



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis

Análisis comparativo del concreto diseñado para soportar una resistencia a compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero y fibra de vidrio utilizado en estructuras de concreto en la ciudad de Abancay – Apurímac 2019.

Para optar el título de:

Ingeniero civil

Presentado por:

Bach. Flores Estrada, Carmen Rosa

Bach. Ostos Bautista, Eduardo

Abancay –Apurímac – Perú

2019

Tesis

Análisis comparativo del concreto diseñado para soportar una resistencia a compresión $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero y fibra de vidrio utilizado en estructuras de concreto en la ciudad de Abancay – Apurímac 2019.

Línea de investigación

Estructuras

Asesor

Ing. Acosta Valer Hugo Virgilio

PÁGINA DE JURADOS

Los miembros del jurado evaluador asignados, **aprueban** la tesis desarrollada por los bachilleres **Carmen Rosa Flores Estrada y Eduardo Ostos Bautista** denominada:

Análisis comparativo del concreto diseñado para soportar una resistencia a compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero y fibra de vidrio, utilizado en estructuras de concreto en la ciudad de Abancay – Apurímac 2019.

Mg. Fredy Quispe Ferrel
PRESIDENTE

Ing. Angel Maldonado Mendivil
JURADO

Mg. Calixto Cañari Otero
JURADO

DEDICATORIA

A mis padres Carlos y Santosa,

porque este es un logro más para ellos, pues se merecen todo lo logrado hasta ahora y por ser las personas que siempre estarán conmigo.

A mis hermanos Ydalida, Yadida y Anthony, porque son parte de mi vida y todo lo logrado es de ellos, por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso.

A mis seres queridos.

A mis amigas(os) y esa personita especial que siempre estuvieron conmigo a lo largo de este camino y que siempre me impulsaron a seguir.

Carmen Rosa

A Dios, por guiar mi camino, darme salud y sabiduría a lo largo de mi vida.

A mis padres, por su apoyo y confianza brindada y haber hecho de mí una mejor persona.

A mis hermanos, por estar presentes en el transcurso de mi formación, brindándome su apoyo y dándome consejos para poder salir adelante, haciendo algunas veces el rol de padre.

A mi novia, por su compañía en todas las actividades de mi carrera y por brindarme su apoyo incondicional.

Eduardo

AGRADECIMIENTO

A mis padres Carlos y Santosa, por el soporte absoluto que recibí a lo largo de todos mis estudios, por ser el motor y motivación para poder lograr una de las metas trazadas, por confiar y creer en mí, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

A Dios.

Por darme salud, bendiciones para estar en donde estoy y por guiar mi vida.

A mis hermanos Ydalida, Yadida y Anthony.

Por sus mensajes de motivación para culminar la tesis y por ser un soporte en los momentos difíciles.

Carmen Rosa Flores Estrada

A mis padres y hermanos.

por haberme dado la oportunidad de estudiar en esta casa de estudios y haber sido mi apoyo durante todo este tiempo.

A mi novia.

que gracias a su apoyo y cariño contribuyó en la culminación con éxito de esta meta propuesta.

Eduardo Ostos Bautista

ÍNDICE DE CONTENIDO

PÁGINA DE JURADOS.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCION.....	xv
Capítulo I.....	1
Planteamiento del Problema	1
1.1. Realidad problemática	1
1.2. Formulación del problema	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problemas específicos.	2
1.3. Justificación de la investigación.	3
1.4. Objetivos de la investigación.....	3
1.4.1. Objetivo general.	3
1.4.2. Objetivo específico.....	3
1.5. Limitaciones.....	4
Capítulo II Marco teórico	5
2.1. Antecedentes de investigación.....	5
2.1.1. Antecedentes a nivel internacional.....	5

2.1.2. Antecedentes a nivel nacional.....	8
2.1.3. Antecedentes a nivel regional y local.....	16
2.2. Bases teóricas.....	16
2.2.1. Concreto.	16
2.2.2. Fibra de acero.	55
2.2.3. Fibra de vidrio.	60
2.3. Marco conceptual.....	68
2.3.1. Definiciones.	68
Capítulo III	70
Metodología de investigación.....	70
3.1. Hipótesis	70
3.1.1. Hipótesis general.	70
3.1.2. Hipótesis específicas.	70
3.2. Método	71
3.3. Nivel o alcance de investigación.....	72
3.4. Diseño de investigación	72
3.5. Operacionalización de variables	72
3.6. Población, muestra y muestreo	73
3.6.1. Población.....	73
3.6.2. Muestra.....	74
3.6.3. Muestreo.....	74
3.7. Técnicas e instrumentos.....	75

3.7.1. Técnicas de investigación.	75
3.7.2. Instrumentos de investigación.....	76
3.8. Consideraciones éticas	76
3.9. Procesamiento de datos.....	77
Capítulo IV	82
Resultados y discusión	82
4.1. Resultados.....	82
4.1.1. Resultados de las propiedades de los agregados.	82
4.1.2. Resultados del SLUMP del C.P, C.R.F.A. Y C.R.F.V.	94
4.1.3. Comparación del SLUMP del CP, CRFA Y CRFV al 4% y 6%.....	97
4.1.4. Comparación porcentual del SLUMP del CP, CRFA Y CRFV al 4% y 6%	97
4.1.5. Evolución de la RC del CP para 7, 14 y 28 días	98
4.1.6. Evolución de la RC del CRFA al 4% para 7, 14 y 28 días.	99
4.1.7. Evolución de la RC del CRFV al 4% para 7, 14 y 28 días.	101
4.1.8. Comparación de la RC del CRFA Y CRFV al 4% para 7, 14 y 28 días.	102
4.1.9. Evolución de la RC del CP al 6% para 7, 14 y 28 días	103
4.1.10. Evolución de la RC del CRFA al 6% para 7, 14 y 28 días.	104
4.1.11. Evolución de la RC del CRFV al 6% para 7, 14 y 28 días	105
4.1.12. Comparación de la RC del CP, CRFA y CRFV 6% para 7, 14 y 28 días	107
4.1.13. Comparación de la RC de los concretos diseñados.....	107
4.1.14. Análisis estadístico: resistencia a compresión del CP.....	108
4.1.15. Análisis estadístico: resistencia a compresión del CRFA al 4%.....	109

4.1.16. Análisis estadístico: resistencia a compresión del CRFA al 6%.....	110
4.1.17. Análisis estadístico: resistencia a compresión del CRFV al 4%.....	110
4.1.18. Análisis estadístico: resistencia a compresión del CRFV al 6%	111
4.2. Prueba de hipótesis	112
4.2.1. Prueba de hipótesis a los 28 días del CP y CRFA en 4%.	112
4.2.2. Prueba de hipótesis a los 28 días del CP con respecto al CRFA en 6%.	113
4.2.3. Prueba de hipótesis a los 28 días del CP con respecto al CRFV en 4%.	114
4.2.4. Prueba de hipótesis a los 28 días del CP con respecto al CRFV en 6%.	115
4.3. Discusión	116
CONCLUSIONES.....	119
RECOMENDACIONES	121
BIBLIOGRAFÍA.....	122
ANEXOS.....	125

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Minerales, rocas y materiales sintéticos</i>	21
Tabla 2. <i>Valores máximos admisibles del análisis químico del agua.</i>	23
Tabla 3. <i>Clasificación de la consistencia.</i>	34
Tabla 4. <i>Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global.</i>	39
Tabla 5. <i>Requisito granulométrico para agregado grueso (ASTM C33).</i>	40
Tabla 6. <i>Resistencia promedio a la compresión requerida.</i>	48
Tabla 7. <i>Nivel de control de la resistencia a la compresión promedio.</i>	48
Tabla 8. <i>Asentamiento</i>	48
Tabla 9. <i>Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire.</i>	50
Tabla 10. <i>Relación agua – cemento y resistencia a la compresión del concreto.</i>	51
Tabla 11. <i>Relación agua – cemento y resistencia a la compresión del concreto.</i>	52
Tabla 12. <i>Primera estimación del peso del concreto fresco.</i>	53
Tabla 13. <i>Propiedades mecánicas de los tipos de fibras de vidrio</i>	66
Tabla 14. <i>Operacionalización de variables.</i>	73
Tabla 15. <i>Concreto con adición de fibra a 4%.</i>	75
Tabla 16. <i>Concreto con adición de fibra a 6%.</i>	75
Tabla 17. <i>Coeficiente de variación y desviación estándar</i>	78
Tabla 18. <i>Estudio de contenido de humedad en el agregado fino.</i>	82
Tabla 19. <i>Estudio de contenido de humedad en el agregado grueso</i>	82
Tabla 20. <i>Estudio de porcentaje de absorción en el agregado fino</i>	83
Tabla 21. <i>Estudio de porcentaje de absorción en el agregado grueso</i>	83
Tabla 22. <i>Estudio de peso específico de agregado fino</i>	83
Tabla 23. <i>Estudio de peso específico de agregado grueso</i>	84
Tabla 24. <i>Estudio del agregado fino peso unitario suelto.</i>	84

Tabla 25. <i>Estudio del agregado grueso peso unitario suelto</i>	85
Tabla 26. <i>Estudio de agregado fino peso unitario compactado</i>	85
Tabla 27. <i>Estudio de agregado grueso peso unitario compactado</i>	86
Tabla 28. <i>Datos de estudio del agregado fino para el análisis granulométrico</i>	86
Tabla 29. <i>Límite de granulometría agregado fino según A.S.T.M</i>	86
Tabla 30. <i>Datos de estudio del agregado grueso para el análisis granulométrico</i>	87
Tabla 31. <i>Límite de granulometría agregado grueso según A.S.T.M</i>	87
Tabla 32. <i>Resumen de las propiedades de los agregados</i>	88
Tabla 33. <i>Características del cemento y propiedades del concreto</i>	88
Tabla 34. <i>Volumen de la briqueta</i>	93
Tabla 35. <i>Cantidad de briquetas</i>	93
Tabla 36. <i>Cantidad de materiales para 4% en Kg-Lt</i>	93
Tabla 37. <i>Cantidad de materiales para 6% en Kg-Lt</i>	93
Tabla 38. <i>Cantidad de materiales a utilizar</i>	94
Tabla 39. <i>Muestra Slump concreto Patrón</i>	94
Tabla 40. <i>Muestra Slump concreto reforzado con fibra de acero 4%</i>	94
Tabla 41. <i>Muestra Slump concreto reforzado con fibra de acero 6%</i>	94
Tabla 42. <i>Slump del concreto (Pulgadas)</i>	95
Tabla 43. <i>Slump concreto patrón</i>	95
Tabla 44. <i>Slump concreto con fibra de vidrio 4%</i>	95
Tabla 45. <i>Slump concreto con fibra de vidrio 6%</i>	96
Tabla 46. <i>Slump concreto (pulgadas) concreto patrón y fibra de vidrio</i>	96
Tabla 47. <i>Comparación del SLUMP al 4% y 6% en pulgadas</i>	97
Tabla 48. <i>Comparación del SLUMP 4% y 6% en porcentajes</i>	97
Tabla 49. <i>Evolución de resistencia a compresión del concreto patrón al 4% a 7 días</i>	98

