener un alto módulo de elasticidad, no se limitan a la aplicación de control de fisuración.

Las dimensiones oscilan entre 0.25 y 0.80 mm de diámetro y entre 10 y 75 mm de longitud. Existen varios métodos de obtención de fibras, según la norma ASTM A 820, se califican en cuatro tipos:

- Tipo I: Alambre trefilado en frío
- Tipo II: Hojas sueltas
- Tipo III: Extraídos en fusión
- Tipo IV: Otros tipos de fibra.

El método de obtención más común es el Tipo I, las fibras de alambre trefilado en frío son procesadas a través de esferas de acero que son estiradas en forma de hilos de alambre de sección circular, para posteriormente, ser fruncidas para formar fibras deformadas.

Como ya se sabe, el refuerzo con fibras de acero discontinuas y aleatoriamente distribuidas en la pasta de concreto, tienen como principal función controlar la propagación de fisuras, pues modifica el comportamiento mecánico, aumentando considerablemente la capacidad de absorción de energía (Tenacidad). El concreto se transforma en un material con característica frágil a dúctil. Este fenómeno ocurre porque las fibras crean puentes de transferencia de tensiones a través de las fisuras de bajo módulo, como es el caso de la retracción plástica en concreto,

Las fibras de acero son más eficientes que otro tipo de fibra, gracias a su alta resistencia a la tracción, mayor módulo de elasticidad y la gran facilidad de adherencia a la mezcla.

La fragilidad característica del concreto se reduce gracias a la disipación de energía, brindada por el trabajo en la ruptura de la adherencia entre la fibra y la matriz y posterior arrancamiento de las fibras. Se presenta una capacidad de resistencia post-fisuración, lo cual genera una redistribución de esfuerzos. Esta característica es de mucha utilidad para elementos de superficie continuos, como es el caso de pisos y pavimentos rígidos.

2.2.3. Diseño de Mezcla

2.2.3.1. Definición

Es la selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto, conocida usualmente como diseño de mezclas, puede ser definida como el proceso de selección de los ingredientes más adecuados y de la combinación más conveniente, con la finalidad de obtener un producto que en el estado no endurecido tenga

la trabajabilidad y consistencia adecuados y que endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador indicados en los planos y/o las especificaciones de la obra. En la selección de las proporciones de la mezcla de concreto, el diseñador debe recordar que la composición de la misma está determinada por:

- Las propiedades que debe tener el concreto endurecido, las cuales son determinadas por el ingeniero estructural y se encuentran indicadas en los planos y/o especificaciones técnicas.
- Las propiedades del concreto al estado no endurecido, las cuales generalmente son establecidas por el ingeniero constructor o residente en función del tipo y características de la obra y de las técnicas a ser empleadas en la colocación del concreto.
- El costo de la unidad cubica de concreto (m³).
- La selección de los diferentes materiales que componen la mezcla de concreto y de la proporción de cada uno de ellos debe ser siempre el resultado de un acuerdo razonable entre la economía y el cumplimiento de los requisitos que debe satisfacer el concreto al estado fresco y el endurecido.

En conclusión, el diseño de mezclas viene a ser más que nada la elección de proporciones adecuadas para preparar concreto teniendo en cuenta a la clase de estructura de la que va a formar parte, y las condiciones ambientales a las que estará expuesto.

2.2.3.2. Consideraciones Básicas

2.2.3.2.1. Economía

Laura (2016) dice, el costo del concreto es la suma del costo de los materiales, de la mano de obra empleada y el equipamiento. Sin embargo, excepto para algunos concretos especiales, el costo de la mano de obra y el equipamiento son muy independientes del tipo y calidad del concreto producido. Por lo tanto los costos de los materiales son los más importantes y los que se deben tomar en cuenta para comparar mezclas diferentes. Debido a que el cemento es más costoso que los agregados, es claro que minimizar el contenido del cemento en el concreto es el factor más importante para reducir el costo del concreto. En general, esto puede ser echo del siguiente modo:

- Utilizando el menor slump que permita una adecuada colocación.
- Utilizando el mayor tamaño máximo del agregado (respetando las
- Limitaciones indicadas en el capítulo anterior).
- Utilizando una relación óptima del agregado grueso al agregado fino.
- Y cuando sea necesario utilizando un aditivo conveniente.

Es necesario además señalar que en adición al costo, hay otros beneficios relacionados con un bajo contenido de cemento. En general, las contracciones serán reducidas y habrá menor calor de hidratación. Por otra parte un muy bajo contenido de cemento, disminuirá la resistencia temprana del concreto y la uniformidad del concreto será una consideración crítica.

La economía de un diseño de mezcla en particular también debería tener en cuenta el grado de control de calidad que se espera en obra. Como discutiremos en capítulos posteriores, debido a la variabilidad inherente del concreto, la resistencia promedio del concreto producido debe ser más alta que la resistencia a compresión mínima especificada. Al menos en pequeñas obras, podría ser más barato “sobrediseñar” el concreto que implementar el extenso control de calidad que requeriría un concreto con una mejor relación costo –eficiencia.

2.2.3.2.2. Trabajabilidad

Laura (2016) dice, un concreto apropiadamente diseñado debe permitir ser colocado y compactado apropiadamente con el equipamiento disponible. El acabado que permite el concreto debe ser el requerido y la segregación y sangrado deben ser minimizados. Como regla general el concreto debe ser suministrado con la trabajabilidad mínima que permita una adecuada colocación. La cantidad de agua requerida por trabajabilidad dependerá principalmente de las características de los agregados en lugar de las características del cemento.

Cuando la trabajabilidad debe ser mejorada, el rediseño de la mezcla debe consistir en incrementar la cantidad de mortero en lugar de incrementar simplemente el agua y los finos (cemento). Debido a esto es esencial una cooperación entre el diseñador y el constructor para asegurar una buena mezcla de concreto. En algunos casos una menos mezcla económica podría ser la mejor solución. Y se deben prestar oídos sordos al frecuente pedido, en obra, de “más agua”.

2.2.3.2.3. Resistencia y durabilidad

Laura (2016) sostiene que, las especificaciones del concreto requerirán una resistencia mínima a compresión. Estas especificaciones también podrían imponer limitaciones en la máxima relación agua/cemento (a/c) y el contenido mínimo de cemento. Es importante asegurar que estos requisitos no sean mutuamente incompatibles.

Como veremos en otros capítulos, no necesariamente la resistencia a compresión a 28 días será la más importante, debido a esto la resistencia a otras edades podría controlar el diseño.

Las especificaciones también podrían requerir que el concreto cumpla ciertos requisitos de durabilidad, tales como resistencia al congelamiento y deshielo ó ataque químico. Estas consideraciones podrían establecer limitaciones adicionales en la relación agua cemento (a/c), el contenido de cemento y en adición podría requerir el uso de aditivos.

Entonces, el proceso de diseño de mezcla, envuelve cumplir con todos los requisitos antes vistos. Asimismo debido a que no todos los requerimientos pueden ser optimizados simultáneamente, es necesario compensar unos con otros; (por ejemplo puede ser mejor emplear una dosificación que para determinada cantidad de cemento no tiene la mayor resistencia a compresión pero que tiene una mayor trabajabilidad).

Finalmente, debe ser recordado que incluso la mezcla perfecta no producirá un concreto apropiado si no se lleva a cabo procedimientos apropiados de colocación, acabado y curado.

2.2.3.3. Componentes del Diseño de Mezclas

2.2.3.3.1. Cementos

Según la Norma Técnica Peruana 334.009, el cemento Pórtland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas sulfato de calcio como adición durante la molienda.

El Clinker Pórtland es un producto semiacabado de forma de piedras negruzcas de tamaños de $\frac{3}{4}$ " aproximadamente, obtenido de la calcinación de una mezcla de materiales calcáreos y arcillosos en proporciones convenientes, hasta llegar a una fusión incipiente (Clinkerización) a 1450 °C.

El Clinker Pórtland es un producto semiacabado de forma de piedras negruzcas de tamaños de $\frac{3}{4}$ " aproximadamente, obtenido de la calcinación de una mezcla de materiales calcáreos y arcillosos en proporciones convenientes, hasta llegar a una fusión incipiente (Clinkerización) a 1450 °C.

El Clinker Pórtland se enfría rápidamente y se almacena en canchas al aire libre.

El cemento Pórtland es un polvo muy fino de color verdoso. Al mezclarlo con agua forma una masa (pasta) muy plástica y moldeable que luego de fraguar y endurecer, adquiere gran resistencia y durabilidad.

Es un aglomerante obtenido por la pulverización del clinker portland con la adición de sulfato de calcio, este polvo en presencia del agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes.

Es importante considerar los siguientes puntos:

- No se aceptará en obra bolsas de cemento que se encuentran averiadas, o cuyo contenido hubiera sido evidentemente alterado por la humedad.
- Se considera que la bolsa de cemento tiene un pie cúbico de capacidad y un peso de 42.5 kg. En aquellos casos en que no se conozca el valor real se considerará para el cemento un peso específico de 3.15.

2.2.3.3.2. Agregados

Los agregados finos y gruesos ocupan comúnmente de 60% a 75% del volumen del concreto (70% a 85% en peso), e influyen notablemente en las propiedades del concreto recién mezclados y endurecidos, en las proporciones de la mezcla, y en la economía. Los agregados finos comúnmente consisten en arena natural o piedra triturada siendo la mayoría de sus partículas menores que 5mm.

Los agregados gruesos consisten en una grava o una combinación de grava o agregado triturado cuyas partículas sean predominantemente mayores que 5mm y generalmente entre 9.5 mm y 38mm. Algunos depósitos naturales de agregado, a veces llamados gravas de mina, río, lago o lecho marino. El agregado triturado se produce triturando roca de cantera, piedra bola, guijarros, o grava de gran tamaño. La escoria de alto horno enfriada al aire y triturada también se utiliza como agregado grueso o fino.

Son materiales pétreos obtenidos en forma natural o artificial, cuya estructura resistente lo constituyen minerales de arenisca, granito, cuarzo, basalto; las características físicas y químicas de estos componentes determinan las propiedades de los agregados para el concreto.

2.2.3.3.2.1. Clasificación

Se clasifican de acuerdo a su gradación o tamaño, en forma práctica se establece como agregados gruesos aquellos que son mayores de 4.75 mm y agregados finos cuando son menores de 4.75 mm., en laboratorio se utiliza el tamiz o malla estándar ASTM n° 4 (4.75mm.) las normas indicadas establecen las siguientes definiciones.

- **Agregado Fino:** Es el proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas. El agregado fino puede consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias y de perfil preferentemente angular, duras, compactas y resistentes. Para el concreto son las arenas gruesas retenidos en el tamiz n° 100.
- **Agregado Grueso:** Es el agregado retenido en el tamiz n° 4. El agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturada, piedra partida. O agregados metálicos naturales o artificiales. El agregado grueso empleado en la preparación de concreto simple podrá ser natural o artificial. Sus partículas deben ser limpias, de perfil preferentemente angular o semi angular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa

2.2.3.3.3. Hormigón

El agregado denominado comúnmente hormigón es una mezcla natural, en proporciones arbitrarias, de agregados fino y grueso procedente de río o cantera.

En lo que sea aplicable se seguirán para el hormigón las recomendaciones correspondientes a los agregados finos y gruesos. Es importante que el hormigón deba estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas, entre otras, que resulten dañinas para el concreto.

El hormigón debe ser manejado, transportado y almacenado de manera tal de garantizar la usencia de contaminación con materiales que podrían reaccionar con el concreto.

2.2.3.3.4. Agua

El agua empleado en la preparación y curado del concreto debe ser potable y bebible. Está prohibido el empleo de aguas ácidas; aguas provenientes de minas o relaves, aguas que contengan residuos minerales o industriales, descargas de desagües.

2.2.3.3.5. Aditivos

Se define a un aditivo como un material distinto del agua, del agregado, o del cemento, el cual es utilizado como un componente del concreto y que se añade a este antes o durante el mezclado a fin de modificar una o algunas de sus propiedades.

El empleo de aditivos no autoriza a modificar el contenido de cemento de la mezcla. Los aditivos empleados en obra deberán ser de la misma composición, tipo y marca que los utilizados para la selección de las proporciones de la mezcla de concreto.

Se utilizan aditivos para propósitos tales como acelerar o retardar el fraguado y el endurecimiento inicial; mejorar la trabajabilidad; reducir los requisitos de agua de la mezcla; incrementar la resistencia; o modificar otras propiedades del concreto.

Es importante que el contratista demuestre al inspector que con los aditivos seleccionados se podrá obtener en el concreto las propiedades requeridas, así como que ellos son capaces de mantener la misma calidad, composición y comportamiento del concreto en toda la obra.

2.2.3.4. Propiedades del Concreto

2.2.3.4.1. Trabajabilidad

Se entiende por Trabajabilidad a aquella propiedad del concreto al estado no endurecido la cual determina su capacidad para ser manipulado, transportado, colocado y consolidado adecuadamente, con un mínimo de trabajo y un máximo de uniformidad; así como para ser acabado sin que se presente segregación.

Esta definición involucra conceptos tales como capacidad de moldeo, capacidad de compactación. Igualmente, la Trabajabilidad involucra el concepto de fluidez, con énfasis en la plasticidad y uniformidad dado que ambas tienen marcada influencia en el comportamiento y apariencia final de la estructura.

La Trabajabilidad es una propiedad que no es mensurable dado que está referida a las características y perfil del encofrado, la cantidad y distribución del acero y al procedimiento empleado para compactar el concreto.

2.2.3.4.2. Consistencia

La consistencia del concreto es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma, entendiéndose con ello que cuanto más humedad es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación. La consistencia está relacionada pero no es sinónimo de Trabajabilidad.

2.2.3.4.3. Resistencia

La resistencia del concreto es definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. La resistencia es considerada como una de las más importantes propiedades del concreto endurecido, siendo la que generalmente se emplea para la aceptación o rechazo del mismo.

La resistencia del concreto esta principalmente determinada por la cantidad neta de agua empelada por unidad de cemento, es decir la relación agua- cemento de la mezcla, siendo mayores las resistencias conforme dicha relación se hace menor.

2.2.3.4.4. Durabilidad

El concreto debe ser capaz de endurecer y mantener sus propiedades en el tiempo aun en aquellas condiciones de exposiciones que normalmente podrían disminuir o hacerle perder su capacidad estructural. Por tanto se define como concreto durable a aquel que puede resistir, de manera satisfactoria, los efectos de las condiciones de servicio a las cuales él está sometido.

Lo antes mencionado se refiere a que la durabilidad es la resistencia del concreto a la acción del clima, a los ataques químicos, a la abrasión o a cualquier proceso de deterioro. Un concreto durable mantendrá su forma original, su calidad y sus propiedades de servicio al estar expuesto a su medio ambiente.

2.2.3.5. Métodos para el Diseño de Mezclas

2.2.3.5.1. Método del Comité 211 del ACI

El comité 211 del ACI ha desarrollado un procedimiento de diseño bastante simple el cual, basándose en algunos de las tablas permite obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cúbica de concreto.

Independientemente de las características finales del concreto sean indicadas en las especificaciones o dejados al criterio del profesional responsable del diseño de la mezcla, las cantidades de materiales por metro cubico de concreto pueden ser determinados; cuando se emplea el método del comité 211 del ACI, siguiendo la secuencia que a continuación se indica:

- Selección de la resistencia promedio a partir de la resistencia en compresión especificada y la desviación estándar de la compañía constructora.
- Selección del tamaño máximo nominal del agregado.
- Selección del asentamiento.
- Selección del volumen unitario de agua de diseño.
- Selección del contenido de aire.
- Selección de la relación agua cemento por resistencia y durabilidad.
- Determinación del factor cemento.
- Determinación del contenido del agregado grueso.
- Determinación de la suma de los volúmenes absolutos.
- Determinación del volumen absoluto de agregado fino.
- Determinación del peso seco del agregado fino.
- Determinación de los valores de diseño del cemento.
- Corrección de los valores de diseño por humedad del agregado.
- Determinación de la proporción en peso.
- Determinación de los pesos por tanda de un saco.

2.2.3.5.2. Método Walker

El denominado método de Walker se desarrolló debido a la preocupación del profesor norteamericano Stanton Walker. En relación con el hecho de que sea cual sea la existencia de diseño del concreto y por tanto su relación agua cemento. Contenido de cemento y características del agregado fino, la cantidad del agregado grueso en lo mismo, ello cuando se aplicaba el procedimiento desarrollado por el comité 211 del ACI.

- Selección de la resistencia promedio a partir de la resistencia en compresión especificada y la desviación estándar.
- Selección del tamaño máximo nominal del agregado.
- Selección del asentamiento.
- Selección del volumen unitario de agua de diseño.
- Selección del contenido de aire.
- Selección de la relación agua cemento.
- Determinar el factor cemento.

- Suma de volúmenes absolutos.
- Determinar el volumen absoluto del agregado total.
- Determinar el porcentaje de agregado fino.
- Determinar los pesos secos de los agregados.
- Conversión de los valores de diseño por humedad.
- Determinación de la proporción en peso de diseño y de obra.
- Determinación de los pesos por tanda de un saco.

2.2.3.5.3. Método Combinación de Agregados

Stanton Walker conjuntamente con el grupo de investigación del laboratorio del concreto de la universidad de Maryland, a formulado un procedimiento de selección de la proporciones de la unidad cubica de concreto. En el cual el porcentaje de agregado fino y grueso se modifica en función de sus propios módulos de finesa, medida indirecta de sus granulometrías y superficies específicas, a partir de la determinación del módulo de finesa de la mejor combinación de agregados por las condiciones planteadas por las especificaciones de obra.

2.2.3.5.4. Método Fuller

Laura (2006) manifiesta, este método es general y se aplica cuando los agregados no cumplan con la Norma ASTM C 33. Asimismo se debe usar para dosificaciones con más de 300 kg de cemento por metro cúbico de concreto y para tamaños máximos del agregado grueso comprendido entre 20mm (3/4") y 50mm (2").

Ley de Fuller:

$$Pd = 100 \sqrt{\frac{d}{D}}$$

Donde:

- P: % que pasa por la malla d.
- d: Abertura de la malla de referencia.
- D: Tamaño máximo del agregado grueso.

La relación arena/agregado, el volumen absoluto, se determina gráficamente:

- Se dibujan las curvas granulométricas de los 2 agregados.
- En el mismo papel, se dibuja la parábola de Fuller (Ley de Fuller).
- Por la malla N° 4 trazamos una vertical la cual determinará en las curvas trazadas 3 puntos.

A= % Agregado fino que pasa por la malla N° 4.

B= % Agregado grueso que pasa por la malla N° 4.

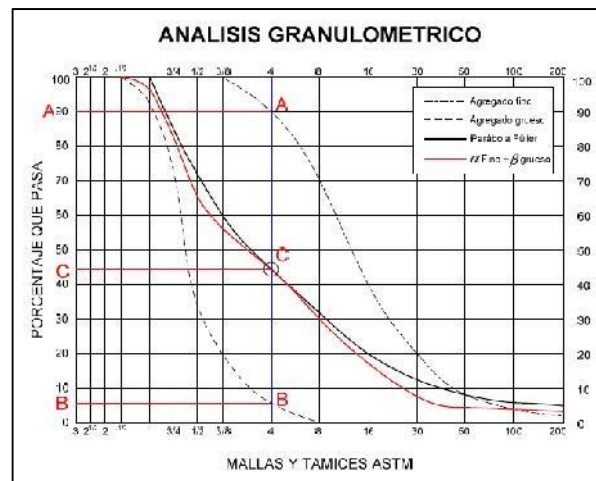
C= % Agregado ideal que pasa por la malla N° 4.

Si llamamos:

α : % en volumen absoluto del agregado fino dentro de la mezcla de agregados.

β : % en volumen absoluto del agregado grueso dentro de la mezcla de agregados.

Figura 2.1. Proporcionamiento de Agregados. Método Fuller



Fuente: Diseño de Mezcla de Concreto. Laura (2006)

La figura 2.1 nos muestra un ejemplo de la determinación de las proporciones de agregado fino y agregado grueso en relación al volumen total de agregados por metro cúbico de concreto.

Entonces:

$$\alpha = \frac{C - B}{A - B} \times 100$$

$$\beta = 100 - \alpha$$

Teniendo los valores de α y β podemos calcular el volumen de agregado fino y agregado grueso por metro cúbico de concreto, de la siguiente manera:

$$\text{Vol. total de agregados} = 1 - (\text{Vol. agua} + \text{Vol. aire} + \text{Vol. cemento})$$

$$\text{Vol. agregado fino} (m^3) = \frac{\alpha}{100} x (\text{Vol. total de agregados} (m^3))$$

$$\text{Vol. agregado grueso} (m^3) = \frac{\beta}{100} x (\text{Vol. total de agregados} (m^3))$$

Obtenidos los volúmenes de agregado fino y grueso dentro de un metro cúbico de concreto, calculamos los pesos de agregado fino y grueso para un metro cúbico de concreto:

$$\text{Peso ag. fino} (kg/m^3) = (\text{Vol. agregado fino}) (\text{Peso específico del ag. fino})$$

$$\text{Peso ag. grueso} (kg/m^3) = (\text{Vol. agregado grueso}) (\text{Peso específico del ag. grueso})$$

2.2.4. Tenacidad del Concreto

2.2.4.1. Objeto y campo de aplicación

Acorde con la Norma Europea EN 14488-5 (2006), especifica un método para la determinación de la respuesta carga/flecha de una probeta plana con el fin de calcular la capacidad de absorción de energía hasta una flecha especificada.

2.2.4.2. Normas para consulta

Las normas que a continuación se indican son indispensables para la aplicación de esta norma. Para las referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición de la norma (incluyendo cualquier modificación de ésta):

- EN 14488-1 Ensayos de hormigón proyectado. Parte 1: Toma de muestras de hormigón fresco y endurecido.
- EN 14488-5 Parte 5: Determinación de la capacidad de absorción de energía de probetas planas reforzadas con fibras

2.2.4.3. Fundamento

Acorde con la Norma Europea EN 14488-5 (2006), una probeta plana de concreto, reforzada con fibras, se somete a una carga, bajo control de la flecha, a través de un bloque de acero rígido colocado en el centro de la probeta plana.

Se registra la curva carga/flecha y se continúa el ensayo hasta que se alcanza una flecha de, al menos, 30 mm en el punto central de la probeta plana.

A partir de la curva carga/flecha se calcula una segunda curva que proporciona la energía absorbida como una función de la flecha de la probeta plana.

2.2.4.4. Aparatos para el ensayo de tenacidad del concreto

2.2.4.4.1. Máquina de ensayo

- El ensayo de acuerdo a la Norma UNE-E-14488-5 debe realizarse utilizando una máquina de ensayo de acuerdo con los apartados 4.2 y 4.3 de la Norma Europea EN 12390-4:2000.
- Sin embargo; para efectos del ensayo se realizará con una máquina no asociada con el marco de Carga mencionado en el párrafo anterior.
- La rigidez y el sistema de control de la máquina de ensayo deben ser tales que el ensayo se pueda realizar controlando la flecha. La rigidez del sistema de carga (incluyendo la bancada, la célula de carga, el bloque de carga y el bastidor de soporte) debe ser de, al menos, 200 kN/mm.
- Un transductor electrónico calibrado con una resolución de, al menos, 0,02 mm.
- Un registrador de datos electrónico o trazador de gráficos XY.

2.2.4.4.2. Aplicación de la fuerza

El dispositivo para la aplicar carga debe consistir en:

- Un bastidor con un soporte cuadrado rígido de (20 – 1) mm de espesor y (500 – 2) mm x (500 – 2) mm de dimensiones internas que soporte la probeta plana.
- Un bloque de carga cuadrado rígido de acero que tenga una superficie de contacto de (100 – 1) mm x (100 – 1) mm y un espesor de (20 – 1) mm, colocado en el centro de la cara superior de la probeta plana.
- Un material rígido adecuado para asentamiento para aplicarlo entre la muestra y el bloque de carga y el soporte cuadrado.

2.2.4.5. Probeta de ensayo

- Se debe producir una probeta cuadrada a partir de un diseño de mezcla de concreto, con dimensiones de 600 mm x 600 mm.
- La probeta plana preparada debe curarse bajo las condiciones indicadas en la Norma NTP 339.199 Preparación y ensayo de especímenes de concreto proyectado.
- El ensayo debe realizarse normalmente a los 28 días.
- Las probetas deben examinarse y debe anotarse cualquier anomalía observada.

2.2.4.6. Procedimiento operatorio

2.2.4.6.1. Preparación y colocación de las probetas

- La carga debe aplicarse en la cara proyectada, estando el lado moldeado liso de la probeta plana en la cara inferior durante el ensayo.
- La cara moldeada debe asentarse con el material de asentamiento en la posición de contacto con el bastidor de soporte. También debe asentarse el bloque de carga en la probeta plana de forma que esté perpendicular a la carga aplicada.

2.2.4.6.2. Carga

- La máquina de ensayo debe funcionar con desplazamiento controlado a una velocidad constante de (1 – 0,1) mm/min en el centro de la probeta plana.
- El ensayo debe acabar cuando la flecha central exceda los 30 mm.
- 6.2.3. La carga y la flecha deben registrarse continuamente con el registrador de datos o el trazador de gráficos XY hasta que se obtenga una flecha de, al menos, 30 mm.

2.3. Hipótesis

La aplicación de la Macrofibra Sintética con las dosificaciones de 3.0, 5.0 y 7.0 Kg/m³, aumenta la tenacidad de Probetas Planas de Concreto elaborados en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte en el año 2016; esto último se somete al ensayo de determinación de Capacidad de absorción de energía según la guía de ensayo de la Norma UNE-EN 14488-5.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1. Operacionalización de variables

3.1.1. Variable Independiente (V.I)

- Macrofibra Sintética

3.1.2. Variable Dependiente (V.D)

- Tenacidad del Concreto

Tabla 3.1. Operacionalización de la variable dependiente

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	SUBDIMENSIONES	INDICADORES
Tenacidad del Concreto (V.D)	La tenacidad es una propiedad que describe de una manera más completa la capacidad de un material para soportar cargas antes de colapsar. (Sika 2015).	Ensayo de Energía de Absorción	Ensayos de los Agregados	Contenido de Humedad (%)
				Granulometría - MF
				Gravedad Específica (gr/cc) y Absorción (%)
				Peso Unitario (kg/m ³)
				Abrasión los Ángeles (%)
			Diseño de Mezclas	Resistencia de Diseño (kg/cm ²)
				Relación a/c
				Dosificación del Concreto (kg)
				Dosificación de la Macrofibra (kg)
			Capacidad de absorción de energía	Carga máxima, en kN.
				Curva carga/flecha
				Energía absorbida (J)

Fuente: Elaboración Propia

3.2. Diseño de investigación

El proyecto de investigación está trabajo a escala en laboratorio; en otras palabras una recreación del fenómeno que acontece en la realidad. Las probetas estándar asimilan los muros de tabiquería de las zonas afectadas por la ascensión de la capilaridad del agua.

El modelo en el cual está basado el proyecto de investigación es Cuasi experimental, debido a que se tomaron grupos que ya están integrados, por lo que las unidades de análisis no se asignan al azar.

El diseño Cuasi experimental fue solo con Post- prueba:

Figura 3.1. Diseño experimental con solo una Post- Prueba

<i>GE</i>	<i>X</i>	<i>O₂</i>
<i>GC</i>	-	<i>O₂</i>

Fuente: *Buscador Google*

Dónde:

GE = Grupo experimental.

GC = Grupo testigo o control.

X = Tratamiento experimental.

- = Ausencia de tratamiento experimental.

O₂ = Post-prueba o medición posterior al tratamiento experimental.

3.3. Unidad de estudio

Dos probetas, una probeta plana reforzada con macrofibra sintética y una probeta con el diseño de mezcla de concreto.

3.4. Población

Probetas elaboradas en el laboratorio de tecnología de concreto de la UPN, según Norma UNE-EN 14488-5.

3.5. Muestra

Para nuestra selección del tamaño de muestra de nuestra Investigación, se ha tomado la siguiente fórmula, teniendo en cuenta que nuestra variable es cuantitativa:

$$n_0 = \frac{Z^2 S^2}{E^2}$$

Dónde:

Z= es el valor de la distribución normal estandarizada para un nivel de confianza fijado por el investigador.

S= Desviación estándar de la variable fundamental del estudio o de interés para el investigador. Obtenida por estudios anteriores, muestra piloto, criterio de experto o distribución de la variable de interés.

E= % del estimador o en absoluto (unidades). Fijada por el investigador.

n_0 = Tamaño de la muestra.

Se tomaron las siguientes consideraciones:

Z= El nivel de confianza para esta investigación será de 95% (1.96).

S= Desviación estándar de la variable fundamental del estudio será de 0.072

E= El límite aceptable de error muestral se estimará en 5% (0.05).

Reemplazando los valores en la fórmula se obtiene:

$$n_0 = \frac{(1.96)^2(0.072)^2}{(0.05)^2}$$

$$n_0 = 8$$

Por lo tanto nuestra muestra será de 08 probetas: 02 probetas con el diseño de mezcla de concreto y 06 probetas reforzadas con macrofibras. En las tablas de abajo se especifica las cantidades de probetas de acuerdo a sus dosificaciones.

Tabla 3.2. Probetas de Concreto Patrón

Concreto Patrón	
N° de Ensayos	N° de Probetas
1	02

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 3.3. Probetas de Concreto + Macrofibra (3 kg/m³)

Macrofibra (3 kg/m ³)	
N° de Ensayos	N° de Probetas
1	02

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.4. Probetas de Concreto + Macrofibra (5 kg/m³)

Macrofibra (5 kg/m ³)	
N° de Ensayos	N° de Probetas
1	02

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.5. Probetas de Concreto + Macrofibra (7 kg/m³)

Macrofibra (7 kg/m ³)	
N° de Ensayos	N° de Probetas
1	02

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.6. Total de Probetas para Muestra/Población

Tipo de Concreto	N° de Probetas
Concreto Patrón	02
Concreto + Macrofibra (3 kg/m ³)	02
Concreto + Macrofibra (5 kg/m ³)	02
Concreto + Macrofibra (7 kg/m ³)	02
Total de Probetas	08

Fuente: Elaboración Propia

3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas e Instrumentos

- La técnica principal para la recolección de datos es el Diagrama de Flujo, que es una representación pictórica de los pasos en proceso. Útil para determinar cómo funciona realmente el proceso para producir un resultado. Los diagramas de flujo se pueden aplicar a cualquier aspecto del proceso desde el flujo de materiales hasta los pasos para hacer la venta u ofrecer un producto. (Ver Anexo N°1, pág.117)

3.6.2. Procedimientos de recolección de datos

- Para el procedimiento de recolección de datos, se siguió un orden en el cual cada etapa se realiza con referencia a Normas.

3.6.2.1. Selección de Cantera

Según el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014) dice que, se debe tener en consideración: Ubicación, Potencia, Condiciones de Explotación, características principales de los materiales que puedan obtenerse, rendimientos, propiedad y disponibilidad de uso de cantera.

3.6.2.2. Ensayos de los Agregados

3.6.2.2.1. NTP 400.010:2011 AGREGADOS Extracción y preparación de las muestra

La presente Norma Técnica Peruana establece los procedimientos del muestreo del agregado grueso, fino y global, para los propósitos siguientes:

- Investigación preliminar de la fuente potencial de abastecimiento
- Control en la fuente de abastecimiento.
- Control de las operaciones en el sitio de su utilización.
- Aceptación o rechazo de los materiales.

El muestreo y el ensayo son importantes, por lo tanto el operador deberá tener siempre la precaución de obtener muestras que denoten la naturaleza y condiciones del material al cual representan.

Las muestras para los ensayos de investigación preliminar serán obtenidas por la parte responsable del desarrollo de la fuente potencial. Las muestras de materiales para el control de la producción en la cantera o el control en la obra, serán obtenidas por el productor, contratistas u otras partes responsables para verificar el trabajo.

Las muestras utilizadas para aceptación o rechazo serán tomadas por el comprador o su representante autorizado.

3.6.2.2.1.1. Número y masa de las muestras de campo

El número de las muestras de campo requeridas depende del estado y variación de la propiedad a medirse. Designar cada unidad de la que se obtuvo la muestra de campo, previa al muestreo.

Tabla 3.7. Medida de las muestras

Tamaño máximo nominal del agregado	Masa mínima aproximada para la muestra de campo kg
Agregado Fino	
2,36 mm	10
4,76 mm	10
Agregado grueso	
9,5 mm	10
12,5 mm	15
19,0 mm	25
25,0 mm	50
37,5 mm	75
50,00 mm	100
63,00 mm	125
75,00 mm	150
90,00 mm	175

Fuente: Norma NTP 400.010:2011

3.6.2.2.2. NTP 339.185:2013 AGREGADOS Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.

Según la Norma NTP 339.185:2013, menciona que:

3.6.2.2.2.1. Objeto

Esta Norma Técnica Peruana establece el procedimiento para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado fino o grueso por secado. La humedad evaporable incluye la humedad superficial y la contenida en los poros del agregado, pero no considera el agua que se combina químicamente con los minerales de algunos agregados y que no es susceptible de evaporación, por lo que no está incluida en el porcentaje determinado por este método.

3.6.2.2.2.2. Campo de Aplicación

Esta Norma Técnica Peruana se aplica en la corrección de las proporciones de las tandas de los ingredientes para producir hormigón (concreto). El método generalmente mide la humedad en la muestra de ensayo con mayor confiabilidad que la muestra representa a la fuente de agregado. En aquellos casos en que el agregado está alterado por calor o cuando se requieran mediciones más refinadas, el ensayo deberá efectuarse usando un horno ventilado con temperatura controlada.

Las partículas más grandes de agregado grueso, especialmente aquellas superiores a 50 mm (2 pulg) requerirán de más tiempo de secado para que la humedad se desplace del interior de la partícula hasta la superficie. El usuario de este método deberá determinar empíricamente los resultados por secado rápido suministran la suficiente precisión para el fin requerido, cuando se sequen partículas de tamaños mayores.

3.6.2.2.2.3. Aparatos

- **Balanza:** Con sensibilidad al 0.1% del peso de prueba en cualquier punto dentro del rango de uso. Dentro de cualquier intervalo igual al 10% de la capacidad de la balanza, la indicación del peso deberá tener una precisión dentro del 0,1% del rango indicado.
- **Fuente de calor:** Un horno ventilado capaz de mantener la temperatura alrededor de la muestra a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Cuando no se requiera un control muy preciso de la temperatura, otras fuentes de calor pueden usarse, tales como una plancha o cocina eléctrica o gas, lámparas caloríficas eléctricas, o un horno microondas ventilado.

- **Recipiente para la muestra:** Un envase que no sea afectado por el calor y con suficiente capacidad para contener la muestra sin peligro de derramarse. Tendrá la forma conveniente para que el espesor de la muestra no exceda un quinto de la dimensión lateral.

3.6.2.2.2.4. Muestreo

El muestreo se efectuará de acuerdo con la NTP 400.010:2011, con excepción del tamaño de la muestra.

Deberá disponerse de una muestra representativa del contenido de humedad de la fuente de abastecimiento que está evaluándose con una masa no menor de la cantidad indicada en la siguiente tabla. La muestra deberá protegerse contra la pérdida de humedad antes de determinar su masa.

Tabla 3.8. Tamaño de la muestra de agregado

Tamaño máximo nominal de agregado mm(pulg)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en kg.
4,75 (0.187) (No.4)	0,5
9,5 (3/8)	1,5
12,5 (1/2)	2,0
19,0 (3/4)	3,0
5,0 (1)	4,0
37,5 (1 ½)	6,0
50,0 (2)	8,0
63,0 (2 ½)	10,0
75,0 (3)	13,0
90,0 (3 ½)	16,0
100,0 (4)	25,0
150 (6)	50,0

Fuente: Norma NTP 339.185:2013

3.6.2.2.2.5. Procedimiento

- Determinar la masa de la muestra con una precisión de 0.1%.
- Secar la muestra en el recipiente por medio de la fuente de calor elegida, teniendo cuidado de evitar la pérdida de ninguna partícula. Un secado muy rápido puede causar que exploten algunas partículas resultando en pérdidas de

partículas. Usar un horno de temperatura controlada cuando el calor excesivo puede altera las características del agregado o cuando se requiera una medición más precisa. Si se usa una fuente de calor diferente al horno de temperatura controlada resolver la muestra durante el secado para acelerar la operación y evitar sobrecalentamiento localizado. Cuando se use un horno microondas, es opcional el resolver la muestra.

- Cuando se use una plancha o cocina, el secado puede acelerarse mediante el siguiente procedimiento: Añadir suficiente alcohol anhidrido hasta cubrir la muestra húmeda. Resolver y permitir que el material suspendido se asiente. Decantar la mayor cantidad posible de alcohol sin perder ninguna partícula de la muestra. Encender el alcohol remanente y permitir que arda hasta que se consuma durante el secado de la muestra sobre la plancha o cocina.

3.6.2.2.2.6. Expresión de los resultados

- Calcula el contenido de humedad total evaporable de la siguiente manera:

$$P = 100(W - D) / D$$

Donde:

P: Contenido total evaporable de la muestra en porcentaje

W: Masa de la muestra húmeda original en gramos.

D: Masa de la muestra seca en gramos.

3.6.2.2.3. NTP 400.037:2014 AGREGADOS Especificaciones Normalizadas para agregados en concreto.

3.6.2.2.3.1. Campo de Aplicación

Esta Norma Técnica Peruana se aplica para el contratista, el proveedor del hormigón (concreto) u otros vendedores como parte del documento de venta en que se describe el material a proporcionar. Los requisitos de gradación son igualmente válidos para ser usados en las especificaciones que definen la calidad y otras características del agregado.

3.6.2.2.3.2. Definiciones

Para los propósitos de esta Norma Técnica Peruana, se aplican las siguientes definiciones, además de las que se presentan en la NTP 400.011, NTP 334,001 y NTP 339.047

- **Agregado Fino:** Es el agregado proveniente de la desagregación natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9,5 mm (3/8 pulg) y que cumple con los límites establecidos en la presente norma.
- **Agregado Grueso:** Es el agregado retenido en el tamiz normalizado 4,75 mm (No. 4) proveniente de la desagregación natural o artificial de la roca, y que cumple con los límites establecidos en la presente norma.

3.6.2.2.3.3. Condiciones Generales

El vendedor de los agregados deberá incluir la información que se indica a continuación:

- Si se trata de agregado fino, agregado grueso.
- La referencia a esta NTP 400.037
- La cantidad en metros cúbicos o toneladas.

3.6.2.2.3.4. Requisitos

- La granulometría del agregado grueso, será determinada de acuerdo a lo estipulado en la NTP 400.012 y deberá cumplir con la gradación de la Tabla 1 de la Norma NTP 400.037.
- La granulometría del agregado fino, será determinada de acuerdo a lo estipulado en la NTP 400.012 y deberá cumplir con la gradación de la Tabla 2 de la Norma NTP 400.037.

3.6.2.2.4. NTP 400.012:2013 AGREGADOS Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

3.6.2.2.4.1. Campo de Aplicación

Esta Norma Técnica Peruana se aplica para determinar la gradación de materiales propuestos para su uso como agregados o los que están siendo utilizados como tales. Los resultados serán utilizados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas con los requisitos que exige la especificación técnica de la obra y proporcionar los datos necesarios para el control de la producción de agregados. Los datos también pueden ser utilizados para correlacionar el esponjamiento y el embalaje.

3.6.2.2.4.2. Resumen del Método

Una muestra de agregado seco, de masa conocida, es separada a través de una serie de tamices que van progresivamente de una abertura mayor a una menor, para determinar la distribución del tamaño de las partículas.

3.6.2.2.4.3. Aparatos

- **Balanzas:** Las balanzas utilizadas en el ensayo de agregado fino, grueso y global deberán tener la siguiente exactitud y aproximación:
 - **Para agregado fino,** con aproximación de 0,1 g y exacta a 0,1 g ó 0,1 % de la masa de la muestra, cualquiera que sea mayor, dentro del rango de uso.
 - **Para agregado grueso o agregado global,** con aproximación y exacta a 0,5 g ó 0,1 % de la masa de la muestra, cualquiera que sea mayor, dentro del rango de uso.
- **Tamices:** Los tamices serán montados sobre armaduras construidas de tal manera que se prevea pérdida de material durante el tamizado. Los tamices cumplirán con la NTP 350.001.
- **Agitador mecánico de tamices:** Un agitador mecánico impartirá un movimiento vertical o movimiento lateral al tamiz, causando que las partículas tiendan asaltar y girar presentando así diferentes orientaciones a la superficie del tamizado. La acción del tamizado será tal que el criterio para un adecuado tamizado descrito en el apartado 8.4 esté dentro de un periodo de tiempo razonable.
- **Horno:** Un horno de medidas apropiadas capaz de mantener una temperatura uniforme de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.6.2.2.4.4. Muestreo

- Tomar la muestra de agregado de acuerdo a la NTP 400.010. El tamaño de la muestra de campo deberá ser la cantidad indicada en la NTP 400.010 o cuatro veces la cantidad requerida en los apartados 7.4 y 7.5 de la Norma (excepto con la modificación que se presenta en el apartado 7.6), la que sea mayor. (Aparatados corresponden a la Norma NTP 400.012).
- **Agregado fino:** La cantidad de la muestra de ensayo, luego del secado, será de 300 g mínimo.
- **Agregado grueso:** La cantidad de muestra de ensayo de agregado grueso será conforme a lo indicado en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9. Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global

Tamaño Máximo Nominal Aberturas Cuadradas mm (pulg)	Cantidad de la Muestra de Ensayo Mínimo kg (lb)
9,5 (3/8)	1 (2)
12,5 (1/2)	2 (4)
19,0 (3/4)	5 (11)
25,0 (1)	10 (22)
37,5 (1 ½)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 ½)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 ½)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

Fuente: Norma NTP 400.012:2013

3.6.2.2.4.5. Procedimiento

- Secar la muestra a peso constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Se seleccionarán tamaños adecuados de tamices para proporcionar la información requerida por las especificaciones que cubran el material a ser ensayado. El uso de tamices adicionales puede ser necesario para obtener otra información, tal como módulo de fineza o para regular la cantidad de material sobre un tamiz. Encajar los tamices en orden de abertura decreciente desde la tapa hasta el fondo y colocar la muestra sobre el tamiz superior. Agitar los tamices manualmente o por medio de un aparato mecánico por un período suficiente, establecido por tanda o verificado por la medida de la muestra ensayada, para obtener los criterios de suficiencia o tamizado descritos en el apartado 8.4.
- Limitar la cantidad de material sobre el tamiz utilizado de tal manera que todas las partículas tengan la oportunidad de alcanzar la abertura del tamiz un número de veces durante la operación de tamizado. Para tamices con aberturas menores que 4,75 mm (N° 4), la cantidad retenida sobre alguna malla al completar el tamizado no excederá a 7 kg/m² de área superficial de tamizado (Nota 5). Para tamices con aberturas de 4,75 mm (N°4) y mayores, la cantidad retenida en kg no deberá sobrepasar el producto de 2,5 x (abertura del tamiz

en mm x (área efectiva de tamizado, m²). Esta cantidad se muestra en la Tabla A.2 (véase Anexo A) para 5 dimensiones de tamices de uso común. En ningún caso la cantidad retenida será mayor como para causar deformación permanente al tamiz.

- Prevenir una sobrecarga de material sobre un tamiz individual por uno de los siguientes procedimientos:
 - Colocar un tamiz adicional con abertura intermedia entre el tamiz que va a ser sobrecargado y el tamiz inmediatamente superior en la disposición original de tamices.
 - Separar la muestra en dos o más porciones, tamizando cada porción individual. Combinar las masas de cada porción retenidas sobre un tamiz especificado antes de calcular el porcentaje de la muestra sobre el tamiz.
 - Utilizar tamices de mayor armazón que provean mayor área de tamizado.
- Continuar el tamizado por un período suficiente, de tal manera que al final no más del 1 % de la masa del residuo sobre uno de los tamices, pasará a través de él durante 1 min de tamizado manual como sigue: Sostener firmemente el tamiz individual con su tapa y fondo bien ajustado en posición ligeramente inclinada en una mano. Golpear el filo contra el talón de la otra mano con un movimiento hacia arriba y a una velocidad de cerca de 150 veces por min, girando el tamiz un sexto de una revolución por cada 25 golpes. En la determinación de la eficacia del tamizado para medidas mayores de 4,75 mm (N° 4), limitar a una capa simple de partículas sobre el tamiz. Si la medida del tamiz hace impracticable el movimiento de tamizado descrito, utilizar el tamiz de 203 mm de diámetro para verificar la eficiencia del tamizado.
- En el caso de mezclas de agregados gruesos y finos, consultar el apartado para evitar la sobrecarga de tamices individuales. Opcionalmente, la porción más fina que la malla de 4,75 mm (N° 4), puede ser reducida utilizando un sacudidor mecánico de acuerdo con el método NTP 400.043. Si se siguió este procedimiento, calcular la masa del incremento de cada medida de la muestra original como sigue:

$$W = \frac{W_1}{W_2} B$$

Donde:

A = masa del incremento de la medida sobre la base de la muestra total.

W1 = masa de la fracción más fina que la malla de 4,75 mm (N° 4) en la muestra total.

W2 = masa de la porción reducida de material más fino que la malla de 4,75 mm (N° 4) efectivamente tamizada.

B = masa del incremento en la porción reducida tamizada.

- A no ser que se utilice un sacudidor mecánico, tamizar manualmente las partículas mayores que 75 mm para la determinación de las aberturas menores de tamiz a través de las que cada partícula debe pasar. Empezar con el menor tamiz utilizado. Alternar las partículas, si es necesario, para determinar si pasarán a través de una abertura particular; de cualquier modo no fuerce las partículas a pasar a través del tamiz.
- Determinar la masa de cada incremento de medida sobre una balanza conforme a los requerimientos especificados en el apartado 5.1 aproximando al 0,1 % más cercano de la masa total original de la muestra seca. La masa total de material luego del tamizado deberá ser verificada con la masa de la muestra colocada sobre cada tamiz. Si la cantidad difiere en más de 0,3 %, sobre la masa seca original de la muestra, el resultado no deberá utilizarse para propósitos de aceptación.
- Si la muestra fue previamente ensayada por el método descrito en la NTP 400.018, adicionar la masa del material más fino que la malla de 75 μm (N° 200) determinada por el método de tamizado seco.

3.6.2.2.4.6. Cálculo

- Calcular el porcentaje que pasa, los porcentajes totales retenidos, o los porcentajes sobre cada tamiz, aproximando al 0,1 % más cercano de la masa seca inicial de la muestra. Si la misma muestra fue primero ensayada por el método de ensayo que se describe en la NTP 400.018, incluir la masa de material más fino que la malla de 75 μm (N° 200) calculada por el método de lavado y utilizar el total de la masa de la muestra seca previa al lavado descrito en el método de ensayo de la NTP 400.018, como base para calcular todos los porcentajes.
- Cuando se requiera, calcular el módulo de fineza, sumando el porcentaje
- acumulado retenido de material de cada uno de los siguientes tamices (porcentaje acumulado retenido) y dividir la suma entre 100: 150 μm (N° 100);

300 μm (N° 50); 600 μm (N° 30); 1,18 mm (N° 16); 2,36 mm (N° 8); 4,75 mm (N° 4); 9,5 mm (3/8 de pulgada);

- 19,0 mm (3/4 de pulgada); 37,5 mm (1 1/2 pulgada) y. mayores; incrementando en la relación 2 a 1.

3.6.2.2.5. NTP 400.017.2011 AGREGADOS Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados.

3.6.2.2.5.1. Objeto

Esta Norma Técnica Peruana establece la determinación de la densidad de masa (“Peso unitario”) del agregado en condición suelto o compactado, y calcula los vacíos entre partículas en agregados finos, gruesos o mezcla de ambos basados en la misma determinación. Este método de ensayo es aplicable a los agregados que no excedan los 125 mm como tamaño nominal máximo.

3.6.2.2.5.2. Campo de Aplicación

Esta Norma Técnica Peruana se aplica a los agregados para determinar la densidad de masa y los vacíos.

3.6.2.2.5.3. Definiciones

Para los propósitos de esta Norma Técnica Peruana se aplican las siguientes definiciones y las contenidas en la NTP 339.047:

- **Densidad de masa del agregado:** Masa de una unidad de volumen de la masa material del agregado, en que el volumen incluye el volumen de las partículas individuales y el volumen de vacíos entre partículas, expresado en kg/m^3 .
- **Peso unitario:** Peso (Masa) por unidad de volumen (Este término es obsoleto, es preferible usar el término densidad de masa).
- **Vacíos:** En unidad de volumen del agregado, espacio entre partículas en una masa de agregado no ocupado por la materia sólida del mineral.

3.6.2.2.5.4. Aparatos

- **Balanza:** Una balanza con exactitud dentro el 0,1% de la carga de ensayo en cualquier punto del rango de uso, con graduación al menos de 0,05 kg. El rango de uso será considerado a ser extendido desde la masa del medidor vacío a la masa del medidor más su contenido hasta 1 920 kg/m^3 .

- **Varilla de apisonado:** Una varilla lisa de acero, redondeada de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud, teniendo un extremo o ambos extremos de forma redondeada tipo semi-esférica, con 16 mm de diámetro.
- **Recipiente:** Un recipiente cilíndrico de metal, preferiblemente provisto de asas. Será hermético a prueba de agua, con bordes superior e inferior firmes y parejos con precisión en sus dimensiones interiores y suficientemente rígidas para mantener su forma en condiciones severas de uso. El recipiente tendrá una altura aproximadamente igual al diámetro, pero en ningún caso tendrá una altura de menos del 80 % ni más del 150 % del diámetro. La capacidad del recipiente estará de conformidad con los límites de la Tabla 1 para el tamaño del agregado a ser ensayado. El espesor del metal en el recipiente será como se describe en la Tabla 2. El borde superior será liso y plano dentro 0,25 mm y será paralelo a la base dentro los 0,5° (Nota 2). La pared interior del recipiente será lisa y de superficie continua.

Tabla 3.10. Capacidad de los recipientes

Tamaño máximo nominal del agregado		Capacidad de la medida	
mm	Pulgadas	L (m^3)	p^3
12,5	½	2,8 (0,0028)	1/10
25,0	1	9,3 (0,0093)	1/3
37,5	1 ½	14,0 (0,014)	½
75,0	3	28,0 (0,028)	1
112,0	4 ½	70,0 (0,070)	2 ½
150,0	6	100,0 (0,100)	3 ½

Fuente: Norma NTP 400.017:2011

- **Pala o cucharón:** Una pala o cucharón de un tamaño conveniente para llenar el recipiente con el agregado.

3.6.2.2.5.5. Muestreo

Obtener la muestra de conformidad con la NTP 400.010 y reducirla a tamaño de ensayo de conformidad con la NTP 400.043.

3.6.2.2.5.6. Muestra de ensayo

El tamaño de la muestra será aproximadamente de 125 % a 200 % la cantidad requerida para llenar el recipiente, y será manipulada de manera de evitar la segregación. Secar la muestra de agregado esencialmente a masa constante, preferiblemente en una estufa a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.6.2.2.5.7. Procedimientos

- **Procedimiento de Apisonado:** Llenar el recipiente a un tercio del total y nivelar la superficie con los dedos. Apisonar la capa de agregado con 25 golpes con la varilla de apisonado uniformemente distribuido sobre la superficie. Llenar el recipiente a los 2 tercios del total y nuevamente nivelar y apisonar como anteriormente. Finalmente, llenar el recipiente a sobre-volumen y apisonar nuevamente de la forma indicada líneas arriba. Nivelar la superficie del agregado con los dedos o una espátula de manera que cualquier proyección leve de las partículas más grandes del agregado grueso aproximadamente equilibre los vacíos mayores en la superficie por debajo de la parte superior del recipiente.
- **Procedimiento de Percusión:** Llenar el recipiente en 3 capas aproximadamente iguales como se describe en 10.1, compactar cada capa por colocación del recipiente en una base firme, como un piso de concreto, se inclina el recipiente hasta que el borde opuesto a la base de apoyo diste unos 5 cm del piso, para luego dejarlo caer en forma tal que de un golpe seco. Mediante este procedimiento, las partículas del agregado se acomodan de forma compacta. Compactar cada capa dejando caer el recipiente 50 veces en la forma descrita, 25 veces por cada extremo opuesto. Nivelar la superficie del agregado con los dedos o una espátula de manera que cualquier proyección leve de las partículas más grandes del agregado grueso aproximadamente equilibren los vacíos mayores en la superficie por debajo de la parte superior del recipiente.
- **Procedimiento para peso suelto:** Llenar el recipiente hasta el reboce con una pala o cucharón, descargando el agregado de una altura que no exceda 50 mm encima del borde superior del mismo. Tener cuidado a fin de prevenir, como sea posible, la segregación del tamaño de partículas que constituyen la muestra. Nivelar la superficie del agregado con los dedos o una espátula de manera que cualquier proyección leve de las partículas más grandes del agregado grueso aproximadamente equilibren los vacíos mayores en la superficie por debajo de la parte superior del recipiente.

3.6.2.2.5.8. Cálculo

Densidad de masa: Calcular la densidad de masa por los procedimientos de apisonado, percusión, o peso suelto como sigue:

$$M = G - T / V$$

$$M = G - T * F$$

Donde:

M = Densidad de masa del agregado, kg/m³

G = M, kg

T = Masa del recipiente, kg

V = Volumen del recipiente, m³

F = Factor para el recipiente, 1/m³

3.6.2.2.6. NTP 400.019:2014 AGREGADOS Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles.

3.6.2.2.6.1. Objeto

Esta Norma Técnica Peruana establece el procedimiento para ensayar agregados gruesos de tamaños menores que 37,5 mm (1 1/2 pulg) para determinar la resistencia a la degradación utilizando la máquina de Los Ángeles.

3.6.2.2.6.2. Campo de Aplicación

Esta Norma Técnica Peruana se aplica ampliamente como un indicador de la calidad relativa o sobre la competencia de agregados de varias fuentes teniendo una composición mineral similar. Los resultados no permiten realizar automáticamente comparaciones válidas entre fuentes de diferente origen, composición o estructura. Los límites especificados para este método deberán asignarse con extremo cuidado, considerando los tipos de agregados disponibles y su comportamiento histórico en su utilización para fines específicos.

3.6.2.2.6.3. Resumen del Método

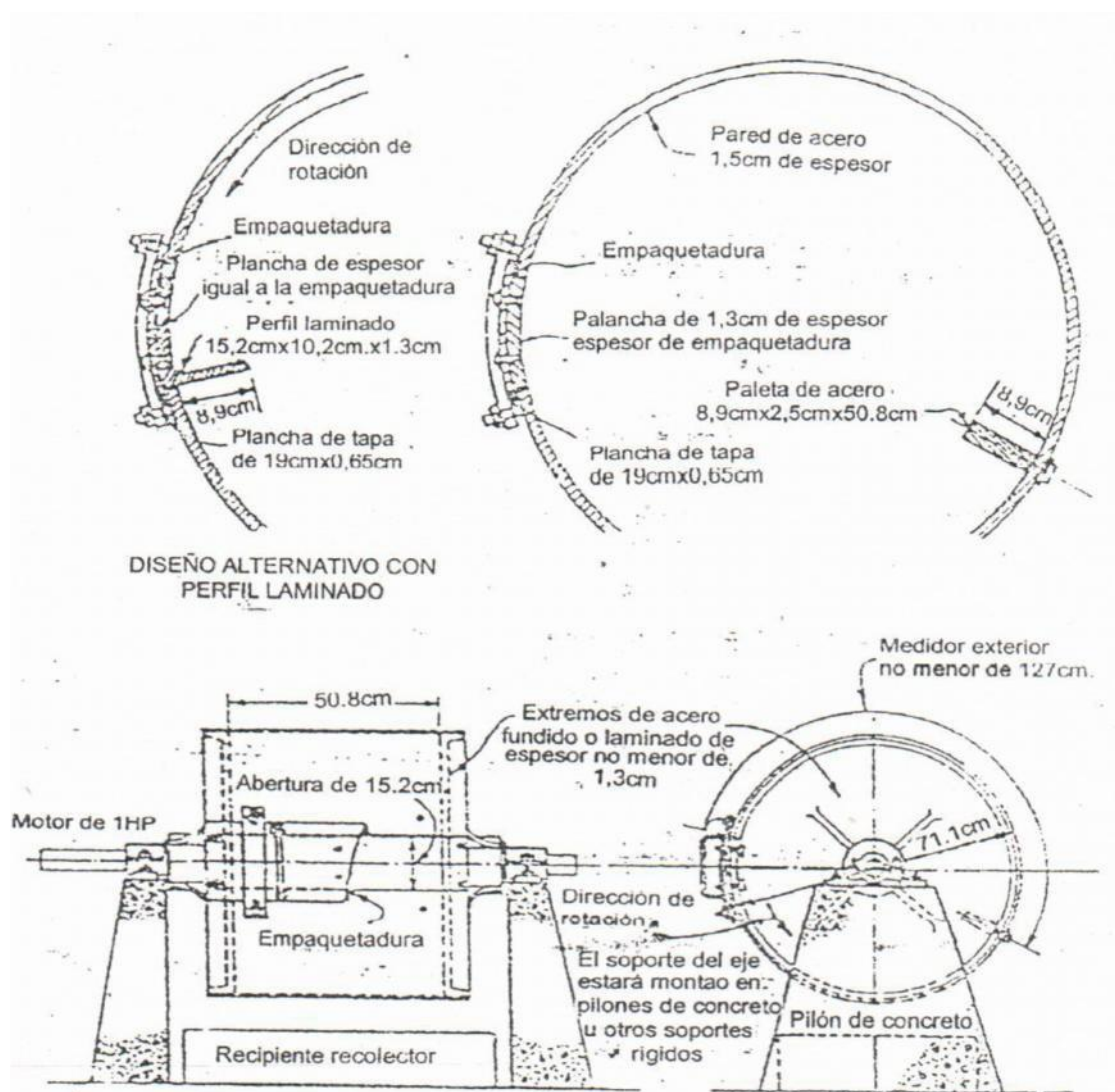
Este método de ensayo es una medida de la degradación de agregados minerales de gradaciones normalizadas resultantes de una combinación de acciones, las cuales incluyen abrasión o desgaste, impacto y trituración, en un tambor de acero en rotación que contiene un número especificado de esferas de acero, dependiendo de la gradación

de la muestra de ensayo. Al rotar el tambor, la muestra y las bolas de acero son recogidas por una pestaña de acero transportándolas hasta que son arrojadas al lado opuesto del tambor, creando un efecto de trituración por impacto. Este ciclo es repetido mientras el tambor gira con su contenido. Luego de un número de revoluciones establecido, el agregado es retirado del tambor y tamizado para medir su degradación como porcentaje de pérdida.

3.6.2.2.6.4. Aparatos

- **Máquina de Los Ángeles:** La máquina de los ángeles tendrá las características esenciales que se muestran en la figura 3.2.

Figura 3.2. Características de la Máquina los Ángeles



Fuente. Norma 400.019:2014

- **Tamices:** Conforme con la NTP 350.001
- **Balanza:** Una balanza o báscula con exactitud al 0,1% de la carga de ensayo sobre el rango requerido para este ensayo.
- **Carga:** La carga consistirá en esferas de acero de aproximadamente 46,8 mm ((1 27/32 pulg) de diámetro y cada una tendrá una masa entre 390 g y 445 g.

La carga dependiendo de la gradación de la muestra de ensayo como se describe, será como sigue:

Tabla 3.11. N° de Esferas de acuerdo a la Gradación

Gradación	Número de esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5 000 ± 25
B	11	4 584 ± 25
C	8	3 330 ± 25
D	6	2 500 ± 25

Fuente. Norma 400.019:2014

Tabla 3.12. Gradación de las muestras de ensayo

Medida del tamiz		Masa de tamaño indicado, g			
Que pasa	Retenido sobre	A	B	C	D
37,5 mm	25,0 mm	1250 ± 25			
25,0 mm	19,0 mm	1250 ± 25			
19,0 mm	12,5 mm	1250 ± 10	2500 ± 10		
12,5 mm	9,5 mm	1250 ± 10	2500 ± 10		
9,5 mm	6,3 mm			2500 ± 10	
6,3 mm	4,75 mm			2500 ± 10	
4,75 mm	2,36 mm				5000 ± 10
Total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Fuente. Norma 400.019:2014

3.6.2.2.6.5. Procedimientos

Colocar la muestra de ensayo y la carga en la máquina de Los Ángeles y rotarla a una velocidad entre 30 rpm a 33 rpm, por 500 revoluciones. Luego del número prescrito de revoluciones, descargar el material de la máquina y realizar una separación preliminar de la muestra sobre el tamiz normalizado de 1,70 mm (No 12). Tamizar la porción más fina que 1,70 mm, conforme a la NTP 400.012. Lavar el material más grueso que la malla de 1,70 mm secar al horno a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, hasta peso constante y determinar la masa con una aproximación.

3.6.2.2.6.6. Cálculo

Calcula la pérdida (diferencia entre la masa inicial y final de la muestra) como un porcentaje de la masa original de la muestra de ensayo. Informar este valor como el porcentaje de pérdida.

3.6.2.2.7. NTP 400.021:2013 AGREGADOS Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso

3.6.2.2.7.1. Objeto

La presente Norma tiene por objeto establecer un procedimiento para determinar la densidad promedio de partículas de agregado grueso (no incluye los orificios entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado grueso.

3.6.2.2.7.2. Campo de aplicación

La densidad relativa (gravedad específica) es la característica generalmente usada para el cálculo del volumen ocupado por el agregado en diferentes mezclas que contienen agregados incluyendo el concreto de cemento Portland, concreto bituminoso y otras mezclas que son proporcionadas o analizadas sobre una base de volumen absoluto. La densidad relativa (gravedad específica), también se utiliza en el cálculo de los vacíos en su conjunto en la NTP 400.036. La densidad relativa (gravedad específica) (SSD) se utiliza si el agregado está húmedo, es decir, si su absorción se ha cumplido. Por el contrario, la densidad o densidad relativa (gravedad específica) (OD) se utiliza para los cálculos cuando el agregado está seco o se supone que está seco.

3.6.2.2.7.3. Definiciones

- **Absorción:** Es el aumento de la masa del agregado debido al agua que penetra en los poros de las partículas, durante un período de tiempo prescrito, pero sin incluir el agua que se adhiere a la superficie exterior de las partículas se le expresa como porcentaje de la masa seca.
- **Secado al horno (OD):** en relación a las partículas del agregado Es la condición en la que los agregados se han secado por calentamiento en un horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante un tiempo suficiente para alcanzar una masa constante.
- **Saturadas superficialmente secas (SSD):** En relación a las partículas del agregado, es la condición en la que los poros permeables de las partículas de agregado están llenos de agua hasta el punto en el que han alcanzado, por inmersión en agua, durante el período de tiempo determinado, pero sin contener agua libre en la superficie de las partículas.
- **Densidad:** Es la masa por unidad de volumen de un material, expresado como kilogramos por metro cúbico (libras por pie cúbico).
- **Densidad (OD):** Es la masa de las partículas de agregado secado al horno por unidad de volumen de partículas de agregado, incluyendo el volumen de poros permeables e impermeables dentro de las partículas, pero sin incluir los espacios vacíos entre las partículas.
- **Densidad (SSD):** Es la masa del agregado saturado superficialmente y seco por unidad de volumen de las partículas de agregado, incluyendo el volumen de poros permeables e impermeables, poros llenos de agua dentro de las partículas, pero sin incluir los espacios vacíos entre las partículas.
- **Densidad aparente:** Es la masa por unidad de volumen de la porción impermeable de las partículas del agregado.
- **Densidad relativa (gravedad específica):** Es la relación de la densidad de un material a la densidad del agua destilada a una temperatura indicada; los valores son adimensionales.
- **Densidad relativa (gravedad específica) (OD):** Es la relación de la densidad (OD) del agregado a la densidad del agua destilada a una temperatura indicada.
- **Densidad relativa (gravedad específica), (SSD):** Es la relación de la Densidad (SSD) del agregado a la densidad del agua destilada a una temperatura indicada.
- **Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente):** Es la relación de la densidad aparente de los agregados a la densidad del agua destilada a una temperatura indicada.

3.6.2.2.7.4. Resumen del método de ensayo

Una muestra de agregado es sumergida en agua por $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$ para esencialmente llenar los poros. Luego la muestra es removida del agua, y el agua superficial de las partículas es secada y se determina la masa. Posteriormente, el volumen de la muestra se determina por el método de desplazamiento de agua. Finalmente, la muestra es secada en horno y la masa determinada. Usando los valores de la masa obtenidos y las fórmulas de este método de ensayo, es posible calcular la densidad, densidad relativa (gravedad específica), y la absorción.

3.6.2.2.7.5. Aparatos

- **Balanza:** Un dispositivo para la determinación de la masa que es sensible, fácil de leer, y una precisión de 0,05 % de la carga de muestra en cualquier punto dentro de la gama de uso de este método de ensayo, o de 0,5 g, lo que sea mayor. La balanza deberá estar equipada con un aparato adecuado para suspender el recipiente de la muestra en el agua desde el centro de la plataforma o el plato de la balanza.
- **Recipiente para muestra:** Una canasta de alambre de 3,35 mm (N° 6) o de malla fina o un cubo de aproximadamente el mismo ancho y altura, con una capacidad de 4 a 7 litros, agregado de tamaño máximo nominal o menor de 37,5 mm (1 ½ in.) y un recipiente más grande, según sea necesario, para ensayos de agregado de mayor tamaño máximo. El recipiente deberá estar construido, de modo que, evite la retención de aire cuando se sumerge en agua.
- **Tanque de agua:** Un recipiente hermético, en el que se coloca el recipiente de la muestra mientras está suspendido debajo de la balanza.
- **Tamices:** Un tamiz de 4,75 mm (N° 4) u otros tamaños según sea necesario, conforme la NTP 350.001.
- **Estufa:** Una estufa de tamaño suficiente, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

3.6.2.2.7.6. Muestreo

- Muestrear el agregado de acuerdo a la NTP 400.010.
- Mezclar bien la muestra de agregado y reducir a la cantidad aproximada necesaria para el uso de los procedimientos aplicables en la NTP 400.043. Rechazar todo el material que pasa un tamiz de 4,75 mm (N° 4), por tamizado en seco y lavar cuidadosamente para eliminar el polvo u otros recubrimientos de la superficie. Si el agregado grueso contiene una cantidad sustancial de material más fino que el tamiz de 4,75 mm (como para agregados de tamaño

Nº 8 y 9 de acuerdo a la clasificación de la ASTM D448), utilizar el tamiz 2,36 mm (Nº 8) en lugar del 4,75 mm (Nº 4). Alternativamente, separar el material más fino del tamiz de 4,75 mm y ensayar el material más fino según la NTP 400.022.

- La masa mínima de la muestra de ensayo a utilizar se da en el cuadro la siguiente manera. Está permitido ensayar el agregado grueso en varias fracciones de tamaño. Si la muestra contiene más de 15 % retenido en el tamiz de 37,5 mm (1 ½ in.), ensayar el material mayor que 37,5 mm en una o más fracciones de tamaño, por separado de las fracciones de tamaño más pequeñas. Cuando un agregado se ensaya en diferentes fracciones de tamaño, la masa mínima de la muestra de ensayo para cada fracción será la diferencia entre los valores indicados para los tamaños máximo y mínimo de la fracción.

Tabla 3.13. Masa mínima de muestra de Ensayo de Peso Específico y Absorción

Tamaño máximo nominal mm (pulg)	Peso mínimo de la muestra de ensayo kg (lb)
12,5 (1/2) o menos	2 (4,4)
19,0 (3/4)	3 (6,6)
25,0 (1)	4 (8,8)
37,5 (1 ½)	5 (11)
50 (2)	8 (18)
63 (2 ½)	12 (26)
75 (3)	18 (40)
90 (3 ½)	25 (55)
100 (4)	40 (88)
112(4 ½)	50 (110)
125 (5)	75 (165)
150 (6)	125 (276)

Fuente. Norma 400.021.2013

3.6.2.2.7.7. Procedimientos

- Secar la muestra de ensayo en una estufa hasta una masa constante a una temperatura de 110 °C ± 5 °C, enfriar a temperatura ambiente durante 1 a 3 h para las muestras de ensayo de tamaño nominal máximo de 37,5 mm (1 ½ in.), o más para tamaños más grandes, hasta que el agregado se haya enfriado a una temperatura que es cómodo de manipular (aproximadamente 50 °C). Posteriormente sumergir el agregado en agua a temperatura ambiente, durante

un período de $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$. Cuando se utilizan las especificaciones ASTM C330 o ASTM C332 de agregados ligeros del Grupo II, sumergir el agregado en agua a temperatura ambiente durante un período de $72 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$, agitar durante al menos un minuto cada 24 h.

- Cuando los valores de absorción y de densidad relativa (gravedad específica) son para ser utilizados en la dosificación mezclas de concreto, en el que los agregados estarán en su condición naturalmente húmedo, es opcional el requisito del apartado 8.1 para el secado inicial, y, si las superficies de las partículas en la muestra se han mantenido constantemente húmedas hasta la prueba, también es opcional el requisito establecido en el apartado 8.1 para el remojo durante $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$ ó $72 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$.
- Retirar la muestra del agua y hacer rodar sobre un paño absorbente grande, hasta que se eliminan todas las partículas visibles de agua. Limpiar las partículas más grandes individualmente. Se permite la utilización de un flujo de aire para facilitar la operación de secado. Tener cuidado para evitar la evaporación del agua de los poros de agregados durante la operación de secado de superficie. Determinar la masa de la muestra de ensayo, en la condición de superficie saturada seca. Anotar ésta y todas las masas posteriores cercanas a 0,5 g ó 0,05 % de la masa de la muestra, lo que sea más cercano.
- Después de la determinación de la masa en aire, colocar inmediatamente la muestra saturada superficialmente seca en el recipiente de la muestra y determinar su masa aparente en agua a $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2,0 \text{ }^\circ\text{C}$. Tener cuidado de eliminar todo el aire antes de determinar la masa, agitando el recipiente mientras está sumergido.
- Secar la muestra de ensayo en la estufa hasta una masa constante, a temperatura de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, enfriar en aire a temperatura ambiente durante 1 h a 3 h, o hasta que el agregado se ha enfriado a una temperatura que es apropiada para la manipulación (aproximadamente $50 \text{ }^\circ\text{C}$) y determinar la masa.

3.6.2.2.7.8. Cálculos

- **Densidad Relativa (Gravedad Específica) (OD):** Calcular la densidad relativa (gravedad específica) en base al agregado secado al horno de la manera siguiente:

$$\text{Densidad Relativa Gravedad Específica } OD = A/(B - C)$$

En donde:

A = masa de la muestra secada al horno en aire, g

B = masa de la muestra de ensayo de superficie saturada seca en aire, g, y

C = masa aparente de la muestra de ensayo saturada en agua, g

- **Densidad relativa (gravedad específica) (SSD):** Calcular la densidad relativa (gravedad específica) sobre la base del agregado de superficie seca saturada, de la siguiente manera:

$$\text{Densidad Relativa Gravedad Específica SSD} = B / (B - C)$$

- **Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente):** Calcular la densidad relativa aparente (gravedad específica aparente), de la siguiente manera:

$$\text{Densidad Relativa Aparente Gravedad Específica Aparente OD} = A / (A - C)$$

- **Absorción:** Calcular el porcentaje de absorción, de la siguiente manera:

$$\text{Absorción \%} = (B - A) / A \times 100$$

3.6.2.2.8. NTP 400.022:2013 AGREGADOS Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino

3.6.2.2.8.1. Objeto

La presente norma tiene por objeto establecer un procedimiento para determinar la densidad promedio de partículas de agregado fino (no incluye los orificios entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado fino.

3.6.2.2.8.2. Campo de aplicación

La densidad relativa (gravedad específica) es la característica generalmente usada para el cálculo del volumen ocupado por el agregado en diferentes mezclas que contienen agregados incluyendo el concreto de cemento Portland, concreto bituminoso y otras mezclas que son proporcionadas o analizadas sobre una base de volumen absoluto. La densidad relativa (gravedad específica) también se utiliza en el cálculo de los vacíos entre partículas en la NTP 400.036. La densidad relativa (gravedad específica) (SSD)

se utiliza en la determinación de la humedad superficial del agregado fino por desplazamiento de agua en el Método de Ensayo de la ASTM C70. La densidad relativa (gravedad específica) (SSD) se usa si el agregado está húmedo, es decir, si su absorción se ha cumplido. Por el contrario, la densidad o densidad relativa (gravedad específica) (OD) se utiliza para los cálculos cuando el agregado está seco o se supone que está seco.

3.6.2.2.8.3. Definiciones

- **Absorción:** Es el aumento de la masa del agregado debido al agua que penetra en los poros de las partículas, durante un período de tiempo prescrito, pero sin incluir el agua que se adhiere a la superficie exterior de las partículas, expresado como porcentaje de la masa seca.
- **Densidad:** Es la masa por unidad de volumen de un material, expresado como kilogramos por metro cúbico
- **Densidad (OD):** Es la masa de las partículas de agregado seco al horno, por unidad de volumen, de partículas de agregado, incluyendo el volumen de los poros permeables e impermeables dentro de las partículas, pero sin incluir los espacios vacíos entre las partículas.
- **Densidad (SSD):** Es la masa del agregado saturado superficialmente seco, por unidad de volumen de las partículas de agregado, incluyendo el volumen de poros permeables e impermeables, poros llenos de agua dentro de las partículas, pero sin incluir los espacios vacíos entre las partículas.
- **Densidad aparente:** Es la masa por unidad de volumen, de la porción impermeable de las partículas del agregado.
- **Secado al horno (OD):** Relacionados a las partículas del agregado, es la condición en la que los agregados se han secado por calentamiento en un horno a $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ durante un tiempo suficiente para alcanzar una masa constante.
- **Densidad relativa (gravedad específica):** Es la relación de la densidad de un material a la densidad del agua a una temperatura indicada; los valores son adimensionales.
- **Densidad relativa (gravedad específica) (OD):** Es la relación de la densidad (OD) del agregado a la densidad del agua a una temperatura indicada.
- **Densidad relativa (gravedad específica), (SSD):** Es la relación de la densidad (SSD) del agregado a la densidad del agua a una temperatura indicada.
- **Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente):** Es la relación de la densidad aparente de los agregados a la densidad del agua a una temperatura indicada.

- **Saturada superficialmente seco (SSD):** Relacionado a las partículas del agregado, es la condición en la que los poros permeables de las partículas de agregado están llenos de agua por inmersión, durante el período de tiempo determinado, pero sin contener agua libre en la superficie de las partículas.
- **Saturada superficialmente seco (SSD):** Relacionado a las partículas del agregado, es la condición en la que los poros permeables de las partículas de agregado están llenos de agua por inmersión, durante el período de tiempo determinado, pero sin contener agua libre en la superficie de las partículas.

3.6.2.2.8.4. Resumen del método de ensayo

Una muestra de agregado es retirada en agua por $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$ para esencialmente llenar los poros. Luego es retirada del agua, el agua superficial de las partículas es secada y se determina la masa. Posteriormente, la muestra (o una parte de ella) se coloca en un recipiente graduado y el volumen de la muestra se determina por el método gravimétrico o volumétrico. Finalmente, la muestra es secada en horno y la masa se determina de nuevo. Usando los valores de la masa obtenidos y mediante las fórmulas de este método de ensayo, es posible calcular la densidad, densidad relativa (gravedad específica), y la absorción.

3.6.2.2.8.5. Aparatos

- **Balanza:** Una balanza o báscula que tiene una capacidad de 1 kg o más, sensibles a 0,1 g o menos, y una precisión de 0,1 % de la carga de ensayo en cualquier punto dentro de la gama de uso de este método de ensayo. Dentro de un rango de 100 g de la carga de la prueba, la diferencia entre las lecturas deberán tener una precisión de 0,1 g.
- **Picnómetro (para usarse con el procedimiento gravimétrico):** Un frasco u otro contenedor apropiado en el cual la muestra de agregado fino puede ser rápidamente introducida y en el cual el contenido del volumen puede ser calibrado hasta $\pm 0,1 \text{ cm}^3$. El volumen del recipiente lleno hasta la marca será de al menos 50 % mayor que el espacio necesario para acomodar la muestra de ensayo. Un matraz aforado de 500 cm^3 de capacidad o un frasco de vidrio, equipado con una tapa de picnómetro es satisfactorio para una muestra de 500 g de la mayoría de los áridos finos.
- **Frasco (para su uso en determinación volumétrica):** Un frasco de Le Chatelier, como se describe en la NTP 334.005, es apropiado para una muestra de aproximadamente 55 g.

- **El molde y barra compactadora para los ensayos superficiales de humedad:** El molde metálico deberá tener la forma de un tronco de cono con las dimensiones de la siguiente manera: 40 mm \pm 3 mm de diámetro interior en la parte superior, 90 mm \pm 3 mm de diámetro interior en la parte inferior y 75 mm \pm 3 mm de altura; el metal debe tener un espesor mínimo de 0,8 mm. La barra compactadora de metal tendrá una masa de 340 g \pm 15 g y una cara plana circular de apisonamiento de 25 mm \pm 3 mm de diámetro.
- **Estufa:** Una estufa de tamaño suficiente, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 °C \pm 5 °C.

3.6.2.2.8.6. Procedimiento

- Llenar parcialmente el picnómetro con agua. Introducir en el picnómetro 500 g \pm 10 g de agregado fino de saturada seca superficialmente, y llenar de agua adicional hasta aproximadamente el 90 % de su capacidad. Agitar el picnómetro.
- Rodar, invertir o agitar manualmente el picnómetro (o utilizar una combinación de estas acciones) para eliminar las burbujas de aire visibles.
- Agitar mecánicamente el picnómetro por vibración externa de una manera que no se degrade la muestra. Ajustar el nivel de agitación para fijar las partículas individuales en movimiento sin degradación siendo esto suficiente para promover la eliminación de aire.
- Después de la eliminación de todas las burbujas de aire, ajustar la temperatura del picnómetro y su contenido a 23,0 °C \pm 2,0 °C, si es necesario por inmersión parcial en agua circulante, y llevar el nivel de agua en el picnómetro a su capacidad de calibración. Determinar la masa total del picnómetro, el espécimen, y el agua.
- Retirar el agregado fino del picnómetro, secar en el horno a una masa constante, a temperatura de 110 °C \pm 5 °C, enfriar en aire a temperatura ambiente durante 1 h \pm 1/2 h, y determinar la masa.
- Determinar la masa del picnómetro lleno a su capacidad de calibración con agua a 23,0 °C \pm 2,0 °C.

3.6.2.2.8.7. Cálculos

A = masa de la muestra seca al horno, g

B = masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración, g

C = masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración, g.

S= masa de la muestra de saturado superficialmente seca (utilizado en el procedimiento gravimétrico para la densidad y la densidad relativa (gravedad específica), o para la absorción con ambos procedimientos), g

- **Densidad Relativa (Gravedad Específica) (OD):** Densidad relativa (gravedad específica) (seca al horno seco): Calcular la densidad relativa (gravedad específica) sobre la base del agregado secado al horno, de la siguiente manera:

$$\text{Densidad Relativa Gravedad Específica OD} = A/(B + S - C)$$

- **Densidad relativa (gravedad específica) (SSD):** Saturado superficialmente seca: Calcular la densidad relativa (gravedad específica) en base al agregado saturado superficialmente seca de la siguiente manera:

$$\text{Densidad Relativa Gravedad Específica SSD} = S/(B + S - C)$$

- **Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente):** Calcular la densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) de la siguiente manera:

$$\text{Densidad Relativa Aparente Gravedad Específica Aparente OD} = A/(B + A - C)$$

- **Absorción:** Calcular el porcentaje de absorción, de la siguiente manera:

$$\text{Absorción \%} = 100 S - A / A$$

3.6.2.3. Diseño de Mezcla de Concreto

Para el diseño de Mezcla de Concreto, se tomará los siguientes pasos para determinar los resultados:

3.6.2.3.1. Materiales para la Dosificación del Concreto

Para las cantidades requeridas para el diseño de Mezcla de Concreto, se tomará los resultados obtenidos en laboratorio de los Ensayos de los Agregados, en el cual las normas han sido definidas en el Ítem 3.6.2.2.

3.6.2.3.2. Macrofibra Sintética

La macrofibra sintética, será obtenida con su hoja de especificaciones técnicas y será aplicada con las siguientes dosificaciones: 3, 5 y 7 kg/m³.

3.6.2.3.3. Diseño de Mezcla de Concreto (Dosificaciones): En esta etapa se aplicará para determinar las cantidades de materiales por metro cubico de concreto pueden ser determinados; cuando se emplea el método del comité 211 del ACI, siguiendo la secuencia que a continuación se indica:

- Selección de la resistencia promedio a partir de la resistencia en compresión especificada y la desviación estándar de la compañía constructora.
- Selección del tamaño máximo nominal del agregado.
- Selección del asentamiento.
- Selección del volumen unitario de agua de diseño.
- Selección del contenido de aire.
- Selección de la relación agua cemento por resistencia y durabilidad.
- Determinación del factor cemento.
- Determinación del contenido del agregado grueso.
- Determinación de la suma de los volúmenes absolutos.
- Determinación del volumen absoluto de agregado fino.
- Determinación del peso seco del agregado fino.
- Determinación de los valores de diseño del cemento.
- Corrección de los valores de diseño por humedad del agregado.
- Determinación de la proporción en peso.

3.6.2.4. Elaboración de Probetas: Paneles Cuadrados

El proceso para llegar al análisis de resultados está enmarcado en:

- Ensayo de agregados: para poder elaborar el diseño de mezcla, se necesita primero conocer las características del agregado a emplear.
- Diseño de mezcla y prueba: inicialmente, se generará el cálculo estimado para el diseño de mezcla con el Método de ACI 211. Con estos datos se ensayarán probetas (Paneles cuadrados) para determinar su energía absorbida.

3.6.2.5. Ensayo de Capacidad de Absorción de Energía

Una probeta plana reforzada con fibras, se somete a una carga, bajo control de la flecha, a través de un bloque de acero rígido colocado en el centro de la probeta plana.

Se registra la curva carga/flecha y se continúa el ensayo hasta que se alcanza una flecha de, al menos, 30 mm en el punto central de la probeta plana.

A partir de la curva carga/flecha se calcula una segunda curva que proporciona la energía absorbida como una función de la flecha de la probeta plana.

3.6.2.5.1. Introducción

Como se ha mencionado anteriormente, las fibras mejoran ciertas limitaciones que presenta el concreto. Uno de los principales aportes es el aumento de la capacidad de absorción o disipación de energía gracias a los mecanismos de transferencia de esfuerzos. Esta capacidad se denomina tenacidad, y esta se obtiene mediante diferentes ensayos. En este caso se utilizará de acuerdo a Norma Europea EN 14488-5.

3.6.2.5.1.1. Objetivo

Es determinar la resistencia a la flexión y la flexión equivalente (tenacidad) para concreto reforzado con fibras de acero.

3.6.2.5.1.2. Máquina

La máquina de ensayo será la especificada en la Norma Europea EN 14488-5. La rigidez y el sistema de control de la máquina de ensayo deben ser tales que el ensayo se pueda realizar controlando la flecha. La rigidez del sistema de carga (incluyendo la bancada, la célula de carga, el bloque de carga y el bastidor de soporte) debe ser de, al menos, 200 kN/mm.

3.6.2.5.1.3. Preparación y colocación de las probetas

- La carga debe aplicarse en la cara proyectada, estando el lado moldeado liso de la probeta plana en la cara inferior durante el ensayo.
- La cara moldeada debe asentarse con el material de asentamiento en la posición de contacto con el bastidor de soporte. También debe asentarse el bloque de carga en la probeta plana de forma que esté perpendicular a la carga aplicada.

3.6.2.5.1.4. Carga

- La máquina de ensayo debe funcionar con desplazamiento controlado a una velocidad constante de $(1 \pm 0,1)$ mm/min en el centro de la probeta plana.
- El ensayo debe acabar cuando la flecha central exceda los 30 mm.
- La carga y la flecha deben registrarse continuamente con el registrador de datos o el trazador de gráficos XY hasta que se obtenga una flecha de, al menos, 30 mm (véase la figura 2).

3.7. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos

- Para el procesamiento de los datos, se usará hojas de cálculo en Microsoft Excel. Los formatos están acordes a la Normas antes mencionadas.
- Para una mejor presentación de los datos obtenidos, se dispondrán en tablas y gráficos.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

4.1. Selección de Cantera

La cantera donde se extrajeron las muestras de los agregados para los ensayos y para la elaboración de las probetas (Paneles cuadrados), tiene como razón social Transportes y Agregados Barreto S.A.C.

Esta cantera se encuentra ubicada a 3.5 km del eje de la Panamericana Norte (a 10 min del Óvalo). La cantera tiene como productos a: Hormigón TMN 1", Piedra $\frac{3}{4}$ ", Piedra $\frac{1}{2}$ ", Arena Gruesa, Arena Fina, Gravilla y Confitillo, en un área de 12 hectáreas y una producción diaria de 90 m³ Hormigón TMN 1" ,60 m³ Piedra, y 50 m³ Piedra $\frac{3}{4}$ ".

De acuerdo a la Norma NTP 400.010, se extrajeron muestras para realizar los Ensayos de Laboratorio, 2 m³ de arena gruesa y 2 m³ de agregado grueso de $\frac{3}{4}$ ".

Para la selección de la cantera Barreto, se realizó en base a su disposición de transporte y extracción, producción de agregado solicitado así como la utilización de chancadora. De todas las canteras de la zona, cantera Barreto contaba con personal calificado para que nos diera los datos requeridos, además de contar con una razón social establecida.

En las Tablas 4.1 y 4.2 se muestran los datos y ubicación de la Cantera.

Tabla 4.1. Datos de la Cantera

Razón Social:	Transportes y Agregados Barreto S.A.C
RUC:	20481348073
Área:	12 hectáreas
Productos:	<ul style="list-style-type: none"> - Hormigón TMN 1" - Piedra ¾" - Piedra ½" - Arena Gruesa - Arena Fina - Gravilla - Confitillo
Producción Diaria:	<ul style="list-style-type: none"> - 90 m3 Hormigón TMN 1" - 60 m3 Piedra - 50 m3 Piedra ¾"
Equipos:	<ul style="list-style-type: none"> - Chancadora - Retroexcavadora - Cargador Frontal - Volquete

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.2. Datos de Ubicación la Cantera

Carretera:	Panamericana Norte (Ov Huanchaco – Chicama)
Distancia ó eje referencia:	3.5 Km
Lado:	Izquierdo

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.1. Ubicación de la Cantera



Fuente: Google Maps - Elaboración Propia

4.2. Ensayos de los Agregados.

4.2.1. NTP 400.010:2011 Extracción y preparación de las muestra.

Para la realización de los ensayos de los agregados gruesos y finos se extrajeron muestras de la cantera Barreto ubicada en la Panamericana Norte (entre el Ovalo Huanchaco y Chicama), el muestreo y el ensayo son importantes, por lo tanto se tuvo la precaución de obtener muestras que denoten la naturaleza y condiciones del material al cual representan.