Tabla 50. <i>Evolución de resistencia a compresión del concreto patrón al 4% a 14 días ...</i>	98
Tabla 51. <i>Evolución de resistencia a compresión del concreto patrón al 4% a 28 días</i>	99
Tabla 52. <i>Resistencia a compresión del concreto reforzado con F.A. al 4% a 7 días</i>	99
Tabla 53. <i>Resistencia a compresión del concreto reforzado con F.A al 4% a 14 días....</i>	100
Tabla 54. <i>Resistencia a compresión del concreto reforzado con F.A al 4% a 28 días.....</i>	100
Tabla 55. <i>Resistencia a compresión del concreto reforzado con F.V. al 4% a 7 días</i>	101
Tabla 56. <i>Resistencia a compresión del concreto reforzado con F.V. al 4% a 14 días....</i>	101
Tabla 57. <i>Resistencia a compresión del concreto reforzado con F.V. al 4% a 28 días...</i>	101
Tabla 58. <i>Comparación de resistencia del concreto reforzado con F.A. y F.V. al 4%....</i>	102
Tabla 59. <i>Evolución de resistencia a compresión del concreto patrón al 6% a 7 días</i>	103
Tabla 60. <i>Evolución de resistencia a compresión del concreto patrón al 6% a 14 días ..</i>	103
Tabla 61. <i>Evolución de resistencia a compresión del concreto patrón al 6% a 28 días ..</i>	103
Tabla 62. <i>Evolución de resistencia a compresión del C.R.F.A. al 6%.....</i>	104
Tabla 63. <i>Evolución de resistencia a compresión del C.R.F.A. al 6%.....</i>	104
Tabla 64. <i>Evolución de resistencia a compresión del C.R.F.A.. al 6%.....</i>	105
Tabla 65. <i>Evolución de resistencia a compresión del C.R.F.V. al 6%.....</i>	105
Tabla 66. <i>Evolución de resistencia a compresión del C.R.F.V. al 6%.....</i>	106
Tabla 67. <i>Evolución de resistencia a compresión del C.R.F.V. al 6%.....</i>	106
Tabla 68. <i>Comparación de resistencia a compresión del C.R.F.A. y C.R.F.V.</i>	107
Tabla 69. <i>Comparación total de resistencia a compresión del concreto</i>	107
Tabla 70. <i>Análisis estadístico del CP – resistencia a compresión -28 días.</i>	108
Tabla 71. <i>Análisis estadístico del CRFA A 4% – resistencia a compresión -28 días.</i>	109
Tabla 72. <i>Análisis estadístico del CRFA A 6% – resistencia a compresión -28 días.</i>	110
Tabla 73. <i>Análisis estadístico del CRFV A 4% – resistencia a compresión -28 días.</i>	110
Tabla 74. <i>Análisis estadístico del CRFV A 6% – resistencia a compresión -28 días.</i>	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curado por inmersión.....	25
Figura 2. Curado por aspersión.....	26
Figura 3. Curado por algodón.....	26
Figura 4, Curado con tierra.....	27
Figura 5. Curado con aserrín.	27
Figura 6: Curado con paja.	28
Figura 7. Apisonado con 25 golpes de varilla por capa.	46
<i>Figura 8. Datos de la muestra de AF para el estudio de peso unitario suelto</i>	<i>84</i>
<i>Figura 9. Datos de la muestra de AG para el estudio de peso unitario suelto</i>	<i>84</i>
<i>Figura 10. Datos de la muestra de agregado fino.....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 11. Datos de la muestra de agregado grueso</i>	<i>85</i>
<i>Figura 12. Límite de granulometría agregado fino según A.S.T.M.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 13. Límite de granulometría agregado grueso según A.S.T.M</i>	<i>88</i>
<i>Figura 14. SLUMP del concreto patrón.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 15. SLUMP concreto (pulgadas) concreto patrón y fibra de vidrio</i>	<i>96</i>
<i>Figura 16. Comparación del SLUMP al 4% y 6% en pulgadas.....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 17. Comparación porcentual del SLUMP al 4% y 6%.....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 18. Evolución de la resistencia a compresión del concreto patrón al 4%.....</i>	<i>99</i>
<i>Figura 19. Evolución de la resistencia a compresión del C.R.F.A al 4%</i>	<i>100</i>
<i>Figura 20. Resistencia a compresión del C.R.F.V. al 4%</i>	<i>102</i>
<i>Figura 21. Comparación de resistencia a compresión a 4%</i>	<i>102</i>
<i>Figura 23. Evolución de la resistencia a compresión del concreto patrón al 6%.....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 24. Evolución de la resistencia a compresión del C.R.F.A. al 6%</i>	<i>105</i>
<i>Figura 25. Evolución de la resistencia a compresión del C.R.F.V. al 6%</i>	<i>106</i>

<i>Figura 26.</i> Comparación de la resistencia a compresión del C.P, C.R.F.A. y C.R.F.V....	107
<i>Figura 28.</i> Comparación total de resistencia a compresión del concreto.....	108
<i>Figura 27.</i> Comparación de la RC a los 28 días.....	108

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo general analizar y comparar la resistencia a compresión $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero y fibra de vidrio utilizado en estructuras de concreto en la ciudad de Abancay – Apurímac 2019, con este propósito la pregunta de investigación es la siguiente: ¿Cómo es el análisis comparativo del concreto diseñado para soportar una resistencia a compresión $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero y fibra de vidrio utilizado en estructuras de concreto en la ciudad de Abancay – Apurímac, 2019? La cual se responde a través de diferentes procedimientos que nos llevaron a los resultados.

El método utilizado fue el hipotético deductivo con enfoque cuantitativo; el tipo de investigación fue aplicada, diseño experimental. La población estuvo conformada por todos los tipos de concreto y la muestra se cuantificó en cinco tipos de concreto.

El estudio de propiedades del agregado se desarrolló con agregados traídos de 2 canteras como es agregado fino de la cantera Aymituma y agregado grueso de la cantera Gamarra cuyos resultados se muestra en la Tabla 32 en donde aprecia que a tenemos un óptimo módulo de fineza del agregado fino y el agregado grueso cumple los parámetros de la curva de granulométrica.

En cuanto a resistencia a compresión se llegó a la conclusión de que el con refuerzo de la fibra de acero en 4% y 6% nos arroja mayores resistencias, sin embargo, disminuye la trabajabilidad.

Palabras clave: Fibra de acero, fibra de vidrio y resistencia a la compresión.

ABSTRACT

The purpose of this research is to analyze and compare the compressive strength $f'_c = 210$ kg / cm² with the addition of steel fiber and fiberglass used in concrete structures in the city of Abancay - Apurímac 2019, for this purpose the Research question is the following: How is the comparative analysis of concrete designed to withstand a compressive strength $f'_c = 210$ kg / cm² with the addition of steel fiber and glass fiber used in concrete structures in the city of Abancay - Apurímac, 2019? Which is answered through different procedures that led us to the results.

The method used was the hypothetical deductive with a quantitative approach; The type of research was applied, experimental design. The population was made up of all types of concrete and the sample was quantified into five types of concrete.

The study of properties of the aggregate was developed with aggregates brought from 2 quarries as it is fine aggregate from the Aymituma quarry and coarse aggregate from the Gamarra quarry whose results are shown in Table 32 where it shows that we have an optimal module of fineness of the aggregate Fine and coarse aggregate meets the parameters of the particle size curve.

In terms of compressive strength, it was concluded that the reinforcement of the steel fiber in 4% and 6% gives us greater resistance, however it reduces workability.

Keywords: Steel fiber, fiberglass and compression resistance.

INTRODUCCION

Nuestra investigación aborda el tema del concreto, siendo el concreto un material indispensable y de mayor uso en la industria de la construcción debido a su sorprendente versatilidad para moldearse y sus propiedades tanto en estado fresco como endurecido, siendo el concreto un objeto de estudio para así mejorar sus propiedades.

El fin de esta investigación fue el de mejorar las propiedades mecánicas, comportamiento a los esfuerzo a compresión, adicionando sustancialmente componentes ajenos al diseño de la mezcla como son fibra de acero y fibra de vidrio.

En el presente estudio se realizó un análisis comparativo respecto a las propiedades mecánicas del concreto patrón $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y el concreto reforzado con fibra de acero y fibra de vidrio en porcentajes 4 y 6% respecto al peso del cemento, determinando la variación de las propiedades mecánicas de compresión.

En cuanto a los resultados de la resistencia a compresión, el concreto patrón en los 28 días alcanzo a $341,89 \text{ kg/cm}^2$, la resistencia del concreto con refuerzo de la fibra de acero en 4% fue de $377,41 \text{ kg/cm}^2$ (tabla 71) lo que nos indica que la resistencia se incrementó en un 10.68% respecto al concreto inicial (concreto patrón) y la resistencia del concreto con refuerzo de la fibra de acero en 6% fue de 382.32 kg/cm^2 (tabla 72) se acrecentó en un 12.12% respecto al concreto inicial (concreto patrón), mientras que la resistencia reforzada con fibra de vidrio en 4% alcanzo a los $258,14 \text{ kg/cm}^2$ lo que indica que la resistencia disminuyo en un -24.30% con relación al concreto inicial (concreto patrón) y la resistencia del concreto reforzada con fibra de

vidrio en 6% es 295.75 kg/cm² lo que indica que la resistencia disminuyo en 13.27 % respecto al concreto patrón.

El SLUMP del concreto inicial (concreto patrón) alcanzo a 3,42 plg lo cual nos indica que el concreto es trabajable e ideal, como también el SLUMP del concreto con refuerzo de fibra de acero al 4% y 6% fue de 2,46 y 1,56 respectivamente lo cual nos indica que la trabajabilidad del concreto con refuerzo de la fibra de acero en 4% es medianamente trabajable y la trabajabilidad del concreto con refuerzo de fibra de acero a un 6% es poco trabajable, el SLUMP reforzado con fibra de vidrio al 4% y 6% alcanzó 1.25 y 0,25 lo cual nos indica que en ambos casos el concreto es poco trabajable.

En el capítulo I se realiza el planteamiento del problema: ¿Cómo es el análisis comparativo del concreto diseñado para soportar una resistencia a compresión $f'_c=210$ kg/cm² con adición de fibra de acero y fibra de vidrio utilizado en estructuras de concreto en la ciudad de Abancay – Apurímac, 2019?, así como también los objetivos y la justificación de la investigación.

En el capítulo II se podrá encontrar antecedentes de otras investigaciones que guardan relación con esta investigación, así mismo se podrá observar el concepto, componentes, propiedades y modos de empleo del concreto, fibra de acero y fibra de vidrio. También se podrá encontrar las definiciones de terminologías más usadas.

En el capítulo III se analizara la metodología de investigación lo cual corresponde al planteamiento de la hipótesis, al método nivel de alcance diseño de investigación, también se analizara la población muestra y muestreo.

En el capítulo IV se dará a conocer los resultados obtenidos de la investigación.

Capítulo I

Planteamiento del Problema

1.1. Realidad problemática

En la actualidad, se observa el crecimiento poblacional en la ciudad de Abancay, incrementando la demanda de la construcción, ello conlleva a la formulación y ejecución de proyectos de mayor envergadura por lo que es necesario aplicar nuevos métodos en la construcción de edificaciones.

Existe diferentes investigaciones relacionadas al estudio del concreto y sus propiedades por ser este un elemento necesario para todo tipo de construcción, en la ciudad de Abancay no se encuentran estudios relacionados a nuevos concretos con refuerzo de fibra de vidrio y fibra de acero.

El refuerzo de concreto con fibra de acero y fibra de vidrio no se aplica en las construcciones, pero debido a la innovación y queriendo buscar una mejora en la calidad de las construcciones el uso de estas fibras puede ser una opción para obtener mejores resistencias a

compresión, lo que amerita a que se habrá nuevas investigaciones respecto a dichos refuerzos en el concreto.

Desde años atrás la construcción en la ciudad de Abancay se volvió monótono con el uso de los materiales para el diseño de concreto, tanto las entidades públicas y privadas no destinan un fondo para la investigación.

Bajo los argumentos señalados surge la necesidad de investigar sobre nuevos componentes en la elaboración del “diseño de mezclas” a fin de aumentar las propiedades del concreto y de esta manera mejorar y avanzar en la eficiencia del diseño de concreto y calidad en obra, con un objetivo principal que es el de ejecutar eficazmente las obras.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general.

PG. ¿Cómo es el análisis comparativo del concreto diseñado para soportar una resistencia a compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero y fibra de vidrio utilizado en estructuras de concreto en la ciudad de Abancay – Apurímac, 2019?