4.2.2. NTP 339.185.2013 Contenido de humedad por secado

Se siguió el procedimiento para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado fino o grueso por secado.

Para el agregado Fino, se tomó de la muestra 1 kg para determinar su contenido de humedad el cual fue de 0.57%. Este valor más adelante se ajustó para el diseño de mezcla de concreto. En la Tabla 4.3, se observan el procesamiento de datos.

Tabla 4.3. Contenido de Humedad del Agregado Fino

TARA	1	2	3
PESO DE TARA (gr.)	165.38	137.12	139.17
PESO MUESTRA HÚMEDA + TARA (gr.)	1165.38	1137.12	1139.18
PESO MUESTRA SECA + TARA (gr.)	1159.66	1131.53	1133.61
PESO DEL AGUA (gr.)	5.72	5.59	5.57
PESO MUESTRA SECA (gr.)	994.28	994.41	994.44
% DE HUMEDAD	0.58	0.56	0.56
PROMEDIO (%)	0.57		

Fuente: Elaboración Propia

Para el agregado Grueso, se tomó de la muestra 3 kg para determinar su contenido de humedad, el cual fue de 0.60%. Este valor más adelante se ajustó para el diseño de mezcla de concreto. En la Tabla 4.4, se observan el procesamiento de datos.

Tabla 4.4. Contenido de Humedad del Agregado Grueso

TARA	1	2	3
PESO DE TARA (gr.)	239.63	214.21	268.10
PESO MUESTRA HÚMEDA + TARA (gr.)	3239.80	3214.42	3268.24
PESO MUESTRA SECA + TARA (gr.)	3222.57	3197.58	3248.77
PESO DEL AGUA (gr.)	17.23	16.84	19.47
PESO MUESTRA SECA (gr.)	2982.94	2983.37	2980.67
% DE HUMEDAD	0.58	0.56	0.65
PROMEDIO (%)	0.60		

Fuente: Elaboración Propia

4.2.3. NTP 400.037:2014 Agregados en concreto

Para el agregado fino, se utilizó los tamices establecidos en la Norma NTP 400.037:2014.

Tabla 4.5. Huso Granulométrico del Agregado Fino

Tabla N° 02		
Tamiz	Limites Totales	
	Mínimo	Máximo
3/8"	100	100
#4	95	100
#8	80	100
#16	50	85
#30	25	60
#50	5	30
#100	0	10
Mf=	1.18	3.71

Fuente: Elaboración Propia

Para el agregado grueso, se utilizó los tamices del HUSO 56 establecido en la Norma NTP 400.037:2014 nuestro agregado tiene un TMN 1", por eso se optó por la utilización de este Huso.

Tabla 4.6. Huso Granulométrico del Agregado Grueso

Huso 56		
Tamiz	Porcentaje que Pasa (1" - 3/8")	
	Mínimo	Máximo
1 1/2"	100	100
1"	90	100
3/4"	40	85
1/2"	10	40
3/8"	0	15
#4	0	5
Mf=	6.95	7.60

Fuente: Elaboración Propia

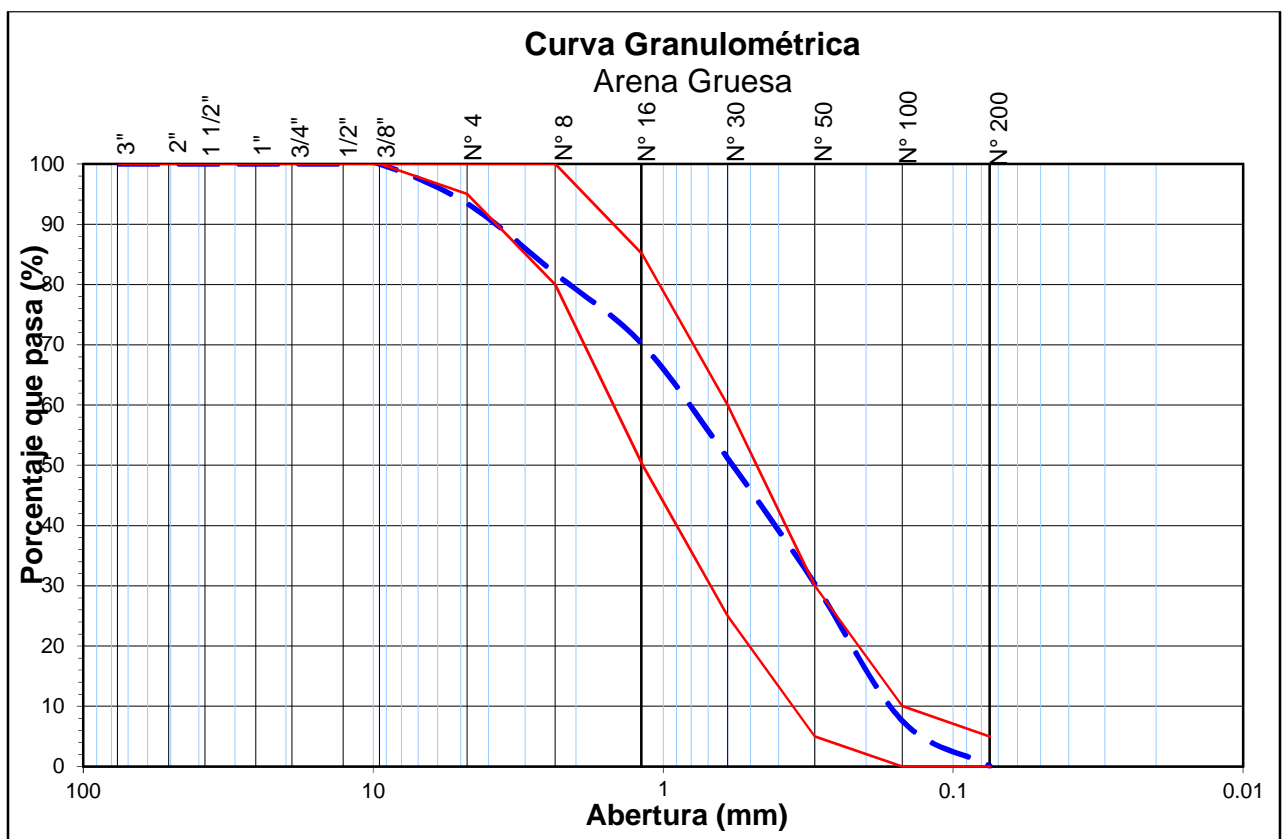
4.2.4. NTP 400.012:2013 Análisis granulométrico

Los ensayos de granulometría se realizaron de acuerdo a la Norma NTP 400.012:2013.

4.2.4.1. Granulometría agregado fino

Del ensayo realizado a la muestra de agregado fino proveniente de la cantera Barreto, se obtiene un material con la siguiente granulometría:

Figura 4.2. Granulometría del Agregado Fino



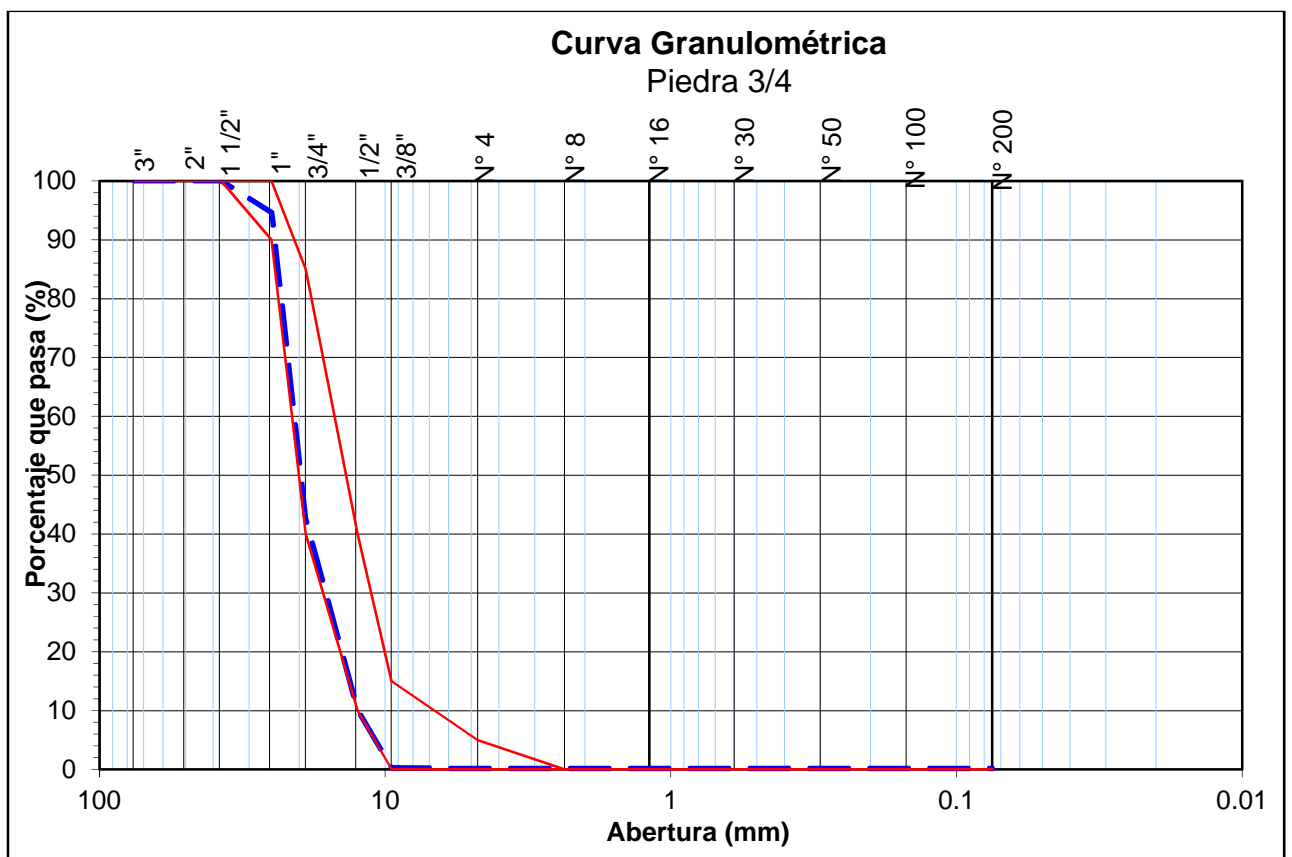
Fuente: Elaboración Propia

De la Fig. 4.2 se observa que el agregado fino proveniente de la cantera Barreto sale ligeramente de la curva de límite mínimo, los puntos de la malla N° 3/8" y N°4, sin embargo, la mayor proporción de la curva se encuentra dentro los límites máximo y mínimo de la Norma NTP 400.037:2014), por lo tanto se usa para la elaboración de probetas: Paneles Cuadrados. Su M_f es de 2.66

4.2.4.2. Granulometría agregado grueso

Del ensayo realizado a la muestra de agregado grueso proveniente de la cantera Barreto, se obtiene un material con la siguiente granulometría:

Figura 4.3. Granulometría del Agregado Grueso



Fuente: Elaboración Propia

De la Fig. 4.3 se observa que el agregado grueso proveniente de la cantera Barreto, la mayor proporción de la curva se encuentra dentro los límites mínimos de la Norma NTP 400.037:2014), sin embargo se usará para la elaboración de probetas: Paneles Cuadrados. Su *M_f* es de 7.56. Este valor se encuentra entre 6.95 y 7.60 establecidos en la norma.

4.2.5. NTP 400.017:2011 Peso Unitario

Los ensayos de granulometría se realizaron de acuerdo a la Norma NTP 400.017:2011.

4.2.5.1. Peso unitario del agregado fino

Del ensayo realizado a la muestra de agregado fino proveniente de la cantera Barreto, se obtiene el siguiente peso unitario

Tabla 4.7. Datos para el Peso Unitario del Agregado Fino

Datos	
Peso (molde) (kg)	5.505
Peso (molde+agua)(kg)	19.406
Peso (agua) (kg)	13.901
Factor (kg/m ³)	1000.000
Volumen del Molde (m ³)	0.014

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.8. Peso Unitario Suelto Seco del Agregado Fino

Datos	1	2	3
Peso (molde) (kg)	5.505	5.505	5.505
Peso (molde + muestra)(kg)	29.667	30.335	30.240
Peso Suelto (muestra) (kg)	24.162	24.830	24.735
Volumen del Molde (m ³)	0.014	0.014	0.014
Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m ³)	1738	1786	1779
Promedio Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m³)	1768		

Fuente: Elaboración Propia

Nota: se tomará el valor de **1770 kg/m³**, debido a que la Norma nos dice que debemos reportar los resultados de densidad de masa con exactitud de 10 kg/m³

Tabla 4.9. Peso Unitario Compactado del Agregado Fino

Datos	1	2	3
Peso (molde) (kg)	5.505	5.505	5.505
Peso (molde + muestra)(kg)	31.890	32.080	31.850
Peso Compactado (muestra) (kg)	26.385	26.575	26.345
Volumen del Molde (m3)	0.014	0.014	0.014
Peso Unitario Compactado Seco (Kg/m3)	1898	1912	1895
Promedio Peso Unitario Compactado Seco (Kg/m3)	1902		

Fuente: Elaboración Propia

El agregado fino proveniente de la cantera Barreto, en el ensayo de acuerdo a la norma de Peso Unitario NTP 400.017:2011, se obtuvo el valor de 1768 kg/m³ para Promedio Peso Unitario Suelto Seco y 1902 kg/m³ para Promedio Peso Unitario Compactado Seco. Estos valores los utilizaremos para el diseño de mezcla.

4.2.5.2. Peso unitario del agregado grueso

Del ensayo realizado a la muestra de agregado grueso proveniente de la cantera Barreto, se obtiene el siguiente peso unitario

Tabla 4.10. Datos para el Peso Unitario del Agregado Grueso

Datos	
Peso (molde) (kg)	5.505
Peso (molde + agua)(kg)	19.406
Peso (agua) (kg)	13.901
Factor (kg/m3)	1000.000
Volumen del Molde (m3)	0.014

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.11. Peso Unitario Suelto Seco del Agregado Grueso

Datos	1	2	3
Peso (molde) (kg)	5.505	5.505	5.505
Peso (molde + muestra)(kg)	27.315	27.220	27.180
Peso Suelto (muestra) (kg)	21.810	21.715	21.675
Volumen del Molde (m ³)	0.014	0.014	0.014
Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m ³)	1569	1562	1559
Promedio Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m³)	1563		

Fuente: Elaboración Propia

Nota: se tomará el valor de **1560 kg/m³**, debido a que la Norma nos dice que debemos reportar los resultados de densidad de masa con exactitud de 10 kg/m³

Tabla 4.12. Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso

Datos	1	2	3
Peso (molde) (kg)	5.505	5.505	5.505
Peso (molde + muestra)(kg)	29.210	29.255	29.275
Peso Compactado (muestra) (kg)	23.705	23.750	23.770
Volumen del Molde (m ³)	0.014	0.014	0.014
Peso Unitario Compactado Seco (Kg/m ³)	1705	1709	1710
Promedio Peso Unitario Compactado Seco (Kg/m³)	1708		

Fuente: Elaboración Propia

El agregado grueso proveniente de la cantera Barreto, en el ensayo de acuerdo a la norma de Peso Unitario NTP 400.017:2011, se obtuvo el valor de 1563 kg/m³ para Promedio Peso Unitario Suelto Seco y 1708 kg/m³ para Promedio Peso Unitario Compactado Seco. Estos valores los utilizaremos para el diseño de mezcla.

4.2.6. NTP 400.019:2014 Abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles

Con éste ensayo se determina el desgaste de los agregados, establecido para agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1 ½”) – NTP 400.019:2014

El ensayo se realizó a las muestras de agregado grueso, para las pruebas se usó la gradación “A” (agregados menores de 1 ½”), utilizando una masa de 5 kg y 12 esferas. El porcentaje de desgaste es de 15.18%

Este resultado nos demuestra que este agregado tiene buena resistencia al desgaste por abrasión para la producción de pavimentos rígidos.

Tabla 4.13. Porcentaje de desgaste por abrasión

DATOS	
PESO MUESTRA SECA ANTES DE ENSAYO (gr.)	5000.00
PESO MUESTRA SECA DESPUÉS DE ENSAYO (gr.)	4241.00
NÚMERO DE ESFERAS	12.00
% DE DESGASTE	15.18

Fuente: Elaboración Propia

4.2.7. NTP 400.021:2013 Peso específico y absorción del agregado grueso

Del ensayo realizado a la muestra de agregado grueso proveniente de la cantera Barreto, se obtiene un material con la siguiente densidad específica y absorción:

Tabla 4.14. Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.

ENSAYO	
A= Masa de la muestra secada al horno en aire, (gr.)	2998.00
B= Masa de la muestra de ensayo de superficie saturada seca en aire, (gr.)	3030.00
C= Masa aparente de la muestra de ensayo saturada en agua, (gr.)	1916.00
a) Densidad relativa (Gravedad Específica) (OD)= $A/(B-C)$, (gr/cc)	2.69
b) Densidad relativa (Gravedad Específica) (SSD)= $B/(B-C)$, (gr/cc)	2.72
c) Densidad Relativa Aparente (Gravedad Específica Aparente)= $A/(A-C)$, (gr/cc)	2.77
d) Absorción, $\%=100 [(B-A)/A]$, (%)	1.07

Fuente: Elaboración Propia

De la Tabla. 4.14 se observa que el agregado grueso proveniente de la cantera Barreto tiene una gravedad específica de 2.69 gr/cc, densidad relativa de 2.72, densidad relativa aparente de 2.77 y absorción de 1.07%.

4.2.8. NTP 400.022:2013 Peso específico y absorción del agregado fino

Del ensayo realizado a la muestra de agregado fino proveniente de la cantera Barreto, se obtiene un material con la siguiente densidad específica y absorción:

Tabla 4.15. Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

ENSAYO	
A= Masa de la muestra seca al horno, (gr.)	496.00
B= Masa del Picnómetro llenado de agua, (gr.)	652.60
C= Masa del Picnómetro lleno de la muestra y el agua, (gr.)	962.00
S= Masa de la muestra de Saturado Superficialmente Seca	500.00
a) Densidad relativa (Gravedad Específica) (OD)= $A/(B+S-C)$, (gr/cc)	2.60
b) Densidad relativa (Gravedad Específica) (SSD)= $S/(B+S-C)$, (gr/cc)	2.62
c) Densidad Relativa Aparente (Gravedad Específica Aparente)= $A/(B+A-C)$, (gr/cc)	2.66
d) Absorción, $\%=100 [(S-A)/A]$, (%)	0.81

Fuente: Elaboración Propia

De la Tabla. 4.15 se observa que el agregado fino proveniente de la cantera Barreto tiene una gravedad específica de 2.60 gr/cc, densidad relativa de 2.62, densidad relativa aparente de 2.66 y absorción de 0.81%.

4.3. Diseño de Mezcla de Concreto.

4.3.1. Materiales para la Dosificación del Concreto

Para la elaboración de los paneles cuadrados de medidas: 0.60m x 0.60m x 0.10m, los cuales serán sometidos al ensayo de capacidad de absorción de energía, es necesario que los materiales cumplan con las condiciones y exigencias de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas.

4.3.1.1. Cemento

Para la elección del cemento, se tuvo en cuenta que a la mezcla se incorporará macrofibra sintética en 3 distintas dosificaciones. El cemento es el componente más activo del concreto, es por ello que el comportamiento del concreto se verá influenciado por la calidad y propiedades del cemento a elegir.

Para el diseño de mezcla se optó por usar el Cemento Portland Tipo MS (MH), debido a que nuestra tesis de investigación está orientada a la aplicación de macrofibra para aumentar la tenacidad del concreto, que a su vez su aplicación se da en losas de pavimento rígido, estas losas van contra terreno. Según la composición química del suelo, o por las aguas intersticiales presentes en él, un suelo puede ser perjudicial en contacto con el concreto, degradando así las cimentaciones.

El ataque de sulfatos se produce donde hay concentraciones relativamente altas de sulfatos de sodio, potasio, calcio o magnesio, ya sea en suelos con aguas subterráneas, superficiales o en aguas de mar. Puede deberse también por la presencia de desechos industriales, fecales o subproductos químicos de cualquier naturaleza. Los sulfatos son de alta solubilidad en agua penetrando fácilmente en estructuras de concreto expuestas a los mismos.

Por lo expuesto anteriormente se ha optado por usar el cemento hidráulico de resistencia moderada a los sulfatos para evitar posibles ataques mencionados en el párrafo anterior.

A continuación se presenta las propiedades físicas del cemento a utilizar:

Figura 4.4. Propiedades Físicas el Cemento Portland Tipo MS (MH)

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.082 / ASTM C1157
Contenido de Aire	%	4	NO ESPECÍFICA
Expansión en Autoclave	%	0.07	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	4580	NO ESPECÍFICA
Retenido M325	%	4.0	NO ESPECÍFICA
Densidad	g/ml	2.96	NO ESPECÍFICA
Resistencia Compresión :			
Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm ²)	23.3 (237)	Mínimo 11.0 (Mínimo 112)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm ²)	31.4 (320)	Mínimo 18.0 (Mínimo 184)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (Kg/cm ²)	43.3 (441)	Mínimo 20.0 (Mínimo 206)
Tiempo de Fraguado Vicat :			
Fraguado Inicial	min	179	Mínimo 45
Fraguado Final	min	358	Máximo 420

Fuente: Certificado de Calidad del Cemento Portland Tipo MS (MH)

4.3.1.2. Agregados

Para el diseño de mezcla de concreto se utilizará los valores obtenidos después de haber realizado todos los ensayos acorde con las Normas Técnicas Peruanas.

Es recomendable, para la elaboración de los paneles cuadrados, todas las mezclas empleen los mismos agregados. El contenido del agregado grueso y agregado fino, serán los mismos a ser empleados en el diseño de mezcla patrón así con el diseño de concreto más macrofibra.

4.3.1.2.1. Agregado Grueso

El agregado extraído de la Cantera Barreto tiene un TMN de 1", de acuerdo a su granulometría su M_f es de 7.56 encontrándose entre los límites del Huso 56.

Su Contenido de humedad es de 0.60%.

Su Peso unitario suelto seco es de 1563 kg/cm³ y su Peso unitario compactado seco es de 1708 kg/cm³.

El agregado grueso proveniente de la cantera Barreto tiene una gravedad específica de 2.69 gr/cc, densidad relativa de 2.72, densidad relativa aparente de 2.77 y absorción de 1.07%.

Su porcentaje de desgaste es de 15.18 % con la gradación A.

4.3.1.2.2. Agregado Fino

El agregado extraído de la Cantera Barreto de acuerdo a su granulometría su M_f es de 2.66 encontrándose entre los límites de acuerdo a la Tabla 02 de la Norma NTP 400.037.2002

Su Contenido de humedad es de 0.57%.

Su Peso unitario suelto seco es de 1768 kg/cm³ y su Peso unitario compactado seco es de 1902 kg/cm³.

El agregado grueso proveniente de la cantera Barreto tiene una gravedad específica de 2.60 gr/cc, densidad relativa de 2.62, densidad relativa aparente de 2.66 y absorción de 0.81%.

4.3.1.3. Agua

El agua para la elaboración de los diseños de mezcla será potable, libre de residuos orgánicos esto no constituyó un problema debido a que la fuente de agua e encontraba cerca al lugar donde se realizaron las mezclas de concreto.

4.3.2. Macrofibra Sintética

Las fibras que se añadirán en el diseño de mezcla de concreto es la Macro Fibra Sintética SikaFiber® Force PP 48. Es una fibra de polipropileno macro sintética estructural, diseñada y usada para el refuerzo secundario de concreto, es fabricada a partir de polímeros de polyolefina alto desempeño y deformadas mecánicamente en todo el cuerpo para maximizar el anclaje en el concreto y evitar la pérdida excesiva cuando se proyecta (Shotcrete), altamente orientada a permitir un área de contacto de mayor superficie dentro del concreto, lo que resulta en una mayor unión y eficiencia de la resistencia de la flexión y absorción de energía. Sika® Fiber Force PP 48 esta específicamente diseñada y fabricada en una instalación certificada bajo la norma ISO 9001:2000, para ser usada como refuerzo secundario de concreto a una tasa de adición mínima de 2 kg por metro cúbico. Cumple con la norma ASTM C 1116/C 1116 M, concreto Tipo III reforzado con fibra, JSCE-S14 y con la norma Europea EN-14889-2 como clase II.

Se utiliza en las siguientes aplicaciones:

- Losas industriales sobre el piso, tráfico ligero, medio o pesado.
- Áreas para estacionamiento.
- Elementos Pre fabricados.
- Pavimentos de concreto tráfico ligero, medio o pesado.
- Plataformas compuestas de metal y concreto.
- Aceras y entradas de automóviles.
- Capas superpuestas y coberturas.
- Aplicaciones no magnéticas.
- Shotcrete vía húmeda o vía seca, ya sea definitivo o temporal.

Sus datos técnicos son:

Tabla 4.16. Datos técnicos de la macrofibra sintética

DATOS TÉCNICOS			
Absorción de agua	0%	Fibras por kilo:	32,760 unidades +/- 3%
Gravedad específica	0.92	Punto de fusión:	440 °C
Largo de la fibra	48 mm	Punto de ablandamiento	170 °C
Ancho de la fibra	1.2855 mm	Resistencia a álcalis, sales y ácidos	Alta.
Espesor de la fibra	0.3325 mm	Conductividad eléctrica:	Baja
Resistencia a la tracción	620 Mpa		

Fuente: Hoja técnica del producto SikaFiber® Force PP 48

Su modo de uso:

- La dosis de aplicación para la fibra macro sintética estructural Sika® Fiber Force 48 es de 2 a 9 kg/m³ de concreto o Shotcrete, dependiendo de la ductilidad, resistencia residual, tenacidad ó absorción de energía requerido.

Para esta tesis de investigación se optó por usar el producto Macro Fibra Sintética SikaFiber® Force PP 48, de la marca SIKA, debido a que es fácil de encontrarla en mercado como producto de refuerzo estructural, además de que la empresa proporciona un marco técnico sobre el producto y su aplicación.

4.3.3. Diseño de Mezcla de Concreto (Dosificaciones)

En primer lugar se determinaran las propiedades físicas de los insumos. Luego se elegirá la resistencia, después se obtiene la mejor proporción de agregados para obtener la menor cantidad de vacíos, para esto se ha tomado en consideración la experiencia en campo realización de paneles cuadrados propuesta por el ingeniero asesor de esta tesis.

Tomando como base el concreto patrón, se realiza el diseño mezclas del concreto con macrofibra sintética. Para finalmente, adoptando como referencia los diseños anteriores se realiza el diseño de mezclas de concreto con las dosificaciones de 3, 5 y 7 kg/m³.

4.3.3.1. Datos requeridos para el diseño

Para la obtención del diseño de mezclas del concreto patrón, concreto más macrofibra tenemos los siguientes datos requeridos para el diseño:

Agregado fino:

Tabla 4.17. Propiedades físicas del agregado fino

Peso Específico:	2600 kg/m ³
Peso Unitario Seco Compactado:	1902 kg/m ³
Peso Unitario Seco Suelto:	1768 kg/m ³
Contenido de Humedad:	0.96%
Absorción :	0.81%
Módulo de finura :	2.66

Fuente: Elaboración Propia

Nota: el contenido de humedad, fue recalculado cuando se realizaron los diseños de mezcla

Agregado grueso:

Tabla 4.18. Propiedades físicas del agregado grueso

Peso Específico:	2690 kg/m ³
Peso Unitario Seco Compactado:	1708 kg/m ³
Peso Unitario Seco Suelto:	1563 kg/m ³
Contenido de Humedad:	0.55%
Absorción :	1.07%
Módulo de finura :	7.56

Fuente: Elaboración Propia

Nota: El contenido de humedad, fue recalculado cuando se realizaron los diseños de mezcla.

4.3.3.2. Diseño de mezcla patrón

Con el diseño de mezcla patrón, se ha logrado obtener un concreto de acuerdo al procedimiento del método de diseño de mezclas del comité ACI 211, obteniéndose la siguiente dosificación para un concreto patrón, sin macrofibras, con un agregado grueso de tamaño máximo nominal de 1", relación a/c de 0.60 y con la cantidad de materiales que se muestra en la tabla 4.19.

Tabla 4.19. Dosificación del Concreto Patrón

Materiales	Peso Seco (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Tanda
					40 L
Cemento MS	378	0.1281	378	378	15.12
Agua	208	0.2079	210	208	8.40
Agregado Grueso	704	0.2616	708	711	28.30
Agregado Fino	1020	0.3924	1030	1028	41.20
Total	2310	1.0000	2326	2326	93.02

Fuente: Elaboración Propia

Nota: La tanda será de 40 L, debido a que es el volumen del panel cuadrado.

4.3.3.3. Diseño de mezcla patrón + Macrofibra (3 kg/m³)

Con el diseño de mezcla patrón + Macrofibra (3 kg/m³), se ha logrado obtener un concreto de acuerdo al procedimiento del método de diseño de mezclas del comité ACI 211, obteniéndose la siguiente dosificación para un concreto patrón, con macrofibras, con un agregado grueso de tamaño máximo nominal de 1", relación a/c de 0.60 y 0.120 kg y con la cantidad de materiales que se muestra en la tabla 4.20.

Tabla 4.20. Dosificación del Concreto Patrón + Macrofibra (3 kg/m³)

Materiales	Peso Seco (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Tanda
					40 L
Cemento MS	378	0.1281	378	378	15.12
Agua	208	0.2079	210	208	8.40
Agregado Grueso	704	0.2616	708	711	28.30
Agregado Fino	1020	0.3924	1030	1028	41.20
Macrofibra Sintética (3kg/m ³ x 0.040m ³)					0.12
Total	2310	1.0000	2326	2326	93.14

Fuente: Elaboración Propia

Nota: La tanda será de 40 L, debido a que es el volumen del panel cuadrado.

4.3.3.4. Diseño de mezcla patrón + Macrofibra (5 kg/m³)

Con el diseño de mezcla patrón + Macrofibra (5 kg/m³), se ha logrado obtener un concreto de acuerdo al procedimiento del método de diseño de mezclas del comité ACI 211, obteniéndose la siguiente dosificación para un concreto patrón, con macrofibras, con un agregado grueso de tamaño máximo nominal de 1", relación a/c de 0.60 y 0.200 kg y con la cantidad de materiales que se muestra en la tabla 4.21.

Tabla 4.21. Dosificación del Concreto Patrón + Macrofibra (5 kg/m³)

Materiales	Peso Seco (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Tanda
					40 L
Cemento MS	378	0.1281	378	378	15.12
Agua	208	0.2079	210	208	8.40
Agregado Grueso	704	0.2616	708	711	28.30
Agregado Fino	1020	0.3924	1030	1028	41.20
Macrofibra Sintética (5kg/m ³ x 0.040m ³)					0.20
Total	2310	1.0000	2326	2326	93.22

Fuente: Elaboración Propia

Nota: La tanda será de 40 L, debido a que es el volumen del panel cuadrado.

4.3.3.5. Diseño de mezcla patrón + Macrofibra (7 kg/m³)

Con el diseño de mezcla patrón + Macrofibra (7 kg/m³), se ha logrado obtener un concreto de acuerdo al procedimiento del método de diseño de mezclas del comité ACI 211, obteniéndose la siguiente dosificación para un concreto patrón, con macrofibras, con un agregado grueso de tamaño máximo nominal de 1", relación a/c de 0.60 y 0.280 kg y con la cantidad de materiales que se muestra en la tabla 4.22.

Tabla 4.22. Dosificación del Concreto Patrón + Macrofibra (7 kg/m³)

Materiales	Peso Seco (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Tanda
					40 L
Cemento MS	378	0.1281	378	378	15.12
Agua	208	0.2079	210	208	8.40
Agregado Grueso	704	0.2616	708	711	28.30
Agregado Fino	1020	0.3924	1030	1028	41.20
Macrofibra Sintética (7kg/m ³ x 0.040m ³)					0.28
Total	2310	1.0000	2326	2326	93.30

Fuente: Elaboración Propia

Nota: La tanda será de 40 L, debido a que es el volumen del panel cuadrado.

4.4. Elaboración de Probetas: Paneles Cuadrados.

Para esta parte del desarrollo de la Tesis, se produjeron 08 probetas cuadrada a partir de un panel curado en un molde, de acuerdo con la Norma Europea EN 14488-1, con dimensiones de 600 mm x 600 mm, y recortada hasta un espesor de 100⁵mm. La probeta plana preparada debe curarse durante un mínimo de 3 días inmediatamente antes del ensayo, y mantenerse húmeda hasta el ensayo. El ensayo debe realizarse normalmente a los 28 días. Las probetas deben examinarse y debe anotarse cualquier anomalía observada.

Nota según la Norma Europea EN 14488-5, los paneles se deben proyectar, sin embargo para la elaboración de nuestros paneles cuadrados, se optó usar otro método, recomendado por el asesor de la tesis, esto debido a que en el laboratorio de la UPN no se contaba con los equipos para producir que el concreto sea proyectado.

El método usado fue: Verter la mezcla del trompo hacia los paneles y dar unos 25 golpes con el martillo hasta lograr que el concreto fresco se acomode a los espacios dentro del molde.

En la tabla 4.23 se tienen las fechas de elaboración de los paneles cuadrados, en la tabla 4.24 se tienen las edades de curado de las probetas cuando se realizó el ensayo de capacidad de absorción de energía.

Tabla 4.23. Elaboración y desencofrado de las probetas

Fechas de Elaboración y Desencofrado de Probetas								
PROBETAS	CONCRETO		CONCRETO + MACROFIBRA (3kg/m3)		CONCRETO + MACROFIBRA (5kg/m3)		CONCRETO + MACROFIBRA (7kg/m3)	
	M-0-1	M-0-2	M-3-1	M-3-2	M-5-1	M-5-2	M-7-1	M-7-2
ELABORACIÓN	12/10/16	13/10/16	14/10/16	15/10/16	16/10/16	17/10/16	02/11/16	03/11/16
DESENCOFRADO	13/10/16	14/10/16	15/10/16	16/10/16	17/10/16	18/10/16	03/11/16	04/11/16

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.24. Curado de las probetas

Días de Curados de las Probetas								
PROBETAS	CONCRETO		CONCRETO + MACROFIBRA (3kg/m ³)		CONCRETO + MACROFIBRA (5kg/m ³)		CONCRETO + MACROFIBRA (7kg/m ³)	
	M-0-1	M-0-2	M-3-1	M-3-2	M-5-1	M-5-2	M-7-1	M-7-2
DIAS DE CURADO	52	51	51	50	49	48	33	32
ENSAYO DE TENACIDAD	03/12/16	03/12/16	04/12/16	04/12/16	04/12/16	04/12/16	05/12/16	05/12/16

Fuente: Elaboración Propia

4.5. Ensayo de Capacidad de Absorción de Energía.

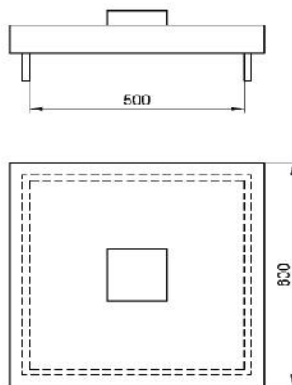
4.5.1. Carga

Para la realización del ensayo, la empresa SIKA, mediante gestiones entre la UPN se pudo obtener la máquina de capacidad de absorción de energía en calidad de préstamo para realizar las prueba en el laboratorio de tecnología de concreto.

A continuación se explica la colocación de la carga sobre los paneles cuadrados, y la dinámica del ensayo:

- La máquina de ensayo tuvo un desplazamiento controlado a una velocidad constante de (1 ± 0,1) mm/min en el centro de la probeta plana.
- El ensayo acabó cuando la flecha central excedió los 30 mm.
- La carga y la flecha se registraron continuamente con el registrador de datos o el trazador de gráficos XY hasta que se obtuvo una flecha de, al menos, 30 mm (véase la figura 4.5).

Figura 4.5. Disposición de la carga durante el ensayo



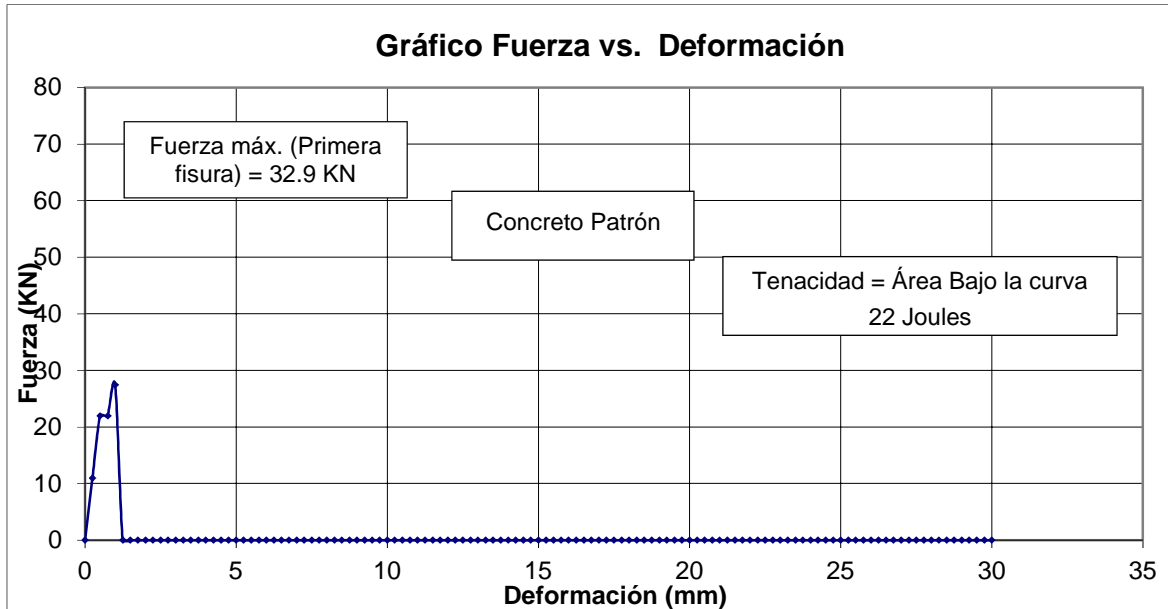
Fuente: UNE EN 14488-5

4.5.2. Tenacidad del Concreto Patrón

El ensayo se llevó a cabo sobre probetas: paneles cuadrados de 600x600x100mm. Se ensayaron 02 paneles con el fin de obtener grietas visibles y la rotura total al cabo de 52 y 51 días. El panel cuadrado se colocó en la máquina de ensayo acorde a la figura 4.5, previamente se tomó su centro de gravedad para la fijación del centro de la carga. La máquina de ensayo tipo prensa hidráulica, a razón constante de 1mmx1min iba bajando la carga. La toma de datos se dio cada 15 segundos y con la razón antes mencionada. Existen dos partes definidas la primera rotura y su posterior alza de capacidad de absorción de energía, que terminó a los 30 min.

En la figura 4.6, la probeta M-0-1 logra alcanzar un valor de correspondiente a la carga pico (30.9 KN). En el concreto simple se produce una rápida caída de la capacidad de carga en el postpico. La tenacidad (Área bajo la curva) es de 22 Joules.

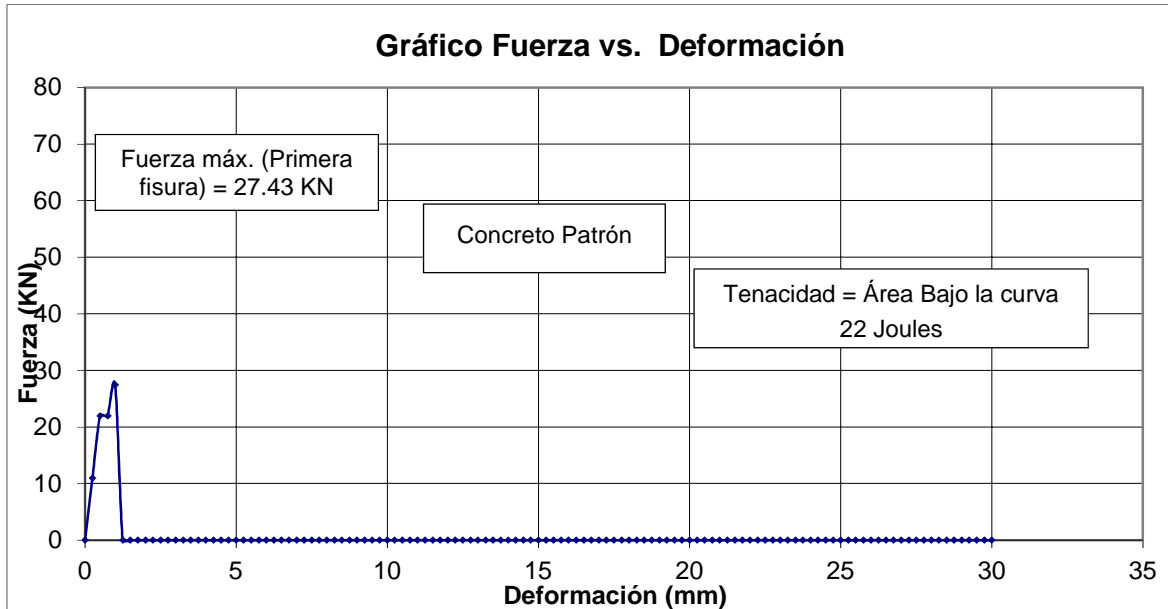
Figura 4.6. Tenacidad del Concreto Patrón (M-0-1)



Fuente: Elaboración Propia

En la figura 4.7, la probeta M-0-2 logra alcanzar un valor de correspondiente a la carga pico (27.43 KN). En el concreto simple se produce una rápida caída de la capacidad de carga en el postpico. La tenacidad (Área bajo la curva) es de 21 Joules.