1.2.2. Problemas específicos.

PE1. ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera en estudio para estructuras de concreto en la ciudad de Abancay – Apurímac, 2019?

PE2. ¿Cuál es la resistencia a compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero para estructuras de concreto en la ciudad de Abancay – Apurímac, 2019?

PE3. ¿Cuál es la resistencia a compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de vidrio para estructuras de concreto en la ciudad de Abancay – Apurímac, 2019?

1.3. Justificación de la investigación.

Ante la carencia de fondos económicos para realizar investigaciones de concreto reforzado con nuevos aditivos surge de la necesidad de estudiar la resistencia a compresión del concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero y fibra de vidrio y con ello hacer la comparación de resistencia, con el objetivo de conocer cuál posee mayor resistencia a compresión.

Este trabajo de investigación beneficiará al distrito de Abancay ya que proporcionará información que será útil para el sector público, sector privado y también para toda la población a fin de mejorar el conocimiento sobre los nuevos métodos de diseño de concreto y así mejorar las obras.

Debido a que no se cuenta con estudios suficientes de concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con incorporación de 02 aditivos de fibra de acero y fibra de vidrio para una comparación de resistencia entre ambos, la presente investigación es muy importante ya que de esta manera afianzara nuestros conocimientos la conducta del concreto con adición de aditivos.

De otra manera, la investigación contribuirá a realizar comparación con trabajos o estudios similares y se podrá analizar los resultados según sea la zona.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general.

OG. Analizar y comparar la resistencia a compresión $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero y fibra de vidrio utilizado en estructuras de concreto en la ciudad de Abancay – Apurímac, 2019.

1.4.2. Objetivo específico.

OE1. Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera en estudio para estructuras de concreto en la ciudad de Abancay – Apurímac, 2019.

OE2. Determinar la resistencia a compresión del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de acero para estructuras de concreto en la ciudad de Abancay – Apurímac, 2019.

OE3. Determinar la resistencia a compresión del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de fibra de vidrio para estructuras de concreto en la ciudad de Abancay – Apurímac, 2019.

1.5. Limitaciones

Las limitaciones que encontramos para la presente investigación son:

- La investigación se limita al diseño de mezcla de solo concreto patrón $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$.
- La investigación se limita al uso de dos aditivos de fibras de acero y fibras de vidrio al concreto patrón ya diseñado.
- La investigación se limita al tiempo de rotura del testigo a los 7, 14 y 28 días.
- La investigación se limita al uso de agregados de dos canteras de la ciudad de Abancay.

Capítulo II

Marco teórico

2.1. Antecedentes de investigación

2.1.1. Antecedentes a nivel internacional.

Águila, H. (2010). *Características físicas y mecánicas de hormigones reforzados con fibras de: vidrio, carbono y aramida* (Tesis de maestría). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España. En el proceso de investigación la mencionada autora tuvo como objetivo principal “examinar y comparar el comportamiento mecánico de fibras de vidrio, carbono y aramida empleadas en refuerzo de hormigón estructural. Llegando a las siguientes conclusiones relevantes:

Las fibras de refuerzo estudiadas en esta investigación son muy eficaces en refuerzo de estructuras de concreto, sin embargo, el precio de la fibra de aramida y carbono en relación con la fibra de vidrio es mucho más costosa.

En el caso de los refuerzos con elementos de hormigón que se realizaron mediante el pegado en la parte exterior de bandas poliméricas existe una ventaja el cual nos indica

que no es necesario contar con una superficie muy plana o perfectamente plana para la correcta adherencia de refuerzo.

Bravo, J. (2003). *Comportamiento mecánico del hormigón reforzado con fibra de vidrio: influencia del porcentaje de fibra adicionado* (Tesis de pregrado) Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile. “Cuyo objetivo fue determinar cómo varían las propiedades mecánicas del hormigón al adicionarle distintos porcentajes de fibra de vidrio. Llegando a las siguientes conclusiones:

La adición o incorporación con fibras de vidrio, posee varios efectos en las propiedades del concreto en estado fresco, el principal de este fue el de reducir la trabajabilidad. Se pudo conocer que cuando aumenta la cantidad de fibra de vidrio adicionado al concreto la trabajabilidad de la mezcla reduce.

La disminución de trabajabilidad en concretos reforzados con fibras está sujeto de un resultado que podría considerarse muy beneficioso, de manera tal que incrementa la unión del concreto. Por lo que brinda mayores ventajas en la construcción de algunas obras en específico, tales como obras de taludes, vaciado del concreto de mayor altura y concreto lanzado.

Los resultados en base a las propiedades mecánicas del concreto endurecido, se verifica que la resistencia a la compresión del concreto incrementa a medida que la mezcla de concreto es incorporada en mayor porcentaje de fibra de vidrio; este no es muy considerable puesto que es muy pequeño, Se verifico que el valor máximo encontrado respecto al concreto patrón del orden del 4%. Por lo que podríamos concluir, que la incorporación de fibra de vidrio al concreto patrón no influye de gran manera al incremento de resistencia a la compresión.

La incorporación de fibras al concreto patrón, está preparado para producir cambios propicios en sus componentes. De las pruebas realizadas notamos que las mayores ventajas se obtienen en la resistencia a la flexotracción de los concretos”.

López, J. (2015). *Análisis de las propiedades del concreto reforzado con fibras cortas de acero y macrofibras de polipropileno: influencia del tipo y consumo de fibra adicionado* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, ciudad de México, México. Cuyo objetivo “fue la de verificar como influye el uso de dos tipos específicos de fibras, fibras cortas de acero y macrofibras de polipropileno en las propiedades del concreto tanto en estado fresco y endurecido. Lo cual se enmarco en una metodología de investigación experimental. Llegando a las siguientes conclusiones:

En cuanto a la trabajabilidad del concreto este se reduce a mayor adición en forma proporcional al consumo de fibras, ya sea las fibras de acero como las de polipropileno, no obstante, la trabajabilidad disminuye cuando se adicionan fibras de acero. Una de las pruebas que resulta ideales para poder controlar la trabajabilidad de las mezclas es la del cono invertido.

La incorporación o adición de fibras de acero y fibras denominadas macrofibras de polipropileno en el diseño de mezcla del concreto mejora de manera sustancial a reducir las apariciones de grietas ya sea por contracción plástica u otros; en función al aumento del uso de fibras se logra reducir en número, el espesor y longitud de las grietas. En las pruebas en función a los porcentajes volumétricas iguales de ambas fibras resulta incuestionable que la macrofibra de polipropileno tiene un mayor y mejor trabajo que la fibra de acero para prevenir o controlar las grietas.

El uso de fibras de acero en el concreto aumenta de forma considerable en la resistencia a la abrasión y esta mejora resulta proporcional al consumo de fibra; para un incremento

elevado en el consumo de fibras estudiadas se pudo verificar que se logró reducir el desgaste por abrasión en 34%. Por lo que se puede decir que las macrofibras de polipropileno fueron las que permitieron disminuir el desgaste a la abrasión en 5%.

En Comparación del desempeño en función a resistencia a compresión del concreto con los distintos tipos y adiciones de fibras con el del mismo concreto pero sin fibras, a la edad de 28 días, la resistencia a compresión no varía en forma significativa al agregar las fibras de acero; para 90 días de edad, la resistencia baja hasta un 9% para la mezcla con el uso de fibra de 60 kg/m³. Las macrofibras de polipropileno ofrecen un aumento pequeño en la resistencia a las edades de 28 y 90 días, con respecto al concreto sin adición de fibras”.

2.1.2. Antecedentes a nivel nacional.

Abrigo, L. (2018), *resistencia del concreto $f'c=210$ kg/cm adicionando fibra de vidrio en proporciones de 2%, 4% y 6%* (tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú. Cuyo objetivo fue estudiar la influencia de la incorporación de fibra de vidrio al concreto convencional analizando su influencia en las propiedades físico-mecánica de este material. Para llevar a cabo la investigación se realizaron ensayos comparativos entre el concreto patrón o convencional y el concreto con la adición de fibra de vidrio en los porcentajes de 2%, 4% y 6% donde se usaron los agregados extraídos de la cantera Roca Fuerte del río Chonta- Baños del Inca. Se enmarco en una investigación de tipo experimental. Llegando a las siguientes conclusiones relevantes El concreto patrón y el concreto con la adición de fibra de vidrio en los porcentajes ya mencionados tuvieron una resistencia nominal a la compresión para los días 7, 14 y 28 días. Según los ensayos realizados, se observó que la fibra de vidrio favorece a la resistencia a la compresión axial en el porcentaje de 2% con 251.41 kg/cm² sobre el

concreto patrón con 230.13 kg/cm² y sobre los demás porcentajes esto a la edad de 28 días, con estos resultados obtenidos la hipótesis solo se cumplió en el porcentaje de 2%, por lo tanto se puede concluir que la hipótesis se cumplió parcialmente.

Las probetas de concreto con 2%, 4% y 6% de fibra de vidrio ensayadas a la compresión a la edad de 28 días, presentan valores de $f'_c=251.41 \text{ kg/cm}^2$, $f'_c=199.37 \text{ kg/cm}^2$ y $f'_c=186.60 \text{ kg/cm}^2$, respectivamente.

El porcentaje de 2% de fibra de vidrio que tiene como valor promedio de $f'_c=251.69 \text{ kg/cm}^2$ es el que supera en la resistencia a la compresión al concreto patrón que tiene como valor de $f'_c= 230.13 \text{ kg/cm}^2$, esto significa que aumenta la resistencia a la compresión axial en un 8.67% al del concreto sin adición de fibra (patrón), pero al del concreto del diseño que es $f'_c= 210 \text{ kg/cm}^2$ aumento en un 19.72%.

Huamán, A. (2015). *Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibra de vidrio* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. Cuyo objetivo de investigación “fue el de establecer cómo influye la incorporación de fibra de vidrio en distintas cantidades en función a porcentajes, en el aumento de la resistencia mecánica del concreto. El cual se enmarcó en una investigación de tipo aplicada, proyectiva y experimental. Llegando a las siguientes conclusiones:

Del estudio realizado en el laboratorio se verifico que las propiedades tanto físicas como mecánicas de los agregados cuentan con las condiciones óptimas para realizar diseños de mezcla y elaborar concretos incorporados con fibra de vidrio. Es conocido que el material más utilizado para ejecutar obras hasta la actualidad es el concreto; a pesar de que muestran unos aspectos negativos como es el caso de su baja resistencia a la flexión, tracción y la constante fisuración por contracción plástica y también por un pésimo desempeño en condiciones de cambio de temperatura (humedad).

Se verifico que la slump baja de 9.35 cm a 7.82 cm cuando se emplea la fibra en mínima cantidad y máximas individualmente, este representando una variación porcentual con respecto al concreto sin adición de fibra (concreto patrón) de 6.19% y 21.57%, llegando a la siguiente conclusión de que a mayores incremento porcentual de adición de fibra, la disminución de la trabajabilidad seguirá aumentando, esto afecta directamente al aumento en el costo del concreto, ya que al aumentar las fibras será necesario hacer uso adicional de aditivos plastificantes o bien realizar un diseño con mayor cantidad de agua y cemento a fin de seguir obteniendo una adecuada relación de agua/cemento, a la vez que se exige un mayor control en el proceso de producción o elaboración de concreto.

Se pudo verificar en las pruebas realizadas que el peso unitario calculado para concreto en estado fresco obtuvo una disminución porcentual con relación al concreto patrón de 3.95% para la adición más elevada de fibra (0.50% de fibra), concluyendo así que la incorporación de fibras de vidrio en la mezcla no tiene efecto importante en el peso unitario del concreto en estado fresco, lo cual indica que el rendimiento de la mezcla de concreto no sufrirá variaciones considerables con la adición de fibra de vidrio.