Figura 4.7. Tenacidad del Concreto Patrón (M-0-2)



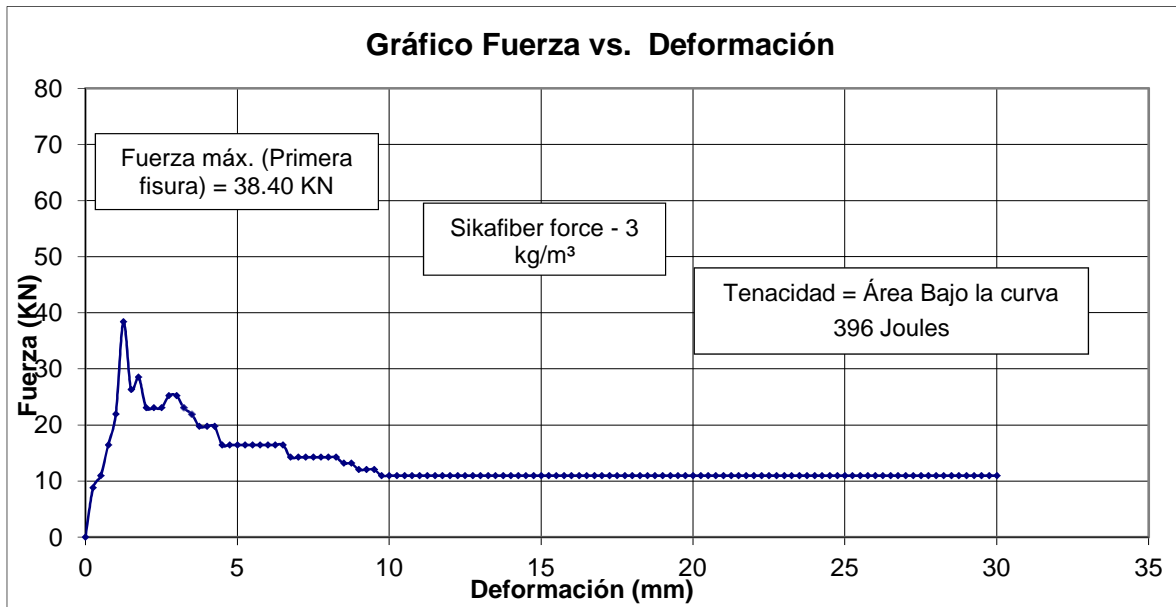
Fuente: Elaboración Propia

4.5.3. Tenacidad del Concreto Patrón + Macrofibra (3 kg/m3)

El ensayo se llevó a cabo sobre probetas: paneles cuadrados de 600x600x100mm. Se ensayaron 02 paneles con el fin de obtener grietas visibles y la rotura total al cabo de 51 y 50 días. El panel cuadrado se colocó en la máquina de ensayo acorde a la figura 4.5, previamente se tomó su centro de gravedad para la fijación del centro de la carga. La máquina de ensayo tipo prensa hidráulica, a razón constante de 1mmx1min iba bajando la carga. La toma de datos se dio cada 15 segundos y con la razón antes mencionada. Existen dos partes definidas la primera rotura y su posterior alza de capacidad de absorción de energía, que terminó a los 30 min.

En la figura 4.8, la probeta M-3-1 logra alcanzar un valor de correspondiente a la carga pico (38.4 KN). Es posible apreciar la mayor capacidad en el control de la fisuración que otorga el refuerzo con macrofibra sintética. Este tipo de comportamiento trae como consecuencias un aumento de la tenacidad (**396 Joules**) y se aprecia que en el concreto reforzado con macrofibra sintética aun llegando a deformaciones, no se produjo la desintegración de la sección. Lo cual implica un aporte a la integridad del elemento.

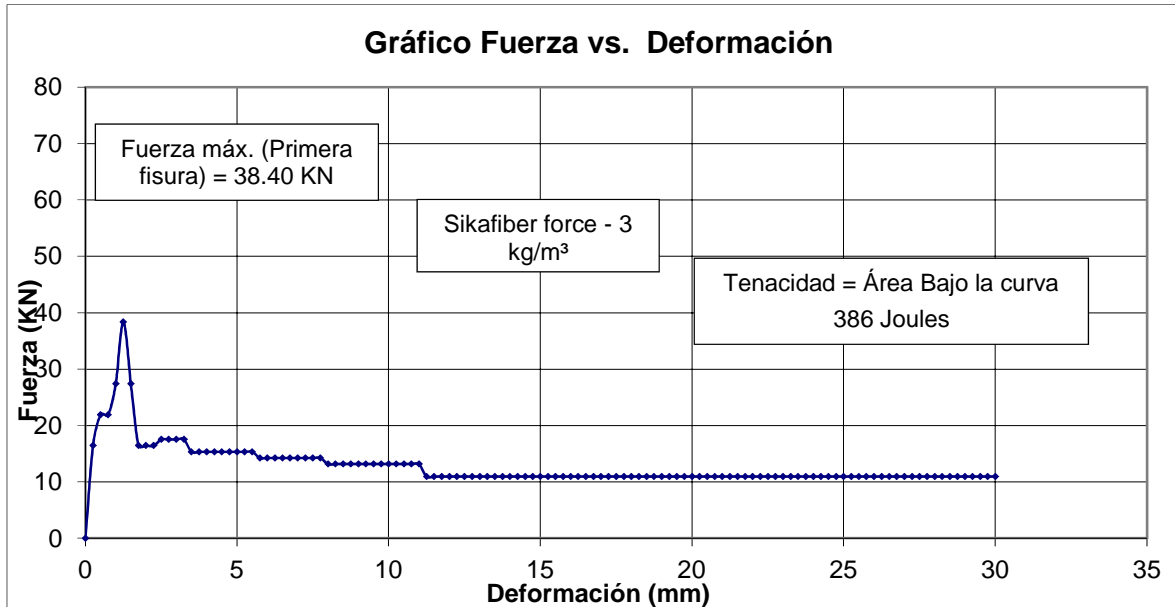
Figura 4.8. Tenacidad del Concreto Patrón + Macrofibra (3 kg/m³) (M-3-1)



Fuente: Elaboración Propia

En la figura 4.9, la probeta M-3-2 logra alcanzar un valor de correspondiente a la carga pico (38.4 KN). Es posible apreciar la mayor capacidad en el control de la fisuración que otorga el refuerzo con macrofibra sintética. Este tipo de comportamiento trae como consecuencias un aumento de la tenacidad (**386 Joules**) y se aprecia que en el concreto reforzado con macrofibra sintética aun llegando a deformaciones, no se produjo la desintegración de la sección. Lo cual implica un aporte a la integridad del elemento.

Figura 4.9. Tenacidad del Concreto Patrón + Macrofibra (3 kg/m³) (M-3-2)



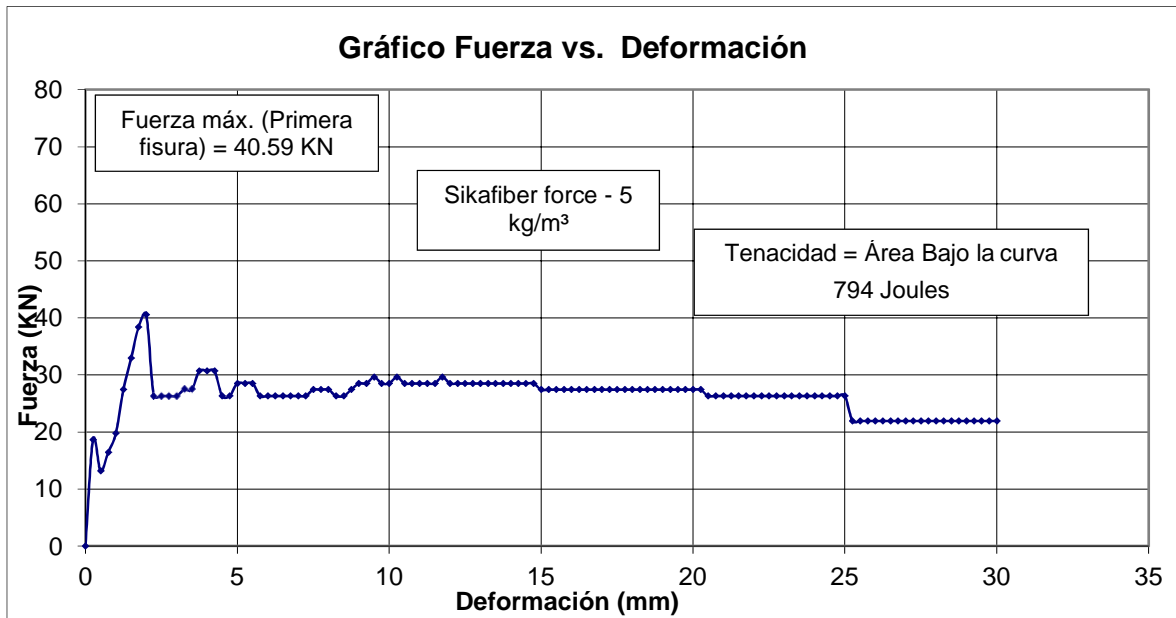
Fuente: Elaboración Propia

4.5.4. Tenacidad del Concreto Patrón + Macrofibra (5 kg/m³)

El ensayo se llevó a cabo sobre probetas: paneles cuadrados de 600x600x100mm. Se ensayaron 02 paneles con el fin de obtener grietas visibles y la rotura total al cabo de 49 y 48 días. El panel cuadrado se colocó en la máquina de ensayo acorde a la figura 4.5, previamente se tomó su centro de gravedad para la fijación del centro de la carga. La máquina de ensayo tipo prensa hidráulica, a razón constante de 1mmx1min iba bajando la carga. La toma de datos se dio cada 15 segundos y con la razón antes mencionada. Existen dos partes definidas la primera rotura y su posterior alza de capacidad de absorción de energía, que terminó a los 30 min.

En la figura 4.10, la probeta M-5-1 logra alcanzar un valor de correspondiente a la carga pico (40.59 KN). Es posible apreciar la mayor capacidad en el control de la fisuración que otorga el refuerzo con macrofibra sintética. Este tipo de comportamiento trae como consecuencias un aumento de la tenacidad (**794 Joules**) y se aprecia que en el concreto reforzado con macrofibra sintética aun llegando a deformaciones, no se produjo la desintegración de la sección. Lo cual implica un aporte a la integridad del elemento.

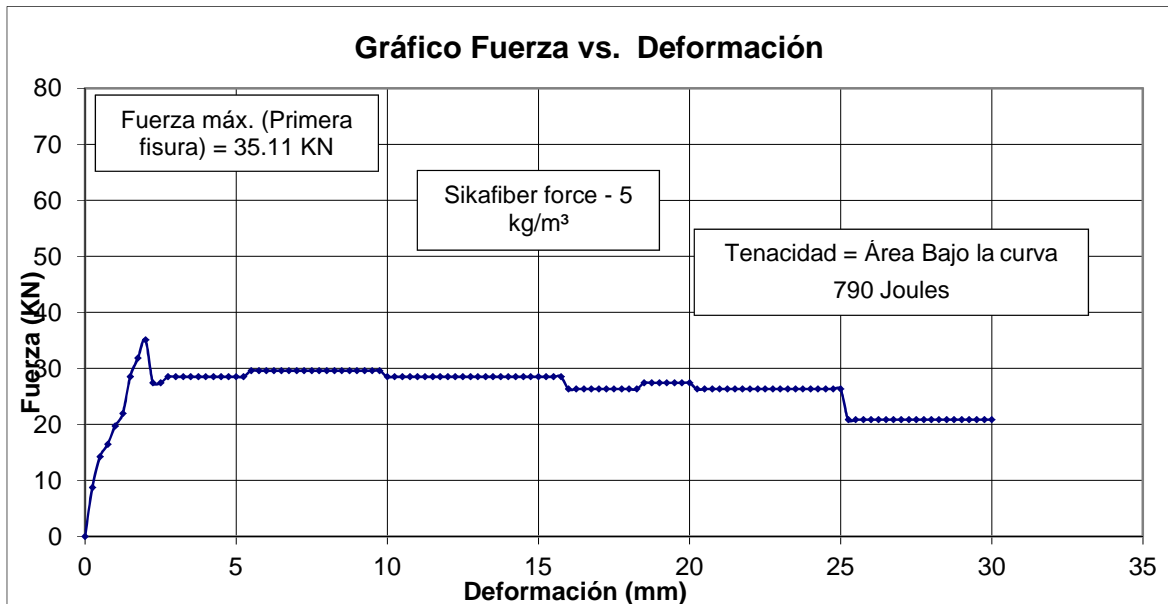
Figura 4.10. Tenacidad del Concreto Patrón + Macrofibra (5 kg/m³) (M-5-1)



Fuente: Elaboración Propia

En la figura 4.11, la probeta M-5-2 logra alcanzar un valor de correspondiente a la carga pico (35.11 KN). Es posible apreciar la mayor capacidad en el control de la fisuración que otorga el refuerzo con macrofibra sintética. Este tipo de comportamiento trae como consecuencias un aumento de la tenacidad (**790 Joules**) y se aprecia que en el concreto reforzado con macrofibra sintética aun llegando a deformaciones, no se produjo la desintegración de la sección. Lo cual implica un aporte a la integridad del elemento.

Figura 4.11. Tenacidad del Concreto Patrón + Macrofibra (5 kg/m³) (M-5-2)



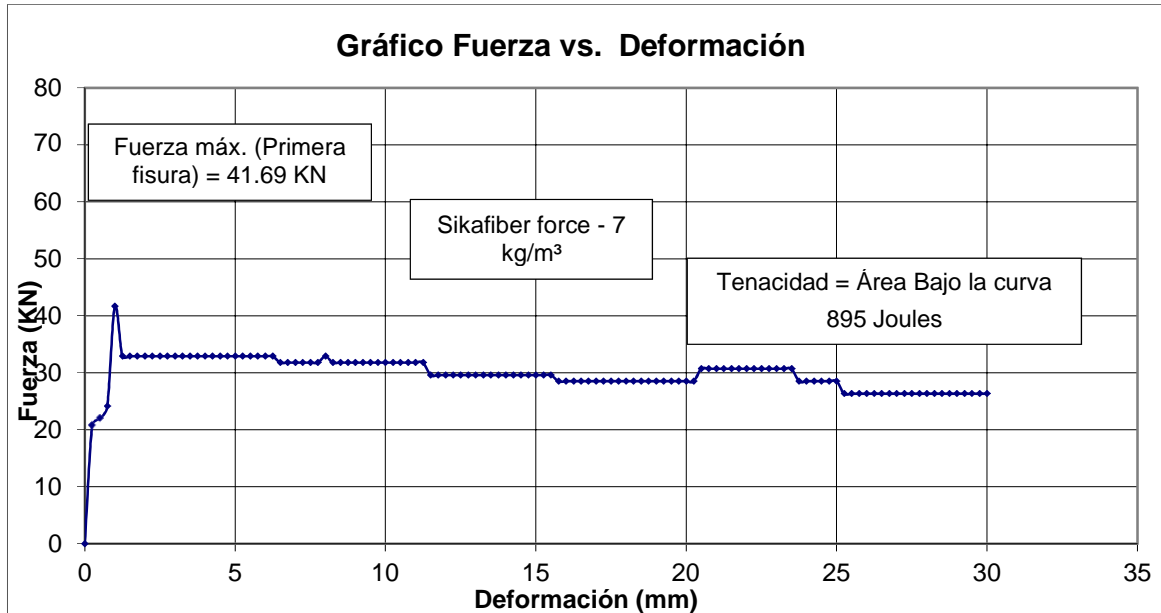
Fuente: Elaboración Propia

4.5.5. Tenacidad del Concreto Patrón + Macrofibra (7 kg/m³)

El ensayo se llevó a cabo sobre probetas: paneles cuadrados de 600x600x100mm. Se ensayaron 02 paneles con el fin de obtener grietas visibles y la rotura total al cabo de 49 y 48 días. El panel cuadrado se colocó en la máquina de ensayo acorde a la figura 4.5, previamente se tomó su centro de gravedad para la fijación del centro de la carga. La máquina de ensayo tipo prensa hidráulica, a razón constante de 1mmx1min iba bajando la carga. La toma de datos se dio cada 15 segundos y con la razón antes mencionada. Existen dos partes definidas la primera rotura y su posterior alza de capacidad de absorción de energía, que terminó a los 30 min.

En la figura 4.12, la probeta M-7-1 logra alcanzar un valor de correspondiente a la carga pico (41.69 KN). Es posible apreciar la mayor capacidad en el control de la fisuración que otorga el refuerzo con macrofibra sintética. Este tipo de comportamiento trae como consecuencias un aumento de la tenacidad (**895 Joules**) y se aprecia que en el concreto reforzado con macrofibra sintética aun llegando a deformaciones, no se produjo la desintegración de la sección. Lo cual implica un aporte a la integridad del elemento.

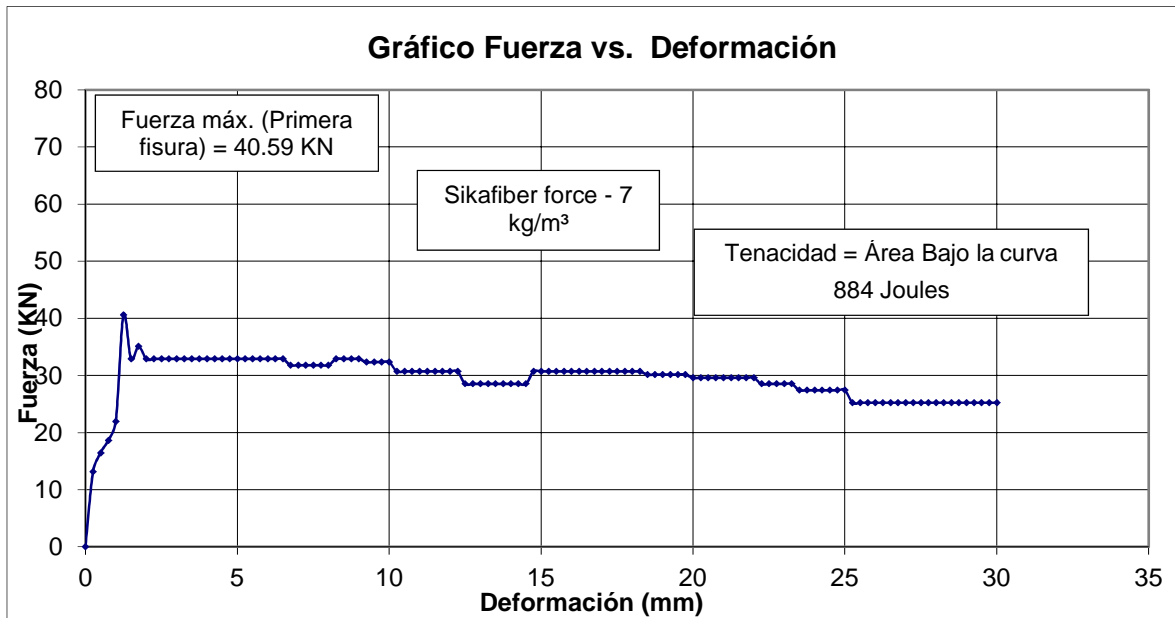
Figura 4.12. Tenacidad del Concreto Patrón + Macrofibra (7 kg/m³) (M-7-1)



Fuente: Elaboración Propia

En la figura 4.13, la probeta M-7-2 logra alcanzar un valor de correspondiente a la carga pico (40.59 KN). Es posible apreciar la mayor capacidad en el control de la fisuración que otorga el refuerzo con macrofibra sintética. Este tipo de comportamiento trae como consecuencias un aumento de la tenacidad (**884 Joules**) y se aprecia que en el concreto reforzado con macrofibra sintética aun llegando a deformaciones, no se produjo la desintegración de la sección. Lo cual implica un aporte a la integridad del elemento.

Figura 4.13. Tenacidad del Concreto Patrón + Macrofibra (7 kg/m³) (M-7-2)



Fuente: Elaboración Propia

Es posible apreciar la mayor capacidad en el control de la fisuración que otorga el refuerzo con la macrofibra sintética. Este tipo de comportamiento trae como consecuencias un aumento de la tenacidad. Aun teniendo deformaciones no se produjo la desintegración de la sección. Lo cual implica un aporte a la integridad del elemento.

Considerando los aportes en tenacidad, muestra que existen pocas diferencias para el valor de la tenacidad correspondiente a la carga pico. En el concreto patrón se produce una rápida caída de la capacidad de carga en el postpico. El incremento en la tenacidad de la macrofibra sintética se manifiesta claramente comparando los valores. También es posible apreciar que la tenacidad crece con el contenido de fibras como surge de comparar con las dosificaciones de 3,5 y 7 kg/m³.

Por lo tanto a mayor Capacidad de Absorción de energía, mayor prestación del concreto a requerimientos de flexión.

La incorporación de macrofibras sintéticas en las dosificaciones de 3,5 y 7 kg/m³ aumentó la **tenacidad** del concreto, es decir la estructura, incluso después del agrietamiento de la matriz, puede seguir siendo cargada. Desde este punto de vista el empleo de macrofibra sintética aparece como una de las mejores maneras para disminuir la tendencia al agrietamiento en estado fresco como endurecido.

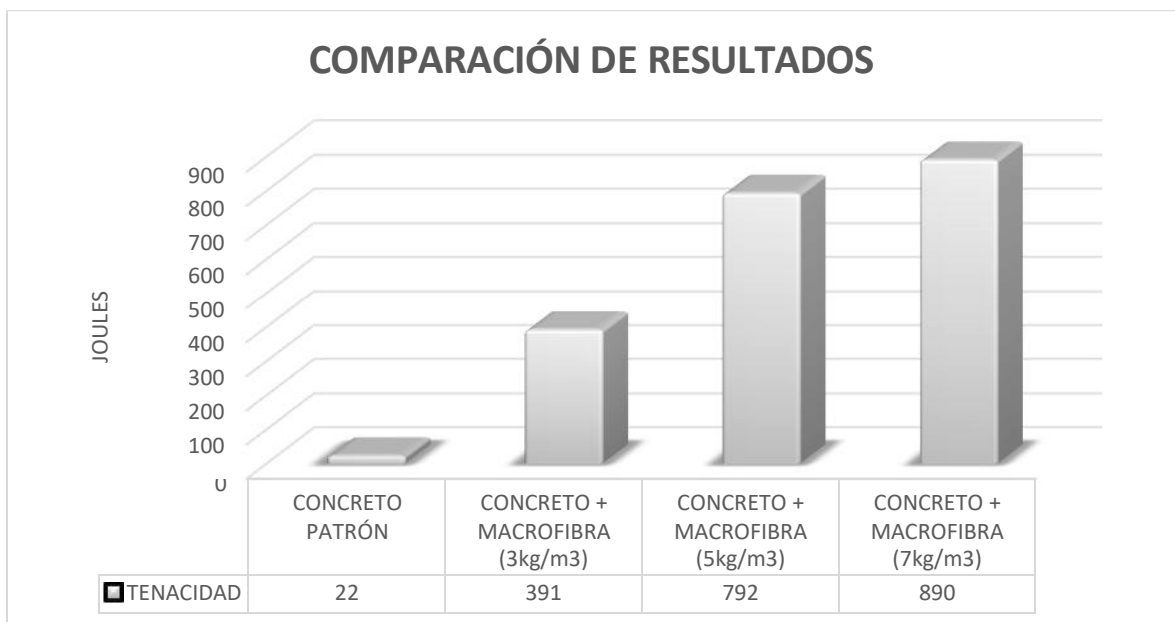
Tabla 4.25. Comparación de Resultados de Tenacidad

Resultados de Tenacidad								
PROBETAS	CONCRETO PATRÓN		CONCRETO + MACROFIBRA (3kg/m ³)		CONCRETO + MACROFIBRA (5kg/m ³)		CONCRETO + MACROFIBRA (7kg/m ³)	
	M-0-1	M-0-2	M-3-1	M-3-2	M-5-1	M-5-2	M-7-1	M-7-2
Tenacidad (Joules)	22	21	396	386	794	790	895	884
Promedio (Joules)	22		391		792		890	

Fuente: Elaboración Propia

Los datos obtenidos se resumen en la tabla 4.25, donde se indican para cada tipo de concreto. La valoración de la tenacidad se realizó calculando el área bajo la curva: Para el Concreto Patrón se obtiene una tenacidad promedio de **22 J**, para el Concreto + Macrofibra (3kg/m³) se obtiene una tenacidad de **391 J**, para el Concreto + Macrofibra (5kg/m³) se obtiene una tenacidad de **792 J**, para el Concreto + Macrofibra (7kg/m³) se obtiene una tenacidad de **890 J**.

Figura 4.14. Comparación de Promedios de Tenacidad



Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

5.1. Análisis de los Resultados Obtenidos

Selección de la Cantera

Para la selección de la cantera Barreto, se realizó en base a su disposición de transporte y extracción, producción de agregado solicitado así como la utilización de chancadora. De todas las canteras de la zona, cantera Barreto contaba con personal calificado para que nos diera los datos requeridos, además de contar con una razón social establecida. De acuerdo a la Norma NTP 400.010, se extrajeron muestras para realizar los Ensayos de Laboratorio, 2 m³ de arena gruesa y 2 m³ de agregado grueso de ¾", después de realizar los ensayos de los agregados acorde a las Normas Técnicas Peruanas se puede decir que la Cantera Barreto tiene agregados que cumplen los requisitos y por ende fueron aptos para realizar nuestras probetas.

Ensayos de los Agregados

Contenido de Humedad

Para el agregado Fino, se tomó de la muestra 1 kg para determinar su contenido de humedad el cual fue de 0.57%. Para el agregado Grueso, se tomó de la muestra 3 kg para determinar su contenido de humedad, el cual fue de 0.60%. Estos valores se ajustaron para el diseño de mezcla, el agregado se conservó en sacos y baldes para que conservarán su contenido de humedad.

Análisis Granulométrico

El agregado fino proveniente de la cantera Barreto sale ligeramente de la curva de límite mínimo, los puntos de la malla N° 3/8" y N°4, sin embargo, la mayor proporción de la curva se encuentra dentro los límites máximo y mínimo de la Norma NTP 400.037:2014), por lo tanto se usa para la elaboración de probetas: Paneles Cuadrados.

El agregado grueso proveniente de la cantera Barreto, la mayor proporción de la curva se encuentra dentro los límites mínimos de la Norma NTP 400.037:2014), sin embargo se usará para la elaboración de probetas: Paneles Cuadrados. Su Mf. es de 7.56. Este valor se encuentra entre 6.95 y 7.60 establecidos en la norma.

Peso Unitario

El agregado fino proveniente de la cantera Barreto, en el ensayo de acuerdo a la norma de Peso Unitario NTP 400.017:2011, se obtuvo el valor de 1768 kg/m³ para Promedio Peso Unitario Suelto Seco y 1902 kg/m³ para Promedio Peso Unitario Compactado Seco. Estos valores los utilizaremos para el diseño de mezcla.

El agregado grueso proveniente de la cantera Barreto, en el ensayo de acuerdo a la norma de Peso Unitario NTP 400.017:2011, se obtuvo el valor de 1563 kg/m³ para Promedio Peso Unitario Suelto Seco y 1708 kg/m³ para Promedio Peso Unitario Compactado Seco. Estos valores los utilizaremos para el diseño de mezcla.

Peso Específico

El agregado fino proveniente de la cantera Barreto tiene una gravedad específica de 2.60 gr/cc, densidad relativa de 2.62, densidad relativa aparente de 2.66 y absorción de 0.81%.

El agregado grueso proveniente de la cantera Barreto tiene una gravedad específica de 2.69 gr/cc, densidad relativa de 2.72, densidad relativa aparente de 2.77 y absorción de 1.07%.

Los valores obtenidos se encuentran dentro de los rangos establecidos y según requerimiento en la parte de diseño de mezcla de concreto será tomado para hallar las cantidades de agregado.

Peso Específico

El agregado fino proveniente de la cantera Barreto tiene una gravedad específica de 2.60 gr/cc, densidad relativa de 2.62, densidad relativa aparente de 2.66 y absorción de 0.81%.

El agregado grueso proveniente de la cantera Barreto tiene una gravedad específica de 2.69 gr/cc, densidad relativa de 2.72, densidad relativa aparente de 2.77 y absorción de 1.07%.

Los valores obtenidos se encuentran dentro de los rangos establecidos y según requerimiento en la parte de diseño de mezcla de concreto será tomado para hallar las cantidades de agregado.

Desgaste por Abrasión Los Ángeles

El ensayo se realizó a las muestras de agregado grueso, para las pruebas se usó la gradación "A" (agregados menores de 1 ½"), utilizando una masa de 5 kg y 12 esferas. El porcentaje de desgaste es de 15.18%

Este resultado nos demuestra que este agregado tiene buena resistencia al desgaste por abrasión para la producción de pavimentos rígidos.

Diseño de Mezcla de Concreto

Con el diseño de mezcla patrón se ha logrado obtener un concreto de acuerdo al procedimiento del método de diseño de mezclas del comité ACI 211, obteniéndose la siguiente dosificación para una tanda de 40 L (Volumen del Molde de los Paneles Cuadrados):

Cemento MS: 15.12 kg

Agua: 8.40 kg

Agregado Grueso: 28.30 kg

Agregado Fino: 41.20 kg

Macrofibra Sintética (3kg/m³): 0.120 kg

Macrofibra Sintética (5kg/m³): 0.200 kg

Macrofibra Sintética (7kg/m³): 0.280 kg

Elaboración de Probetas: Paneles Cuadrados

Según la Norma Europea EN 14488-5, los paneles se deben proyectar, sin embargo para la elaboración de nuestros paneles cuadrados, se optó usar otro método, recomendado por el asesor de la tesis, esto debido a que en el laboratorio de la UPN no se contaba con los equipos para producir que el concreto sea proyectado. El método usado fue: Verter la mezcla del trompo hacia los paneles y dar unos 25 golpes con el martillo hasta lograr que el concreto fresco se acomode a los espacios dentro del molde. Se obtuvieron 08 paneles cuadrados, que fueron curados envueltos en yute y curados diariamente hasta antes de realizar el ensayo de tenacidad.

Ensayo de Capacidad de Absorción de Energía

La valoración de la tenacidad se realizó calculando el área bajo la curva: Para el Concreto Patrón se obtiene una tenacidad promedio de 22 J, para el Concreto + Macrofibra (3kg/m³) se obtiene una tenacidad de 391 J, para el Concreto + Macrofibra (5kg/m³) se obtiene una tenacidad de 792 J, para el Concreto + Macrofibra (7kg/m³) se obtiene una tenacidad de 890 J.

Si la tenacidad se define como la capacidad de absorción de energía, cuando la tenacidad del material es alta ayuda a que la estructura incluso después del agrietamiento pueda seguir siendo cargada. La tenacidad es una propiedad que describe la capacidad de un material de soportar cargas antes de colapsar.

Los resultados obtenidos durante el ensayo nos demuestran que efectivamente aumentó la tenacidad. La propiedad que cuantifica la doble acción de deformación y la capacidad de resistir un esfuerzo es la tenacidad, que es exactamente el producto de la resistencia y la deformación, que en la gráfica de esfuerzo vs deformación se traduce en el área bajo la curva. Esto nos lleva a la definición donde una fuerza aplicada (carga) por distancia (deformación) en un tiempo dado es la energía ($E=F*d/t$). La tenacidad es la capacidad de absorción de energía de un material. El concreto fibroreforzado (con macro fibras), tiene una tenacidad muy superior al mismo concreto sin fibras.

5.2. Análisis Comparativos de Costos Unitarios

En los anexos 33 y 34 de las páginas 174 a 176, se presentan los análisis de costos unitarios de una concreto de $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ así como concreto con macrofibra con las dosificaciones de 3 kg/m^3 , 5 kg/m^3 y 7 kg/m^3 .

Para una concreto de $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ se obtuvo el costo de S/. 358.12. Con la incorporación de macrofibra de 3 kg/m^3 el costo aumentó S/. 48.81 más, con macrofibra de 5 kg/m^3 el costo aumentó S/. 81.35 más y con macrofibra de 7 kg/m^3 el costo aumentó S/. 113.89 más.

La vida útil mínima con la que se debe diseñar un pavimento rígido es de 20 años, sin embargo con la incorporación de macrofibra se podrían realizar diseños para 30, 40 ó más de 50 años, también se puede ver reflejado en que las macrofibras en pisos y pavimentos previenen la aparición de fisuras a larga edad (en estado endurecido), si la fisuración tiene lugar impiden el incremento en el ancho de la misma, pero más importante aún permiten que la estructura continúe en servicio al aumentar su tenacidad. Este hecho multiplica la vida útil de la estructura.

Por los tanto, los costos de usar macrofibras exceden al costo de concreto convencional, sin embargo sus ventajas compensarían con su costo, como por ejemplo: Tendríamos un deterioro mínimo durante su vida útil, duración de 20 a 30 años, mantenimiento mínimo, Deformación mínima de su superficie y estructura e índice de servicio alto durante su vida útil.

CONCLUSIONES

- Se aumentó la tenacidad del concreto de un diseño de mezclas patrón aplicando dosificaciones de 3.0, 5.0 y 7.0 kg/m³ de Macrofibra Sintética. Por lo tanto a mayor Capacidad de Absorción de energía, mayor prestación del concreto a requerimientos de flexión.
- Con el diseño de mezcla patrón se ha logrado obtener un concreto de acuerdo al procedimiento del método de diseño de mezclas del comité ACI 211, obteniéndose la siguiente dosificación para una tanda de 40 L (Volumen del Molde de los Paneles Cuadrados):

Cemento MS: 15.12 kg

Agua: 8.40 kg

Agregado Grueso: 28.30 kg

Agregado Fino: 41.20 kg

Macrofibra Sintética (3kg/m³): 0.120 kg

Macrofibra Sintética (5kg/m³): 0.200 kg

Macrofibra Sintética (7kg/m³): 0.280 kg

- La aplicación de las macrofibras en los concretos se dieron en 3 dosificaciones: 3,5 y 7 kg/m³. El ensayo de capacidad de absorción de energía se llevó a cabo sobre 08 probetas: paneles cuadrados de 600x600x100mm. El panel cuadrado se colocó en la máquina de ensayo acorde a la figura 4.5, previamente se tomó su centro de gravedad para la fijación del centro de la carga. La máquina de ensayo tipo prensa hidráulica, a razón constante de 1mmx1min iba bajando la carga. La toma de datos se dio cada 15 segundos y con la razón antes mencionada. Existen dos partes definidas la primera rotura y su posterior alza de capacidad de absorción de energía, que terminó a los 30 min.
- Considerando los aportes en tenacidad, muestra que existen pocas diferencias para el valor de la tenacidad correspondiente a la carga pico. En el concreto patrón se produce una rápida caída de la capacidad de carga en el postpico El incremento en la tenacidad de la macrofibra sintética se manifiesta claramente comparando los valores. También es posible apreciar que la tenacidad crece con el contenido de fibras como surge de comparar con las dosificaciones de 3,5 y 7 kg/m³.

- Los datos obtenidos se resumen en la tabla 4.25, donde se compara cada tipo de concreto, la valoración de la tenacidad se realizó calculando el área bajo la curva: Para el Concreto Patrón se obtiene una tenacidad promedio de 22 J, para el Concreto + Macrofibra (3kg/m³) se obtiene una tenacidad de 391 J, para el Concreto + Macrofibra (5kg/m³) se obtiene una tenacidad de 792 J, para el Concreto + Macrofibra (7kg/m³) se obtiene una tenacidad de 890 J.
- La incorporación de macrofibras sintéticas en las dosificaciones de 3,5 y 7 kg/m³ aumentó la tenacidad del concreto, es decir la estructura, incluso después del agrietamiento de la matriz, puede seguir siendo cargada. Desde este punto de vista el empleo de macrofibra sintética en estas dosificaciones aparece como una de las mejores maneras para disminuir la tendencia al agrietamiento en estado fresco como endurecido.
- En relación a su costo unitario, la incorporación de macrofibras exceden al costo de usar concreto convencional, sin embargo sus ventajas compensarían con su costo, como por ejemplo: Tendríamos un deterioro mínimo durante su vida útil, duración de 20 a 30 años, mantenimiento mínimo, deformación mínima de su superficie y estructura, índice de servicio alto durante su vida útil, también se puede ver reflejado en que las macrofibras en pisos y pavimentos previenen la aparición de fisuras a larga edad (en estado endurecido), si la fisuración tiene lugar impiden el incremento en el ancho de la misma, pero más importante aún permiten que la estructura continúe en servicio al aumentar su tenacidad. Este hecho multiplica la vida útil de la estructura.

RECOMENDACIONES

- Para futuras investigaciones se recomienda evaluar dosificaciones de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 kilos de macrofibra sintética para evaluar el comportamiento a la tenacidad de dichos concretos y así optimizar las aplicaciones de la macrofibra sintética, reduciendo costos.
- Se podría recomendar para próximas investigaciones experimentales la comparación de la tenacidad entre distintos productos y/o clases de macrofibra sintética.
- Así mismo, se deben producir paneles proyectados y curados. Para ello se debe contar con los equipos para la producción de concreto proyectado, se podría comparar con los resultados obtenidos en esta tesis, donde las probetas fueron elaboradas de manera convencional.
- Para otras investigaciones se propone comparar la macrofibra sintética y fibras de acero, y así evaluar la tenacidad en diseños de mezcla de concreto.

REFERENCIAS

1. AENOR (2006) Norma UNE-EN 14488-1. Ensayos de hormigón proyectado. Parte 1: Toma de muestras de hormigón fresco endurecido. Madrid, España.
2. AENOR (2007) Norma UNE-EN 14488-5. Norma para la guía de Determinación de la capacidad de absorción de energía de probetas planas reforzadas con fibras. Madrid, España.
3. Chang, C (2013) Reflexiones para el Diseño y rehabilitación de pavimentos rígidos en obras viales. Lima. Perú.
4. Covarrubias, J (2014) Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto. Cancún, México.
5. Garzón, D (2009). *Eficiencia en la transferencia de cargas en juntas transversales de pavimento rígido reforzado con fibras metálicas*, (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
6. INACAL (2016). Norma Técnica Peruana 334.009. CEMENTOS. Cementos Portland. Requisitos. Lima, Perú.
7. INACAL (2013). Norma Técnica Peruana 339.185. AGREGADOS Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Lima, Perú.
8. INACAL (2011). NTP 400.010 AGREGADOS Extracción y preparación de las muestra. Lima, Perú.
9. INACAL (2013). Norma Técnica Peruana 400.012. AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Lima, Perú.
10. INACAL (2011). Norma Técnica Peruana 400.017. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. Lima, Perú.

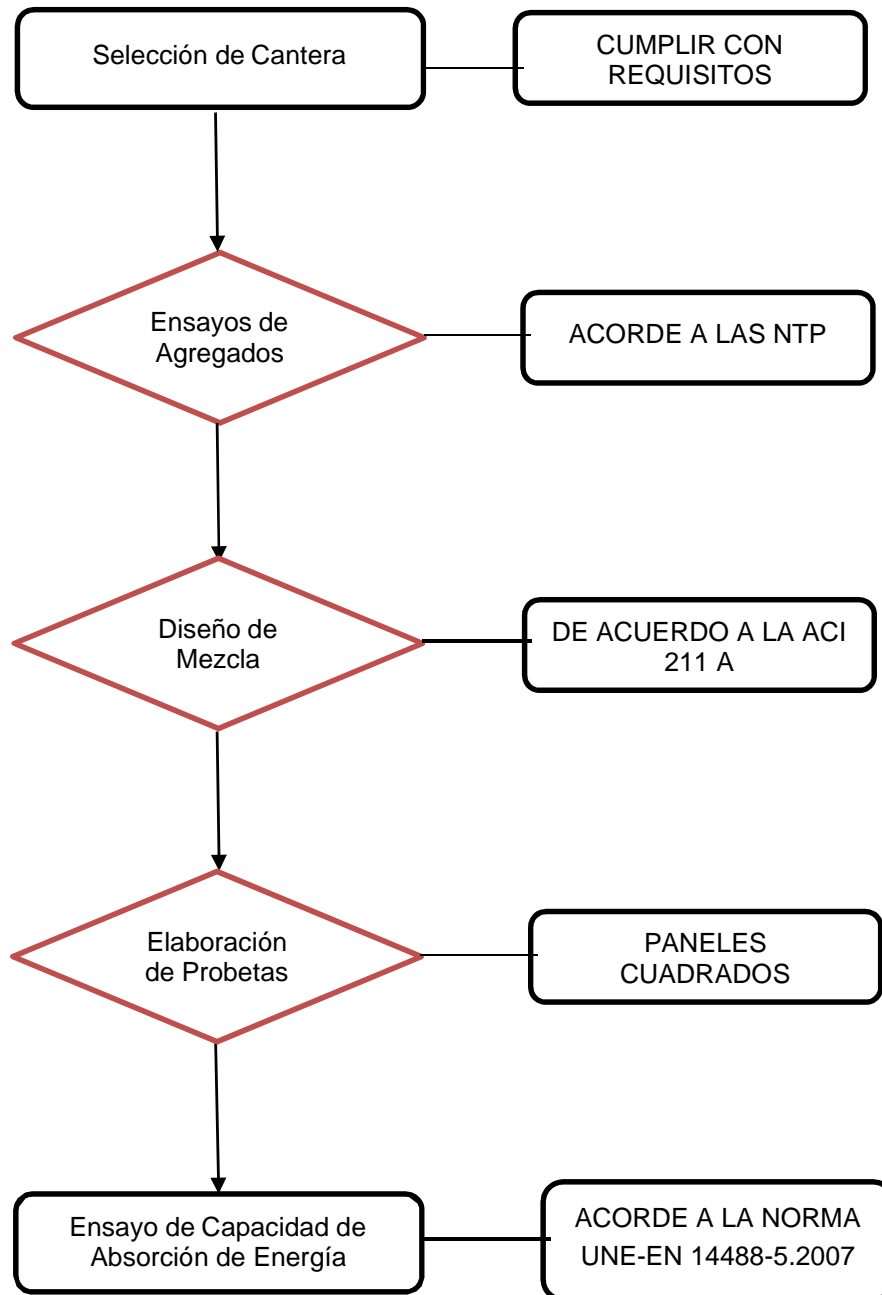
11. INACAL (2014). Norma Técnica Peruana 400.019. AGREGADOS Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles. Lima, Perú.
12. INACAL (2013). Norma Técnica Peruana 400.021. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. Lima, Perú.
13. INACAL (2013). Norma Técnica Peruana 400.022. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Lima, Perú.
14. INACAL (2014). Norma Técnica Peruana 400.037. AGREGADOS Especificaciones Normalizadas para agregados en concreto. Lima, Perú.
15. Laura, S (2006) Diseño de Mezclas de Concreto. Puno, Perú.
16. Mendoza J, Vásquez A & Villa M (2012). *Análisis del esfuerzo residual en concreto para pavimento rígido reforzado con fibras metálicas y sintéticas*, (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
17. Ministerio de Transporte (2014). Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Lima. Perú.
18. Montalvo, M (2015). *Pavimentos rígidos reforzados con fibras de acero versus pavimentos tradicionales*, (Tesis de Licenciatura). Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
19. Pacasmayo (2016). Certificado de Calidad: Cemento Portland Tipo MS (MH). La Libertad, Perú.
20. SIKA (2015). Sika Informaciones Técnicas: Concreto reforzado con fibras. Lima, Perú.
21. SIKA (2015). Sika® Fiber MS: Fibra macro sintética de reforzamiento. Lima, Perú.
22. SIKA (2015). Hoja técnica de producto SikaFiber®Force **PP 48**. Lima, Perú.

23. Sotil, A y Zegarra, J (2015). *Análisis comparativo del comportamiento del concreto sin refuerzo, concreto reforzado con fibras de acero Wirand® ff3 y concreto reforzado con fibras de acero Wirand® ff4 aplicado a losas industriales de pavimento rígido*”, (Tesis de Ingeniero Civil). Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

ANEXOS

ANEXO N°1. DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Figura 6.1. Diagrama de Flujo para la Recolección de Información



Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°2. NORMA UNE EN-14488-5-2007

Figura 6.2. Determinación de la capacidad de absorción de energía

UNE-EN 14488-5

**norma
española**

Marzo 2007

TITULO	<p>Ensayos de hormigón proyectado</p> <p>Parte 5: Determinación de la capacidad de absorción de energía de probetas planas reforzadas con fibras</p> <p style="font-size: small; margin-top: 20px;"><i>Testing sprayed concrete. Part 5: Determination of energy absorption capacity of fibre reinforced slab specimens.</i></p> <p style="font-size: x-small; margin-top: 5px;"><i>Essais pour béton projeté. Partie 5: Détermination de la capacité d'absorption de l'énergie d'une dalle-éprouvette renforcée par des fibres.</i></p>
CORRESPONDENCIA	<p>Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 14488-5:2006.</p>
OBSERVACIONES	<p>Esta norma sustituye a la Norma EN 14488-5:2006 (ratificada por AENOR) y anulará y sustituirá a la Norma UNE 83513:2005 antes de 2008-01-01.</p>
ANTECEDENTES	<p>Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 83 <i>Hormigón</i> cuya Secretaría desempeña ANEFHOP.</p>

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 15425-2007

© AENOR 2007
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación

C. Génova, 6
28004 MADRID-España

Teléfono: 91 432 60 00
Fax: 91 310 40 32

10 Páginas

Grupo 9

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°3. NORMA UNE EN-14488-1-2006

Figura 6.3. Ensayos de Hormigón Proyectado

norma española

UNE-EN 14488-1

Febrero 2006

TÍTULO	<p>Ensayos de hormigón proyectado</p> <p>Parte 1: Toma de muestras de hormigón fresco y endurecido</p> <p style="font-size: 0.8em; margin-top: 20px;"><i>Testing sprayed concrete. Sampling fresh and hardened concrete.</i></p> <p style="font-size: 0.8em; margin-top: 5px;"><i>Essais pour béton projeté. Échantillonnage de béton frais et de béton durci.</i></p>
CORRESPONDENCIA	<p>Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 14488-1 de junio de 2005.</p>
OBSERVACIONES	<p>Esta norma anulará y sustituirá a las Norma UNE 83602 de febrero de 1997 y UNE 83602 Erratum de abril de 1997 antes de 2008-01-01.</p>
ANTECEDENTES	<p>Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 83 <i>Hormigón</i> cuya Secretaría desempeña ANEFHOP.</p>

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 9416:2006

© AENOR 2006
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

C Génova, 6 Teléfono 91 432 60 00
28004 MADRID-España Fax 91 310 40 32

9 Páginas

Grupo 9

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°4. FICHA TÉCNICA MACROFIBRA SINTÉTICA

Figura 6.4. Especificaciones SikaFiber® Force PP 48

Construcción

Hoja Técnica
Edición 1, 06.09.14 JO
Sika® Fiber Force PP 48

Sika® Fiber Force PP 48
Fibra de polipropileno macro sintética estructural

Descripción

General Sika® Fiber Force PP 48, es una fibra de polipropileno macro sintética estructural, diseñada y usada para el refuerzo secundario de concreto, es fabricada a partir de polímeros de polyolefina alto desempeño y deformadas mecánicamente en todo el cuerpo para maximizar el anclaje en el concreto y evitar la pérdida excesiva cuando se proyecta (Shotcrete), altamente orientada a permitir un área de contacto de mayor superficie dentro del concreto, lo que resulta en una mayor unión interfacial y eficiencia de la resistencia de la flexión y absorción de energía. Sika® Fiber Force PP 48 esta específicamente diseñada y fabricada en una instalación certificada bajo la norma ISO 9001:2000, para ser usada como refuerzo secundario de concreto a una tasa de adición mínima de 2 kg por metro cúbico. Cumple con la norma ASTM C 1116/C 1116 M, concreto Tipo III reforzado con fibra, JSCE-S14 y con la norma Europea EN-14889-2 como clase II.

Usos

- Losas industriales sobre el piso, tráfico ligero, medio o pesado.
- Áreas para estacionamiento.
- Elementos Pre fabricados.
- Pavimentos de concreto tráfico ligero, medio o pesado.
- Plataformas compuestas de metal y concreto.
- Aceras y entradas de automóviles.
- Capas superpuestas y coberturas.
- Aplicaciones no magnéticas.
- Shotcrete vía húmeda o vía seca, ya sea definitivo o temporal.

Ventajas

- Incrementa la resistencia a la tenacidad, absorción de energía e impacto del concreto, así como la resistencia residual y ductilidad.
- No afecta notoriamente la fluidez (Slump) de la mezcla como otras fibras multifilamento.
- Disminuye la tendencia al agrietamiento en estado fresco como endurecido del concreto.
- Máxima resistencia al arrancamiento dentro de la matriz del concreto.
- Reduce el desgaste en bombas y tuberías cuando la mezcla es bombeada.
- Alta resistencia a los ataques químicos y a los álcalis.
- Siempre se coloca uniformemente en el concreto y cumplimiento con los códigos vigentes y normas siguientes:

- ASTM C 94/C 94M Especificación estándar para concreto premezclado.
- ASTM C 1116/C 1116M Especificación estándar para concreto reforzado con fibras.
- ASTM C 1399 Método de prueba estándar para obtener la resistencia residual promedio del concreto reforzado con fibras.
- ASTM C 1436 Especificación estándar de materiales para Shotcrete.
- ASTM C 1609/C 1609M Método de prueba estándar para obtener el rendimiento de la flexión del concreto reforzado con fibras (Usando una viga con carga de tres puntos). Reemplaza la norma ASTM C 1018.
- ASTM C 1550 Método de prueba estándar para la resistencia a la flexión del concreto reforzado con fibras (Usando un panel Redondo con carga central.)
- JCI-SF4 para la resistencia a la flexión y para la resistencia a la flexión del concreto reforzado con fibras y JSCE-S14.

1
Sika® Fiber Force PP 48 1/3

-EFNARC panel cuadrado-2005

- ACI 304 Guía para la medición, mezcla, transporte y distribución del concreto.

- ACI 506 Guía para Shotcrete.

- EN 14889-2 Definiciones, especificaciones y conformidad de fibras poliméricas

- Es segura y más fácil de usar que el refuerzo tradicional.
- No se corroe con las aguas agresivas.
- Ahorra tiempo y molestias durante la aplicación y el proceso de concentrado del mineral.

Datos Básicos

Aspecto	■ Fibra monofilamento deformada mecánicamente.
Color	■ Blanco
Presentación	■ Caja x 5 kg
Almacenamiento	Indefinido en un lugar seco y bajo techo, en su envase original.

Aplicación y Consumo

Diseños de mezclas y procedimientos

El refuerzo con **Sika® Fiber Force PP 48** es un proceso mecánico, no químico. Debido a la eficiencia de la fibra no se necesita modificación del diseño de mezcla ya que no afecta notoriamente la fluidez de la mezcla. Consulte con un asesor técnico de Sika Perú S.A. para recomendaciones adicionales. La fibra macrosintética **Sika® Fiber Force PP 48** se agrega a la mezcladora antes, durante o después de hacer mezclas con los otros materiales del concreto. Se requiere un tiempo de mezclado de por lo menos de 3 a 5 minutos por metro cúbico como se especifica en la norma ASTM C-94.

Acabado

Se puede dar un acabado al concreto reforzado con **Sika® Fiber Force PP 48** usando las técnicas de acabado de acuerdo a ACI 304, Sección C3.

Consumo

La dosis de aplicación para la fibra macro sintética estructural **Sika® Fiber Force 48** es de 2 a 9 kg/m³ de concreto o Shotcrete, dependiendo de la ductilidad, resistencia residual, tenacidad ó absorción de energía requerido.

En las pruebas para determinar la cantidad exacta de fibra a usar, si el concreto es lanzado (Shotcrete vía húmeda o seca) las muestras (paneles cuadrados EFNARC o circulares ASTM C-1550) tienen que ser obtenidas en campo, lanzado con el equipo a usar, ya que por su naturaleza las fibras sintéticas durante el lanzado ó proyección una parte de ellas se pierde, NO se recomienda obtener los paneles en laboratorio ya que los resultados difieren apreciablemente.

Datos Técnicos

Absorción de agua	0%
Gravedad específica	0.92
Largo de la fibra	48 mm
Ancho de la fibra	1.2855 mm
Espesor de la fibra	0.3325 mm
Resistencia a la tracción	620 Mpa

2

Sika® Fiber Force PP 48 2/3

Construcción

Conductividad eléctrica	Baja
Fibras por kilo	32,760 unidades +/- 3%
Punto de fusión	440 °C
Punto de ablandamiento	170 °C
Resistencia a álcalis, sales y ácidos	Alta.

Compatibilidad Sika® Fiber Force PP 48 es compatible con todos los aditivos para concreto Sika® y las sustancias químicas que aumentan el rendimiento del concreto.

Precauciones No se debe usar las fibras macrosintéticas Sika® Fiber Force PP 48 para reemplazar refuerzos estructurales.
No se debe usar las fibras macrosintéticas Sika® Fiber Force PP 48 como un medio para usar secciones de menor espesor que el diseño original.
Para el espaciado de las juntas, siga las directrices estándar de la industria sugeridas por PCA y ACI.

Instrucciones de Seguridad

Precauciones de manipulación Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma natural o sintética y anteojos de seguridad.
En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.

Observaciones La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: www.sika.com.pe

Nota Legal La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.
Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe


Sika Perú S.A., Centro Industrial "Las Praderas de Lurín"
S/N, MZ "B" Lote 5 y 6 Lurín, Lima - Perú
Tel: (51-1) 618-6060 / Fax: (51-1) 618-6070
E-mail: construccion@pe.sika.com / Web: www.sika.com.pe

3
Sika® Fiber Force PP 48 3/3

Fuente: SIKA ®


ANEXO N°5. CERTIFICADO DE CALIDAD DEL CEMENTO PORTLAND TIPO MS

Figura 6.5. Especificaciones Cemento Portland Tipo MS (MH)



PACASMAYO

CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
Calle La Colonia No. 100 Urb. El Viviero de Montemayo Serllago de Surco - Lima
 Carretera Panamericana Norte Km. 696 Pacasmayo - La Libertad
 Teléfono 317 - 9000

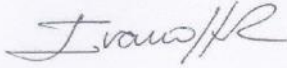


SGC-REG-06-G0002
Versión 01

CEMENTO ANTISALITRE NUEVA FÓRMULA **FORTIMAX3**
Cemento Portland Tipo MS (MH) (R)
 Conforme a la NTP 334.082 / ASTM C1157
 Pacasmayo, 20 de Julio del 2016

PROPIEDADES FISICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.082 / ASTM C1157
Contenido de Aire	%	4	NO ESPECIFICA
Expansión en Autoclave	%	0.07	Máximo 0.80
Superficie Especifica	cm ² /g	4560	NO ESPECIFICA
Retenido M325	%	4.0	NO ESPECIFICA
Densidad	g/mL	2.95	NO ESPECIFICA
Resistencia Compresión :			
Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm ²)	23.3 (237)	Mínimo 11.0 (Mínimo 112)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm ²)	31.4 (320)	Mínimo 18.0 (Mínimo 184)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (Kg/cm ²)	43.3 (441)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)
Tiempo de Fraguado Vicat :			
Fraguado Inicial	min	179	Mínimo 45
Fraguado Final	min	358	Máximo 420
Expansión Barra de Mortero Edad 14	%	0.007	Máximo 0.020
Expansión por Sulfato Edad 6 meses	%	0.050	Máximo 0.10
Calor de Hidratación a 7 Días	Kcal/Kg	67	Máximo 70
Opción R: Baja reactividad con agregados álcali-silíce reactivos :			
Expansión a 14 días	%	0.016	Máximo 0.020
Expansión a 56 días	%	0.032	Máximo 0.060

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-06-2016 al 30-06-2016
 La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Mayo 2016
 La expansión de la barra del mortero corresponde al mes de Mayo 2016
 La expansión por sulfatos a 6 meses corresponde al mes de Diciembre 2015
 El calor de hidratación corresponde al mes de Abril 2016
 Opción R corresponden al mes de Marzo 2016
 (*) 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.

Fuente: PACASMAYO ®

ANEXO N°6. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERIA</p>			
CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO FINO N.T.P. 339.185			
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO			
Laboratorio: Tecnología de Concreto		Fecha: 29/04/2016	
Ubicación : Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo.		Técnico: E.E.R / W.L.C	
		Responsable: K.R.L	
DATOS DE LA MUESTRA			
Identificación: Arena Gruesa			
Procedencia: Cantera "Barreto"			
DATOS TÉCNICOS			
TARA	1	2	3
PESO DE TARA (gr.)	165.38	137.12	139.17
PESO MUESTRA HÚMEDA + TARA (gr.)	1165.38	1137.12	1139.18
PESO MUESTRA SECA + TARA (gr.)	1159.66	1131.53	1133.61
PESO DEL AGUA (gr.)	5.72	5.59	5.57
PESO MUESTRA SECA (gr.)	994.28	994.41	994.44
% DE HUMEDAD	0.58	0.56	0.56
PROMEDIO (%)	0.57		

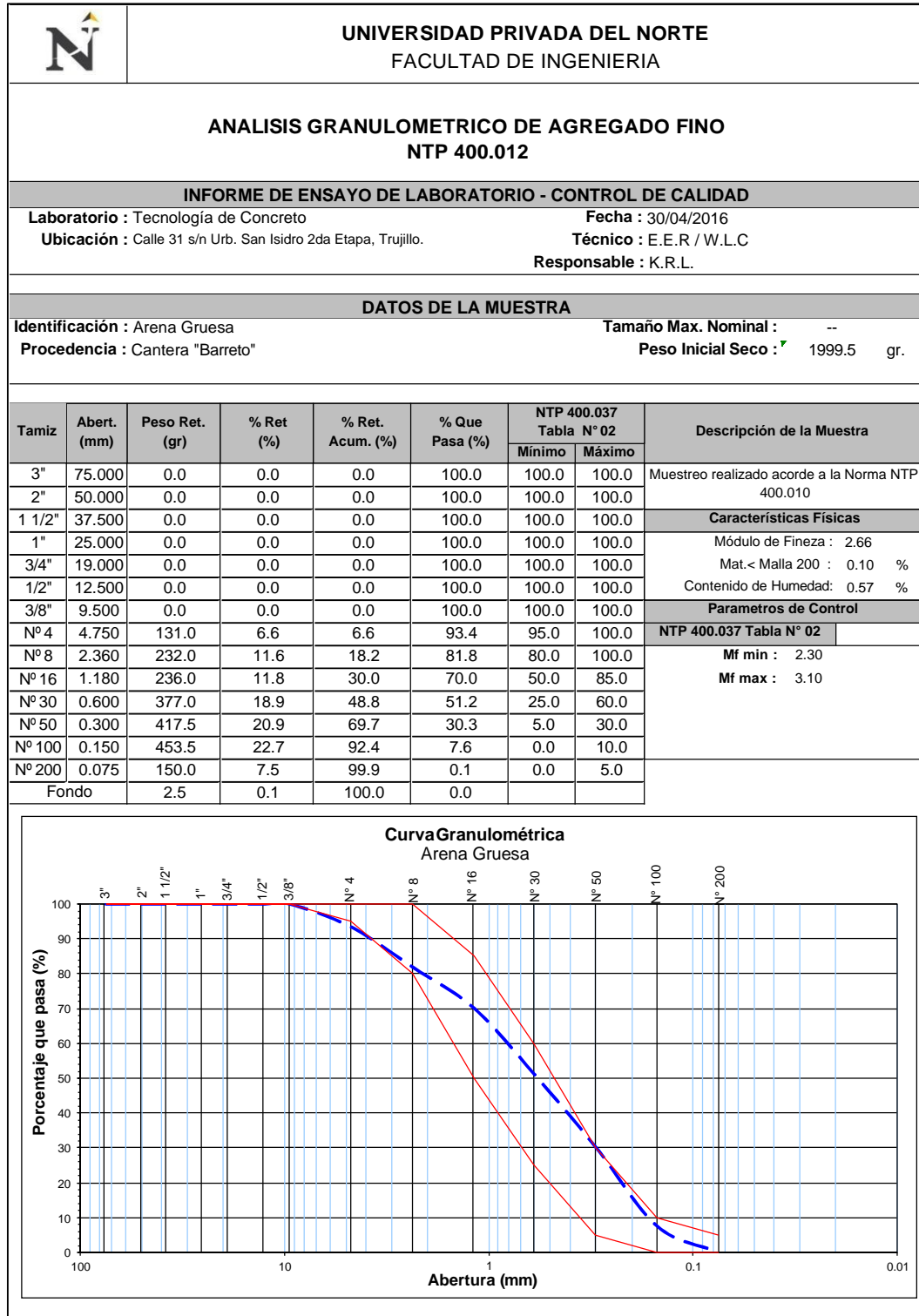
Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°7. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERIA</p>			
<p>CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO GRUESO N.T.P. 339.185</p>			
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO			
Laboratorio: Tecnología de Concreto		Fecha: 28/04/2016	
Ubicación : Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo.		Técnico: E.E.R / W.L.C	
		Responsable: K.R.L	
DATOS DE LA MUESTRA			
Identificación: Piedra 3/4"			
Procedencia: Cantera "Barreto"			
DATOS TÉCNICOS			
TARA	1	2	3
PESO DE TARA (gr.)	239.63	214.21	268.10
PESO MUESTRA HÚMEDA + TARA (gr.)	3239.80	3214.42	3268.24
PESO MUESTRA SECA + TARA (gr.)	3222.57	3197.58	3248.77
PESO DEL AGUA (gr.)	17.23	16.84	19.47
PESO MUESTRA SECA (gr.)	2982.94	2983.37	2980.67
% DE HUMEDAD	0.58	0.56	0.65
PROMEDIO (%)	0.60		

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°8. GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO

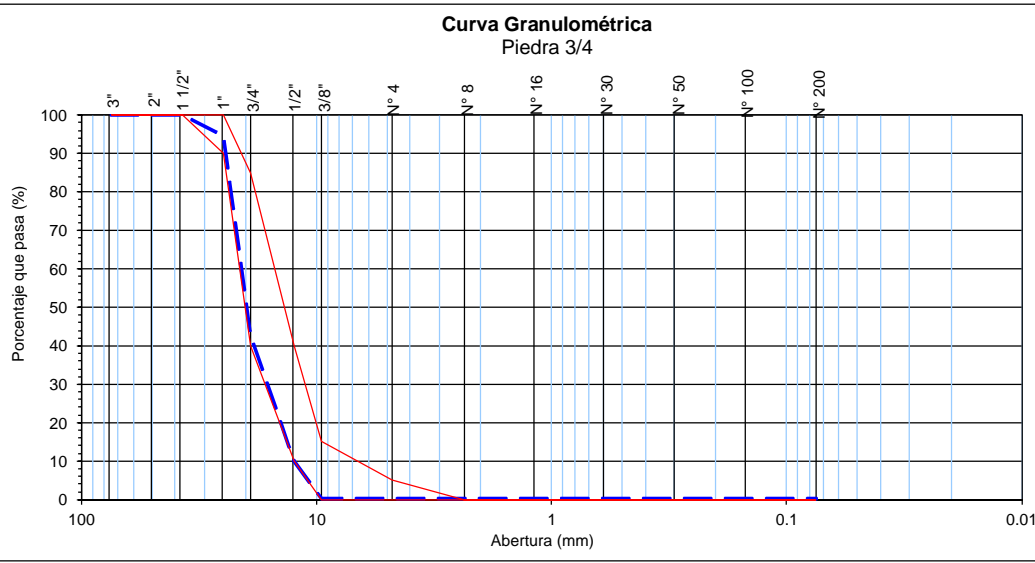


Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°9. GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO


UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		FACULTAD DE INGENIERIA						
ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADO GRUESO NTP 400.012								
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE CALIDAD								
Laboratorio : Tecnología de Concreto				Fecha : 30/04/2016				
Ubicación : Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo.				Técnico : E.E.R / W.L.C				
				Responsable : K.R.L.				
DATOS DE LA MUESTRA								
Identificación : Piedra 3/4"				Tamaño Max. Nominal : 1"				
Procedencia : Cantera "Barreto"				Peso Inicial Seco : 5201.5 gr.				
Tamiz	Abert. (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret (%)	% Ret. Acum (%)	% Que Pasa (%)	NTP 400.037 Huso 56		Descripción de la Muestra
						Mínimo	Máximo	
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	Muestreo realizado acorde a la Norma NTP 400.010
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	Características Físicas
1"	25.000	279.5	5.4	5.4	94.6	90.0	100.0	Módulo de Fineza : 7.56
3/4"	19.000	2709.0	52.1	57.5	42.5	40.0	85.0	Mat. < Malla 200 : %
1/2"	12.500	1687.5	32.4	89.9	10.1	10.0	40.0	Cont. de Humedad: 0.6 %
3/8"	9.500	512.5	9.9	99.8	0.2	0.0	15.0	Parametros de Control
Nº 4	4.750	4.0	0.1	99.8	0.2	0.0	5.0	Huso 56
Nº 8	2.360	0.0	0.0	99.8	0.2	0.0	0.0	Mf min : 6.95
Nº 16	1.180	0.0	0.0	99.8	0.2	0.0	0.0	Mf max : 7.60
Nº 30	0.600	0.0	0.0	99.8	0.2	0.0	0.0	
Nº 50	0.300	0.0	0.0	99.8	0.2	0.0	0.0	
Nº 100	0.150	0.0	0.0	99.8	0.2	0.0	0.0	
Nº 200	0.075	0.0	0.0	99.8	0.2	0.0	0.0	
Fondo		9.0	0.2	100.0	0.0			

Curva Granulométrica
Piedra 3/4




Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°10. PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

		UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERIA	
PESO UNITARIO DE AGREGADO FINO N.T.P. 400.017			
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO			
Laboratorio: Tecnología de Concreto Ubicación : Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo.		Fecha: 03/05/2016 Técnico: E.E.R / W.L.C Responsable: K.R.L	
DATOS DE LA MUESTRA			
Identificación: Arena Gruesa Procedencia: Cantera "Barreto"			
DATOS TÉCNICOS			
Datos		1	
Peso (molde) (kg)		5.505	
Peso (molde+agua)(kg)		19.406	
Peso (agua) (kg)		13.901	
Factor (kg/m ³)		1000.000	
Volumen del Molde (m ³)		0.014	
Datos		1	2
Peso (molde) (kg)		5.505	5.505
Peso (molde+muestra)(kg)		29.667	30.335
Peso Suelto (muestra) (kg)		24.162	24.830
Volumen del Molde (m ³)		0.014	0.014
Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m ³)		1738	1779
Promedio Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m³)		1768	
Datos		1	2
Peso (molde) (kg)		5.505	5.505
Peso (molde+muestra)(kg)		31.890	32.080
Peso Compactado (muestra) (kg)		26.385	26.575
Volumen del Molde (m ³)		0.014	0.014
Peso Unitario Compactado Seco (Kg/m ³)		1898	1912
Promedio Peso Unitario Compactado Seco (Kg/m³)		1902	

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°11. PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERIA</p>			
PESO UNITARIO DE AGREGADO GRUESO			
N.T.P. 400.017			
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO			
Laboratorio: Tecnología de Concreto		Fecha: 04/05/2016	
Ubicación : Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo.		Técnico: E.E.R / W.L.C	
		Responsable: K.R.L	
DATOS DE LA MUESTRA			
Identificación: Piedra 3/4"			
Procedencia: Cantera "Barreto"			
DATOS TÉCNICOS			
Datos	1		
Peso (molde) (kg)	5.505		
Peso (molde+agua)(kg)	19.406		
Peso (agua) (kg)	13.901		
Factor (kg/m3)	1000.000		
Volumen del Molde (m3)	0.014		
Datos	1	2	3
Peso (molde) (kg)	5.505	5.505	5.505
Peso (molde+muestra)(kg)	27.315	27.220	27.180
Peso Suelto (muestra) (kg)	21.810	21.715	21.675
Volumen del Molde (m3)	0.014	0.014	0.014
Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m3)	1569	1562	1559
Promedio Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m3)		1563	
Datos	1	2	3
Peso (molde) (kg)	5.505	5.505	5.505
Peso (molde+muestra)(kg)	29.210	29.255	29.275
Peso Compactado (muestra) (kg)	23.705	23.750	23.770
Volumen del Molde (m3)	0.014	0.014	0.014
Peso Unitario Compactado Seco (Kg/m3)	1705	1709	1710
Promedio Peso Unitario Compactado Seco (Kg/m3)		1708	

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°12. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERIA</p>	
<p>GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO N.T.P. 400.022</p>	
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO	
<p>Laboratorio: Tecnología de Concreto Ubicación : Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo.</p>	<p>Fecha: 02/05/2016 Técnico: E.E.R / W.L.C Responsable: K.R.L</p>
DATOS DE LA MUESTRA	
<p>Identificación: Arena Gruesa Procedencia: Cantera "Barreto"</p>	
DATOS TÉCNICOS	
ENSAYO	1
A= Masa de la muestra seca al horno, (gr.)	496.00
B= Masa del Picnómetro llenado de agua, (gr.)	652.60
C= Masa del Picnómetro lleno de la muestra y el agua, (gr.)	962.00
S= Masa de la muestra de Saturado Superficialmente Seca	500.00
a) Densidad relativa (Gravedad Específica) (OD)= $A/(B+S-C)$, (gr/cc)	2.60
b) Densidad relativa (Gravedad Específica) (SSD)= $S/(B+S-C)$, (gr/cc)	2.62
c) Densidad Relativa Aparente (Gravedad Específica Aparente)= $A/(B+A-C)$, (gr/cc)	2.66
d) Absorción, %=100 [(S-A)/A], (%)	0.81

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°13. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERIA	
GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO N.T.P. 400.021	
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO	
Laboratorio: Tecnología de Concreto Ubicación : Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo.	Fecha: 02/05/2016 Técnico: E.E.R / W.L.C Responsable: K.R.L
DATOS DE LA MUESTRA	
Identificación: Piedra 3/4" Procedencia: Cantera "Barreto"	
DATOS TÉCNICOS	
ENSAYO	1
A= Masa de la muestra secada al horno en aire, (gr.)	2998.00
B= Masa de la muestra de ensayo de superficie saturada seca en aire, (gr.)	3030.00
C= Masa aparente de la muestra de ensayo saturada en agua, (gr.)	1916.00
a) Densidad relativa (Gravedad Específica) (OD)= $A/(B-C)$, (gr/cc)	2.69
b) Densidad relativa (Gravedad Específica) (SSD)= $B/(B-C)$, (gr/cc)	2.72
c) Densidad Relativa Aparente (Gravedad Específica Aparente)= $A/(A-C)$, (gr/cc)	2.77
d) Absorción, %=100 [(B-A)/A], (%)	1.07


Fuente: Elaboración Propia

**ANEXO N°14. DESGASTE POR ABRASIÓN LOS ÁNGELES DEL AGREGADO
GRUESO**

 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERIA</p>	
<p>CONTENIDO POR ABRASIÓN LOS ANGELES AGREGADO GRUESO N.T.P. 400.019</p>	
<p>INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO</p>	
<p>Laboratorio: Tecnología de Concreto Ubicación : Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo.</p>	<p>Fecha: 05/05/2016 Técnico: E.E.R / W.L.C Responsable: K.R.L</p>
<p>DATOS DE LA MUESTRA</p>	
<p>Identificación: Piedra 3/4" Procedencia: Cantera "Barreto"</p>	
<p>DATOS TÉCNICOS</p>	
DATOS	1
PESO MUESTRA SECA ANTES DE ENSAYO (gr.)	5000.00
PESO MUESTRA SECA DESPUÉS DE ENSAYO (gr.)	4241.00
NÚMERO DE ESFERAS	12.00
% DE DESGASTE	15.18


Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°15. DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PATRÓN (M-0-1)

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERIA</p>								
DISEÑO DE MEZCLA (CONCRETO PATRÓN)								
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO								
Laboratorio: Tecnología de Concreto				Fecha: 12/10/2016				
Ubicación : Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo.				Técnico: E.E.R / W.L.C				
Responsable: K.R.L								
Propiedades Físicas de los Insumos								
Propiedades Físicas de los Insumos								
Descripción Materiales	Peso Específico (kg/m ³)	Absorción (%)	Humedad (%)	Módulo de Finura	TMN A. G.	PUS (kg/m ³)	Procedencia	
Cemento MS	2950	-	-	-	-	-	Fabricante Pacasmayo	
Agua	1000	-	-	-	-	-	Red Pública	
Agregado Grueso	2690	1.07	0.55	7.57	1	1560	Cantera Barreto	
Agregado Fino	2600	0.81	0.96	2.66	-	1770	Cantera Barreto	
Datos Técnicos								
Consideraciones - Requisitos del Concreto	f'c (kg/cm ²)		C210					
	Desviación Estándar (kg/cm ²)		30		Disminución Relación A/C			-0.04
	f'cr Criterio ACI 318		Tabla 5.3.2.1					
	f'cr (kg/cm ²)		250		Agua Sin Aditivo (Its)			Agua Final (Its)
	Aguax TM		208		208			
	Relación a/c		0.60		Reducción de agua (Its)			0.0%
	Cemento (Kg)		378		0			
	Modulo de Finura Global (Mfg)		4.62		Reducción de agua (%)			208
	Incidencia Agregado Grueso (%)		0.60		Mfg DISEÑO ==>			
	Incidencia Agregado Fino (%)		0.40		EVALUACIÓN Mfg ==>			4.84 (Pruebas industriales)
	Slump requerido (pulg)		A5		Ajustar incidencias y supervisar canteras			
	Slump mín. LAB (pulg)		8					
Dosificación del Concreto								
Materiales	%	Peso Seco (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Tanda		
						40 L		
Cemento MS		378	0.1281	378	378	15.12		
Agua		208	0.2079	210	208	8.40		
Agregado Grueso		704	0.2616	708	711	28.30		
Agregado Fino		1020	0.3924	1030	1028	41.20		
Total		2310	1.0000	2326	2326	93.02		
Aire	1							


Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°16. DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PATRÓN (M-0-2)

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERIA</p>								
DISEÑO DE MEZCLA (CONCRETO PATRÓN)								
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO								
Laboratorio: Tecnología de Concreto				Fecha: 13/10/2016				
Ubicación : Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo.				Técnico: E.E.R / W.L.C				
Responsable: K.R.L								
Propiedades Físicas de los Insumos								
Propiedades Físicas de los Insumos								
Descripción Materiales	Peso Específico (kg/m ³)	Absorción (%)	Humedad (%)	Módulo de Finura	TMN A. G.	PUS (kg/m ³)	Procedencia	
Cemento MS	2950	-	-	-	-	-	Fabricante Pacasmayo	
Agua	1000	-	-	-	-	-	Red Pública	
Agregado Grueso	2690	1.07	0.55	7.57	1	1560	Cantera Barreto	
Agregado Fino	2600	0.81	0.96	2.66	-	1770	Cantera Barreto	
Datos Técnicos								
Consideraciones - Requisitos del Concreto	f'c (kg/cm ²)		C210					
	Desviación Estándar (kg/cm ²)		30		Disminución Relación A/C			-0.04
	f'cr Criterio ACI 318		Tabla 5.3.2.1		Agua Sin Aditivo (lts)	Reducción de agua (lts)	Reducción de agua (%)	Agua Final (lts)
	f'cr (kg/cm ²)		250					
	Aguax TM		208		208	0	0.0%	208
	Relación a/c		0.60					
	Cemento (Kg)		378					
	Modulo de Finura Global (Mfg)		4.62					
	Incidencia Agregado Grueso (%)		0.60		Mfg DISEÑO ==>		4.84	(Pruebas industriales)
	Incidencia Agregado Fino (%)		0.40		EVALUACIÓN Mfg ==>		Ajustar incidencias y supervisar canteras	
	Slump requerido (pulg)		A5					
Slump mín. LAB (pulg)		8						
Dosificación del Concreto								
Materiales	%	Peso Seco (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Tanda		
						40 L		
Cemento MS		378	0.1281	378	378	15.12		
Agua		208	0.2079	210	208	8.40		
Agregado Grueso		704	0.2616	708	711	28.30		
Agregado Fino	1.00	1020	0.3924	1030	1028	41.20		
Total		2310	1.0000	2326	2326	93.02		
Aire	1							


Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°17. DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PATRÓN (M-3-1)

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERIA							
DISEÑO DE MEZCLA (CONCRETO PATRÓN + MACROFIBRA 3 kg/m3)							
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO							
Laboratorio:		Tecnología de Concreto				Fecha: 14/10/2016	
Ubicación :		Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo.				Técnico: E.E.R / W.L.C	
						Responsable: K.R.L	
Propiedades Físicas de los Insumos							
Propiedades Físicas de los Insumos							
Descripción Materiales	Peso Específico (kg/m3)	Absorción (%)	Humedad (%)	Módulo de Finura	TMN A. G.	PUS (kg/m³)	Procedencia
Cemento MS	2950	-	-	-	-	-	Fabricante Pacasmayo
Agua	1000	-	-	-	-	-	Red Pública
Agregado Grueso	2690	1.07	0.55	7.57	1	1560	Cantera Barreto
Agregado Fino	2600	0.81	0.96	2.66	-	1770	Cantera Barreto
Macrofibra Sintética (3kg/m3)	1100	-	-	-	-	-	Fabricante SIKA
Datos Técnicos							
Consideraciones - Requisitos del Concreto	$f'c$ (kg/cm ²)	C210		Disminución Relación A/C			-0.04
	Desviación Estándar (kg/cm ²)	30					
	$f'cr$ Criterio ACI 318	Tabla 5.3.2.1		Agua Sin Aditivo (Its)	Reducción de agua (Its)	Reducción de agua (%)	Agua Final (Its)
	$f'cr$ (kg/cm ²)	250					
	Aguax TM	208		208	0	0.0%	208
	Relación a/c	0.60					
	Cemento (Kg)	378					
	Modulo de Finura Global (Mfg)	4.62					
	Incidencia Agregado Grueso (%)	0.60		Mfg DISEÑO ==>		4.84 (Pruebas industriales)	
	Incidencia Agregado Fino (%)	0.40		EVALUACIÓN Mfg ==>		Ajustar incidencias y supervisar canteras	
Slump requerido (pulg)	A5						
Slump mín. LAB (pulg)	8						
Dosificación del Concreto							
Materiales	%	Peso Seco (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Tanda	
Cemento MS		378	0.1281	378	378	40 L	
Agua		208	0.2079	210	208	8.40	
Agregado Grueso		704	0.2616	708	711	28.30	
Agregado Fino	1.00	1020	0.3924	1030	1028	41.20	
Macrofibra Sintética (3kg/m3 x 0.040m3)						0.12	
Total		2310	1.0000	2326	2326	93.14	
Aire	1						


Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°18. DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PATRÓN (M-3-2)

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERIA</p>								
DISEÑO DE MEZCLA (CONCRETO PATRÓN + MACROFIBRA 3 kg/m3)								
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO								
Laboratorio:	Tecnología de Concreto					Fecha: 15/10/2016		
Ubicación :	Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo.					Técnico: E.E.R / W.L.C		
						Responsable: K.R.L		
Propiedades Físicas de los Insumos								
Propiedades Físicas de los Insumos								
Descripción Materiales	Peso Específico (kg/m3)	Absorción (%)	Humedad (%)	Módulo de Finura	TMN A. G.	PUS (kg/m³)	Procedencia	
Cemento MS	2950	-	-	-	-	-	Fabricante Pacasmayo	
Agua	1000	-	-	-	-	-	Red Pública	
Agregado Grueso	2690	1.07	0.55	7.57	1	1560	Cantera Barreto	
Agregado Fino	2600	0.81	0.96	2.66	-	1770	Cantera Barreto	
Macrofibra Sintética (3kg/m3)	1100	-	-	-	-	-	Fabricante SIKA	
Datos Técnicos								
Consideraciones - Requisitos del Concreto	f'c (kg/cm²)		C210					
	Desviación Estándar (kg/cm²)		30		Disminución Relación A/C			
	f'cr Criterio ACI 318		Tabla 5.3.2.1		-0.04			
	f'cr (kg/cm²)		250		Agua Sin Aditivo (Its)	Reducción de agua (Its)	Reducción de agua (%)	Agua Final (Its)
	Aguax TM		208		208	0	0.0%	208
	Relación a/c		0.60					
	Cemento (Kg)		378					
	Modulo de Finura Global (Mfg)		4.62					
	Incidencia Agregado Grueso (%)		0.60		Mfg DISEÑO ==>		4.84	(Pruebas industriales)
	Incidencia Agregado Fino (%)		0.40		EVALUACIÓN Mfg ==>		Ajustar incidencias y supervisar canteras	
	Slump requerido (pulg)		A5					
Slump mín. LAB (pulg)		8						
Dosificación del Concreto								
Materiales	%	Peso Seco (kg/m³)	Volumen (m³)	Peso Húmedo (kg/m³)	Peso SSS (kg/m³)	Tanda		
Cemento MS		378	0.1281	378	378	40 L		
Agua		208	0.2079	210	208	15.12		
Agregado Grueso		704	0.2616	708	711	8.40		
Agregado Fino	1.00	1020	0.3924	1030	1028	28.30		
Macrofibra Sintética (3kg/m3 x 0.040m3)						41.20		
						0.12		
Total		2310	1.0000	2326	2326	93.14		
Aire	1							


Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°19. DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PATRÓN (M-5-1)

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERIA</p>								
DISEÑO DE MEZCLA (CONCRETO PATRÓN + MACROFIBRA 5 kg/m3)								
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO								
Laboratorio:	Tecnología de Concreto					Fecha: 16/10/2016		
Ubicación :	Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo.					Técnico: E.E.R / W.L.C		
						Responsable: K.R.L		
Propiedades Físicas de los Insumos								
Propiedades Físicas de los Insumos								
Descripción Materiales	Peso Específico (kg/m3)	Absorción (%)	Humedad (%)	Módulo de Finura	TMN A. G.	PUS (kg/m³)	Procedencia	
Cemento MS	2950	-	-	-	-	-	Fabricante Pacasmayo	
Agua	1000	-	-	-	-	-	Red Pública	
Agregado Grueso	2690	1.07	0.55	7.57	1	1560	Cantera Barreto	
Agregado Fino	2600	0.81	0.96	2.66	-	1770	Cantera Barreto	
Macrofibra Sintética (5kg/m3)	1100	-	-	-	-	-	Fabricante SIKA	
Datos Técnicos								
Consideraciones - Requisitos del Concreto	f'c (kg/cm²)		C210					
	Desviación Estándar (kg/cm²)		30		Disminución Relación A/C			
	f'cr Criterio ACI 318		Tabla 5.3.2.1		-0.04			
	f'cr (kg/cm²)		250		Agua Sin Aditivo (Its)	Reducción de agua (Its)	Reducción de agua (%)	Agua Final (Its)
	Aguax TM		208		208	0	0.0%	208
	Relación a/c		0.60					
	Cemento (Kg)		378					
	Modulo de Finura Global (Mfg)		4.62					
	Incidencia Agregado Grueso (%)		0.60		Mfg DISEÑO ==>		4.84	(Pruebas industriales)
	Incidencia Agregado Fino (%)		0.40		EVALUACIÓN Mfg ==>		Ajustar incidencias y supervisar canteras	
Slump requerido (pulg)		A5						
Slump mín. LAB (pulg)		8						
Dosificación del Concreto								
Materiales	%	Peso Seco (kg/m³)	Volumen (m³)	Peso Húmedo (kg/m³)	Peso SSS (kg/m³)	Tanda		
Cemento MS		378	0.1281	378	378	40 L		
Agua		208	0.2079	210	208	15.12		
Agregado Grueso		704	0.2616	708	711	8.40		
Agregado Fino	1.00	1020	0.3924	1030	1028	28.30		
Macrofibra Sintética (5kg/m3 x 0.040m3)						41.20		
						0.20		
Total		2310	1.0000	2326	2326	93.22		
Aire	1							


Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°20. DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PATRÓN (M-5-2)

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERIA								
DISEÑO DE MEZCLA (CONCRETO PATRÓN + MACROFIBRA 5 kg/m ³)								
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO								
Laboratorio:		Tecnología de Concreto				Fecha: 17/10/2016		
Ubicación :		Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo.				Técnico: E.E.R / W.L.C		
						Responsable: K.R.L		
Propiedades Físicas de los Insumos								
Propiedades Físicas de los Insumos								
Descripción Materiales	Peso Específico (kg/m ³)	Absorción (%)	Humedad (%)	Módulo de Finura	TMN A. G.	PUS (kg/m ³)	Procedencia	
Cemento MS	2950	-	-	-	-	-	Fabricante Pacasmayo	
Agua	1000	-	-	-	-	-	Red Pública	
Agregado Grueso	2690	1.07	0.55	7.57	1	1560	Cantera Barreto	
Agregado Fino	2600	0.81	0.96	2.66	-	1770	Cantera Barreto	
Macrofibra Sintética (5kg/m ³)	1100	-	-	-	-	-	Fabricante SIKA	
Datos Técnicos								
Consideraciones - Requisitos del Concreto	f'c (kg/cm ²)		C210					
	Desviación Estándar (kg/cm ²)		30		Disminución Relación A/C			
	f'cr Criterio ACI 318		Tabla 5.3.2.1		-0.04			
	f'cr (kg/cm ²)		250		Agua Sin Aditivo (Its)	Reducción de agua (Its)	Reducción de agua (%)	Agua Final (Its)
	Aguax TM		208		208	0	0.0%	208
	Relación a/c		0.60					
	Cemento (Kg)		378					
	Modulo de Finura Global (Mfg)		4.62					
	Incidencia Agregado Grueso (%)		0.60		Mfg DISEÑO ==>		4.84 (Pruebas industriales)	
	Incidencia Agregado Fino (%)		0.40		EVALUACIÓN Mfg ==>		Ajustar incidencias y supervisar canteras	
Slump requerido (pulg)		A5						
Slump mín. LAB (pulg)		8						
Dosificación del Concreto								
Materiales	%	Peso Seco (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Tanda		
Cemento MS		378	0.1281	378	378	40 L		
Agua		208	0.2079	210	208	15.12		
Agregado Grueso		704	0.2616	708	711	8.40		
Agregado Fino	1.00	1020	0.3924	1030	1028	28.30		
Macrofibra Sintética (5kg/m ³ x 0.040m ³)						41.20		
	Total	2310	1.0000	2326	2326	0.20		
Aire	1					93.22		


Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°21. DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PATRÓN (M-7-1)

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERIA							
DISEÑO DE MEZCLA (CONCRETO PATRÓN + MACROFIBRA 7 kg/m3)							
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO							
Laboratorio:	Tecnología de Concreto					Fecha: 02/11/2016	
Ubicación :	Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo.					Técnico: E.E.R / W.L.C	
						Responsable: K.R.L	
Propiedades Físicas de los Insumos							
Propiedades Físicas de los Insumos							
Descripción Materiales	Peso Específico (kg/m3)	Absorción (%)	Humedad (%)	Módulo de Finura	TMN A. G.	PUS (kg/m³)	Procedencia
Cemento MS	2950	-	-	-	-	-	Fabricante Pacasmayo
Agua	1000	-	-	-	-	-	Red Pública
Agregado Grueso	2690	1.07	0.55	7.57	1	1560	Cantera Barreto
Agregado Fino	2600	0.81	0.96	2.66	-	1770	Cantera Barreto
Macrofibra Sintética (7kg/m3)	1100	-	-	-	-	-	Fabricante SIKA
Datos Técnicos							
Consideraciones - Requisitos del Concreto	$f'c$ (kg/cm ²)	C210		Disminución Relación A/C			-0.04
	Desviación Estándar (kg/cm ²)	30					
	$f'cr$ Criterio ACI 318	Tabla 5.3.2.1		Agua Sin Aditivo (Its)	Reducción de agua (Its)	Reducción de agua (%)	Agua Final (Its)
	$f'cr$ (kg/cm ²)	250					
	Aguax TM	208		208	0	0.0%	208
	Relación a/c	0.60					
	Cemento (Kg)	378					
	Modulo de Finura Global (Mfg)	4.62					
	Incidencia Agregado Grueso (%)	0.60		Mfg DISEÑO ==>		4.84 (Pruebas industriales)	
	Incidencia Agregado Fino (%)	0.40		EVALUACIÓN Mfg ==>		Ajustar incidencias y supervisar canteras	
Slump requerido (pulg)	A5						
Slump mín. LAB (pulg)	8						
Dosificación del Concreto							
Materiales	%	Peso Seco (kg/m³)	Volumen (m³)	Peso Húmedo (kg/m³)	Peso SSS (kg/m³)	Tanda	
Cemento MS		378	0.1281	378	378	40 L	
Agua		208	0.2079	210	208	8.40	
Agregado Grueso		704	0.2616	708	711	28.30	
Agregado Fino	1.00	1020	0.3924	1030	1028	41.20	
Macrofibra Sintética (7kg/m3 x 0.040m3)						0.28	
Total		2310	1.0000	2326	2326	93.30	
Aire	1						


Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°22. DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PATRÓN (M-7-2)

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERIA							
DISEÑO DE MEZCLA (CONCRETO PATRÓN + MACROFIBRA 7 kg/m3)							
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO							
Laboratorio:		Tecnología de Concreto				Fecha: 03/11/2016	
Ubicación :		Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo.				Técnico: E.E.R / W.L.C	
						Responsable: K.R.L	
Propiedades Físicas de los Insumos							
Propiedades Físicas de los Insumos							
Descripción Materiales	Peso Específico (kg/m3)	Absorción (%)	Humedad (%)	Módulo de Finura	TMN A. G.	PUS (kg/m³)	Procedencia
Cemento MS	2950	-	-	-	-	-	Fabricante Pacasmayo
Agua	1000	-	-	-	-	-	Red Pública
Agregado Grueso	2690	1.07	0.55	7.57	1	1560	Cantera Barreto
Agregado Fino	2600	0.81	0.96	2.66	-	1770	Cantera Barreto
Macrofibra Sintética (5kg/m3)	1100	-	-	-	-	-	Fabricante SIKA
Datos Técnicos							
Consideraciones - Requisitos del Concreto	$f'c$ (kg/cm ²)	C210					
	Desviación Estándar (kg/cm ²)	30		Disminución Relación A/C			-0.04
	$f'cr$ Criterio ACI 318	Tabla 5.3.2.1					
	$f'cr$ (kg/cm ²)	250		Agua Sin Aditivo (Its)	Reducción de agua (Its)	Reducción de agua (%)	Agua Final (Its)
	Aguax TM	208		208	0	0.0%	208
	Relación a/c	0.60					
	Cemento (Kg)	378					
	Modulo de Finura Global (Mfg)	4.62					
	Incidencia Agregado Grueso (%)	0.60		Mfg DISEÑO ==>			4.84 (Pruebas industriales)
	Incidencia Agregado Fino (%)	0.40		EVALUACIÓN Mfg ==>			Ajustar incidencias y supervisar canteras
Slump requerido (pulg)	A5						
Slump mín. LAB (pulg)	8						
Dosificación del Concreto							
Materiales	%	Peso Seco (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Tanda	
Cemento MS		378	0.1281	378	378	40 L	
Agua		208	0.2079	210	208	8.40	
Agregado Grueso		704	0.2616	708	711	28.30	
Agregado Fino	1.00	1020	0.3924	1030	1028	41.20	
Macrofibra Sintética (7kg/m3 x 0.040m3)						0.28	
Total		2310	1.0000	2326	2326	93.30	
Aire	1						



Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°23. ELABORACIÓN Y CURADO DE PANELES CUADRADOS

	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERIA							
ELABORACIÓN DE PROBETAS - CURADO								
INFORME DE LABORATORIO								
Laboratorio:	Tecnología de Concreto						Técnico: E.E.R / W.L.C	
Ubicación :	Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo.						Responsable: K.R.L	
DATOS DE LA PROBETAS								
Fechas de Elaboración y Desencofrado de Probetas								
PROBETAS	CONCRETO		CONCRETO + MACROFIBRA (3kg/m ³)		CONCRETO + MACROFIBRA (5kg/m ³)		CONCRETO + MACROFIBRA (7kg/m ³)	
	M-0-1	M-0-2	M-3-1	M-3-2	M-5-1	M-5-2	M-7-1	M-7-2
ELABORACIÓN	12/10/2016	13/10/2016	14/10/2016	15/10/2016	16/10/2016	17/10/2016	02/11/2016	03/11/2016
DESENCOFRADO	13/10/2016	14/10/2016	15/10/2016	16/10/2016	17/10/2016	18/10/2016	03/11/2016	04/11/2016
Días de Curados de las Probetas								
PROBETAS	CONCRETO		CONCRETO + MACROFIBRA (3kg/m ³)		CONCRETO + MACROFIBRA (5kg/m ³)		CONCRETO + MACROFIBRA (7kg/m ³)	
	M-0-1	M-0-2	M-3-1	M-3-2	M-5-1	M-5-2	M-7-1	M-7-2
DIAS DE CURADO	52	51	51	50	49	48	33	32
ENSAYO DE TENACIDAD	03/12/2016	03/12/2016	04/12/2016	04/12/2016	04/12/2016	04/12/2016	05/12/2016	05/12/2016

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°24. RESULTADOS DE LA TENACIDAD DEL CONCRETO (M-0-1)

 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERIA</p>							
<p>ENSAYO DE CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE ENERGÍA UNE-EN-14488-5</p>							
<p>INFORME DE LABORATORIO</p>							
<p>Laboratorio: Tecnología de Concreto</p>	<p>Técnico: E.E.R / W.L.C</p>						
<p>Ubicación : Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo.</p>	<p>Responsable: K.R.L</p>						
<p>1. PARÁMETROS GENERALES:</p>							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"> <p>Muestra:</p> <p style="text-align: center;">M-0-1</p> </td> <td style="width: 50%;"> <p>Fecha de elaboración de especímenes:</p> <p style="text-align: center;">12/10/2016</p> </td> </tr> <tr> <td> <p style="text-align: center;">Concreto Patrón</p> </td> <td> <p>Fecha de salida de poza de curado:</p> <p style="text-align: center;">03/12/2016</p> </td> </tr> <tr> <td> <p>Dosificación / F^c de diseño:</p> <p style="text-align: center;">210 kg/cm²</p> </td> <td> <p>Fecha / edad de ensayo (días):</p> <p style="text-align: center;">52</p> </td> </tr> </table>	<p>Muestra:</p> <p style="text-align: center;">M-0-1</p>	<p>Fecha de elaboración de especímenes:</p> <p style="text-align: center;">12/10/2016</p>	<p style="text-align: center;">Concreto Patrón</p>	<p>Fecha de salida de poza de curado:</p> <p style="text-align: center;">03/12/2016</p>	<p>Dosificación / F^c de diseño:</p> <p style="text-align: center;">210 kg/cm²</p>	<p>Fecha / edad de ensayo (días):</p> <p style="text-align: center;">52</p>	
<p>Muestra:</p> <p style="text-align: center;">M-0-1</p>	<p>Fecha de elaboración de especímenes:</p> <p style="text-align: center;">12/10/2016</p>						
<p style="text-align: center;">Concreto Patrón</p>	<p>Fecha de salida de poza de curado:</p> <p style="text-align: center;">03/12/2016</p>						
<p>Dosificación / F^c de diseño:</p> <p style="text-align: center;">210 kg/cm²</p>	<p>Fecha / edad de ensayo (días):</p> <p style="text-align: center;">52</p>						
<p>2. DATOS DEL ENSAYO:</p>							
<p>2.01 Espesor Promedio de la muestra (mm)</p>	101.60 mm						
2.02 Carga de falla (KN)	32.90 KN						
2.03 Energía Absorbida en (Joules) (d=25mm)	0.00 Joules						
2.04 Energía Absorbida en (Joules) (d=30mm)	0.00 Joules						
2.05 Energía Absorbida en (Joules) (d=20mm)	0.00 Joules						
2.06 Energía Absorbida en (Joules) (d=10mm)	0.00 Joules						
2.07 Energía Absorbida en (Joules) (Hasta Máx. Carga)	21.94 Joules						
2.08 Tipo de falla observada	4 Fisuras Radiales						
<p>3. OBSERVACIONES GRÁFICAS DEL ENSAYO:</p>							
							

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6.1. Capacidad de Absorción de Energía (M-0-1)


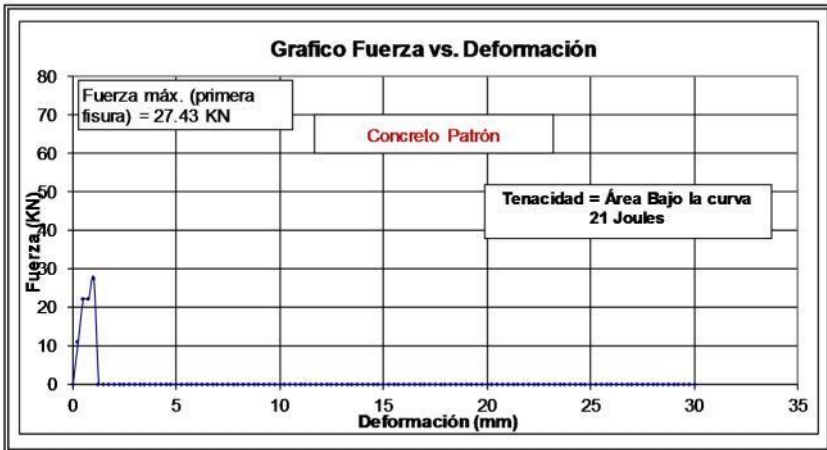
ENSAYO CAPACIDAD DE ASORCIÓN DE ENERGÍA						
Tiempo (min)	Deflexión (mm)	Fuerza (KN)	Altura	Área Bajo la Curva mm ²	Área Acumulada mm ²	Tenacidad Joules
00:00	0	0	0.000	0	0	0
00:15	0.25	11.0	0.025	0.27427953	0.27427953	2.74279799
00:30	0.50	16.5	0.025	0.4114193	0.68569883	4.11419699
00:45	0.75	27.4	0.025	0.68569883	1.37139765	6.85699499
01:00	1.00	32.9	0.025	0.82283859	2.19423624	8.22839398
01:15	1.25	0.0	0.025	0	2.19423624	0
01:30	1.50	0.0	0.025	0	2.19423624	0
01:45	1.75	0.0	0.025	0	2.19423624	0
02:00	2.00	0.0	0.025	0	2.19423624	0
02:15	2.25	0.0	0.025	0	2.19423624	0
02:30	2.50	0.0	0.025	0	2.19423624	0
02:45	2.75	0.0	0.025	0	2.19423624	0
03:00	3.00	0.0	0.025	0	2.19423624	0
03:15	3.25	0.0	0.025	0	2.19423624	0
03:30	3.50	0.0	0.025	0	2.19423624	0
03:45	3.75	0.0	0.025	0	2.19423624	0
04:00	4.00	0.0	0.025	0	2.19423624	0
04:15	4.25	0.0	0.025	0	2.19423624	0
04:30	4.50	0.0	0.025	0	2.19423624	0
04:45	4.75	0.0	0.025	0	2.19423624	0
05:00	5.00	0.0	0.025	0	2.19423624	0
05:15	5.25	0.0	0.025	0	2.19423624	0
05:30	5.50	0.0	0.025	0	2.19423624	0
05:45	5.75	0.0	0.025	0	2.19423624	0
06:00	6.00	0.0	0.025	0	2.19423624	0
06:15	6.25	0.0	0.025	0	2.19423624	0
06:30	6.50	0.0	0.025	0	2.19423624	0
06:45	6.75	0.0	0.025	0	2.19423624	0
07:00	7.00	0.0	0.025	0	2.19423624	0
07:15	7.25	0.0	0.025	0	2.19423624	0
07:30	7.50	0.0	0.025	0	2.19423624	0
07:45	7.75	0.0	0.025	0	2.19423624	0
08:00	8.00	0.0	0.025	0	2.19423624	0
08:15	8.25	0.0	0.025	0	2.19423624	0
08:30	8.50	0.0	0.025	0	2.19423624	0
08:45	8.75	0.0	0.025	0	2.19423624	0
09:00	9.00	0.0	0.025	0	2.19423624	0
09:15	9.25	0.0	0.025	0	2.19423624	0
09:30	9.50	0.0	0.025	0	2.19423624	0
09:45	9.75	0.0	0.025	0	2.19423624	0

10:00	10.00	0.0	0.025	0	2.19423624	0
10:15	10.25	0.0	0.025	0	2.19423624	0
10:30	10.50	0.0	0.025	0	2.19423624	0
10:45	10.75	0.0	0.025	0	2.19423624	0
11:00	11.00	0.0	0.025	0	2.19423624	0
11:15	11.25	0.0	0.025	0	2.19423624	0
11:30	11.50	0.0	0.025	0	2.19423624	0
11:45	11.75	0.0	0.025	0	2.19423624	0
12:00	12.00	0.0	0.025	0	2.19423624	0
12:15	12.25	0.0	0.025	0	2.19423624	0
12:30	12.50	0.0	0.025	0	2.19423624	0
12:45	12.75	0.0	0.025	0	2.19423624	0
13:00	13.00	0.0	0.025	0	2.19423624	0
13:15	13.25	0.0	0.025	0	2.19423624	0
13:30	13.50	0.0	0.025	0	2.19423624	0
13:45	13.75	0.0	0.025	0	2.19423624	0
14:00	14.00	0.0	0.025	0	2.19423624	0
14:15	14.25	0.0	0.025	0	2.19423624	0
14:30	14.50	0.0	0.025	0	2.19423624	0
14:45	14.75	0.0	0.025	0	2.19423624	0
15:00	15.00	0.0	0.025	0	2.19423624	0
15:15	15.25	0.0	0.025	0	2.19423624	0
15:30	15.50	0.0	0.025	0	2.19423624	0
15:45	15.75	0.0	0.025	0	2.19423624	0
16:00	16.00	0.0	0.025	0	2.19423624	0
16:15	16.25	0.0	0.025	0	2.19423624	0
16:30	16.50	0.0	0.025	0	2.19423624	0
16:45	16.75	0.0	0.025	0	2.19423624	0
17:00	17.00	0.0	0.025	0	2.19423624	0
17:15	17.25	0.0	0.025	0	2.19423624	0
17:30	17.50	0.0	0.025	0	2.19423624	0
17:45	17.75	0.0	0.025	0	2.19423624	0
18:00	18.00	0.0	0.025	0	2.19423624	0
18:15	18.25	0.0	0.025	0	2.19423624	0
18:30	18.50	0.0	0.025	0	2.19423624	0
18:45	18.75	0.0	0.025	0	2.19423624	0
19:00	19.00	0.0	0.025	0	2.19423624	0
19:15	19.25	0.0	0.025	0	2.19423624	0
19:30	19.50	0.0	0.025	0	2.19423624	0
19:45	19.75	0.0	0.025	0	2.19423624	0
20:00	20.00	0.0	0.025	0	2.19423624	0
20:15	20.25	0.0	0.025	0	2.19423624	0
20:30	20.50	0.0	0.025	0	2.19423624	0
20:45	20.75	0.0	0.025	0	2.19423624	0
21:00	21.00	0.0	0.025	0	2.19423624	0
21:15	21.25	0.0	0.025	0	2.19423624	0
21:30	21.50	0.0	0.025	0	2.19423624	0
21:45	21.75	0.0	0.025	0	2.19423624	0
22:00	22.00	0.0	0.025	0	2.19423624	0

22:15	22.25	0.0	0.025	0	2.19423624	0
22:30	22.50	0.0	0.025	0	2.19423624	0
22:45	22.75	0.0	0.025	0	2.19423624	0
23:00	23.00	0.0	0.025	0	2.19423624	0
23:15	23.25	0.0	0.025	0	2.19423624	0
23:30	23.50	0.0	0.025	0	2.19423624	0
23:45	23.75	0.0	0.025	0	2.19423624	0
24:00	24.00	0.0	0.025	0	2.19423624	0
24:15	24.25	0.0	0.025	0	2.19423624	0
24:30	24.50	0.0	0.025	0	2.19423624	0
24:45	24.75	0.0	0.025	0	2.19423624	0
25:00	25.00	0.0	0.025	0	2.19423624	0
25:15	25.25	0.0	0.025	0	2.19423624	0
25:30	25.50	0.0	0.025	0	2.19423624	0
25:45	25.75	0.0	0.025	0	2.19423624	0
26:00	26.00	0.0	0.025	0	2.19423624	0
26:15	26.25	0.0	0.025	0	2.19423624	0
26:30	26.50	0.0	0.025	0	2.19423624	0
26:45	26.75	0.0	0.025	0	2.19423624	0
27:00	27.00	0.0	0.025	0	2.19423624	0
27:15	27.25	0.0	0.025	0	2.19423624	0
27:30	27.50	0.0	0.025	0	2.19423624	0
27:45	27.75	0.0	0.025	0	2.19423624	0
28:00	28.00	0.0	0.025	0	2.19423624	0
28:15	28.25	0.0	0.025	0	2.19423624	0
28:30	28.50	0.0	0.025	0	2.19423624	0
28:45	28.75	0.0	0.025	0	2.19423624	0
29:00	29.00	0.0	0.025	0	2.19423624	0
29:15	29.25	0.0	0.025	0	2.19423624	0
29:30	29.50	0.0	0.025	0	2.19423624	0
29:45	29.75	0.0	0.025	0	2.19423624	0
30:00	30.00	0.0	0.025	0	2.19423624	0
TOTAL TENACIDAD (JOULES)						22

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°25. RESULTADOS DE LA TENACIDAD DEL CONCRETO (M-0-2)

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERIA																	
ENSAYO DE CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE ENERGÍA UNE-EN-14488-5																	
INFORME DE LABORATORIO																	
Laboratorio:	Tecnología de Concreto																
Ubicación :	Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo.																
Técnico:	E.E.R / W.L.C																
Responsable:	K.R.L																
<p>1. PARÁMETROS GENERALES:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Muestra:</td> <td style="width: 50%;">Fecha de elaboración de especímenes:</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">M-0-2</td> <td style="text-align: center;">13/10/2016</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Concreto Patrón</td> <td style="text-align: center;">Fecha de salida de poza de curado:</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">03/12/2016</td> </tr> <tr> <td>Dosificación / F'c de diseño:</td> <td>Fecha / edad de ensayo (días):</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">210 kg/cm²</td> <td style="text-align: center;">51</td> </tr> </table>		Muestra:	Fecha de elaboración de especímenes:	M-0-2	13/10/2016	Concreto Patrón	Fecha de salida de poza de curado:		03/12/2016	Dosificación / F'c de diseño:	Fecha / edad de ensayo (días):	210 kg/cm ²	51				
Muestra:	Fecha de elaboración de especímenes:																
M-0-2	13/10/2016																
Concreto Patrón	Fecha de salida de poza de curado:																
	03/12/2016																
Dosificación / F'c de diseño:	Fecha / edad de ensayo (días):																
210 kg/cm ²	51																
<p>2. DATOS DEL ENSAYO:</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 60%;">2.01 Espesor Promedio de la muestra (mm)</td> <td style="width: 40%; text-align: center;">101.60 mm</td> </tr> <tr> <td>2.02 Carga de falla (KN)</td> <td style="text-align: center;">27.43 KN</td> </tr> <tr> <td>2.03 Energía Absorbida en (Joules) (d=25mm)</td> <td style="text-align: center;">0.00 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.04 Energía Absorbida en (Joules) (d=30mm)</td> <td style="text-align: center;">0.00 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.05 Energía Absorbida en (Joules) (d=20mm)</td> <td style="text-align: center;">0.00 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.06 Energía Absorbida en (Joules) (d=10mm)</td> <td style="text-align: center;">0.00 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.07 Energía Absorbida en (Joules) (Hasta Máx. Carga)</td> <td style="text-align: center;">20.57 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.08 Tipo de falla observada</td> <td style="text-align: center;">3 Fisuras Radiales</td> </tr> </table>		2.01 Espesor Promedio de la muestra (mm)	101.60 mm	2.02 Carga de falla (KN)	27.43 KN	2.03 Energía Absorbida en (Joules) (d=25mm)	0.00 Joules	2.04 Energía Absorbida en (Joules) (d=30mm)	0.00 Joules	2.05 Energía Absorbida en (Joules) (d=20mm)	0.00 Joules	2.06 Energía Absorbida en (Joules) (d=10mm)	0.00 Joules	2.07 Energía Absorbida en (Joules) (Hasta Máx. Carga)	20.57 Joules	2.08 Tipo de falla observada	3 Fisuras Radiales
2.01 Espesor Promedio de la muestra (mm)	101.60 mm																
2.02 Carga de falla (KN)	27.43 KN																
2.03 Energía Absorbida en (Joules) (d=25mm)	0.00 Joules																
2.04 Energía Absorbida en (Joules) (d=30mm)	0.00 Joules																
2.05 Energía Absorbida en (Joules) (d=20mm)	0.00 Joules																
2.06 Energía Absorbida en (Joules) (d=10mm)	0.00 Joules																
2.07 Energía Absorbida en (Joules) (Hasta Máx. Carga)	20.57 Joules																
2.08 Tipo de falla observada	3 Fisuras Radiales																
<p>3. OBSERVACIONES GRÁFICAS DEL ENSAYO:</p> <div style="text-align: center;">  <p>Gráfico Fuerza vs. Deformación</p> <p>Fuerza (KN)</p> <p>Deformación (mm)</p> <p>Fuerza máx. (primera fisura) = 27.43 KN</p> <p>Concreto Patrón</p> <p>Tenacidad = Área Bajo la curva = 21 Joules</p> </div>																	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6.2. Capacidad de Absorción de Energía (M-0-2)


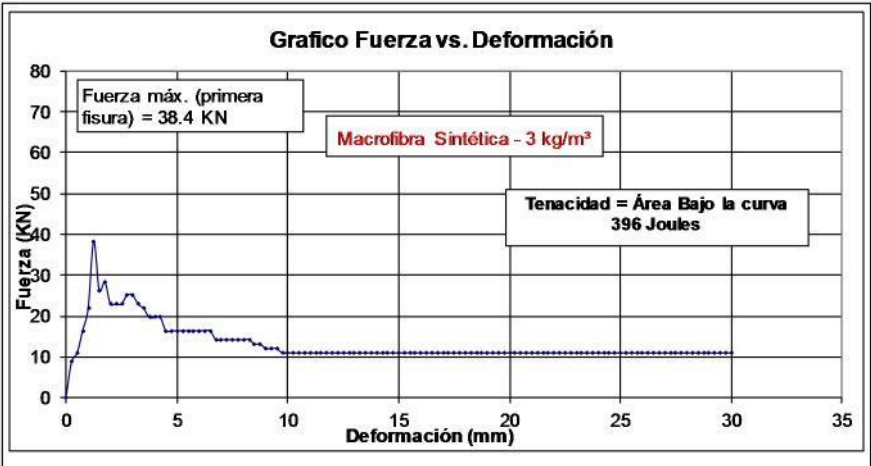
ENSAYO CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE ENERGÍA						
Tiempo (min)	Deflexión (mm)	Fuerza (KN)	Altura	Área Bajo la Curva mm ²	Área Acumulada mm ²	Tenacidad Joules
00:00	0	0	0.000	0	0	0
00:15	0.25	11.0	0.025	0.27427953	0.27427953	2.74279799
00:30	0.50	21.9	0.025	0.54855906	0.82283859	5.48559599
00:45	0.75	21.9	0.025	0.54855906	1.37139765	5.48559599
01:00	1.00	27.4	0.025	0.68569883	2.05709648	6.85699499
01:15	1.25	0.0	0.025	0	2.05709648	0
01:30	1.50	0.0	0.025	0	2.05709648	0
01:45	1.75	0.0	0.025	0	2.05709648	0
02:00	2.00	0.0	0.025	0	2.05709648	0
02:15	2.25	0.0	0.025	0	2.05709648	0
02:30	2.50	0.0	0.025	0	2.05709648	0
02:45	2.75	0.0	0.025	0	2.05709648	0
03:00	3.00	0.0	0.025	0	2.05709648	0
03:15	3.25	0.0	0.025	0	2.05709648	0
03:30	3.50	0.0	0.025	0	2.05709648	0
03:45	3.75	0.0	0.025	0	2.05709648	0
04:00	4.00	0.0	0.025	0	2.05709648	0
04:15	4.25	0.0	0.025	0	2.05709648	0
04:30	4.50	0.0	0.025	0	2.05709648	0
04:45	4.75	0.0	0.025	0	2.05709648	0
05:00	5.00	0.0	0.025	0	2.05709648	0
05:15	5.25	0.0	0.025	0	2.05709648	0
05:30	5.50	0.0	0.025	0	2.05709648	0
05:45	5.75	0.0	0.025	0	2.05709648	0
06:00	6.00	0.0	0.025	0	2.05709648	0
06:15	6.25	0.0	0.025	0	2.05709648	0
06:30	6.50	0.0	0.025	0	2.05709648	0
06:45	6.75	0.0	0.025	0	2.05709648	0
07:00	7.00	0.0	0.025	0	2.05709648	0
07:15	7.25	0.0	0.025	0	2.05709648	0
07:30	7.50	0.0	0.025	0	2.05709648	0
07:45	7.75	0.0	0.025	0	2.05709648	0
08:00	8.00	0.0	0.025	0	2.05709648	0
08:15	8.25	0.0	0.025	0	2.05709648	0
08:30	8.50	0.0	0.025	0	2.05709648	0
08:45	8.75	0.0	0.025	0	2.05709648	0
09:00	9.00	0.0	0.025	0	2.05709648	0
09:15	9.25	0.0	0.025	0	2.05709648	0
09:30	9.50	0.0	0.025	0	2.05709648	0
09:45	9.75	0.0	0.025	0	2.05709648	0
10:00	10.00	0.0	0.025	0	2.05709648	0
10:15	10.25	0.0	0.025	0	2.05709648	0

10:30	10.50	0.0	0.025	0	2.05709648	0
10:45	10.75	0.0	0.025	0	2.05709648	0
11:00	11.00	0.0	0.025	0	2.05709648	0
11:15	11.25	0.0	0.025	0	2.05709648	0
11:30	11.50	0.0	0.025	0	2.05709648	0
11:45	11.75	0.0	0.025	0	2.05709648	0
12:00	12.00	0.0	0.025	0	2.05709648	0
12:15	12.25	0.0	0.025	0	2.05709648	0
12:30	12.50	0.0	0.025	0	2.05709648	0
12:45	12.75	0.0	0.025	0	2.05709648	0
13:00	13.00	0.0	0.025	0	2.05709648	0
13:15	13.25	0.0	0.025	0	2.05709648	0
13:30	13.50	0.0	0.025	0	2.05709648	0
13:45	13.75	0.0	0.025	0	2.05709648	0
14:00	14.00	0.0	0.025	0	2.05709648	0
14:15	14.25	0.0	0.025	0	2.05709648	0
14:30	14.50	0.0	0.025	0	2.05709648	0
14:45	14.75	0.0	0.025	0	2.05709648	0
15:00	15.00	0.0	0.025	0	2.05709648	0
15:15	15.25	0.0	0.025	0	2.05709648	0
15:30	15.50	0.0	0.025	0	2.05709648	0
15:45	15.75	0.0	0.025	0	2.05709648	0
16:00	16.00	0.0	0.025	0	2.05709648	0
16:15	16.25	0.0	0.025	0	2.05709648	0
16:30	16.50	0.0	0.025	0	2.05709648	0
16:45	16.75	0.0	0.025	0	2.05709648	0
17:00	17.00	0.0	0.025	0	2.05709648	0
17:15	17.25	0.0	0.025	0	2.05709648	0
17:30	17.50	0.0	0.025	0	2.05709648	0
17:45	17.75	0.0	0.025	0	2.05709648	0
18:00	18.00	0.0	0.025	0	2.05709648	0
18:15	18.25	0.0	0.025	0	2.05709648	0
18:30	18.50	0.0	0.025	0	2.05709648	0
18:45	18.75	0.0	0.025	0	2.05709648	0
19:00	19.00	0.0	0.025	0	2.05709648	0
19:15	19.25	0.0	0.025	0	2.05709648	0
19:30	19.50	0.0	0.025	0	2.05709648	0
19:45	19.75	0.0	0.025	0	2.05709648	0
20:00	20.00	0.0	0.025	0	2.05709648	0
20:15	20.25	0.0	0.025	0	2.05709648	0
20:30	20.50	0.0	0.025	0	2.05709648	0
20:45	20.75	0.0	0.025	0	2.05709648	0
21:00	21.00	0.0	0.025	0	2.05709648	0
21:15	21.25	0.0	0.025	0	2.05709648	0
21:30	21.50	0.0	0.025	0	2.05709648	0
21:45	21.75	0.0	0.025	0	2.05709648	0
22:00	22.00	0.0	0.025	0	2.05709648	0
22:15	22.25	0.0	0.025	0	2.05709648	0
22:30	22.50	0.0	0.025	0	2.05709648	0

22:45	22.75	0.0	0.025	0	2.05709648	0
23:00	23.00	0.0	0.025	0	2.05709648	0
23:15	23.25	0.0	0.025	0	2.05709648	0
23:30	23.50	0.0	0.025	0	2.05709648	0
23:45	23.75	0.0	0.025	0	2.05709648	0
24:00	24.00	0.0	0.025	0	2.05709648	0
24:15	24.25	0.0	0.025	0	2.05709648	0
24:30	24.50	0.0	0.025	0	2.05709648	0
24:45	24.75	0.0	0.025	0	2.05709648	0
25:00	25.00	0.0	0.025	0	2.05709648	0
25:15	25.25	0.0	0.025	0	2.05709648	0
25:30	25.50	0.0	0.025	0	2.05709648	0
25:45	25.75	0.0	0.025	0	2.05709648	0
26:00	26.00	0.0	0.025	0	2.05709648	0
26:15	26.25	0.0	0.025	0	2.05709648	0
26:30	26.50	0.0	0.025	0	2.05709648	0
26:45	26.75	0.0	0.025	0	2.05709648	0
27:00	27.00	0.0	0.025	0	2.05709648	0
27:15	27.25	0.0	0.025	0	2.05709648	0
27:30	27.50	0.0	0.025	0	2.05709648	0
27:45	27.75	0.0	0.025	0	2.05709648	0
28:00	28.00	0.0	0.025	0	2.05709648	0
28:15	28.25	0.0	0.025	0	2.05709648	0
28:30	28.50	0.0	0.025	0	2.05709648	0
28:45	28.75	0.0	0.025	0	2.05709648	0
29:00	29.00	0.0	0.025	0	2.05709648	0
29:15	29.25	0.0	0.025	0	2.05709648	0
29:30	29.50	0.0	0.025	0	2.05709648	0
29:45	29.75	0.0	0.025	0	2.05709648	0
30:00	30.00	0.0	0.025	0	2.05709648	0
TOTAL TENACIDAD (JOULES)						21

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°26. RESULTADOS DE LA TENACIDAD DEL CONCRETO (M-3-1)

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERIA																	
ENSAYO CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE ENERGÍA UNE-EN-14488-5																	
INFORME DE LABORATORIO																	
Laboratorio:	Tecnología de Concreto																
Ubicación :	Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo.																
Técnico:	E.E.R / W.L.C																
Responsable:	K.R.L																
<p>1. PARÁMETROS GENERALES:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"> Muestra: M-3-1 </td> <td style="width: 50%;"> Fecha de elaboración de especímenes: 14/10/2016 </td> </tr> <tr> <td> Fibra empleada/Fabricante: Sikafiber force - 3 kg/m³ </td> <td> Fecha de salida de poza de curado: 04/12/2016 </td> </tr> <tr> <td> Dosificación / F'c de diseño: 210 kg/cm² </td> <td> Fecha / edad de ensayo (días): 51 </td> </tr> </table>		Muestra: M-3-1	Fecha de elaboración de especímenes: 14/10/2016	Fibra empleada/Fabricante: Sikafiber force - 3 kg/m ³	Fecha de salida de poza de curado: 04/12/2016	Dosificación / F'c de diseño: 210 kg/cm ²	Fecha / edad de ensayo (días): 51										
Muestra: M-3-1	Fecha de elaboración de especímenes: 14/10/2016																
Fibra empleada/Fabricante: Sikafiber force - 3 kg/m ³	Fecha de salida de poza de curado: 04/12/2016																
Dosificación / F'c de diseño: 210 kg/cm ²	Fecha / edad de ensayo (días): 51																
<p>2. DATOS DEL ENSAYO:</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 60%;">2.01 Espesor Promedio de la muestra (mm)</td> <td style="width: 40%; text-align: center;">101.60 mm</td> </tr> <tr> <td>2.02 Carga de falla (KN)</td> <td style="text-align: center;">38.40 KN</td> </tr> <tr> <td>2.03 Energía Absorbida en (Joules) (d=25mm)</td> <td style="text-align: center;">2.74 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.04 Energía Absorbida en (Joules) (d=30mm)</td> <td style="text-align: center;">2.74 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.05 Energía Absorbida en (Joules) (d=20mm)</td> <td style="text-align: center;">2.74 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.06 Energía Absorbida en (Joules) (d=10mm)</td> <td style="text-align: center;">2.74 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.07 Energía Absorbida en (Joules) (Hasta Máx. Carga)</td> <td style="text-align: center;">24.14 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.08 Tipo de falla observada</td> <td style="text-align: center;">5 Fisuras Radiales</td> </tr> </table>		2.01 Espesor Promedio de la muestra (mm)	101.60 mm	2.02 Carga de falla (KN)	38.40 KN	2.03 Energía Absorbida en (Joules) (d=25mm)	2.74 Joules	2.04 Energía Absorbida en (Joules) (d=30mm)	2.74 Joules	2.05 Energía Absorbida en (Joules) (d=20mm)	2.74 Joules	2.06 Energía Absorbida en (Joules) (d=10mm)	2.74 Joules	2.07 Energía Absorbida en (Joules) (Hasta Máx. Carga)	24.14 Joules	2.08 Tipo de falla observada	5 Fisuras Radiales
2.01 Espesor Promedio de la muestra (mm)	101.60 mm																
2.02 Carga de falla (KN)	38.40 KN																
2.03 Energía Absorbida en (Joules) (d=25mm)	2.74 Joules																
2.04 Energía Absorbida en (Joules) (d=30mm)	2.74 Joules																
2.05 Energía Absorbida en (Joules) (d=20mm)	2.74 Joules																
2.06 Energía Absorbida en (Joules) (d=10mm)	2.74 Joules																
2.07 Energía Absorbida en (Joules) (Hasta Máx. Carga)	24.14 Joules																
2.08 Tipo de falla observada	5 Fisuras Radiales																
<p>3. OBSERVACIONES GRÁFICAS DEL ENSAYO:</p> <div style="text-align: center;">  <p>Gráfico Fuerza vs. Deformación</p> <p>Fuerza (KN)</p> <p>Deformación (mm)</p> <p>Fuerza máx. (primera fisura) = 38.4 KN</p> <p>Macrofibra Sintética - 3 kg/m³</p> <p>Tenacidad = Área Bajo la curva 396 Joules</p> </div>																	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6.3. Capacidad de Absorción de Energía (M-3-1)



ENSAYO CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE ENERGÍA						
Tiempo (min)	Deflexión (mm)	Fuerza (KN)	Altura	Área Bajo la Curva mm ²	Área Acumulada mm ²	Tenacidad Joules
00:00	0	0	0.000	0	0	0.0000000
00:15	0.25	8.8	0.025	0.21942362	0.21942362	2.19423840
00:30	0.50	11.0	0.025	0.27427953	0.49370315	2.74279799
00:45	0.75	16.5	0.025	0.4114193	0.90512245	4.11419699
01:00	1.00	21.9	0.025	0.54855906	1.45368151	5.48559599
01:15	1.25	38.4	0.025	0.95997836	2.41365987	9.59979298
01:30	1.50	26.3	0.025	0.65827087	3.07193074	6.58271519
01:45	1.75	28.5	0.025	0.71312678	3.78505752	7.13127479
02:00	2.00	23.0	0.025	0.57598701	4.36104453	5.75987579
02:15	2.25	23.0	0.025	0.57598701	4.93703155	5.75987579
02:30	2.50	23.0	0.025	0.57598701	5.51301856	5.75987579
02:45	2.75	25.2	0.025	0.63084292	6.14386148	6.30843539
03:00	3.00	25.2	0.025	0.63084292	6.7747044	6.30843539
03:15	3.25	23.0	0.025	0.57598701	7.35069142	5.75987579
03:30	3.50	21.9	0.025	0.54855906	7.89925048	5.48559599
03:45	3.75	19.7	0.025	0.49370315	8.39295363	4.93703639
04:00	4.00	19.7	0.025	0.49370315	8.88665679	4.93703639
04:15	4.25	19.7	0.025	0.49370315	9.38035994	4.93703639
04:30	4.50	16.5	0.025	0.4114193	9.79177924	4.11419699
04:45	4.75	16.5	0.025	0.4114193	10.2031985	4.11419699
05:00	5.00	16.5	0.025	0.4114193	10.6146178	4.11419699
05:15	5.25	16.5	0.025	0.4114193	11.0260371	4.11419699
05:30	5.50	16.5	0.025	0.4114193	11.4374564	4.11419699
05:45	5.75	16.5	0.025	0.4114193	11.8488757	4.11419699
06:00	6.00	16.5	0.025	0.4114193	12.260295	4.11419699
06:15	6.25	16.5	0.025	0.4114193	12.6717143	4.11419699
06:30	6.50	16.5	0.025	0.4114193	13.0831336	4.11419699
06:45	6.75	14.3	0.025	0.35656339	13.439697	3.56563739
07:00	7.00	14.3	0.025	0.35656339	13.7962604	3.56563739
07:15	7.25	14.3	0.025	0.35656339	14.1528238	3.56563739
07:30	7.50	14.3	0.025	0.35656339	14.5093872	3.56563739
07:45	7.75	14.3	0.025	0.35656339	14.8659506	3.56563739
08:00	8.00	14.3	0.025	0.35656339	15.2225139	3.56563739
08:15	8.25	14.3	0.025	0.35656339	15.5790773	3.56563739
08:30	8.50	13.2	0.025	0.32913544	15.9082128	3.29135759
08:45	8.75	13.2	0.025	0.32913544	16.2373482	3.29135759
09:00	9.00	12.1	0.025	0.30170748	16.5390557	3.01707779
09:15	9.25	12.1	0.025	0.30170748	16.8407632	3.01707779
09:30	9.50	12.1	0.025	0.30170748	17.1424707	3.01707779
09:45	9.75	11.0	0.025	0.27427953	17.4167502	2.74279799
10:00	10.00	11.0	0.025	0.27427953	17.6910297	2.74279799
10:15	10.25	11.0	0.025	0.27427953	17.9653092	2.74279799

10:30	10.50	11.0	0.025	0.27427953	18.2395888	2.74279799
10:45	10.75	11.0	0.025	0.27427953	18.5138683	2.74279799
11:00	11.00	11.0	0.025	0.27427953	18.7881478	2.74279799
11:15	11.25	11.0	0.025	0.27427953	19.0624274	2.74279799
11:30	11.50	11.0	0.025	0.27427953	19.3367069	2.74279799
11:45	11.75	11.0	0.025	0.27427953	19.6109864	2.74279799
12:00	12.00	11.0	0.025	0.27427953	19.885266	2.74279799
12:15	12.25	11.0	0.025	0.27427953	20.1595455	2.74279799
12:30	12.50	11.0	0.025	0.27427953	20.433825	2.74279799
12:45	12.75	11.0	0.025	0.27427953	20.7081046	2.74279799
13:00	13.00	11.0	0.025	0.27427953	20.9823841	2.74279799
13:15	13.25	11.0	0.025	0.27427953	21.2566636	2.74279799
13:30	13.50	11.0	0.025	0.27427953	21.5309431	2.74279799
13:45	13.75	11.0	0.025	0.27427953	21.8052227	2.74279799
14:00	14.00	11.0	0.025	0.27427953	22.0795022	2.74279799
14:15	14.25	11.0	0.025	0.27427953	22.3537817	2.74279799
14:30	14.50	11.0	0.025	0.27427953	22.6280613	2.74279799
14:45	14.75	11.0	0.025	0.27427953	22.9023408	2.74279799
15:00	15.00	11.0	0.025	0.27427953	23.1766203	2.74279799
15:15	15.25	11.0	0.025	0.27427953	23.4508999	2.74279799
15:30	15.50	11.0	0.025	0.27427953	23.7251794	2.74279799
15:45	15.75	11.0	0.025	0.27427953	23.9994589	2.74279799
16:00	16.00	11.0	0.025	0.27427953	24.2737384	2.74279799
16:15	16.25	11.0	0.025	0.27427953	24.548018	2.74279799
16:30	16.50	11.0	0.025	0.27427953	24.8222975	2.74279799
16:45	16.75	11.0	0.025	0.27427953	25.096577	2.74279799
17:00	17.00	11.0	0.025	0.27427953	25.3708566	2.74279799
17:15	17.25	11.0	0.025	0.27427953	25.6451361	2.74279799
17:30	17.50	11.0	0.025	0.27427953	25.9194156	2.74279799
17:45	17.75	11.0	0.025	0.27427953	26.1936952	2.74279799
18:00	18.00	11.0	0.025	0.27427953	26.4679747	2.74279799
18:15	18.25	11.0	0.025	0.27427953	26.7422542	2.74279799
18:30	18.50	11.0	0.025	0.27427953	27.0165338	2.74279799
18:45	18.75	11.0	0.025	0.27427953	27.2908133	2.74279799
19:00	19.00	11.0	0.025	0.27427953	27.5650928	2.74279799
19:15	19.25	11.0	0.025	0.27427953	27.8393723	2.74279799
19:30	19.50	11.0	0.025	0.27427953	28.1136519	2.74279799
19:45	19.75	11.0	0.025	0.27427953	28.3879314	2.74279799
20:00	20.00	11.0	0.025	0.27427953	28.6622109	2.74279799
20:15	20.25	11.0	0.025	0.27427953	28.9364905	2.74279799
20:30	20.50	11.0	0.025	0.27427953	29.21077	2.74279799
20:45	20.75	11.0	0.025	0.27427953	29.4850495	2.74279799
21:00	21.00	11.0	0.025	0.27427953	29.7593291	2.74279799
21:15	21.25	11.0	0.025	0.27427953	30.0336086	2.74279799
21:30	21.50	11.0	0.025	0.27427953	30.3078881	2.74279799
21:45	21.75	11.0	0.025	0.27427953	30.5821677	2.74279799
22:00	22.00	11.0	0.025	0.27427953	30.8564472	2.74279799
22:15	22.25	11.0	0.025	0.27427953	31.1307267	2.74279799
22:30	22.50	11.0	0.025	0.27427953	31.4050062	2.74279799

22:45	22.75	11.0	0.025	0.27427953	31.6792858	2.74279799
23:00	23.00	11.0	0.025	0.27427953	31.9535653	2.74279799
23:15	23.25	11.0	0.025	0.27427953	32.2278448	2.74279799
23:30	23.50	11.0	0.025	0.27427953	32.5021244	2.74279799
23:45	23.75	11.0	0.025	0.27427953	32.7764039	2.74279799
24:00	24.00	11.0	0.025	0.27427953	33.0506834	2.74279799
24:15	24.25	11.0	0.025	0.27427953	33.324963	2.74279799
24:30	24.50	11.0	0.025	0.27427953	33.5992425	2.74279799
24:45	24.75	11.0	0.025	0.27427953	33.873522	2.74279799
25:00	25.00	11.0	0.025	0.27427953	34.1478015	2.74279799
25:15	25.25	11.0	0.025	0.27427953	34.4220811	2.74279799
25:30	25.50	11.0	0.025	0.27427953	34.6963606	2.74279799
25:45	25.75	11.0	0.025	0.27427953	34.9706401	2.74279799
26:00	26.00	11.0	0.025	0.27427953	35.2449197	2.74279799
26:15	26.25	11.0	0.025	0.27427953	35.5191992	2.74279799
26:30	26.50	11.0	0.025	0.27427953	35.7934787	2.74279799
26:45	26.75	11.0	0.025	0.27427953	36.0677583	2.74279799
27:00	27.00	11.0	0.025	0.27427953	36.3420378	2.74279799
27:15	27.25	11.0	0.025	0.27427953	36.6163173	2.74279799
27:30	27.50	11.0	0.025	0.27427953	36.8905969	2.74279799
27:45	27.75	11.0	0.025	0.27427953	37.1648764	2.74279799
28:00	28.00	11.0	0.025	0.27427953	37.4391559	2.74279799
28:15	28.25	11.0	0.025	0.27427953	37.7134354	2.74279799
28:30	28.50	11.0	0.025	0.27427953	37.987715	2.74279799
28:45	28.75	11.0	0.025	0.27427953	38.2619945	2.74279799
29:00	29.00	11.0	0.025	0.27427953	38.536274	2.74279799
29:15	29.25	11.0	0.025	0.27427953	38.8105536	2.74279799
29:30	29.50	11.0	0.025	0.27427953	39.0848331	2.74279799
29:45	29.75	11.0	0.025	0.27427953	39.3591126	2.74279799
30:00	30.00	11.0	0.025	0.27427953	39.6333922	2.74279799
TOTAL TENACIDAD (JOULES)						396