Con la adición de la fibra de vidrio llegamos a producir una pequeña reducción del peso unitario del concreto cuando ya se encuentra endurecido, este a medida que se incrementa la adición de fibra de vidrio disminuye. A pesar de que los valores obtenidos se encuentran en el rango de los valores que recomendados para el uso de concreto sin fibras que varía entre (2200 - 2400 kg/cm³), en la prueba se comprobó que la disminución resulto muy reducida, la variación porcentual del peso unitario comprende de 1.16% para adición de fibras en poca cantidad y hasta un 3.26% para la adición de fibras en máximas cantidades. Entonces podemos decir, que la incorporación de fibras de vidrio al concreto patrón no tiene influencia de gran magnitud en la reducción del peso unitario del concreto ya endurecido.

Se logró comprobar que a mayor incorporación de fibra de vidrio en el concreto este tiende a aumentar su resistencia a compresión (0.50% de fibra incorporado); este valor incrementado no tienen mucha significancia porque es bastante reducido, la variación de la resistencia a compresión del concreto en función al porcentaje varía de la siguiente forma, con un valor de 2.03 % cuando se incorpora la mínima cantidad de fibra y de un valor de 5.05 cuando se incorpora el máximo de fibra estudiada en esta tesis, siendo estos resultados para ensayos de 28 días. Entonces se puede concluir que la incorporación de esta fibra de vidrio cuenta con poco incremento cuando son sometidos a pruebas de resistencia a compresión.

Los ensayos realizados de las pruebas de resistencia a la Tracción Indirecta, se verificó rotundamente que se incrementó los datos estudiados a raíz del aumento de la fibra de vidrio al concreto tradicional. Por este motivo, se logra conseguir un valor de 24.19% de incremento en la resistencia de la tracción en función al del concreto tradicional a los 07 días y un valor de 30.74% de incremento a los 28 días”.

De la Cruz, W. & Quispe, W. (2014). *Influencia de la adición de fibras de acero en el concreto empleado para pavimentos en la construcción de pistas en la provincia de Huamanga –Ayacucho* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica. “Cuyo objetivo de investigación fue verificar como influye la incorporación de fibras de acero en el concreto utilizado en la elaboración de pavimentos rígidos en la construcción de pistas y veredas en la Provincia de Huamanga - Ayacucho. El cual se enmarcó en una investigación de tipo aplicada de nivel descriptivo y método experimental. Llegando a las siguientes conclusiones:

Los agregados utilizados de la cantera Chacco como por ejemplo el agregado fino (arena gruesa) y el agregado grueso (piedra chancada), cumplen con lo especificado en la NTP.

La adición de fibras de acero en el concreto, modifica las propiedades del concreto en estado fresco, principalmente se verifica el descenso de la trabajabilidad, el asentamiento de la mezcla varía de 31/4" a 3"; no obstante, este de igual forma se encuentra dentro de las tolerancias que se muestran en la norma ASTM.

En los estudios se verificó que la propiedad mecánica de resistencia a la compresión axial (f_c), la incorporación de fibra de acero no tiene una atribución en el incremento de la compresión axial, ya que el aumento no es muy notorio. La contribución de las fibras de acero a la resistencia a la compresión del concreto es que impide que este tenga una falla frágil, proporcionando ductilidad al compuesto.

Verificando los resultados de los factores A y B, los mejores resultados de la resistencia a la compresión axial se logró cuando el tipo de concreto fue concreto reforzado con fibras de acero (SFRC) y la edad es de 28 días, por consiguiente, vemos que el resultado promedio es de 272 kg/cm²; no obstante, se consiguen mínimos valores cuando los factores toman los distintos niveles.

Verificando la resistencia a flexión o módulo de rotura (M_r), se verifica claramente que existe un aumento de este valor con la adición de fibra de acero presente en la mezcla de concreto. Se llega entonces a la siguiente conclusión que la incorporación de fibra de acero es un factor notable en el incremento de la resistencia a la flexión del concreto.

Verificando la interacción de los factores A y B, los mejores resultados de la resistencia a flexión se consiguió cuando el tipo de concreto es concreto reforzado con fibras de acero (SFRC) y la edad es de 45 días, resultando ser un promedio de 44 kg/cm²; contrariamente, se obtienen menores valores cuando los factores toman los otros niveles. Los datos de f_c se evaluó estadísticamente mediante la aplicación del análisis de varianza (ANOVA) para un nivel de significancia de $\alpha=0.05$ (5%) y un intervalo de confianza $(1-\alpha)=0.95$ (95%) mediante el paquete de software comercial Design-

Expert®, se tiene $F_{5,12}=3.11$. Mientras $F_{exp}=182.07$, lo cual siendo $F_{exp} > F$ (gl modelo), (gl error), rechazamos la hipótesis nula (H_0) y aceptamos la hipótesis alterna (H_1). Se concluye que influye significativamente el tipo de concreto y la edad en las respuestas de f'_c .

Los datos de M_r se evaluó estadísticamente mediante la aplicación del análisis de varianza (ANOVA) para un nivel de significancia de $\alpha=0.05$ (5%) y un intervalo de confianza $(1-\alpha)=0.95$ (95%) mediante el paquete de software comercial Design-Expert®, se tiene se tiene $F_{5, 12}=3.11$. Mientras $F_{exp}=34.87$, lo cual siendo $F_{exp} > F$ (gl modelo), (gl error), rechazamos la hipótesis nula (H_0) y aceptamos la hipótesis alterna (H_1).

Uribe, W. (2017). *Influencia de las fibras de acero wirand®ff1, en las características físicas y mecánicas del concreto f'_c 28 mpa, en el distrito de Lima, 2017* (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Lima, Perú. Cuyo objetivo de investigación fue determinar de qué manera influye la adición de fibras de acero Wirand® FF1 en las características del concreto f'_c 28 Mpa en el distrito de Lima, 2017. El cual se enmarcó en una investigación de tipo aplicada de nivel explicativo y método cuasiexperimental. Llegando a las siguientes conclusiones:

La inclusión o incorporación de fibras de acero en este concreto estudiado, logra que se disminuya su trabajabilidad y aumente su consistencia, lo cual significa que el slump disminuirá.

El asentamiento del slump disminuyó en un 25% con respecto a su diseño inicial. Los porcentajes de peso de los agregados fue mínima, la cual varía en un 0.3% con respecto al diseño inicial.

Se llega a concluir que la inclusión de fibras de acero en este concreto hace que el peso unitario aumente en un 1.5% del peso unitario patrón, lo cual nos indica que el concreto tiene mejor calidad, disminuye el contenido de aire en un 15% del volumen de la mezcla inicial, lo cual nos induce a decir que el concreto tendría menos espacios vacíos y mejor resistencia, reduce el porcentaje de exudación en un 16% del volumen de la mezcla los cual es perjudicial y beneficioso a la vez ya que si se controla este se obtienen concretos más duraderas y si se desconoce su control se originaria una capa de losa muy frágil. Se concluye que mejoran las resistencias a la compresión, tracción y flexión, mejorando sus características mecánicas, con la adición mayor o igual a 25kg/m^3 de fibra de acero Wirand® FF1, el cual se expresa de la siguiente manera: mejoras en la resistencia a la compresión del 11.65% del concreto patrón, con adición de fibras de 20, 25 y 35 kg/m^3 . Mayor resistencia a la tracción del 20.08% del concreto patrón con inclusión de fibras de acero Wirand® FF1 de 35 kg/m^3 , a los 28 días. Aumento de la resistencia a la flexión del 45.26% del concreto patrón con inclusión de fibras de acero Wirand® FF1 de 35 kg/m^3 a los 28 días.

Carrillo, J. & Rojas, J. (2017). *“Análisis comparativo de las propiedades mecánicas de compresión y flexión de un concreto patrón $f'c$ 210kg/cm^2 y un concreto reemplazado en porcentajes del 1%, 2%, 3% y 4% con dramix 3d respecto al volumen del agregado fino de la mezcla, elaborado con agregados de las canteras de Vicho y Cunyac (Tesis de pregrado). Universidad Andina del Cusco, Cusco, Perú”*. “Cuyo objetivo fue el de comparar las resistencias de compresión y flexión de un concreto diseñado para soportar una resistencia $f'c=210\text{kg/cm}^2$ sin ningún tipo de adición de fibras en base a una mezcla de con adición de fibras de la marca Dramix 3D en distintos cantidades de 1%, 2%, 3% Y 4% en función del volumen del agregado fino del diseño de mezcla.” Lo cual se

enmarcó en una investigación aplicada de nivel descriptivo con diseño de investigación cuasiexperimental. Llegando a las siguientes conclusiones”:

Se logró demostrar en parte la hipótesis general el cual nos indica: “El reemplazo de Dramix 3D en porcentajes de 1, 2, 3 y 4%, respecto al volumen del agregado fino de la mezcla mejorará en un 20% las propiedades de resistencia a la compresión y resistencia a la flexión de un concreto $f'c$ 210 kg/cm², respecto al concreto patrón”, Cuando se realizó las pruebas de rotura de briquetas para ensayos a flexión y compresión para 28 días de curado se verifico que la resistencia a compresión para porcentajes de 2 y 3% incrementan en un 9.84 y 9.62%, en función al concreto sin incorporación, para la adición de en porcentajes de 1 y 4% no existe alguna clase de incremento, para los ensayos de flexión la incorporación de fibras en porcentajes de 2 y 3% este tiende a incrementar en un valor de 20.49 y 22.08%, por ultimo cuando se realizo el incremento en porcentajes de 1 y 4% este incremento en un valor de 2.02. 17.69% en función al diseño del concreto.

Con los datos obtenidos llegamos a demostrar parcialmente la sub hipótesis N^a1: “La dosificación para realizar un diseño de mezcla del concreto con resistencia $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en función al peso y con adición de fibras de acero de la marca Dramix 3D es próxima a la dosificación 1:2:3; cemento, arena y piedra”. Al elaborar el diseño de mezcla en el laboratorio para la resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, se verifica que al adicionar las fibras de la marca Dramix 3D, hace variar la dosificación final de 1: 2: 2.58, en 1% a 1: 1.96: 2.58, en 2% 1: 1.94: 2.58, en 3% 1: 1.91: 2.58, en 4% 1: 1.88: 2.58, sin embargo este cambio no modifica la plasticidad de la masa del concreto lo que hace que mantenga su plasticidad.

2.1.3. Antecedentes a nivel regional y local.

No se encontraron estudios a nivel regional y local relacionados al tema de investigación.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Concreto.

Abanto (2009) afirma: “El concreto es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia” (pág. 11).

De acuerdo al reglamento nacional de edificaciones (2009) “El concreto es una mezcla de cemento portland o cualquier cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos”.

Pasquel Carbajal (1998) afirma: “El concreto es el material formado por la mezcla en distintas cantidades de cemento, agua, agregado y en algunos casos con adición de aditivos, que inicialmente muestra una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, por lo que lo hace un material ideal para la construcción. De esta definición, se desprende que se obtiene un producto híbrido que conjuga en mayor o menor grado las características de los componentes que bien proporcionados aportan una o varias de sus propiedades individuales para constituir un material que manifiesta un comportamiento particular y original”. (pág. 11)

2.2.1.1. Importancia del concreto.

En la actualidad se puede apreciar que el material que tiene más demanda en la construcción es el concreto. Si bien es cierta la calidad del concreto es el resultado del conocimiento del material así mismo del conocimiento y eficacia profesional del responsable.

El concreto en general es desconocido en sus diferentes aspectos: materiales, propiedades, dosificación de proporciones, proceso de ejecución, control de calidad,

supervisión y en el mantenimiento de los elementos estructurales, esto genera que se tenga el estudio y actualización permanente a fin de lograr que el concreto ofrezca mayores posibilidades como material de construcción.