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°27. RESULTADOS DE LA TENACIDAD DEL CONCRETO (M-3-2)

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERIA																	
ENSAYO DE CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE ENERGÍA UNE-EN-14488-5																	
INFORME DE LABORATORIO																	
Laboratorio:	Tecnología de Concreto																
Ubicación :	Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo.																
Técnico:	E.E.R / W.L.C																
Responsable:	K.R.L																
<p>1. PARÁMETROS GENERALES:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"> Muestra: M-3-2 </td> <td style="width: 50%;"> Fecha de elaboración de especímenes: 15/10/2016 </td> </tr> <tr> <td> Fibra empleada/Fabricante: Sikafiber force - 3 kg/m³ </td> <td> Fecha de salida de poza de curado: 04/12/2016 </td> </tr> <tr> <td> Dosificación / F'c de diseño: 210 kg/cm² </td> <td> Fecha / edad de ensayo (días): 50 </td> </tr> </table>		Muestra: M-3-2	Fecha de elaboración de especímenes: 15/10/2016	Fibra empleada/Fabricante: Sikafiber force - 3 kg/m ³	Fecha de salida de poza de curado: 04/12/2016	Dosificación / F'c de diseño: 210 kg/cm ²	Fecha / edad de ensayo (días): 50										
Muestra: M-3-2	Fecha de elaboración de especímenes: 15/10/2016																
Fibra empleada/Fabricante: Sikafiber force - 3 kg/m ³	Fecha de salida de poza de curado: 04/12/2016																
Dosificación / F'c de diseño: 210 kg/cm ²	Fecha / edad de ensayo (días): 50																
<p>2. DATOS DEL ENSAYO:</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 60%;">2.01 Espesor Promedio de la muestra (mm)</td> <td style="width: 40%; text-align: center;">101.60 mm</td> </tr> <tr> <td>2.02 Carga de falla (KN)</td> <td style="text-align: center;">38.40 KN</td> </tr> <tr> <td>2.03 Energía Absorbida en (Joules) (d=25mm)</td> <td style="text-align: center;">2.74 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.04 Energía Absorbida en (Joules) (d=30mm)</td> <td style="text-align: center;">2.74 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.05 Energía Absorbida en (Joules) (d=20mm)</td> <td style="text-align: center;">2.74 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.06 Energía Absorbida en (Joules) (d=10mm)</td> <td style="text-align: center;">3.29 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.07 Energía Absorbida en (Joules) (Hasta Máx. Carga)</td> <td style="text-align: center;">31.54 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.08 Tipo de falla observada</td> <td style="text-align: center;">4 Fisuras Radiales</td> </tr> </table>		2.01 Espesor Promedio de la muestra (mm)	101.60 mm	2.02 Carga de falla (KN)	38.40 KN	2.03 Energía Absorbida en (Joules) (d=25mm)	2.74 Joules	2.04 Energía Absorbida en (Joules) (d=30mm)	2.74 Joules	2.05 Energía Absorbida en (Joules) (d=20mm)	2.74 Joules	2.06 Energía Absorbida en (Joules) (d=10mm)	3.29 Joules	2.07 Energía Absorbida en (Joules) (Hasta Máx. Carga)	31.54 Joules	2.08 Tipo de falla observada	4 Fisuras Radiales
2.01 Espesor Promedio de la muestra (mm)	101.60 mm																
2.02 Carga de falla (KN)	38.40 KN																
2.03 Energía Absorbida en (Joules) (d=25mm)	2.74 Joules																
2.04 Energía Absorbida en (Joules) (d=30mm)	2.74 Joules																
2.05 Energía Absorbida en (Joules) (d=20mm)	2.74 Joules																
2.06 Energía Absorbida en (Joules) (d=10mm)	3.29 Joules																
2.07 Energía Absorbida en (Joules) (Hasta Máx. Carga)	31.54 Joules																
2.08 Tipo de falla observada	4 Fisuras Radiales																
<p>3. OBSERVACIONES GRÁFICAS DEL ENSAYO:</p> <div style="text-align: center;">  </div>																	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6.4. Capacidad de Absorción de Energía (M-3-2)



ENSAYO DE CAPACIDAD DE ABSORCIÓN ENERGÍA						
Tiempo (min)	Deflexión (mm)	Fuerza (KN)	Altura	Área Bajo la Curva mm ²	Área Acumulada mm ²	Tenacidad Joules
00:00	0	0	0.000	0	0	0.00000000
00:15	0.25	16.5	0.025	0.4114193	0.4114193	4.11419699
00:30	0.50	21.9	0.025	0.54855906	0.95997836	5.48559599
00:45	0.75	21.9	0.025	0.54855906	1.50853742	5.48559599
01:00	1.00	27.4	0.025	0.68569883	2.19423624	6.85699499
01:15	1.25	38.4	0.025	0.95997836	3.1542146	9.59979298
01:30	1.50	27.4	0.025	0.68569883	3.83991343	6.85699499
01:45	1.75	16.5	0.025	0.4114193	4.25133272	4.11419699
02:00	2.00	16.5	0.025	0.4114193	4.66275202	4.11419699
02:15	2.25	16.5	0.025	0.4114193	5.07417131	4.11419699
02:30	2.50	17.6	0.025	0.43884725	5.51301856	4.38847679
02:45	2.75	17.6	0.025	0.43884725	5.95186581	4.38847679
03:00	3.00	17.6	0.025	0.43884725	6.39071306	4.38847679
03:15	3.25	17.6	0.025	0.43884725	6.82956031	4.38847679
03:30	3.50	15.4	0.025	0.38399134	7.21355165	3.83991719
03:45	3.75	15.4	0.025	0.38399134	7.59754299	3.83991719
04:00	4.00	15.4	0.025	0.38399134	7.98153434	3.83991719
04:15	4.25	15.4	0.025	0.38399134	8.36552568	3.83991719
04:30	4.50	15.4	0.025	0.38399134	8.74951702	3.83991719
04:45	4.75	15.4	0.025	0.38399134	9.13350837	3.83991719
05:00	5.00	15.4	0.025	0.38399134	9.51749971	3.83991719
05:15	5.25	15.4	0.025	0.38399134	9.90149105	3.83991719
05:30	5.50	15.4	0.025	0.38399134	10.2854824	3.83991719
05:45	5.75	14.3	0.025	0.35656339	10.6420458	3.56563739
06:00	6.00	14.3	0.025	0.35656339	10.9986092	3.56563739
06:15	6.25	14.3	0.025	0.35656339	11.3551726	3.56563739
06:30	6.50	14.3	0.025	0.35656339	11.711736	3.56563739
06:45	6.75	14.3	0.025	0.35656339	12.0682993	3.56563739
07:00	7.00	14.3	0.025	0.35656339	12.4248627	3.56563739
07:15	7.25	14.3	0.025	0.35656339	12.7814261	3.56563739
07:30	7.50	14.3	0.025	0.35656339	13.1379895	3.56563739
07:45	7.75	14.3	0.025	0.35656339	13.4945529	3.56563739
08:00	8.00	13.2	0.025	0.32913544	13.8236883	3.29135759
08:15	8.25	13.2	0.025	0.32913544	14.1528238	3.29135759
08:30	8.50	13.2	0.025	0.32913544	14.4819592	3.29135759
08:45	8.75	13.2	0.025	0.32913544	14.8110946	3.29135759
09:00	9.00	13.2	0.025	0.32913544	15.1402301	3.29135759
09:15	9.25	13.2	0.025	0.32913544	15.4693655	3.29135759
09:30	9.50	13.2	0.025	0.32913544	15.798501	3.29135759
09:45	9.75	13.2	0.025	0.32913544	16.1276364	3.29135759
10:00	10.00	13.2	0.025	0.32913544	16.4567718	3.29135759
10:15	10.25	13.2	0.025	0.32913544	16.7859073	3.29135759

10:30	10.50	13.2	0.025	0.32913544	17.1150427	3.29135759
10:45	10.75	13.2	0.025	0.32913544	17.4441781	3.29135759
11:00	11.00	13.2	0.025	0.32913544	17.7733136	3.29135759
11:15	11.25	11.0	0.025	0.27427953	18.0475931	2.74279799
11:30	11.50	11.0	0.025	0.27427953	18.3218726	2.74279799
11:45	11.75	11.0	0.025	0.27427953	18.5961522	2.74279799
12:00	12.00	11.0	0.025	0.27427953	18.8704317	2.74279799
12:15	12.25	11.0	0.025	0.27427953	19.1447112	2.74279799
12:30	12.50	11.0	0.025	0.27427953	19.4189908	2.74279799
12:45	12.75	11.0	0.025	0.27427953	19.6932703	2.74279799
13:00	13.00	11.0	0.025	0.27427953	19.9675498	2.74279799
13:15	13.25	11.0	0.025	0.27427953	20.2418294	2.74279799
13:30	13.50	11.0	0.025	0.27427953	20.5161089	2.74279799
13:45	13.75	11.0	0.025	0.27427953	20.7903884	2.74279799
14:00	14.00	11.0	0.025	0.27427953	21.0646679	2.74279799
14:15	14.25	11.0	0.025	0.27427953	21.3389475	2.74279799
14:30	14.50	11.0	0.025	0.27427953	21.613227	2.74279799
14:45	14.75	11.0	0.025	0.27427953	21.8875065	2.74279799
15:00	15.00	11.0	0.025	0.27427953	22.1617861	2.74279799
15:15	15.25	11.0	0.025	0.27427953	22.4360656	2.74279799
15:30	15.50	11.0	0.025	0.27427953	22.7103451	2.74279799
15:45	15.75	11.0	0.025	0.27427953	22.9846247	2.74279799
16:00	16.00	11.0	0.025	0.27427953	23.2589042	2.74279799
16:15	16.25	11.0	0.025	0.27427953	23.5331837	2.74279799
16:30	16.50	11.0	0.025	0.27427953	23.8074632	2.74279799
16:45	16.75	11.0	0.025	0.27427953	24.0817428	2.74279799
17:00	17.00	11.0	0.025	0.27427953	24.3560223	2.74279799
17:15	17.25	11.0	0.025	0.27427953	24.6303018	2.74279799
17:30	17.50	11.0	0.025	0.27427953	24.9045814	2.74279799
17:45	17.75	11.0	0.025	0.27427953	25.1788609	2.74279799
18:00	18.00	11.0	0.025	0.27427953	25.4531404	2.74279799
18:15	18.25	11.0	0.025	0.27427953	25.72742	2.74279799
18:30	18.50	11.0	0.025	0.27427953	26.0016995	2.74279799
18:45	18.75	11.0	0.025	0.27427953	26.275979	2.74279799
19:00	19.00	11.0	0.025	0.27427953	26.5502586	2.74279799
19:15	19.25	11.0	0.025	0.27427953	26.8245381	2.74279799
19:30	19.50	11.0	0.025	0.27427953	27.0988176	2.74279799
19:45	19.75	11.0	0.025	0.27427953	27.3730971	2.74279799
20:00	20.00	11.0	0.025	0.27427953	27.6473767	2.74279799
20:15	20.25	11.0	0.025	0.27427953	27.9216562	2.74279799
20:30	20.50	11.0	0.025	0.27427953	28.1959357	2.74279799
20:45	20.75	11.0	0.025	0.27427953	28.4702153	2.74279799
21:00	21.00	11.0	0.025	0.27427953	28.7444948	2.74279799
21:15	21.25	11.0	0.025	0.27427953	29.0187743	2.74279799
21:30	21.50	11.0	0.025	0.27427953	29.2930539	2.74279799
21:45	21.75	11.0	0.025	0.27427953	29.5673334	2.74279799
22:00	22.00	11.0	0.025	0.27427953	29.8416129	2.74279799
22:15	22.25	11.0	0.025	0.27427953	30.1158924	2.74279799
22:30	22.50	11.0	0.025	0.27427953	30.390172	2.74279799

22:45	22.75	11.0	0.025	0.27427953	30.6644515	2.74279799
23:00	23.00	11.0	0.025	0.27427953	30.938731	2.74279799
23:15	23.25	11.0	0.025	0.27427953	31.2130106	2.74279799
23:30	23.50	11.0	0.025	0.27427953	31.4872901	2.74279799
23:45	23.75	11.0	0.025	0.27427953	31.7615696	2.74279799
24:00	24.00	11.0	0.025	0.27427953	32.0358492	2.74279799
24:15	24.25	11.0	0.025	0.27427953	32.3101287	2.74279799
24:30	24.50	11.0	0.025	0.27427953	32.5844082	2.74279799
24:45	24.75	11.0	0.025	0.27427953	32.8586878	2.74279799
25:00	25.00	11.0	0.025	0.27427953	33.1329673	2.74279799
25:15	25.25	11.0	0.025	0.27427953	33.4072468	2.74279799
25:30	25.50	11.0	0.025	0.27427953	33.6815263	2.74279799
25:45	25.75	11.0	0.025	0.27427953	33.9558059	2.74279799
26:00	26.00	11.0	0.025	0.27427953	34.2300854	2.74279799
26:15	26.25	11.0	0.025	0.27427953	34.5043649	2.74279799
26:30	26.50	11.0	0.025	0.27427953	34.7786445	2.74279799
26:45	26.75	11.0	0.025	0.27427953	35.052924	2.74279799
27:00	27.00	11.0	0.025	0.27427953	35.3272035	2.74279799
27:15	27.25	11.0	0.025	0.27427953	35.6014831	2.74279799
27:30	27.50	11.0	0.025	0.27427953	35.8757626	2.74279799
27:45	27.75	11.0	0.025	0.27427953	36.1500421	2.74279799
28:00	28.00	11.0	0.025	0.27427953	36.4243217	2.74279799
28:15	28.25	11.0	0.025	0.27427953	36.6986012	2.74279799
28:30	28.50	11.0	0.025	0.27427953	36.9728807	2.74279799
28:45	28.75	11.0	0.025	0.27427953	37.2471602	2.74279799
29:00	29.00	11.0	0.025	0.27427953	37.5214398	2.74279799
29:15	29.25	11.0	0.025	0.27427953	37.7957193	2.74279799
29:30	29.50	11.0	0.025	0.27427953	38.0699988	2.74279799
29:45	29.75	11.0	0.025	0.27427953	38.3442784	2.74279799
30:00	30.00	11.0	0.025	0.27427953	38.6185579	2.74279799
TOTAL TENACIDAD (JOULES)						386

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°28. RESULTADOS DE LA TENACIDAD DEL CONCRETO (M-5-1)

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERIA																	
ENSAYO DE CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE ENERGÍA UNE-EN-14488-5																	
INFORME DE LABORATORIO																	
Laboratorio:	Tecnología de Concreto																
Ubicación :	Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo.																
Técnico:	E.E.R / W.L.C																
Responsable:	K.R.L																
<p>1. PARÁMETROS GENERALES:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"> Muestra: M-5-1 </td> <td style="width: 50%;"> Fecha de elaboración de especímenes: 16/10/2016 </td> </tr> <tr> <td> Fibra empleada/Fabricante: Sikafiber force - 5 kg/m³ </td> <td> Fecha de salida de poza de curado: 04/12/2016 </td> </tr> <tr> <td> Dosificación / F'c de diseño: 210 kg/cm² </td> <td> Fecha / edad de ensayo (días): 49 </td> </tr> </table>		Muestra: M-5-1	Fecha de elaboración de especímenes: 16/10/2016	Fibra empleada/Fabricante: Sikafiber force - 5 kg/m ³	Fecha de salida de poza de curado: 04/12/2016	Dosificación / F'c de diseño: 210 kg/cm ²	Fecha / edad de ensayo (días): 49										
Muestra: M-5-1	Fecha de elaboración de especímenes: 16/10/2016																
Fibra empleada/Fabricante: Sikafiber force - 5 kg/m ³	Fecha de salida de poza de curado: 04/12/2016																
Dosificación / F'c de diseño: 210 kg/cm ²	Fecha / edad de ensayo (días): 49																
<p>2. DATOS DEL ENSAYO:</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 60%;">2.01 Espesor Promedio de la muestra (mm)</td> <td style="width: 40%; text-align: center;">101.60 mm</td> </tr> <tr> <td>2.02 Carga de falla (KN)</td> <td style="text-align: center;">40.6 KN</td> </tr> <tr> <td>2.03 Energía Absorbida en (Joules) (d=25mm)</td> <td style="text-align: center;">6.58 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.04 Energía Absorbida en (Joules) (d=30mm)</td> <td style="text-align: center;">5.49 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.05 Energía Absorbida en (Joules) (d=20mm)</td> <td style="text-align: center;">6.86 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.06 Energía Absorbida en (Joules) (d=10mm)</td> <td style="text-align: center;">7.13 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.07 Energía Absorbida en (Joules) (Hasta Máx. Carga)</td> <td style="text-align: center;">51.84 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.08 Tipo de falla observada</td> <td style="text-align: center;">5 Fisuras Radiales</td> </tr> </table>		2.01 Espesor Promedio de la muestra (mm)	101.60 mm	2.02 Carga de falla (KN)	40.6 KN	2.03 Energía Absorbida en (Joules) (d=25mm)	6.58 Joules	2.04 Energía Absorbida en (Joules) (d=30mm)	5.49 Joules	2.05 Energía Absorbida en (Joules) (d=20mm)	6.86 Joules	2.06 Energía Absorbida en (Joules) (d=10mm)	7.13 Joules	2.07 Energía Absorbida en (Joules) (Hasta Máx. Carga)	51.84 Joules	2.08 Tipo de falla observada	5 Fisuras Radiales
2.01 Espesor Promedio de la muestra (mm)	101.60 mm																
2.02 Carga de falla (KN)	40.6 KN																
2.03 Energía Absorbida en (Joules) (d=25mm)	6.58 Joules																
2.04 Energía Absorbida en (Joules) (d=30mm)	5.49 Joules																
2.05 Energía Absorbida en (Joules) (d=20mm)	6.86 Joules																
2.06 Energía Absorbida en (Joules) (d=10mm)	7.13 Joules																
2.07 Energía Absorbida en (Joules) (Hasta Máx. Carga)	51.84 Joules																
2.08 Tipo de falla observada	5 Fisuras Radiales																
<p>3. OBSERVACIONES GRÁFICAS DEL ENSAYO:</p> <div style="text-align: center;">  </div>																	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6.5. Capacidad de Absorción de Energía (M-5-1)


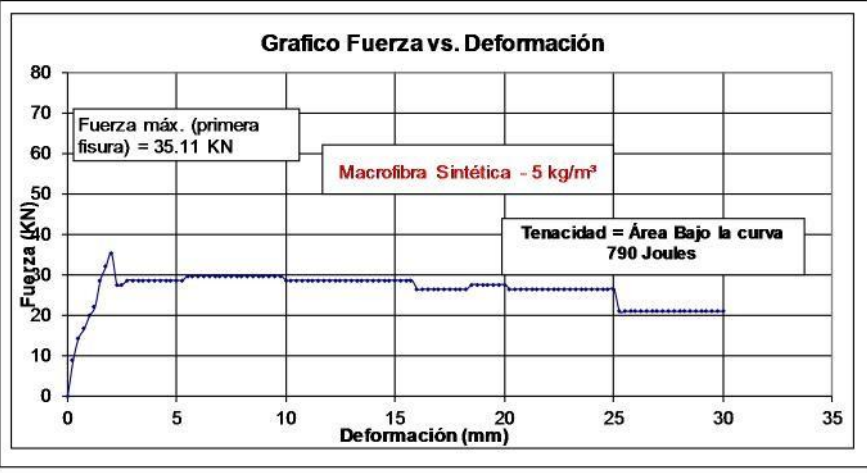
ENSAYO DE CAPACIDAD DE ABSORCIÓN ENERGÍA						
Tiempo (min)	Deflexión (mm)	Fuerza (KN)	Altura	Área Bajo la Curva mm ²	Área Acumulada mm ²	Tenacidad Joules
00:00	0	0	0.000	0	0	0.00000000
00:15	0.25	18.7	0.025	0.4662752	0.4662752	4.66275659
00:30	0.50	13.2	0.025	0.32913544	0.79541064	3.29135759
00:45	0.75	16.5	0.025	0.4114193	1.20682993	4.11419699
01:00	1.00	19.7	0.025	0.49370315	1.70053309	4.93703639
01:15	1.25	27.4	0.025	0.68569883	2.38623192	6.85699499
01:30	1.50	32.9	0.025	0.82283859	3.20907051	8.22839398
01:45	1.75	38.4	0.025	0.95997836	4.16904886	9.59979298
02:00	2.00	40.6	0.025	1.01483426	5.18388313	10.14835258
02:15	2.25	26.3	0.025	0.65827087	5.842154	6.58271519
02:30	2.50	26.3	0.025	0.65827087	6.50042487	6.58271519
02:45	2.75	26.3	0.025	0.65827087	7.15869575	6.58271519
03:00	3.00	26.3	0.025	0.65827087	7.81696662	6.58271519
03:15	3.25	27.4	0.025	0.68569883	8.50266545	6.85699499
03:30	3.50	27.4	0.025	0.68569883	9.18836427	6.85699499
03:45	3.75	30.7	0.025	0.76798269	9.95634696	7.67983439
04:00	4.00	30.7	0.025	0.76798269	10.7243296	7.67983439
04:15	4.25	30.7	0.025	0.76798269	11.4923123	7.67983439
04:30	4.50	26.3	0.025	0.65827087	12.1505832	6.58271519
04:45	4.75	26.3	0.025	0.65827087	12.8088541	6.58271519
05:00	5.00	28.5	0.025	0.71312678	13.5219809	7.13127479
05:15	5.25	28.5	0.025	0.71312678	14.2351076	7.13127479
05:30	5.50	28.5	0.025	0.71312678	14.9482344	7.13127479
05:45	5.75	26.3	0.025	0.65827087	15.6065053	6.58271519
06:00	6.00	26.3	0.025	0.65827087	16.2647762	6.58271519
06:15	6.25	26.3	0.025	0.65827087	16.923047	6.58271519
06:30	6.50	26.3	0.025	0.65827087	17.5813179	6.58271519
06:45	6.75	26.3	0.025	0.65827087	18.2395888	6.58271519
07:00	7.00	26.3	0.025	0.65827087	18.8978597	6.58271519
07:15	7.25	26.3	0.025	0.65827087	19.5561305	6.58271519
07:30	7.50	27.4	0.025	0.68569883	20.2418294	6.85699499
07:45	7.75	27.4	0.025	0.68569883	20.9275282	6.85699499
08:00	8.00	27.4	0.025	0.68569883	21.613227	6.85699499
08:15	8.25	26.3	0.025	0.65827087	22.2714979	6.58271519
08:30	8.50	26.3	0.025	0.65827087	22.9297687	6.58271519
08:45	8.75	27.4	0.025	0.68569883	23.6154676	6.85699499
09:00	9.00	28.5	0.025	0.71312678	24.3285944	7.13127479
09:15	9.25	28.5	0.025	0.71312678	25.0417211	7.13127479
09:30	9.50	29.6	0.025	0.74055473	25.7822759	7.40555459
09:45	9.75	28.5	0.025	0.71312678	26.4954026	7.13127479
10:00	10.00	28.5	0.025	0.71312678	27.2085294	7.13127479
10:15	10.25	29.6	0.025	0.74055473	27.9490842	7.40555459

10:30	10.50	28.5	0.025	0.71312678	28.6622109	7.13127479
10:45	10.75	28.5	0.025	0.71312678	29.3753377	7.13127479
11:00	11.00	28.5	0.025	0.71312678	30.0884645	7.13127479
11:15	11.25	28.5	0.025	0.71312678	30.8015913	7.13127479
11:30	11.50	28.5	0.025	0.71312678	31.5147181	7.13127479
11:45	11.75	29.6	0.025	0.74055473	32.2552728	7.40555459
12:00	12.00	28.5	0.025	0.71312678	32.9683996	7.13127479
12:15	12.25	28.5	0.025	0.71312678	33.6815263	7.13127479
12:30	12.50	28.5	0.025	0.71312678	34.3946531	7.13127479
12:45	12.75	28.5	0.025	0.71312678	35.1077799	7.13127479
13:00	13.00	28.5	0.025	0.71312678	35.8209067	7.13127479
13:15	13.25	28.5	0.025	0.71312678	36.5340335	7.13127479
13:30	13.50	28.5	0.025	0.71312678	37.2471602	7.13127479
13:45	13.75	28.5	0.025	0.71312678	37.960287	7.13127479
14:00	14.00	28.5	0.025	0.71312678	38.6734138	7.13127479
14:15	14.25	28.5	0.025	0.71312678	39.3865406	7.13127479
14:30	14.50	28.5	0.025	0.71312678	40.0996674	7.13127479
14:45	14.75	28.5	0.025	0.71312678	40.8127941	7.13127479
15:00	15.00	27.4	0.025	0.68569883	41.498493	6.85699499
15:15	15.25	27.4	0.025	0.68569883	42.1841918	6.85699499
15:30	15.50	27.4	0.025	0.68569883	42.8698906	6.85699499
15:45	15.75	27.4	0.025	0.68569883	43.5555894	6.85699499
16:00	16.00	27.4	0.025	0.68569883	44.2412883	6.85699499
16:15	16.25	27.4	0.025	0.68569883	44.9269871	6.85699499
16:30	16.50	27.4	0.025	0.68569883	45.6126859	6.85699499
16:45	16.75	27.4	0.025	0.68569883	46.2983847	6.85699499
17:00	17.00	27.4	0.025	0.68569883	46.9840836	6.85699499
17:15	17.25	27.4	0.025	0.68569883	47.6697824	6.85699499
17:30	17.50	27.4	0.025	0.68569883	48.3554812	6.85699499
17:45	17.75	27.4	0.025	0.68569883	49.0411801	6.85699499
18:00	18.00	27.4	0.025	0.68569883	49.7268789	6.85699499
18:15	18.25	27.4	0.025	0.68569883	50.4125777	6.85699499
18:30	18.50	27.4	0.025	0.68569883	51.0982765	6.85699499
18:45	18.75	27.4	0.025	0.68569883	51.7839754	6.85699499
19:00	19.00	27.4	0.025	0.68569883	52.4696742	6.85699499
19:15	19.25	27.4	0.025	0.68569883	53.155373	6.85699499
19:30	19.50	27.4	0.025	0.68569883	53.8410718	6.85699499
19:45	19.75	27.4	0.025	0.68569883	54.5267707	6.85699499
20:00	20.00	27.4	0.025	0.68569883	55.2124695	6.85699499
20:15	20.25	27.4	0.025	0.68569883	55.8981683	6.85699499
20:30	20.50	26.3	0.025	0.65827087	56.5564392	6.58271519
20:45	20.75	26.3	0.025	0.65827087	57.2147101	6.58271519
21:00	21.00	26.3	0.025	0.65827087	57.8729809	6.58271519
21:15	21.25	26.3	0.025	0.65827087	58.5312518	6.58271519
21:30	21.50	26.3	0.025	0.65827087	59.1895227	6.58271519
21:45	21.75	26.3	0.025	0.65827087	59.8477936	6.58271519
22:00	22.00	26.3	0.025	0.65827087	60.5060644	6.58271519
22:15	22.25	26.3	0.025	0.65827087	61.1643353	6.58271519
22:30	22.50	26.3	0.025	0.65827087	61.8226062	6.58271519

22:45	22.75	26.3	0.025	0.65827087	62.480877	6.58271519
23:00	23.00	26.3	0.025	0.65827087	63.1391479	6.58271519
23:15	23.25	26.3	0.025	0.65827087	63.7974188	6.58271519
23:30	23.50	26.3	0.025	0.65827087	64.4556897	6.58271519
23:45	23.75	26.3	0.025	0.65827087	65.1139605	6.58271519
24:00	24.00	26.3	0.025	0.65827087	65.7722314	6.58271519
24:15	24.25	26.3	0.025	0.65827087	66.4305023	6.58271519
24:30	24.50	26.3	0.025	0.65827087	67.0887732	6.58271519
24:45	24.75	26.3	0.025	0.65827087	67.747044	6.58271519
25:00	25.00	26.3	0.025	0.65827087	68.4053149	6.58271519
25:15	25.25	21.9	0.025	0.54855906	68.953874	5.48559599
25:30	25.50	21.9	0.025	0.54855906	69.502433	5.48559599
25:45	25.75	21.9	0.025	0.54855906	70.0509921	5.48559599
26:00	26.00	21.9	0.025	0.54855906	70.5995511	5.48559599
26:15	26.25	21.9	0.025	0.54855906	71.1481102	5.48559599
26:30	26.50	21.9	0.025	0.54855906	71.6966693	5.48559599
26:45	26.75	21.9	0.025	0.54855906	72.2452283	5.48559599
27:00	27.00	21.9	0.025	0.54855906	72.7937874	5.48559599
27:15	27.25	21.9	0.025	0.54855906	73.3423465	5.48559599
27:30	27.50	21.9	0.025	0.54855906	73.8909055	5.48559599
27:45	27.75	21.9	0.025	0.54855906	74.4394646	5.48559599
28:00	28.00	21.9	0.025	0.54855906	74.9880236	5.48559599
28:15	28.25	21.9	0.025	0.54855906	75.5365827	5.48559599
28:30	28.50	21.9	0.025	0.54855906	76.0851418	5.48559599
28:45	28.75	21.9	0.025	0.54855906	76.6337008	5.48559599
29:00	29.00	21.9	0.025	0.54855906	77.1822599	5.48559599
29:15	29.25	21.9	0.025	0.54855906	77.7308189	5.48559599
29:30	29.50	21.9	0.025	0.54855906	78.279378	5.48559599
29:45	29.75	21.9	0.025	0.54855906	78.8279371	5.48559599
30:00	30.00	21.9	0.025	0.54855906	79.3764961	5.48559599
TOTAL TENACIDAD (JOULES)						794

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°29. RESULTADOS DE LA TENACIDAD DEL CONCRETO (M-5-2)

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERIA																	
ENSAYO DE CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE ENERGÍA UNE-EN-14488-5																	
INFORME DE LABORATORIO																	
Laboratorio:	Tecnología de Concreto																
Ubicación :	Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo.																
Técnico:	E.E.R / W.L.C																
Responsable:	K.R.L																
<p>1. PARÁMETROS GENERALES:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"> Muestra: M-5-2 </td> <td style="width: 50%;"> Fecha de elaboración de especímenes: 17/10/2016 </td> </tr> <tr> <td> Fibra empleada/Fabricante: Sikafiber force - 5 kg/m³ </td> <td> Fecha de salida de poza de curado: 04/12/2016 </td> </tr> <tr> <td> Dosificación / F'c de diseño: 210 kg/cm² </td> <td> Fecha / edad de ensayo (días): 48 </td> </tr> </table>		Muestra: M-5-2	Fecha de elaboración de especímenes: 17/10/2016	Fibra empleada/Fabricante: Sikafiber force - 5 kg/m ³	Fecha de salida de poza de curado: 04/12/2016	Dosificación / F'c de diseño: 210 kg/cm ²	Fecha / edad de ensayo (días): 48										
Muestra: M-5-2	Fecha de elaboración de especímenes: 17/10/2016																
Fibra empleada/Fabricante: Sikafiber force - 5 kg/m ³	Fecha de salida de poza de curado: 04/12/2016																
Dosificación / F'c de diseño: 210 kg/cm ²	Fecha / edad de ensayo (días): 48																
<p>2. DATOS DEL ENSAYO:</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 70%;">2.01 Espesor Promedio de la muestra (mm)</td> <td style="width: 30%; text-align: center;">101.60 mm</td> </tr> <tr> <td>2.02 Carga de falla (KN)</td> <td style="text-align: center;">35.11 KN</td> </tr> <tr> <td>2.03 Energía Absorbida en (Joules) (d=25mm)</td> <td style="text-align: center;">6.58 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.04 Energía Absorbida en (Joules) (d=30mm)</td> <td style="text-align: center;">5.21 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.05 Energía Absorbida en (Joules) (d=20mm)</td> <td style="text-align: center;">6.86 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.06 Energía Absorbida en (Joules) (d=10mm)</td> <td style="text-align: center;">7.13 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.07 Energía Absorbida en (Joules) (Hasta Máx. Carga)</td> <td style="text-align: center;">44.16 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.08 Tipo de falla observada</td> <td style="text-align: center;">4 Fisuras Radiales</td> </tr> </table>		2.01 Espesor Promedio de la muestra (mm)	101.60 mm	2.02 Carga de falla (KN)	35.11 KN	2.03 Energía Absorbida en (Joules) (d=25mm)	6.58 Joules	2.04 Energía Absorbida en (Joules) (d=30mm)	5.21 Joules	2.05 Energía Absorbida en (Joules) (d=20mm)	6.86 Joules	2.06 Energía Absorbida en (Joules) (d=10mm)	7.13 Joules	2.07 Energía Absorbida en (Joules) (Hasta Máx. Carga)	44.16 Joules	2.08 Tipo de falla observada	4 Fisuras Radiales
2.01 Espesor Promedio de la muestra (mm)	101.60 mm																
2.02 Carga de falla (KN)	35.11 KN																
2.03 Energía Absorbida en (Joules) (d=25mm)	6.58 Joules																
2.04 Energía Absorbida en (Joules) (d=30mm)	5.21 Joules																
2.05 Energía Absorbida en (Joules) (d=20mm)	6.86 Joules																
2.06 Energía Absorbida en (Joules) (d=10mm)	7.13 Joules																
2.07 Energía Absorbida en (Joules) (Hasta Máx. Carga)	44.16 Joules																
2.08 Tipo de falla observada	4 Fisuras Radiales																
<p>3. OBSERVACIONES GRÁFICAS DEL ENSAYO:</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <p>Gráfico Fuerza vs. Deformación</p>  </div>																	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6.6. Capacidad de Absorción de Energía (M-5-2)


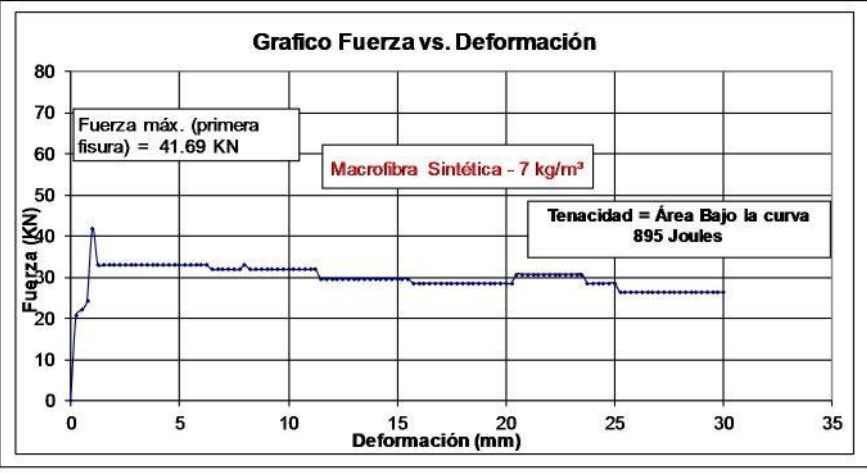
ENSAYO DE CAPACIDAD DE ABSORCIÓN ENERGÍA						
Tiempo (min)	Deflexión (mm)	Fuerza (KN)	Altura	Área Bajo la Curva mm ²	Área Acumulada mm ²	Tenacidad Joules
00:00	0	0	0.000	0	0	0.00000000
00:15	0.25	8.8	0.025	0.21942362	0.21942362	2.19423840
00:30	0.50	14.3	0.025	0.35656339	0.57598701	3.56563739
00:45	0.75	16.5	0.025	0.4114193	0.98740631	4.11419699
01:00	1.00	19.7	0.025	0.49370315	1.48110946	4.93703639
01:15	1.25	21.9	0.025	0.54855906	2.02966853	5.48559599
01:30	1.50	28.5	0.025	0.71312678	2.7427953	7.13127479
01:45	1.75	31.8	0.025	0.79541064	3.53820594	7.95411418
02:00	2.00	35.1	0.025	0.8776945	4.41590044	8.77695358
02:15	2.25	27.4	0.025	0.68569883	5.10159927	6.85699499
02:30	2.50	27.4	0.025	0.68569883	5.78729809	6.85699499
02:45	2.75	28.5	0.025	0.71312678	6.50042487	7.13127479
03:00	3.00	28.5	0.025	0.71312678	7.21355165	7.13127479
03:15	3.25	28.5	0.025	0.71312678	7.92667843	7.13127479
03:30	3.50	28.5	0.025	0.71312678	8.63980521	7.13127479
03:45	3.75	28.5	0.025	0.71312678	9.35293199	7.13127479
04:00	4.00	28.5	0.025	0.71312678	10.0660588	7.13127479
04:15	4.25	28.5	0.025	0.71312678	10.7791855	7.13127479
04:30	4.50	28.5	0.025	0.71312678	11.4923123	7.13127479
04:45	4.75	28.5	0.025	0.71312678	12.2054391	7.13127479
05:00	5.00	28.5	0.025	0.71312678	12.9185659	7.13127479
05:15	5.25	28.5	0.025	0.71312678	13.6316927	7.13127479
05:30	5.50	29.6	0.025	0.74055473	14.3722474	7.40555459
05:45	5.75	29.6	0.025	0.74055473	15.1128021	7.40555459
06:00	6.00	29.6	0.025	0.74055473	15.8533569	7.40555459
06:15	6.25	29.6	0.025	0.74055473	16.5939116	7.40555459
06:30	6.50	29.6	0.025	0.74055473	17.3344663	7.40555459
06:45	6.75	29.6	0.025	0.74055473	18.0750211	7.40555459
07:00	7.00	29.6	0.025	0.74055473	18.8155758	7.40555459
07:15	7.25	29.6	0.025	0.74055473	19.5561305	7.40555459
07:30	7.50	29.6	0.025	0.74055473	20.2966853	7.40555459
07:45	7.75	29.6	0.025	0.74055473	21.03724	7.40555459
08:00	8.00	29.6	0.025	0.74055473	21.7777947	7.40555459
08:15	8.25	29.6	0.025	0.74055473	22.5183495	7.40555459
08:30	8.50	29.6	0.025	0.74055473	23.2589042	7.40555459
08:45	8.75	29.6	0.025	0.74055473	23.9994589	7.40555459
09:00	9.00	29.6	0.025	0.74055473	24.7400137	7.40555459
09:15	9.25	29.6	0.025	0.74055473	25.4805684	7.40555459
09:30	9.50	29.6	0.025	0.74055473	26.2211231	7.40555459
09:45	9.75	29.6	0.025	0.74055473	26.9616778	7.40555459
10:00	10.00	28.5	0.025	0.71312678	27.6748046	7.13127479
10:15	10.25	28.5	0.025	0.71312678	28.3879314	7.13127479

10:30	10.50	28.5	0.025	0.71312678	29.1010582	7.13127479
10:45	10.75	28.5	0.025	0.71312678	29.814185	7.13127479
11:00	11.00	28.5	0.025	0.71312678	30.5273117	7.13127479
11:15	11.25	28.5	0.025	0.71312678	31.2404385	7.13127479
11:30	11.50	28.5	0.025	0.71312678	31.9535653	7.13127479
11:45	11.75	28.5	0.025	0.71312678	32.6666921	7.13127479
12:00	12.00	28.5	0.025	0.71312678	33.3798189	7.13127479
12:15	12.25	28.5	0.025	0.71312678	34.0929456	7.13127479
12:30	12.50	28.5	0.025	0.71312678	34.8060724	7.13127479
12:45	12.75	28.5	0.025	0.71312678	35.5191992	7.13127479
13:00	13.00	28.5	0.025	0.71312678	36.232326	7.13127479
13:15	13.25	28.5	0.025	0.71312678	36.9454528	7.13127479
13:30	13.50	28.5	0.025	0.71312678	37.6585795	7.13127479
13:45	13.75	28.5	0.025	0.71312678	38.3717063	7.13127479
14:00	14.00	28.5	0.025	0.71312678	39.0848331	7.13127479
14:15	14.25	28.5	0.025	0.71312678	39.7979599	7.13127479
14:30	14.50	28.5	0.025	0.71312678	40.5110867	7.13127479
14:45	14.75	28.5	0.025	0.71312678	41.2242134	7.13127479
15:00	15.00	28.5	0.025	0.71312678	41.9373402	7.13127479
15:15	15.25	28.5	0.025	0.71312678	42.650467	7.13127479
15:30	15.50	28.5	0.025	0.71312678	43.3635938	7.13127479
15:45	15.75	28.5	0.025	0.71312678	44.0767206	7.13127479
16:00	16.00	26.3	0.025	0.65827087	44.7349914	6.58271519
16:15	16.25	26.3	0.025	0.65827087	45.3932623	6.58271519
16:30	16.50	26.3	0.025	0.65827087	46.0515332	6.58271519
16:45	16.75	26.3	0.025	0.65827087	46.709804	6.58271519
17:00	17.00	26.3	0.025	0.65827087	47.3680749	6.58271519
17:15	17.25	26.3	0.025	0.65827087	48.0263458	6.58271519
17:30	17.50	26.3	0.025	0.65827087	48.6846167	6.58271519
17:45	17.75	26.3	0.025	0.65827087	49.3428875	6.58271519
18:00	18.00	26.3	0.025	0.65827087	50.0011584	6.58271519
18:15	18.25	26.3	0.025	0.65827087	50.6594293	6.58271519
18:30	18.50	27.4	0.025	0.68569883	51.3451281	6.85699499
18:45	18.75	27.4	0.025	0.68569883	52.0308269	6.85699499
19:00	19.00	27.4	0.025	0.68569883	52.7165258	6.85699499
19:15	19.25	27.4	0.025	0.68569883	53.4022246	6.85699499
19:30	19.50	27.4	0.025	0.68569883	54.0879234	6.85699499
19:45	19.75	27.4	0.025	0.68569883	54.7736222	6.85699499
20:00	20.00	27.4	0.025	0.68569883	55.4593211	6.85699499
20:15	20.25	26.3	0.025	0.65827087	56.1175919	6.58271519
20:30	20.50	26.3	0.025	0.65827087	56.7758628	6.58271519
20:45	20.75	26.3	0.025	0.65827087	57.4341337	6.58271519
21:00	21.00	26.3	0.025	0.65827087	58.0924046	6.58271519
21:15	21.25	26.3	0.025	0.65827087	58.7506754	6.58271519
21:30	21.50	26.3	0.025	0.65827087	59.4089463	6.58271519
21:45	21.75	26.3	0.025	0.65827087	60.0672172	6.58271519
22:00	22.00	26.3	0.025	0.65827087	60.7254881	6.58271519
22:15	22.25	26.3	0.025	0.65827087	61.3837589	6.58271519
22:30	22.50	26.3	0.025	0.65827087	62.0420298	6.58271519