2.2.1.2. Requisitos de la mezcla concreto.

Rivva López (2000, pág. 8) afirma que “las mezclas de concreto deben cumplir con los siguientes requisitos:

- a) La mezcla de concreto recién preparada deberá contar con trabajabilidad, consistencia y cohesividad los cuales facilitaran su adecuada colocación en los encofrados. Estas mezclas deberán estar libre de la segregación y tener una mínima exudación.
- b) La mezcla de concreto en estado endurecido deberá contener las propiedades especificadas en relación al empleo que se dará a la estructura.
- c) El precio de un cubo de concreto endurecido deberá ser siempre el mínimo relacionado con la calidad deseada”.

2.2.1.3. Componentes del concreto.

(Pasquel Carbajal, Enrique, 1998) afirma que “el concreto cuenta con cuatro componentes que son: cemento, agregados, agua, aditivo” (pág. 13).

A continuación, se detallan cada uno de los componentes o elementos del concreto:

A. Cemento. Según el reglamento nacional de edificaciones (2009) “define al cemento como el material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire”.

El cemento portland es un cemento hidráulico, el cual es producto de la pulverización del Clinker (producto para la fabricación del cemento) está compuesto

principalmente de silicatos de calcio hidráulicos y contienen en su mayoría una o más formas de sulfato de calcio, agregado en el proceso de molienda.

A.1. Tipos de cemento.

De acuerdo al (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2009) en su NTP 334.009 - ASTM C150 indica, “los cinco tipos de cemento portland normal que pueden ser clasificados como estándar y cuya fabricación está formada por requisitos específicos son:

Tipo I: El cemento Portland tipo I es de uso general donde no se requiere propiedades especiales. Es usado principalmente en la construcción de obras de concreto en general, ya sea viviendas, edificaciones, estructuras etc., se utiliza cuando las especificaciones de construcción, no indican el uso de otro tipo de cemento.

Tipo II: El cemento Portland tipo II es de moderada resistencia a los sulfatos y moderada calor de hidratación. Especialmente, son adecuados para ser empleados en estructuras en ambientes agresivos y/o vaciados masivos.

Tipo III: El cemento Portland tipo III es usado cuando se requiere altas resistencias iniciales, son especiales para los casos en el que es necesario adelantar la puesta de servicios de algunas estructuras o también para usar en climas fríos.

Tipo IV: El cemento Portland tipo IV es mayormente usado cuando se requiere una baja calor de hidratación. El calor que desprende durante el proceso de la hidratación se produce un poco más lento, es utilizado en casos donde la estructuras de hormigón es muy grandes, caso de los diques.

Tipo V: El cemento Portland tipo V es usada en la construcción de elementos y obras los cuales necesitan una elevada resistencia a los ataques concentrado de las sales y álcalis, caso de las obras de alcantarillado, canales de conducción e infraestructuras cercanas al mar”.

B. Agregado: Como indica la (NTP 400.011, 2008) “el agregado es el conjunto de partículas de origen natural o artificial que pueden ser tratados o elaborados, y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados, se les llama también áridos” (pág. 2).

El concreto se encuentra conformado por los siguientes elementos que son cemento, agua y agregados (finos y gruesos), por lo que ocupa entre un 65% al 80% del volumen del m³ de concreto,, su estudio es muy importante para mejorar la resistencia del concreto.

De acuerdo al Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG) “el agregado es el grupo de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial, cuyas extensiones se encuentra comprendida entre los límites establecidos en la Norma NTP 400.011. Los agregados son la fase discontinua del concreto. Estos son materiales que están incluidos en la pasta y ocupan entre 62% y el 78% en un metro cubico del concreto.

Un apropiado juicio de la naturaleza física y química del concreto, así como del procedimiento de este, implica esencialmente el de los materiales que conforman la corteza terrestre, ensayados a la luz de la geología y concretamente de la petrología” (pág. 16).

B.1. Clasificación de los agregados.

De acuerdo al Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG) “el agregado utilizado en la elaboración del concreto se puede clasificar en agregado fino, agregado grueso y hormigón, el hormigón es más conocido como agregado integral por su mezcla natural de grava y arena procedentes de río o cantera.

Se denomina como agregado fino a aquel agregado, procedente de la desintegración natural o artificial de las rocas, este pasa el Tamiz de 3/8” y permanece detenido en el tamiz N°200. El material más usual del agregado fino es la arena, definido como el producto proveniente de la descomposición de manera natural de las rocas.

Se precisa como agregado grueso al agregado retenido en la malla o Tamiz N° 4 que proveniente de la descomposición natural o artificial de las rocas. Este agregado lo podemos clasificar en dos los cuales son grava y piedra chancada o triturada.

La grava es conocida como el agregado grueso procedente de la abrasión y separación natural de materiales pétreos. Se le puede ubicar comúnmente en canteras y camas de ríos acumulados de manera natural.

La piedra triturada o piedra chancada es un agregado grueso proveniente por trituración de rocas y gravas.

Se puede definir como hormigón, al material que está conformado por mezcla de arena y grava. Este material, mezclado en proporciones arbitrarias, se da en forma natural en la corteza terrestre y se le emplea tal como se le extrae de la cantera” (pág. 17).

De acuerdo a (Pasquel Carbajal, 1998) “los agregados se clasifican por procedencia por su gradación, por su densidad o gravedad específica” (pág. 94).

A continuación, se detallan cada una de ellas:

B.1.1. Por su procedencia. De acuerdo a su clasificación de los agregados por su origen se encontró los siguientes agregados:

Agregados naturales: conformados por transformaciones geológicas naturales que llegaron a ocurrir hace miles de años en el planeta los cuales en la actualidad son sacados, elegidos y procesados para mejorar el uso en la elaboración de concretos.

Estos agregados son usados en todo el mundo, sobre todo en nuestro país debido a la disponibilidad existente ya sea por su calidad o por su cantidad, los cuales son ideales para producir el concreto.

Tabla 1.
Minerales, rocas y materiales sintéticos

Reacción álcali - sílice		Reacción álcali - carbonato
Andesitas	Pizarras opalinas	Dolomitas calcificas
<u>Argillitas</u>	Filitas	Calizas dolomíticas
ciertas calizas y dolomitas	Cuarcita	Dolomita de grano fino
Calcedonia	Cuarzosa	
Cristobalita	Rolitas	
Dacita	Esquistos	
Vidrio volcánico	Pizarras <u>silicias</u> y ciertas otras formas de cuarzo	
<u>Gneiss granítico</u>	vidrio silíceo, sintético y natural	
<u>Opalo</u>	<u>Tridimita</u>	

Fuente: Pasquel Carbajal (1998) tópicos de tecnología del concreto en el Perú.

Agregados artificiales: Según (inche, 2018) “Estos agregados son provenientes de muchos procesos de transformación de materiales naturales que suministran productos sustitutos que con un procedimiento adicional son habilitados para ser utilizados en la producción de concreto.

Algunos agregados de este ejemplo los constituye la escoria de altos hornos, la arcilla horneada, el concreto reciclado, la microsílice, etc. El uso potencial de estos materiales es muy extenso, en la medida en que se van investigando y desarrollando otros materiales y sus aplicaciones en concreto, por lo que a nivel mundial hay una tendencia muy marcada hacia progresar en este sentido.

En nuestro país, existen zonas donde no se encuentra agregados para la fabricación o elaboración de concreto y en la mayor parte de las veces se tienen que improvisar medios los cuales no se garantiza que se resulte el concreto deseado, por lo que es necesario empezar a profundizar las posibilidades de perfeccionamiento de materiales artificiales en estos lugares, incitando de esta manera a los alumnados de las universidades que realicen

investigaciones orientadas hacia las soluciones técnicas y económicas de estos problemas”(pag. 37).

B.1.2. Por su gradación: La gradación viene a ser la distribución volumétrica de las partículas. La determinación de la clasificación del agregado grueso y agregado fino se realiza en función de partículas que son retenidos y pasantes de la malla de 4.75 mm (Malla Standard ASTM # 4). No obstante esta clasificación responde, además, a consideraciones de tipo práctico puesto que las técnicas que se realizan en los laboratorio sobre los agregados ya sea por zarandeo manual o mecánico proponen separarlos y de esta manera con el propósito de instaurar un control más exacto en su proceso y empleo.

Agregado fino: Se le considera agregado fino al agregado derivada de la disgregación natural o artificial de las rocas o piedras que pasa el tamiz o la malla normalizado de 9,5 mm (3/8 pulg) y que efectúa con los límites que son determinadas por la NTP 400.037.

Agregado grueso: Es el agregado que es retenido en la malla o tamiz normalizado de 4,75 mm (N°04), proveniente de la disgregación natural o artificial de la roca, el cual cumple los parámetros que se indica en la NTP 400.037,

B.1.3. Por su densidad o gravedad específica: es un valor adimensional se refiere, a la división del de la densidad de la sustancia entre la densidad con la adición de sólidos referidos a la densidad del agua se clasifica en:

- Normales $G_e = 2.5$ a 2.75
- Ligeros $G_e < 2.5$
- Pesados $G_e > 2.75$

Cada valor que se indica líneas arriba marca un comportamiento diferente en función al concreto, por lo que existen diversos métodos de diseño para los 3 casos.

C. Agua: Este elemento es muy importante en la elaboración del concreto el cual interviene en su resistencia y trabajabilidad.

“El agua es el líquido indispensable para realizar la hidratación del concreto y mejorar el desarrollo de sus propiedades, consiguientemente, este elemento debe satisfacer los requisitos para llevar a cabo su empleo en la mezcla química, sin producir inconvenientes colaterales si tiene ciertas sustancias que puedan perjudicar el concreto” (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 59).

Para cual la elaboración de concreto, tenemos los siguientes requisitos del agua para que pueda cumplir con su función:

➤ El agua que se utilizara durante la elaboración del concreto, tendrá que estar limpia y libre de agentes dañinos como álcalis, aceites, sales, álcalis, material orgánico y otros elementos que logren ser perjudiciales al concreto o como también al acero.

➤ Si existiera algún inconveniente en la calidad del agua a usar en la elaboración de la mezcla de concreto, es necesario efectuar un ensayo de análisis químico del agua, y de esta manera realizar una comparación con los datos obtenidos y los valores máximos admitidos de las sustancias existentes en el agua a emplearse para la elaboración del concreto que enseguida indicamos:

Tabla 2.

Valores máximos admisibles del análisis químico del agua.

Sustancias disueltas	Valor máximo admisible
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles	1500 ppm
P.H.	mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Fuente: Abanto Castillo (2009) Tecnología del concreto (teoría y problemas).

Para (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 21), “el agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones:

- Reaccionar con el cemento para hidratarlo.
- Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.
- Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

Por lo tanto, la cantidad de agua que interviene en la mezcla de concreto es normalmente por razones de trabajabilidad, mayor de la necesaria para la hidratación del cemento.

El problema principal del agua de mezcla reside en las impurezas y la cantidad de estas, las que ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento”.

C.1. Agua para el curado: Al igual que el agua para mezcla de concreto, el agua para el curado del concreto tiene los mismos requisitos que se tienen que cumplir, una de las precauciones en relación al curado con agua en obra usando uno de los métodos es “las arroceras” que consiste en mantener el agua colocando arena o tierra en los bordes del elemento horizontal, asegurándonos de esta manera que este material no tenga contaminaciones importantes.

“El curado del hormigón es una parte fundamental en el procedimiento constructivo que busca conservar el material en condiciones húmedas para de esta manera promover que las reacciones químicas que suceden entre el cemento y el agua continúen durante el tiempo que sea suficiente para aprovechar al máximo el potencial aglutinante del cemento” (Solís y Moreno, 2005, pág. 5).

C.1.1. Recomendaciones del comité ACI 308: El curado, según el Instituto Americano del Concreto (ACI 308 R), “viene a ser el proceso mediante el cual el concreto elaborado con cualquier tipo de cemento hidráulico fragua y posteriormente con el tiempo llega a endurecerse, como consecuencia de la hidratación permanente del cemento en presencia de suficiente cantidad de agua y de calor”.