22:45	22.75	26.3	0.025	0.65827087	62.7003007	6.58271519
23:00	23.00	26.3	0.025	0.65827087	63.3585715	6.58271519
23:15	23.25	26.3	0.025	0.65827087	64.0168424	6.58271519
23:30	23.50	26.3	0.025	0.65827087	64.6751133	6.58271519
23:45	23.75	26.3	0.025	0.65827087	65.3333842	6.58271519
24:00	24.00	26.3	0.025	0.65827087	65.991655	6.58271519
24:15	24.25	26.3	0.025	0.65827087	66.6499259	6.58271519
24:30	24.50	26.3	0.025	0.65827087	67.3081968	6.58271519
24:45	24.75	26.3	0.025	0.65827087	67.9664677	6.58271519
25:00	25.00	26.3	0.025	0.65827087	68.6247385	6.58271519
25:15	25.25	20.8	0.025	0.52113111	69.1458696	5.21131619
25:30	25.50	20.8	0.025	0.52113111	69.6670007	5.21131619
25:45	25.75	20.8	0.025	0.52113111	70.1881319	5.21131619
26:00	26.00	20.8	0.025	0.52113111	70.709263	5.21131619
26:15	26.25	20.8	0.025	0.52113111	71.2303941	5.21131619
26:30	26.50	20.8	0.025	0.52113111	71.7515252	5.21131619
26:45	26.75	20.8	0.025	0.52113111	72.2726563	5.21131619
27:00	27.00	20.8	0.025	0.52113111	72.7937874	5.21131619
27:15	27.25	20.8	0.025	0.52113111	73.3149185	5.21131619
27:30	27.50	20.8	0.025	0.52113111	73.8360496	5.21131619
27:45	27.75	20.8	0.025	0.52113111	74.3571807	5.21131619
28:00	28.00	20.8	0.025	0.52113111	74.8783118	5.21131619
28:15	28.25	20.8	0.025	0.52113111	75.3994429	5.21131619
28:30	28.50	20.8	0.025	0.52113111	75.920574	5.21131619
28:45	28.75	20.8	0.025	0.52113111	76.4417051	5.21131619
29:00	29.00	20.8	0.025	0.52113111	76.9628363	5.21131619
29:15	29.25	20.8	0.025	0.52113111	77.4839674	5.21131619
29:30	29.50	20.8	0.025	0.52113111	78.0050985	5.21131619
29:45	29.75	20.8	0.025	0.52113111	78.5262296	5.21131619
30:00	30.00	20.8	0.025	0.52113111	79.0473607	5.21131619
TOTAL TENACIDAD (JOULES)						790

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°30. RESULTADOS DE LA TENACIDAD DEL CONCRETO (M-7-1)

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERIA																	
ENSAYO DE CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE ENERGÍA UNE-EN-14488-5																	
INFORME DE LABORATORIO																	
Laboratorio:	Tecnología de Concreto																
Ubicación :	Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo.																
Técnico:	E.E.R / W.L.C																
Responsable:	K.R.L																
<p>1. PARÁMETROS GENERALES:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"> Muestra: M-7-1 </td> <td style="width: 50%;"> Fecha de elaboración de especímenes: 02/11/2016 </td> </tr> <tr> <td> Fibra empleada/Fabricante: Sikafiber force - 7 kg/m³ </td> <td> Fecha de salida de poza de curado: 05/12/2016 </td> </tr> <tr> <td> Dosificación / F'c de diseño: 210 kg/cm² </td> <td> Fecha / edad de ensayo (días): 33 </td> </tr> </table>		Muestra: M-7-1	Fecha de elaboración de especímenes: 02/11/2016	Fibra empleada/Fabricante: Sikafiber force - 7 kg/m ³	Fecha de salida de poza de curado: 05/12/2016	Dosificación / F'c de diseño: 210 kg/cm ²	Fecha / edad de ensayo (días): 33										
Muestra: M-7-1	Fecha de elaboración de especímenes: 02/11/2016																
Fibra empleada/Fabricante: Sikafiber force - 7 kg/m ³	Fecha de salida de poza de curado: 05/12/2016																
Dosificación / F'c de diseño: 210 kg/cm ²	Fecha / edad de ensayo (días): 33																
<p>2. DATOS DEL ENSAYO:</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 70%;">2.01 Espesor Promedio de la muestra (mm)</td> <td style="width: 30%; text-align: center;">101.60 mm</td> </tr> <tr> <td>2.02 Carga de falla (KN)</td> <td style="text-align: center;">41.69 KN</td> </tr> <tr> <td>2.03 Energía Absorbida en (Joules) (d=25mm)</td> <td style="text-align: center;">7.13 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.04 Energía Absorbida en (Joules) (d=30mm)</td> <td style="text-align: center;">6.58 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.05 Energía Absorbida en (Joules) (d=20mm)</td> <td style="text-align: center;">7.95 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.06 Energía Absorbida en (Joules) (d=10mm)</td> <td style="text-align: center;">7.95 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.07 Energía Absorbida en (Joules) (Hasta Máx. Carga)</td> <td style="text-align: center;">27.15 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.08 Tipo de falla observada</td> <td style="text-align: center;">5 Fisuras Radiales</td> </tr> </table>		2.01 Espesor Promedio de la muestra (mm)	101.60 mm	2.02 Carga de falla (KN)	41.69 KN	2.03 Energía Absorbida en (Joules) (d=25mm)	7.13 Joules	2.04 Energía Absorbida en (Joules) (d=30mm)	6.58 Joules	2.05 Energía Absorbida en (Joules) (d=20mm)	7.95 Joules	2.06 Energía Absorbida en (Joules) (d=10mm)	7.95 Joules	2.07 Energía Absorbida en (Joules) (Hasta Máx. Carga)	27.15 Joules	2.08 Tipo de falla observada	5 Fisuras Radiales
2.01 Espesor Promedio de la muestra (mm)	101.60 mm																
2.02 Carga de falla (KN)	41.69 KN																
2.03 Energía Absorbida en (Joules) (d=25mm)	7.13 Joules																
2.04 Energía Absorbida en (Joules) (d=30mm)	6.58 Joules																
2.05 Energía Absorbida en (Joules) (d=20mm)	7.95 Joules																
2.06 Energía Absorbida en (Joules) (d=10mm)	7.95 Joules																
2.07 Energía Absorbida en (Joules) (Hasta Máx. Carga)	27.15 Joules																
2.08 Tipo de falla observada	5 Fisuras Radiales																
<p>3. OBSERVACIONES GRÁFICAS DEL ENSAYO:</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <p>Gráfico Fuerza vs. Deformación</p>  </div>																	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6.7. Capacidad de Absorción de Energía (M-7-1)


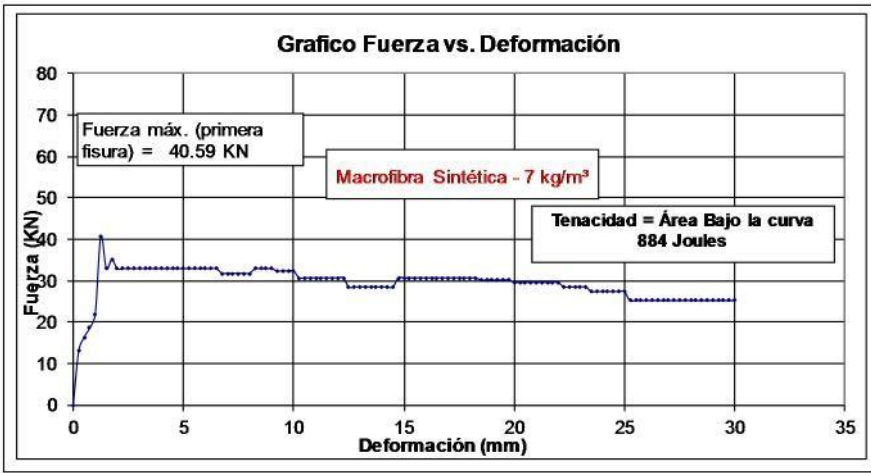
ENSAYO DE CAPACIDAD DE ABSORCIÓN ENERGÍA						
Tiempo (min)	Deflexión (mm)	Fuerza (KN)	Altura	Área Bajo la Curva mm ²	Área Acumulada mm ²	Tenacidad Joules
00:00	0	0	0.000	0	0	0.00000000
00:15	0.25	20.8	0.025	0.52113111	0.52113111	5.21131619
00:30	0.50	21.9	0.025	0.54855906	1.06969017	5.48559599
00:45	0.75	24.1	0.025	0.60341497	1.67310514	6.03415559
01:00	1.00	41.7	0.025	1.04226222	2.71536735	10.42263238
01:15	1.25	32.9	0.025	0.82283859	3.53820594	8.22839398
01:30	1.50	32.9	0.025	0.82283859	4.36104453	8.22839398
01:45	1.75	32.9	0.025	0.82283859	5.18388313	8.22839398
02:00	2.00	32.9	0.025	0.82283859	6.00672172	8.22839398
02:15	2.25	32.9	0.025	0.82283859	6.82956031	8.22839398
02:30	2.50	32.9	0.025	0.82283859	7.6523989	8.22839398
02:45	2.75	32.9	0.025	0.82283859	8.47523749	8.22839398
03:00	3.00	32.9	0.025	0.82283859	9.29807608	8.22839398
03:15	3.25	32.9	0.025	0.82283859	10.1209147	8.22839398
03:30	3.50	32.9	0.025	0.82283859	10.9437533	8.22839398
03:45	3.75	32.9	0.025	0.82283859	11.7665919	8.22839398
04:00	4.00	32.9	0.025	0.82283859	12.5894304	8.22839398
04:15	4.25	32.9	0.025	0.82283859	13.412269	8.22839398
04:30	4.50	32.9	0.025	0.82283859	14.2351076	8.22839398
04:45	4.75	32.9	0.025	0.82283859	15.0579462	8.22839398
05:00	5.00	32.9	0.025	0.82283859	15.8807848	8.22839398
05:15	5.25	32.9	0.025	0.82283859	16.7036234	8.22839398
05:30	5.50	32.9	0.025	0.82283859	17.526462	8.22839398
05:45	5.75	32.9	0.025	0.82283859	18.3493006	8.22839398
06:00	6.00	32.9	0.025	0.82283859	19.1721392	8.22839398
06:15	6.25	32.9	0.025	0.82283859	19.9949778	8.22839398
06:30	6.50	31.8	0.025	0.79541064	20.7903884	7.95411418
06:45	6.75	31.8	0.025	0.79541064	21.5857991	7.95411418
07:00	7.00	31.8	0.025	0.79541064	22.3812097	7.95411418
07:15	7.25	31.8	0.025	0.79541064	23.1766203	7.95411418
07:30	7.50	31.8	0.025	0.79541064	23.972031	7.95411418
07:45	7.75	31.8	0.025	0.79541064	24.7674416	7.95411418
08:00	8.00	32.9	0.025	0.82283859	25.5902802	8.22839398
08:15	8.25	31.8	0.025	0.79541064	26.3856908	7.95411418
08:30	8.50	31.8	0.025	0.79541064	27.1811015	7.95411418
08:45	8.75	31.8	0.025	0.79541064	27.9765121	7.95411418
09:00	9.00	31.8	0.025	0.79541064	28.7719227	7.95411418
09:15	9.25	31.8	0.025	0.79541064	29.5673334	7.95411418
09:30	9.50	31.8	0.025	0.79541064	30.362744	7.95411418
09:45	9.75	31.8	0.025	0.79541064	31.1581547	7.95411418
10:00	10.00	31.8	0.025	0.79541064	31.9535653	7.95411418
10:15	10.25	31.8	0.025	0.79541064	32.7489759	7.95411418

10:30	10.50	31.8	0.025	0.79541064	33.5443866	7.95411418
10:45	10.75	31.8	0.025	0.79541064	34.3397972	7.95411418
11:00	11.00	31.8	0.025	0.79541064	35.1352079	7.95411418
11:15	11.25	31.8	0.025	0.79541064	35.9306185	7.95411418
11:30	11.50	29.6	0.025	0.74055473	36.6711732	7.40555459
11:45	11.75	29.6	0.025	0.74055473	37.411728	7.40555459
12:00	12.00	29.6	0.025	0.74055473	38.1522827	7.40555459
12:15	12.25	29.6	0.025	0.74055473	38.8928374	7.40555459
12:30	12.50	29.6	0.025	0.74055473	39.6333922	7.40555459
12:45	12.75	29.6	0.025	0.74055473	40.3739469	7.40555459
13:00	13.00	29.6	0.025	0.74055473	41.1145016	7.40555459
13:15	13.25	29.6	0.025	0.74055473	41.8550564	7.40555459
13:30	13.50	29.6	0.025	0.74055473	42.5956111	7.40555459
13:45	13.75	29.6	0.025	0.74055473	43.3361658	7.40555459
14:00	14.00	29.6	0.025	0.74055473	44.0767206	7.40555459
14:15	14.25	29.6	0.025	0.74055473	44.8172753	7.40555459
14:30	14.50	29.6	0.025	0.74055473	45.55783	7.40555459
14:45	14.75	29.6	0.025	0.74055473	46.2983847	7.40555459
15:00	15.00	29.6	0.025	0.74055473	47.0389395	7.40555459
15:15	15.25	29.6	0.025	0.74055473	47.7794942	7.40555459
15:30	15.50	29.6	0.025	0.74055473	48.5200489	7.40555459
15:45	15.75	28.5	0.025	0.71312678	49.2331757	7.13127479
16:00	16.00	28.5	0.025	0.71312678	49.9463025	7.13127479
16:15	16.25	28.5	0.025	0.71312678	50.6594293	7.13127479
16:30	16.50	28.5	0.025	0.71312678	51.3725561	7.13127479
16:45	16.75	28.5	0.025	0.71312678	52.0856828	7.13127479
17:00	17.00	28.5	0.025	0.71312678	52.7988096	7.13127479
17:15	17.25	28.5	0.025	0.71312678	53.5119364	7.13127479
17:30	17.50	28.5	0.025	0.71312678	54.2250632	7.13127479
17:45	17.75	28.5	0.025	0.71312678	54.93819	7.13127479
18:00	18.00	28.5	0.025	0.71312678	55.6513167	7.13127479
18:15	18.25	28.5	0.025	0.71312678	56.3644435	7.13127479
18:30	18.50	28.5	0.025	0.71312678	57.0775703	7.13127479
18:45	18.75	28.5	0.025	0.71312678	57.7906971	7.13127479
19:00	19.00	28.5	0.025	0.71312678	58.5038239	7.13127479
19:15	19.25	28.5	0.025	0.71312678	59.2169506	7.13127479
19:30	19.50	28.5	0.025	0.71312678	59.9300774	7.13127479
19:45	19.75	28.5	0.025	0.71312678	60.6432042	7.13127479
20:00	20.00	28.5	0.025	0.71312678	61.356331	7.13127479
20:15	20.25	28.5	0.025	0.71312678	62.0694578	7.13127479
20:30	20.50	30.7	0.025	0.76798269	62.8374404	7.67983439
20:45	20.75	30.7	0.025	0.76798269	63.6054231	7.67983439
21:00	21.00	30.7	0.025	0.76798269	64.3734058	7.67983439
21:15	21.25	30.7	0.025	0.76798269	65.1413885	7.67983439
21:30	21.50	30.7	0.025	0.76798269	65.9093712	7.67983439
21:45	21.75	30.7	0.025	0.76798269	66.6773539	7.67983439
22:00	22.00	30.7	0.025	0.76798269	67.4453365	7.67983439
22:15	22.25	30.7	0.025	0.76798269	68.2133192	7.67983439
22:30	22.50	30.7	0.025	0.76798269	68.9813019	7.67983439

22:45	22.75	30.7	0.025	0.76798269	69.7492846	7.67983439
23:00	23.00	30.7	0.025	0.76798269	70.5172673	7.67983439
23:15	23.25	30.7	0.025	0.76798269	71.28525	7.67983439
23:30	23.50	30.7	0.025	0.76798269	72.0532327	7.67983439
23:45	23.75	28.5	0.025	0.71312678	72.7663594	7.13127479
24:00	24.00	28.5	0.025	0.71312678	73.4794862	7.13127479
24:15	24.25	28.5	0.025	0.71312678	74.192613	7.13127479
24:30	24.50	28.5	0.025	0.71312678	74.9057398	7.13127479
24:45	24.75	28.5	0.025	0.71312678	75.6188666	7.13127479
25:00	25.00	28.5	0.025	0.71312678	76.3319933	7.13127479
25:15	25.25	26.3	0.025	0.65827087	76.9902642	6.58271519
25:30	25.50	26.3	0.025	0.65827087	77.6485351	6.58271519
25:45	25.75	26.3	0.025	0.65827087	78.306806	6.58271519
26:00	26.00	26.3	0.025	0.65827087	78.9650768	6.58271519
26:15	26.25	26.3	0.025	0.65827087	79.6233477	6.58271519
26:30	26.50	26.3	0.025	0.65827087	80.2816186	6.58271519
26:45	26.75	26.3	0.025	0.65827087	80.9398894	6.58271519
27:00	27.00	26.3	0.025	0.65827087	81.5981603	6.58271519
27:15	27.25	26.3	0.025	0.65827087	82.2564312	6.58271519
27:30	27.50	26.3	0.025	0.65827087	82.9147021	6.58271519
27:45	27.75	26.3	0.025	0.65827087	83.5729729	6.58271519
28:00	28.00	26.3	0.025	0.65827087	84.2312438	6.58271519
28:15	28.25	26.3	0.025	0.65827087	84.8895147	6.58271519
28:30	28.50	26.3	0.025	0.65827087	85.5477856	6.58271519
28:45	28.75	26.3	0.025	0.65827087	86.2060564	6.58271519
29:00	29.00	26.3	0.025	0.65827087	86.8643273	6.58271519
29:15	29.25	26.3	0.025	0.65827087	87.5225982	6.58271519
29:30	29.50	26.3	0.025	0.65827087	88.1808691	6.58271519
29:45	29.75	26.3	0.025	0.65827087	88.8391399	6.58271519
30:00	30.00	26.3	0.025	0.65827087	89.4974108	6.58271519
TOTAL TENACIDAD (JOULES)						895

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°31. RESULTADOS DE LA TENACIDAD DEL CONCRETO (M-7-2)

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERIA																	
ENSAYO DE CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE ENERGÍA UNE-EN-14488-5																	
INFORME DE LABORATORIO																	
Laboratorio:	Tecnología de Concreto																
Ubicación :	Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo.																
Técnico:	E.E.R / W.L.C																
Responsable:	K.R.L																
<p>1. PARÁMETROS GENERALES:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"> Muestra: M-7-2 </td> <td style="width: 50%;"> Fecha de elaboración de especímenes: 03/11/2016 </td> </tr> <tr> <td> Fibra empleada/Fabricante: Sikafiber force - 7 kg/m³ </td> <td> Fecha de salida de poza de curado: 05/12/2016 </td> </tr> <tr> <td> Dosificación / F'c de diseño: 210 kg/cm² </td> <td> Fecha / edad de ensayo (días): 32 </td> </tr> </table>		Muestra: M-7-2	Fecha de elaboración de especímenes: 03/11/2016	Fibra empleada/Fabricante: Sikafiber force - 7 kg/m ³	Fecha de salida de poza de curado: 05/12/2016	Dosificación / F'c de diseño: 210 kg/cm ²	Fecha / edad de ensayo (días): 32										
Muestra: M-7-2	Fecha de elaboración de especímenes: 03/11/2016																
Fibra empleada/Fabricante: Sikafiber force - 7 kg/m ³	Fecha de salida de poza de curado: 05/12/2016																
Dosificación / F'c de diseño: 210 kg/cm ²	Fecha / edad de ensayo (días): 32																
<p>2. DATOS DEL ENSAYO:</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 70%;">2.01 Espesor Promedio de la muestra (mm)</td> <td style="width: 30%; text-align: center;">101.60 mm</td> </tr> <tr> <td>2.02 Carga de falla (KN)</td> <td style="text-align: center;">40.59 KN</td> </tr> <tr> <td>2.03 Energía Absorbida en (Joules) (d=25mm)</td> <td style="text-align: center;">6.86 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.04 Energía Absorbida en (Joules) (d=30mm)</td> <td style="text-align: center;">6.31 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.05 Energía Absorbida en (Joules) (d=20mm)</td> <td style="text-align: center;">7.41 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.06 Energía Absorbida en (Joules) (d=10mm)</td> <td style="text-align: center;">8.09 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.07 Energía Absorbida en (Joules) (Hasta Máx. Carga)</td> <td style="text-align: center;">27.70 Joules</td> </tr> <tr> <td>2.08 Tipo de falla observada</td> <td style="text-align: center;">4 Fisuras Radiales</td> </tr> </table>		2.01 Espesor Promedio de la muestra (mm)	101.60 mm	2.02 Carga de falla (KN)	40.59 KN	2.03 Energía Absorbida en (Joules) (d=25mm)	6.86 Joules	2.04 Energía Absorbida en (Joules) (d=30mm)	6.31 Joules	2.05 Energía Absorbida en (Joules) (d=20mm)	7.41 Joules	2.06 Energía Absorbida en (Joules) (d=10mm)	8.09 Joules	2.07 Energía Absorbida en (Joules) (Hasta Máx. Carga)	27.70 Joules	2.08 Tipo de falla observada	4 Fisuras Radiales
2.01 Espesor Promedio de la muestra (mm)	101.60 mm																
2.02 Carga de falla (KN)	40.59 KN																
2.03 Energía Absorbida en (Joules) (d=25mm)	6.86 Joules																
2.04 Energía Absorbida en (Joules) (d=30mm)	6.31 Joules																
2.05 Energía Absorbida en (Joules) (d=20mm)	7.41 Joules																
2.06 Energía Absorbida en (Joules) (d=10mm)	8.09 Joules																
2.07 Energía Absorbida en (Joules) (Hasta Máx. Carga)	27.70 Joules																
2.08 Tipo de falla observada	4 Fisuras Radiales																
<p>3. OBSERVACIONES GRÁFICAS DEL ENSAYO:</p> <div style="text-align: center;">  <p>Gráfico Fuerza vs. Deformación</p> </div>																	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6.8. Capacidad de Absorción de Energía (M-7-2)

ENSAYO DE CAPACIDAD DE ABSORCIÓN ENERGÍA						
Tiempo (min)	Deflexión (mm)	Fuerza (KN)	Altura	Área Bajo la Curva mm ²	Área Acumulada mm ²	Tenacidad Joules
00:00	0	0	0.000	0	0	0.00000000
00:15	0.25	13.2	0.025	0.32913544	0.32913544	3.29135759
00:30	0.50	16.5	0.025	0.4114193	0.74055473	4.11419699
00:45	0.75	18.7	0.025	0.4662752	1.20682993	4.66275659
01:00	1.00	21.9	0.025	0.54855906	1.755389	5.48559599
01:15	1.25	40.6	0.025	1.01483426	2.77022326	10.1483526
01:30	1.50	32.9	0.025	0.82283859	3.59306185	8.22839398
01:45	1.75	35.1	0.025	0.8776945	4.47075635	8.77695358
02:00	2.00	32.9	0.025	0.82283859	5.29359494	8.22839398
02:15	2.25	32.9	0.025	0.82283859	6.11643353	8.22839398
02:30	2.50	32.9	0.025	0.82283859	6.93927212	8.22839398
02:45	2.75	32.9	0.025	0.82283859	7.76211071	8.22839398
03:00	3.00	32.9	0.025	0.82283859	8.5849493	8.22839398
03:15	3.25	32.9	0.025	0.82283859	9.4077879	8.22839398
03:30	3.50	32.9	0.025	0.82283859	10.2306265	8.22839398
03:45	3.75	32.9	0.025	0.82283859	11.0534651	8.22839398
04:00	4.00	32.9	0.025	0.82283859	11.8763037	8.22839398
04:15	4.25	32.9	0.025	0.82283859	12.6991423	8.22839398
04:30	4.50	32.9	0.025	0.82283859	13.5219809	8.22839398
04:45	4.75	32.9	0.025	0.82283859	14.3448194	8.22839398
05:00	5.00	32.9	0.025	0.82283859	15.167658	8.22839398
05:15	5.25	32.9	0.025	0.82283859	15.9904966	8.22839398
05:30	5.50	32.9	0.025	0.82283859	16.8133352	8.22839398
05:45	5.75	32.9	0.025	0.82283859	17.6361738	8.22839398
06:00	6.00	32.9	0.025	0.82283859	18.4590124	8.22839398
06:15	6.25	32.9	0.025	0.82283859	19.281851	8.22839398
06:30	6.50	32.9	0.025	0.82283859	20.1046896	8.22839398
06:45	6.75	31.8	0.025	0.79541064	20.9001002	7.95411418
07:00	7.00	31.8	0.025	0.79541064	21.6955109	7.95411418
07:15	7.25	31.8	0.025	0.79541064	22.4909215	7.95411418
07:30	7.50	31.8	0.025	0.79541064	23.2863321	7.95411418
07:45	7.75	31.8	0.025	0.79541064	24.0817428	7.95411418
08:00	8.00	31.8	0.025	0.79541064	24.8771534	7.95411418
08:15	8.25	32.9	0.025	0.82283859	25.699992	8.22839398
08:30	8.50	32.9	0.025	0.82283859	26.5228306	8.22839398
08:45	8.75	32.9	0.025	0.82283859	27.3456692	8.22839398
09:00	9.00	32.9	0.025	0.82283859	28.1685078	8.22839398
09:15	9.25	32.4	0.025	0.80912461	28.9776324	8.09125408
09:30	9.50	32.4	0.025	0.80912461	29.786757	8.09125408
09:45	9.75	32.4	0.025	0.80912461	30.5958816	8.09125408
10:00	10.00	32.4	0.025	0.80912461	31.4050062	8.09125408
10:15	10.25	30.7	0.025	0.76798269	32.1729889	7.67983439

10:30	10.50	30.7	0.025	0.76798269	32.9409716	7.67983439
10:45	10.75	30.7	0.025	0.76798269	33.7089543	7.67983439
11:00	11.00	30.7	0.025	0.76798269	34.476937	7.67983439
11:15	11.25	30.7	0.025	0.76798269	35.2449197	7.67983439
11:30	11.50	30.7	0.025	0.76798269	36.0129024	7.67983439
11:45	11.75	30.7	0.025	0.76798269	36.780885	7.67983439
12:00	12.00	30.7	0.025	0.76798269	37.5488677	7.67983439
12:15	12.25	30.7	0.025	0.76798269	38.3168504	7.67983439
12:30	12.50	28.5	0.025	0.71312678	39.0299772	7.13127479
12:45	12.75	28.5	0.025	0.71312678	39.743104	7.13127479
13:00	13.00	28.5	0.025	0.71312678	40.4562307	7.13127479
13:15	13.25	28.5	0.025	0.71312678	41.1693575	7.13127479
13:30	13.50	28.5	0.025	0.71312678	41.8824843	7.13127479
13:45	13.75	28.5	0.025	0.71312678	42.5956111	7.13127479
14:00	14.00	28.5	0.025	0.71312678	43.3087379	7.13127479
14:15	14.25	28.5	0.025	0.71312678	44.0218646	7.13127479
14:30	14.50	28.5	0.025	0.71312678	44.7349914	7.13127479
14:45	14.75	30.7	0.025	0.76798269	45.5029741	7.67983439
15:00	15.00	30.7	0.025	0.76798269	46.2709568	7.67983439
15:15	15.25	30.7	0.025	0.76798269	47.0389395	7.67983439
15:30	15.50	30.7	0.025	0.76798269	47.8069222	7.67983439
15:45	15.75	30.7	0.025	0.76798269	48.5749049	7.67983439
16:00	16.00	30.7	0.025	0.76798269	49.3428875	7.67983439
16:15	16.25	30.7	0.025	0.76798269	50.1108702	7.67983439
16:30	16.50	30.7	0.025	0.76798269	50.8788529	7.67983439
16:45	16.75	30.7	0.025	0.76798269	51.6468356	7.67983439
17:00	17.00	30.7	0.025	0.76798269	52.4148183	7.67983439
17:15	17.25	30.7	0.025	0.76798269	53.182801	7.67983439
17:30	17.50	30.7	0.025	0.76798269	53.9507836	7.67983439
17:45	17.75	30.7	0.025	0.76798269	54.7187663	7.67983439
18:00	18.00	30.7	0.025	0.76798269	55.486749	7.67983439
18:15	18.25	30.7	0.025	0.76798269	56.2547317	7.67983439
18:30	18.50	30.2	0.025	0.75426871	57.0090004	7.54269449
18:45	18.75	30.2	0.025	0.75426871	57.7632691	7.54269449
19:00	19.00	30.2	0.025	0.75426871	58.5175378	7.54269449
19:15	19.25	30.2	0.025	0.75426871	59.2718065	7.54269449
19:30	19.50	30.2	0.025	0.75426871	60.0260752	7.54269449
19:45	19.75	30.2	0.025	0.75426871	60.780344	7.54269449
20:00	20.00	29.6	0.025	0.74055473	61.5208987	7.40555459
20:15	20.25	29.6	0.025	0.74055473	62.2614534	7.40555459
20:30	20.50	29.6	0.025	0.74055473	63.0020082	7.40555459
20:45	20.75	29.6	0.025	0.74055473	63.7425629	7.40555459
21:00	21.00	29.6	0.025	0.74055473	64.4831176	7.40555459
21:15	21.25	29.6	0.025	0.74055473	65.2236724	7.40555459
21:30	21.50	29.6	0.025	0.74055473	65.9642271	7.40555459
21:45	21.75	29.6	0.025	0.74055473	66.7047818	7.40555459
22:00	22.00	29.6	0.025	0.74055473	67.4453365	7.40555459
22:15	22.25	28.5	0.025	0.71312678	68.1584633	7.13127479
22:30	22.50	28.5	0.025	0.71312678	68.8715901	7.13127479

22:45	22.75	28.5	0.025	0.71312678	69.5847169	7.13127479
23:00	23.00	28.5	0.025	0.71312678	70.2978437	7.13127479
23:15	23.25	28.5	0.025	0.71312678	71.0109704	7.13127479
23:30	23.50	27.4	0.025	0.68569883	71.6966693	6.85699499
23:45	23.75	27.4	0.025	0.68569883	72.3823681	6.85699499
24:00	24.00	27.4	0.025	0.68569883	73.0680669	6.85699499
24:15	24.25	27.4	0.025	0.68569883	73.7537658	6.85699499
24:30	24.50	27.4	0.025	0.68569883	74.4394646	6.85699499
24:45	24.75	27.4	0.025	0.68569883	75.1251634	6.85699499
25:00	25.00	27.4	0.025	0.68569883	75.8108622	6.85699499
25:15	25.25	25.2	0.025	0.63084292	76.4417051	6.30843539
25:30	25.50	25.2	0.025	0.63084292	77.0725481	6.30843539
25:45	25.75	25.2	0.025	0.63084292	77.703391	6.30843539
26:00	26.00	25.2	0.025	0.63084292	78.3342339	6.30843539
26:15	26.25	25.2	0.025	0.63084292	78.9650768	6.30843539
26:30	26.50	25.2	0.025	0.63084292	79.5959198	6.30843539
26:45	26.75	25.2	0.025	0.63084292	80.2267627	6.30843539
27:00	27.00	25.2	0.025	0.63084292	80.8576056	6.30843539
27:15	27.25	25.2	0.025	0.63084292	81.4884485	6.30843539
27:30	27.50	25.2	0.025	0.63084292	82.1192914	6.30843539
27:45	27.75	25.2	0.025	0.63084292	82.7501344	6.30843539
28:00	28.00	25.2	0.025	0.63084292	83.3809773	6.30843539
28:15	28.25	25.2	0.025	0.63084292	84.0118202	6.30843539
28:30	28.50	25.2	0.025	0.63084292	84.6426631	6.30843539
28:45	28.75	25.2	0.025	0.63084292	85.273506	6.30843539
29:00	29.00	25.2	0.025	0.63084292	85.904349	6.30843539
29:15	29.25	25.2	0.025	0.63084292	86.5351919	6.30843539
29:30	29.50	25.2	0.025	0.63084292	87.1660348	6.30843539
29:45	29.75	25.2	0.025	0.63084292	87.7968777	6.30843539
30:00	30.00	25.2	0.025	0.63084292	88.4277206	6.30843539
TOTAL TENACIDAD (JOULES)						884

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°32. CERTIFICADO DE UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE

Figura 6.6. Certificación de los ensayos en el Laboratorio



CONSTANCIA

DE ENSAYOS EN LABORATORIOS

El que suscribe, Wiston Henry Azañedo Medina, hace constar por medio de la presente que la Srta. Karen Rojas Lizama, identificada con D.N.I N° 72517794, ha realizado ensayos de contenido de humedad, granulometría, peso específico y absorción, peso unitario, abrasión y tenacidad en las instalaciones del laboratorio de **Concreto y Estructuras** de esta universidad, requeridos para la tesis "**Análisis del Desempeño de la Macrofibra Sintética en la Tenacidad del Concreto**"; los resultados obtenidos se encuentran registrados en nuestro archivo.

Se expide esta certificación a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Trujillo, 06 de febrero del 2017



ANEXO N°33. COSTO UNITARIO DE CONCRETO PATRÓN

Tabla 6.9. Costo unitario del concreto F'c= 210 kg/cm²

PARTIDA: CONCRETO F'c=210 kg/cm²

PRECIO: **S/. 358.12**

UNIDAD: M3

RENDIMIENTO: 22.00 M3/DIA

DESCRIPCION	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA					
CAPATAZ	hh	1.0000	0.36364	23.08	8.39
OPERARIO	hh	1.0000	0.36364	19.23	6.99
OFICIAL	hh	1.0000	0.36364	15.94	5.80
PEÓN	hh	8.0000	2.90909	14.33	41.69
OPERADOR DE EQUIPO	hh	1.0000	0.36364	20.05	7.29
MATERIALES					
ARENA GRUESA	m3		0.5500	35.00	19.25
PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m3		0.5400	55.00	29.70
CEMENTO PORTLAND TIPO MS	bls		9.7300	22.90	222.82
GASOLINA 84 OCTANOS	gal		0.1364	8.49	1.16
ACEITE MOTOR	gal		0.0045	34.60	0.16
GRASA MÚLTIPLE	lb		0.0091	9.68	0.09
AGUA	m3		0.1800	5.68	1.02
EQUIPOS					
MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 23 HP 11 P3	hm	1	0.3636	26.60	9.67
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1	0.3636	5.48	1.99
HERRAMIENTO MANUAL	% MO		3.0000		2.10

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°34. COSTO UNITARIO DE CONCRETO + MACROFIBRA SINTÉTICA

Tabla 6.10. Costo unitario del concreto $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$
+ Macrofibra sintética (3kg/m3)

PARTIDA: CONCRETO $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ + MACROFIBRA SINTÉTICA (3kg/m3) PRECIO: **S/. 406.93**
UNIDAD: M3 RENDIMIENTO: 22.00 M3/DIA

DESCRIPCION	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA					
CAPATAZ	hh	1.0000	0.36364	23.08	8.39
OPERARIO	hh	1.0000	0.36364	19.23	6.99
OFICIAL	hh	1.0000	0.36364	15.94	5.80
PEÓN	hh	8.0000	2.90909	14.33	41.69
OPERADOR DE EQUIPO	hh	1.0000	0.36364	20.05	7.29
MATERIALES					
ARENA GRUESA	m3		0.5500	35.00	19.25
PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m3		0.5400	55.00	29.70
CEMENTO PORTLAND TIPO MS	bls		9.7300	22.90	222.82
MACROFIRA SIKAFIBER FORCE PP 48	kg		3.0000	16.27	48.81
GASOLINA 84 OCTANOS	gal		0.1364	8.49	1.16
ACEITE MOTOR	gal		0.0045	34.60	0.16
GRASA MÚLTIPLE	lb		0.0091	9.68	0.09
AGUA	m3		0.1800	5.68	1.02
EQUIPOS					
MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 23 HP 11 P3	hm	1	0.3636	26.60	9.67
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP	hm	1	0.3636	5.48	1.99
HERRAMIENTO MANUAL	% MO		3.0000		2.10

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6.11. Costo unitario del concreto $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$
+ Macrofibra sintética (5kg/m3)

PARTIDA: CONCRETO $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ + MACROFIBRA SINTÉTICA (5kg/m3) PRECIO: **S/. 439.47**
UNIDAD: M3 RENDIMIENTO: 22.00 M3/DIA

DESCRIPCION	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA					
CAPATAZ	hh	1.0000	0.36364	23.08	8.39
OPERARIO	hh	1.0000	0.36364	19.23	6.99
OFICIAL	hh	1.0000	0.36364	15.94	5.80
PEÓN	hh	8.0000	2.90909	14.33	41.69
OPERADOR DE EQUIPO	hh	1.0000	0.36364	20.05	7.29
MATERIALES					
ARENA GRUESA	m3		0.5500	35.00	19.25
PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m3		0.5400	55.00	29.70
CEMENTO PORTLAND TIPO MS	bls		9.7300	22.90	222.82
MACROFIRA SIKAFIBER FORCE PP 48	kg		5.0000	16.27	81.35
GASOLINA 84 OCTANOS	gal		0.1364	8.49	1.16
ACEITE MOTOR	gal		0.0045	34.60	0.16
GRASA MÚLTIPLE	lb		0.0091	9.68	0.09
AGUA	m3		0.1800	5.68	1.02
EQUIPOS					
MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 23 HP 11 P3	hm	1	0.3636	26.60	9.67
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP	hm	1	0.3636	5.48	1.99
HERRAMIENTO MANUAL	% MO		3.0000		2.10

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6.12. Costo unitario del concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
+ Macrofibra sintética (7kg/m³)

PARTIDA: CONCRETO $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ + MACROFIBRA SINTÉTICA (7kg/m³)

PRECIO: **S/. 472.01**

UNIDAD: M³

RENDIMIENTO: 22.00 M³/DÍA

DESCRIPCION	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA					
CAPATAZ	hh	1.0000	0.36364	23.08	8.39
OPERARIO	hh	1.0000	0.36364	19.23	6.99
OFICIAL	hh	1.0000	0.36364	15.94	5.80
PEÓN	hh	8.0000	2.90909	14.33	41.69
OPERADOR DE EQUIPO	hh	1.0000	0.36364	20.05	7.29
MATERIALES					
ARENA GRUESA	m ³		0.5500	35.00	19.25
PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m ³		0.5400	55.00	29.70
CEMENTO PORTLAND TIPO MS	bls		9.7300	22.90	222.82
MACROFIBRA SIKAFIBER FORCE PP 48	kg		7.0000	16.27	113.89
GASOLINA 84 OCTANOS	gal		0.1364	8.49	1.16
ACEITE MOTOR	gal		0.0045	34.60	0.16
GRASA MÚLTIPLE	lb		0.0091	9.68	0.09
AGUA	m ³		0.1800	5.68	1.02
EQUIPOS					
MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 23 HP 11 P3	hm	1	0.3636	26.60	9.67
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP	hm	1	0.3636	5.48	1.99
HERRAMIENTO MANUAL	% MO		3.0000		2.10

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°35. PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 6.7. Agregados de la Cantera Barreto



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.8. Producción de la Cantera Barreto



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.9. Muestra del Agregado Grueso



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.10. Muestra del Agregado Fino



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.11. Peso de Agregado Fino para Contenido de Humedad



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.12. Muestra en el Horno de Agregado Fino para Contenido de Humedad



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.13. Peso de Agregado Grueso para Contenido de Humedad



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.14. Muestra en el Horno de Agregado Grueso para Contenido de Humedad



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.15. Pisonado del Agregado Fino



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.16. Peso del Picnómetro con Masa y Agua



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.17. Materiales para el Peso Específico del Agregado Grueso



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.18. Peso Sumergido del Agregado Grueso



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.19. Granulometría del Agregado Grueso



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.20. Tamices del Agregado Grueso



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.21. Peso Unitario del Agregado Fino



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.22. Peso Unitario del Agregado Grueso



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.23. Ensayo Abrasión Los Ángeles



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.24. Material de Desgaste por Abrasión



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.25. Probeta para Panel Cuadrado (0.60mx0.60mx0.10m)



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.26. Trompo para Mezclas de Concreto



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.27. Mezcla de Concreto Patrón en las probetas



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.28. Panel Cuadrado M-0-1



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.29. Probetas M-01 Y M-0-2



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.30. Macrofibra Sintética



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.31. Tamaño de la Macrofibra



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.32. Macrofibra Sintética Sika Fiber Force PP 48



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.33. Mezcla de Concreto + Macrofibra 3kg/m³



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.34. Mezcla de Concreto + Macrofibra 3kg/m³ en la Probeta



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.35. Mezcla de Concreto + Macrofibra 5 kg/m³



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.36. Paneles cuadrados con Concreto + Macrofibra Sintética 7kg/m³



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.37. Ensayo de Capacidad de Absorción de Energía (M-0-1)



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.38. Probeta Fisurada de la M-0-1



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.39. Ensayo de Capacidad de Absorción de Energía (M-0-2)



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.40. Probeta Fisurada de la M-0-2



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.41. Ensayo de Capacidad de Absorción de Energía (M-3-1)



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.42. Probeta Fisurada de la M-3-1



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.43. Ensayo de Capacidad de Absorción de Energía (M-3-2)



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.44. Probeta Fisurada de la M-3-2



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.45. Ensayo de Capacidad de Absorción de Energía (M-5-1)



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.46. Probeta Fisurada de la M-5-1



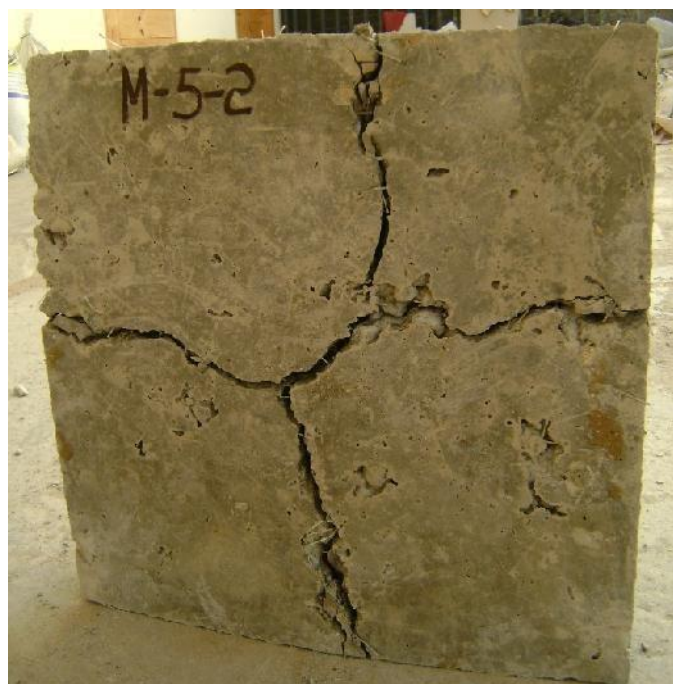
Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.47. Ensayo de Capacidad de Absorción de Energía (M-5-2)



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.48. Probeta Fisurada de la M-5-2



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.49. Ensayo de Capacidad de Absorción de Energía (M-7-1)



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5.50. Probeta Fisurada de la M-7-1



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.51. Ensayo de Capacidad de Absorción de Energía (M-7-2)



Fuente: Elaboración Propia

Figura 6.52. Probeta Fisurada de la M-7-2



Fuente: Elaboración Propia