“Las medidas de curado deben ponerse en práctica tan pronto como el concreto esté en riesgo de secarse prematuramente y cuando dicho secado deteriore el concreto o impida el desarrollo de las propiedades requeridas”.

C.1.1.1. Tipos de curado con agua:

➤ **Inmersión:** Este es el tipo de curado más usado y más completo. es recomendable su uso cuando se trata de estructuras planas como son techos de viviendas planas, pisos terminados o falso piso, en estructura de puentes y pavimentos, es decir, se puede utilizar en entorno donde sea posible detener agua en una mínima altura.

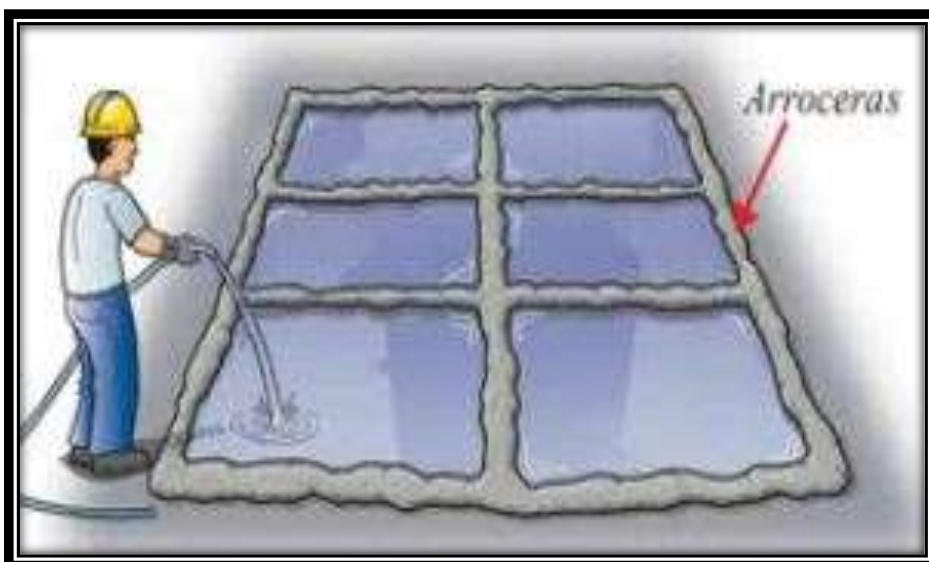


Figura 1. Curado por inmersión

Fuente: Manual de Construcción para Maestros de Obra (Aceros Arequipa)

➤ **Rociado de niebla o aspersión:** Este método se realiza mayormente con manguera el cual consta de una abertura el cual se encarga de realizar un curado muy eficaz siempre que la temperatura sea es mayor a la congelación..

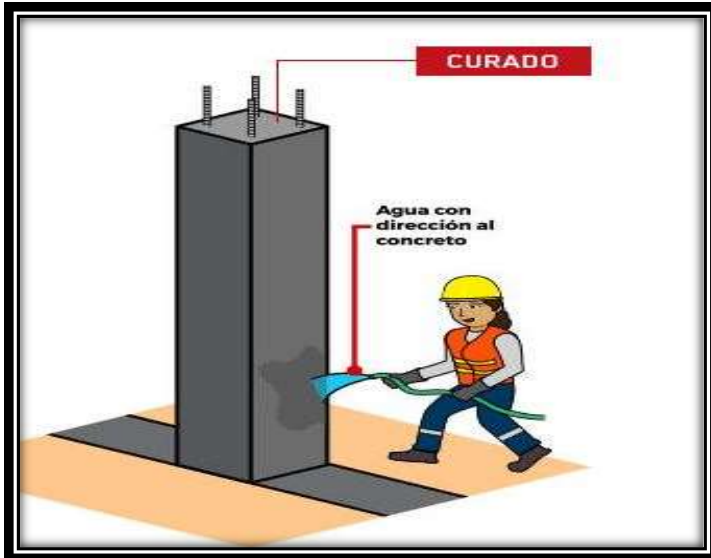


Figura 2. Curado por aspersión.

Fuente: Manual de Construcción para Maestros de Obra (Aceros Arequipa)

➤ **Costales, carpetas de algodón y alfombras:** El curado con este método se da con la retención de agua de estos elementos en la superficie del concreto. Cuanto más espesor tenga el material más agua absorberá por lo que requerirá más tiempo en de remojo del material.

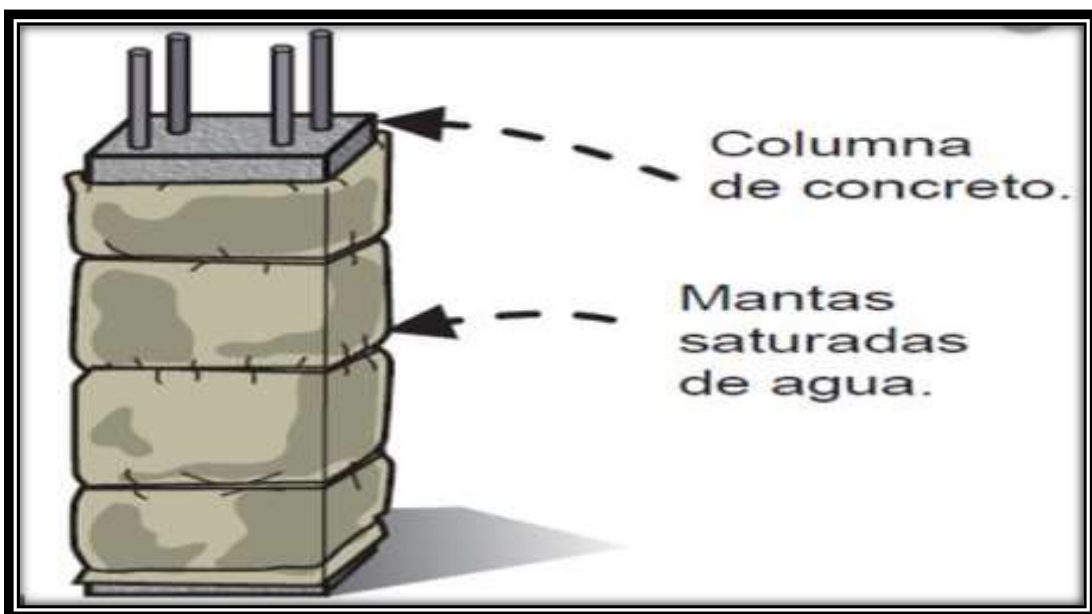


Figura 3. Curado por algodón.

Fuente: Manual de Construcción para Maestros de Obra (Aceros Arequipa)

➤ **Curado con tierra:** El curado con este material se da especialmente en trabajos pequeños puede ser losas de piso, pavimentos. Lo más importante es que este material no contenga materiales orgánicos que sean peligrosas de tal manera no comprometan la resistencia del concreto.



Figura 4, Curado con tierra.

Fuente: Concremax-recomendaciones para el curado

➤ **Curado con arena y aserrín:** El curado con arena y aserrín se debe realizar con siempre y cuando estos estén limpios, este material es útiles cuando los carpinteros de encofrado realizan sus trabajos en la superficie, de este modo se previene daños de raspadura.



Figura 5. Curado con aserrín.

Fuente: Tecnología del concreto (archivo del blog)

➤ **Curado con paja o heno:** El curado con estos tipos de insumos se debe realizar de tal manera que la corriente de viento no las eleve, es recomendable bañar un mínimo espesor de un aproximado de 15.00 cm.



Figura 6: Curado con paja.

Fuente: Técnicas para el buen curado del concreto (Argos 360)

D. Aditivos: “Son sustancias que añadidas al concreto, alteran sus propiedades tanto en estado fresco como endurecido” (Harmsen Gomez de la Torre , 2005, pág. 15). Al respecto, Pasquel Carbajal (1998), afirma:

“Son materiales orgánicos o inorgánicos que se añaden a la mezcla durante o luego de formada la pasta de cemento y que modifican en forma dirigida algunas características del proceso de hidratación, el endurecimiento e incluso la estructura interna del concreto”. (pág. 113).

D.1. Clasificación de aditivos para concreto:

D.1.1. Aditivos acelerantes: Son las sustancias que disminuyen el tiempo que normalmente se requiere para el endurecimiento del concreto por lo que acelera el tiempo para llegar a la resistencia máxima requerida:

“Tienen la finalidad de incrementar significativamente al desarrollo inicial de resistencia en compresión y/o acortar el tiempo de fraguado, debiendo estos cumplir con los requisitos de las normas ASTM y normas NTP” (Rivva López, 2000, pág. 269).

Entre las ventajas de los aditivos acelerantes, mencionamos los siguientes:

- El tiempo para el desencofrado es mucho menor.
- Disminuye el tiempo para realizar los acabados superficiales de las estructuras.
- El tiempo de curado disminuye.
- Las estructuras se entregan mucho más rápido a los usuarios.
- En estructuras hidráulicas previene las fugas de agua.
- Los vaciados de concreto de altura significativa se pueden ejecutar sin mucho riesgo de presión en el encofrado.
- Llega a la resistencia requerida en climas con baja temperatura puesto que tiene una mayor velocidad de calor de hidratación.

D.1.2. Aditivos incorporadores de aire: “Estos aditivos tienen por objetivo mejorar el comportamiento del concreto frente a los procesos de congelación y deshielo que se producen en sus poros capilares.” (Rivva López, 2000, pág. 269).

“El congelamiento del agua dentro del concreto con el consiguiente aumento de volumen y el deshielo con la liberación de esfuerzos que ocasionan contracciones, provocan fisuración inmediata, si el concreto todavía no tiene suficiente resistencia en tracción para soportar estas tensiones o agrietamiento paulatino en la medida que la repetición de estos ciclos va fatigando el material.” (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 117)

A finales de los años cuarenta, se logró inventar unos aditivos los cuales fueron denominados como incorporadores de aire que originan una estructura adicional de vacíos internamente en el concreto que permiten controlar y minimizar los efectos indicados. En la actualidad verificamos la existencia de dos tipos de aditivos incorporadores de aire que son:

- Líquidos o en polvo soluble en agua.
- En partículas sólidas.

D.1.3. Aditivos reductores de agua – plastificantes: “Son compuestos orgánicos e inorgánicos que permiten emplear menor agua de la que se usaría en condiciones normales en el concreto, produciendo mejores características de trabajabilidad y también de resistencia al reducirse la Relación Agua/Cemento” (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 119).

Su función es la de reducir los requisitos de agua que requiere una mezcla de concreto o cambiar las condiciones de fraguado de la misma o ambas, trabajando de este modo en el efecto de superficie creando un interfaz entre el cemento y agua en la pasta a fin de mejorar el proceso de hidratación.

D.1.4. Aditivos superplastificantes: “Son reductores de agua-plastificantes especiales en que el efecto aniónico se ha multiplicado notablemente.” (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 120)

“Son conocidos también como aditivos reductores de agua de alto rango, los cuales tienen por finalidad reducir en forma importante el contenido de agua del concreto, manteniendo una consistencia dada y sin producir efectos indeseables sobre el fraguado.” (Rivva López, 2000, pág. 270).

A nivel mundial, estos aditivos superplastificantes han destacado un progreso muy notable en la tecnología del concreto permitiendo de este modo la elaboración de concretos de alta resistencia.

D.1.5. Aditivos impermeabilizantes:

“Estos tienen la finalidad de apoyar y controlar las filtraciones que se producen a través de las grietas, disminuyendo la penetración del agua, en un concreto que no se encuentra saturado, desde el lado húmedo hasta el lado seco” (Rivva López, 2000, pág. 270).

Pasquel Carbajal (1998), al respecto afirma:

“Esta es una categoría de aditivos que solo está individualizada nominalmente pues en la práctica, los productos que se usan son normalmente reductores de agua que propician disminuir la permeabilidad al bajar la relación agua/cemento y disminuir los vacíos capilares. Su uso está orientado hacia obras hidráulicas donde se requiere optimizar la estanqueidad de las estructuras. No existe el aditivo que pueda garantizar impermeabilidad si no damos las condiciones adecuadas al concreto para que no exista fisuración, ya que de nada sirve que apliquemos un reductor de agua muy sofisticado, si por otro lado no se consideran en el diseño estructural la ubicación adecuada de juntas de contracción y expansión o no se optimiza el proceso constructivo y el curado para prevenir agrietamiento.” (pág. 122)

D.1.6. Aditivos retardadores: Su finalidad es de aumentar el tiempo de fraguado normal del concreto, esto a fin de disponer un mayor tiempo del concreto en estado plástico para facilitar el proceso constructivo.

“Son aditivos incrementan el tiempo de reacción del cemento, son usados en el vaciado de estructuras grandes en las cuales es preciso mantener concreto trabajable por un

periodo más o menos largo. También se utilizan para contrarrestar la fragua rápida que se presenta en climas cálidos.” (Harmsen Gomez de la Torre , 2005, pág. 15)

Es muy recomendable utilizarlo en los casos siguientes:

- Vaciados donde es necesario contar con una secuencia de en el vaciado de concreto para así no generar juntas frías.
- Vaciados en climas de temperaturas altas.
- Vaciado de concreto mediante Bombeo en distancias muy largas y de esta manera prevenir atoros.
- En el transporte de concreto mediante mixers esto a fin de prever que el concreto fragüe.
- Para mantener en estado plástico el concreto hasta que se solucione algún tipo de emergencia ejemplo retraso en la entrega de suministros.

D.1.7. Curadores químicos: “Constituyen productos que se añaden en la superficie del concreto vaciado para evitar la pérdida de agua y asegurar que exista la humedad necesaria para el proceso de hidratación.” (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 124)

Con este método se obtiene una capa el cual impide que exista una perdida de agua por el calor (evaporación).

2.2.1.4. Propiedades del concreto.

Encontramos los siguientes según su clasificación:

A. Concreto en estado fresco: Esta etapa se inicia en el momento en que se realiza la mezcla de cemento + agregados + agua hasta que la mezcla llega a un punto de fragua. La conducta del concreto fresco pende de:

Trabajabilidad: “Es la facilidad con la cual una cantidad determinada de materiales puede ser mezclada para formar el concreto y luego este puede ser manipulado, transportado y colocado con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad.” (Rivva López, 2000, pág. 205)

La trabajabilidad del concreto es calculada, mediante factores como la granulometría, características y proporción de los agregados finos y gruesos, con estos factores verificamos el importe de agua que será necesaria para lograr elaborar un concreto que sea trabajable, al mismo tiempo cabe resaltar que el concreto debe ser lo bastante trabajable para masa fluya en las esquinas, entre los espacios del refuerzo y contra la superficie de los encofrados con la finalidad de conseguir una masa que sea lo bastante homogénea sin ningún tipo de inconveniente de separación de los ingredientes o presencia de aire atrapado .

Consistencia: “Se refiere a su estado de fluidez, es decir, que tan dura (seca) o blanda (fluida) es una mezcla de concreto cuando se encuentra en estado plástico, por lo que se dice que es el grado de humedad de la mezcla” (Sánchez De Guzmán, 2001, pág. 111).

“Es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma; entendiéndose por ello que cuanto más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación.” (Rivva López, 2000, pág. 208)

Entonces “la consistencia de la mezcla de concreto se encuentra relacionada en función del contenido de agua, de la granulometría y también de las características físicas que cuenta el agregado, las cuales mediante ensayos en laboratorio se llega a calcular la cantidad de agua que será necesaria para lograr la consistencia requerida. Constantemente la consistencia de una mezcla se limita por el grado de asentamiento de la misma. Pertenecen los menores asentamientos a las mezclas secas y los mayores a las consistencias fluidas, se denomina también como consistencia a la sencillez que posee un concreto para llegar a deformarse a una

forma específica, esta depende del uso de agua, granulometría, tamaño máximo del agregado y el tipo de los agregados (forma).” Entre los tipos de consistencia se consideran las siguientes:

Tabla 3.

Clasificación de la consistencia

Tipo de mezcla	Asentamiento
Mezcla seca	0-2 <u>pulg</u>
Mezcla plástica	3-4 <u>pulg</u>
Mezcla fluida	> a 5 <u>pulg</u>

Fuente: Elaboración propia

Homogeneidad: “Es la cualidad del concreto para distribuir los componentes regularmente en la mezcla.” (Rivera Quio, 2014, pág. 2)

La homogeneidad se pierde a causa por los siguientes motivos:

- Fallas en el proceso de mezclado.
- Abundancia de agua.
- Irregularidad en el proceso de selección de agregados grueso.

Estas causas de pérdida de homogeneidad provocan: lo que se denomina segregación el cual consiste en la separación de agregados gruesos y finos y la decantación que consiste en el desplazamiento de los agregados finos arriba mientras los agregados gruesos van al fondo.

Uniformidad: “Se estudia evaluando mediante el coeficiente de variación, la dispersión existente entre características analógicas de distintas mezclas” (Huansha Villanueva, 2010, pág. 66). La uniformidad del concreto depende de lo siguiente:

- Tiempo de mezclado del concreto.
- La facilidad de adherirse el cemento con los agregados.
- El cumplimiento de la norma cuando se refiere a los límites de granulometría de los agregados utilizados.

Esta uniformidad está compuesta por requisitos indispensables, debido a que en no importa qué tipo de mezcladora se utilice lo importantes es que se provea un suficiente cambio de materiales en toda la cámara, de tal modo que refleje un concreto de masa uniforme. La norma ASTM C 94-83 “señala que se agarren muestras a 1/6 y 5/6 de la descarga del trompo y que las diferencias de las propiedades de ambas muestras no excedan ninguno de los siguientes límites:

- Peso unitario del concreto: 16 kg/m^3
- Contenido de aire: 1%
- Porcentaje del agregado retenido en la malla 3/16
- Resistencia a la compresión (valor promedio de tres cilindros a los 7 días): 7,5%”.

2.2.1.5. Concreto en estado endurecido.

Se denomina así cuando el proceso de hidratación llega a pasar del estado plástico al estado rígido, la cual está compuesta por las siguientes propiedades:

Impermeabilidad: El concreto es un material poroso y se podría decir que nunca llegara a ser un material impermeable, por permeabilidad entendemos que es la capacidad que tiene un material de hacer pasar a través de sus poros líquidos o fluidos. Entonces para lograr que un material sea un poco impermeable o más impermeable se debe utilizar aditivos impermeabilizantes o mantener la relación agua / cemento muy baja. La permeabilidad depende de la finura del cemento, cantidad de agua y compactación.

Durabilidad: “Es la habilidad para resistir la acción del intemperismo, al ataque químico, abrasión y cualquier otro proceso o condición de servicio de las estructuras que produzcan deterioro del concreto.” (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 273)

El concreto debe tener la garantía de soportar la intemperie, la reacción de agentes químicos y a su vez el desgaste al cual se encontrará sometido, la gran parte de los daños serán causados por la intemperie sufrida pero se pueden culpar a los ciclos de congelación y descongelación.

Resistencia: “Es el máximo esfuerzo que puede ser soportado por el concreto sin romperse, en compresión se utiliza como índice de calidad del concreto, en pavimentos suele utilizarse la resistencia en flexión.” (Rivva López, 2000, pág. 232)

De manera que la resistencia a la compresión, se precisa como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto o de mortero a carga axial, comúnmente esta se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm^2) a una edad de 28 días, el cual es designado con el símbolo “ f'_c ”. Para la determinación de la resistencia hacemos testigos o briquetas de concreto, entre los tipos de resistencia se encuentran:

Resistencia a la flexión: Este tipo de resistencia generalmente es utilizado cuando se diseña pavimentos y losas. A su vez, la resistencia a la compresión puede ser utilizado como relación de la resistencia a la flexión, una vez que entre ellas se hayan establecido la relación empírica para los materiales y el tamaño del elemento en cuestión.

Resistencia a la tensión: Es calculado aproximadamente con el porcentaje de 8% a 12% de su resistencia a compresión calculada mayormente este valor es estimado como 1,33 a 1,99 veces la raíz cuadrada de la resistencia a compresión ya calculada.

Resistencia a la torsión: Está relacionada con el módulo de ruptura y sobre todo con las dimensiones de los elementos del concreto.

Resistencia a la cortante: Es el máximo valor de esfuerzo cortante que el suelo puede soportar, puede variar de 35% al 80% con respecto a la resistencia a compresión del concreto.

La correlación que existe entre la resistencia a la compresión, resistencia a flexión, tensión, torsión, y cortante, de acuerdo a los componentes del concreto y al medio ambiente en que se encuentre.

2.2.1.6. Ensayos de laboratorio.

a. Análisis granulométrico: El análisis granulométrico es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado tal como se determina por análisis de tamices (Norma ASTM c136).

- Para el agregado fino, se usan 7 mallas que tienen aberturas desde N°200 (150 micras) hasta 4.72 mm.
- Para el agregado grueso se usan 7 mallas que tienen abertura de 4" (4.75 mm) hasta 2"(50.00 mm)

Objetivo: El análisis granulométrico se aplica para determinar la gradación de los materiales propuestos para su uso como los agregados, cuyos resultados determinan el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas que exigen las especificaciones técnicas del concreto.

Norma técnica: NTP 400.012 2001 y NTP 400.037 2014

Procedimiento:

Agregado fino: Para el análisis granulométrico en cuanto al agregado fino se siguen los siguientes procedimientos:

- Se cuartea el material y tomar la muestra de acuerdo a la NTP 400.010, la cantidad mínima para la muestra del agregado fino es 300 g mínimo.
- Secar la muestra superficialmente.
- Lavar la muestra en la malla N° 200.
- Secar la muestra a una temperatura constante de 110° C $\pm$ 5° C durante 24hr $\pm$ 4hr.

- Se seleccionaran los tamaños adecuados de tamices que son: N° 4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200.
- 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.
- Se pesa cada porción de muestra en cada tamiz.
- Se calcula el porcentaje que pasa, los porcentajes retenidos aproximando al 0.1%.
- Se calcula 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).
- Determinar la curva granulométrica en base al porcentaje que pasa.

Agregado grueso: Para el análisis granulométrico en cuanto al agregado grueso se siguen los siguientes procedimientos:

- Se cuartea el material y tomar la muestra de acuerdo a la NTP 400.010, la cantidad mínima para la muestra del agregado grueso es conforme a lo indicado en la siguiente tabla.

Tabla 4.

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 Técnica Peruana 400.012 pág. 5.

- Se seleccionarán los tamaños adecuados de tamices que son: 2", 1 ½", 1", ¾", 3/4", 1/2", 3/8", 4".
- Continuar el tamizado por un tiempo suficiente, de modo 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: Agarrar fuertemente el tamiz individual con su tapa y fondo bien ajustado en una posición levemente 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.
- Se pesa cada porción de muestra en cada tamiz.
- Se calcula el porcentaje que pasa, los porcentajes retenidos aproximando al 0.1%.
- Determinar la curva granulométrica en base al porcentaje que pasa, con los límites requeridos que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5.

Requisito granulométrico para agregado grueso (ASTM C33).

N° ASTM	TAMAÑO NOMINAL EN PULGADA	PORCENTAJE QUE PASAN POR LOS TAMICES NORMALIZADOS												
		4"	3 1/2"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8	N° 16
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37.5 mm	25 mm	19 mm	12.5 mm	9.5 mm	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm
1	3 1/2" A 1 1/2"	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5					
2	2 1/2" A 1 1/2"			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
3	2" A 1"				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 15				
357	2" A N° 4				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5		
4	1 1/2" A 3/4"					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5			
467	1 1/2" A N° 4					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5		
5	1" A 1/2"						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5			
56	1" A 3/8"						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5		
57	1" A N° 4						100	95 a 100		25 a 55		0 a 10	0 a 5	
6	3/4" A 3/8"							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5		
67	3/4" A N° 4							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5	
7	1/2" A N° 4								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	
8	3/8" A N° 8									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente: Norma técnica peruana 400.037 2014

b. Contenido de humedad: Es la cantidad de agua superficial retenida por las partículas del agregado. Viniendo esto a ser la diferencia entre el estado actual de la humedad y es estado seco. El grado de humedad está directamente relacionado con la porosidad de las partículas, la cual también está relacionada con el tamaño de los poros, su permeabilidad y la cantidad o volumen total de los poros.

Objetivo: El objetivo de este ensayo es conocer la cantidad de agua que posee el material.

Norma técnica: NTP 339.127

Procedimiento:

Agregado fino y grueso: En relación al contenido de la humedad, se siguen los siguientes procedimientos:

- Sacamos una fracción representativa del material.
- Se pesa la muestra.
- Se seca la muestra en el horno a una temperatura constante de 110° C a un tiempo de 24 hrs.
- Pasada las 24 horas se retira del horno y se deja enfriar al tiempo.
- Se pesa la muestra seca.
- Calculamos el contenido de humedad con la siguiente fórmula:

$$\%humedad = \%W = \frac{\text{peso humedo} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}} \times 100$$

c. Porcentaje de absorción: Es el aumento en la masa del agregado por el agua en los poros del material, pero sin incluir el agua adherida a la superficie exterior de las partículas, expresado como porcentaje de la masa seca.

Objetivo: Los valores de absorción se utilizan para el cálculo de cambio en la masa de un agregado puesto que el agua absorbida en los espacios de los poros dentro de las partículas constituyentes, en comparación con la condición seca, cuando se considera que el

agregado ha estado en contacto con el agua el tiempo suficiente para cumplir con la mayor parte del potencial de absorción.

Norma técnica: NTP 400.021 Y NTP 400.022

Procedimiento:

Agregado fino y grueso: En relación al porcentaje de absorción se siguen los siguientes procedimientos:

- Se cuartea y se saca una muestra representativa y se pesa.
- Se sumerge la muestra por 24 horas.
- Se seca la muestra superficialmente y se pesa.
- Se calcula el porcentaje de absorción con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ absorcion} = \frac{w_{sss} - w_s}{w_s} \times 100$$

Dónde:

Wsss = Peso neto del suelo sumergido superficialmente seco.

Ws = Peso neto del suelo seco.

d. Peso específico: Es la relación, a una temperatura permanente, de la masa (o peso en el aire) de un volumen unitario de material, a la masa del mismo volumen de agua a las temperaturas indicadas, los valores son adimensionales.

Objetivo: La densidad relativa (gravedad específica) es la peculiaridad comúnmente utilizada para el cálculo del volumen ocupado por el agregado en diferentes mezclas que contienen agregados incluyendo el concreto de cemento Portland..

Norma técnica: NTP 400.021 Y NTP 400.022

Procedimiento:

Agregado fino: En relación al peso específico en cuanto al agregado fino se siguen los siguientes procedimientos:

- Se cuartea y se saca una muestra representativa (1 kilo aproximadamente).
- Se lleva al horno a 110 °C por 24 horas.
- Se pesa cuando este se ha enfriado por 3 horas.
- Se sumerge la muestra por 24 hrs+- 4 hrs.
- Se seca la muestra superficialmente (la prueba del cono).
- Se introduce en el picnómetro 500 gr de material.
- Se le agrega el agua hasta un 90% de su aforo para sacar el aire atrapado en el picnómetro, posteriormente se enrasa el agua hasta la capacidad total.
- Se pesa el picnómetro con agua y material con una aproximación de 0,1.
- Se retira el agua del picnómetro para luego llevarlo al horno por 24 hrs a temperatura de 110 °C.
- Se saca del horno para que se enfríe a temperatura ambiente durante 1 a 2 horas.
- Se pesa el material seco.
- Se calcula el peso específico para el agregado fino con la siguiente formula:

$$\text{peso específico} = \frac{\text{peso de la muestra seca}}{\text{volumen de la masa}}$$

Agregado grueso: En relación al peso específico en cuanto al agregado grueso se siguen los siguientes procedimientos:

- Se cuartea y se saca una muestra representativa.
- Se lleva al horno a 110 °C por 24 horas.
- Se pesa cuando este se ha enfriado por 3 horas.
- Se sumerge la muestra por 24 hrs+- 4 hrs.

- Se seca la muestra superficialmente.
- Pesa la muestra superficialmente seca.
- Sumerja la canastilla en el agua y pésela.
- Coloca la muestra dentro de la canastilla y sumérjala en el agua y pésala.
- Seque el material por 24 hrs a temperatura de 110 °C.
- Se saca del horno para que se enfríe a temperatura ambiente durante 1 a 2 horas.
- Se pesa el material seco.
- Se calcula el peso específico para el agregado grueso con la siguiente fórmula:

$$\text{peso específico} = \frac{\text{peso de la muestra seca}}{\text{volumen de la masa}}$$

e. Peso unitario suelto: Es el peso de un volumen unitario de agregados y se expresa en kg/m³. La condición que es utilizada para la generación de datos, como información general y para compactación de agregados por medio de pesos unitarios es con agregados secos y compactos.

Objetivo: Esta prueba alude a la resolución de la densidad bruta (“peso unitario”) para agregados que se encuentren comprimidos o sueltos, de acuerdo al método presente en la norma ASTM C-29, Este método es aplicable a agregados de tamaño máximo nominal de 150 mm.

f. Norma técnica: NTP 400.017

Procedimiento:

Agregado fino y grueso: En relación al peso unitario suelto en cuanto al agregado fino y grueso se siguen los siguientes procedimientos:

- Se pesa el molde y se calcula el volumen del mismo.
- Se llena el molde con la ayuda de una pala para que el agregado caiga de una altura no mayor a 5 cm, por encima del borde hasta llenar completamente el molde.

- Se enrasa el molde.
- Se pesa el material más el molde.
- Se repite el mismo procedimiento 3 veces para calcular el peso promedio unitario suelto con la siguiente fórmula:

$$P.U.S = \frac{(\text{peso del molde} + \text{agregado}) - (\text{peso del molde})}{\text{volumen del molde}}$$

g. Peso unitario compactado: Es el proceso en el cual el agregado es llenado en tres capas y por cada capa una de ellas se ejerce presión en un recipiente de volumen conocido.

Norma técnica: NTP 400.017

Procedimiento:

Agregado fino y grueso: En relación al peso unitario compactado en cuanto al agregado fino se siguen los siguientes procedimientos:

- Se pesa el molde y se calcula el volumen del mismo.
- Se rellena el molde con la ayuda de una pala de manera que el agregado caiga de una altura no mayor a 5 cm, por encima, del canto hasta llenar completamente el molde.
- Cada una de las capas se empareja y se apisona con 25 golpes de varilla, distribuidos homogéneamente en cada capa. La varilla de acero es de 5/8” de diámetro y 60 cm. de longitud, acabada en una punta semiesférica. Al aplastar, se aplica la potencia necesaria para que la varilla atraviere solamente la capa respectiva como se observa en la imagen siguiente:

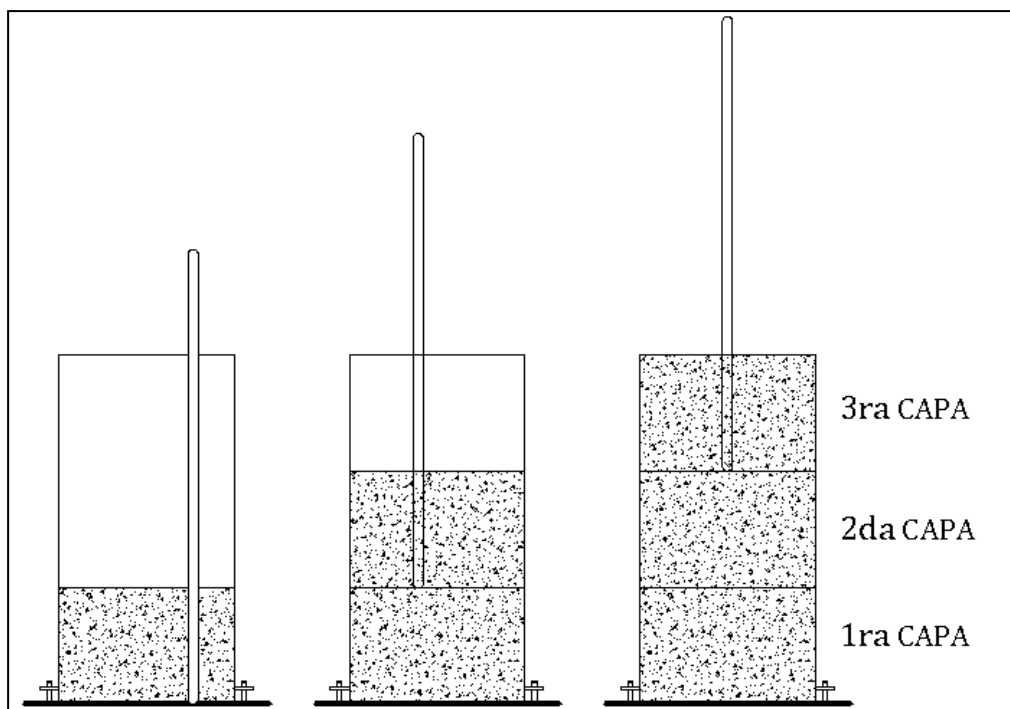


Figura 7. Apisonado con 25 golpes de varilla por capa.

Fuente: Elaboración propia.

- Se enrasa el molde.
- Se pesa el material más el molde.
- Se repite el mismo procedimiento 3 veces para calcular el peso promedio unitario suelto con la fórmula siguiente:

$$P.U.S = \frac{(\text{peso del molde} + \text{agregado}) - (\text{peso del molde})}{\text{volumen del molde}}$$

2.2.1.7. Diseño de mezcla.

El diseño de mezcla de concreto es el proceso mediante el cual se calcula la cantidad de materiales que intervienen en el concreto (cemento, agregado grueso, agregado fino, agua) con el propósito de obtener resultados satisfactorios en las características del concreto en estado fresco y endurecido para ser utilizado en diferentes obras de construcción.

(Pasquel Carbajal, 1998). Afirma:

“El diseño de mezcla es la aplicación técnica y práctica de los conocimientos científicos sobre sus componentes y la interrelación entre ellos, para conseguir un material resultante que compense de manera eficiente las exigencias particulares del proyecto constructivo, la cual radica en la diligencia sistemática de ciertas tablas y proporciones ya determinadas que satisfacen prácticamente todos los escenarios normales en las obras, lo cual está muy apartado de la realidad, debido a que en esta etapa del proceso constructivo cuando resulta primordial la labor creativa del responsable de dicho trabajo y en consecuencia el criterio personal”. (pág. 171)

Hay distintos tipos de métodos del diseño de mezcla; pero por el momento, se desconoce el método que brinda resultados exactos. No obstante, el apropiado proporcionamiento de los componentes del concreto dan a este la resistencia, durabilidad, consistencia, trabajabilidad y otras propiedades para que el concreto en determinadas condiciones de trabajo y exposición respondan de manera óptima, además, con un buen proporcionamiento se logrará evitar las principales anomalías en el concreto fresco y endurecido como la segregación, exudación, fisuramiento por contracción plástica”. (pág. 171)

a) Pasos para el diseño de mezcla.

Paso 1. f'_{cr} (Resistencia promedio requerida): Es el promedio de la resistencia que se requiere para diseñar una mezcla de concreto, esta se encuentra en función al F'_{C} (resistencia a la compresión del concreto a utilizar) que la estableceremos de tres maneras, no obstante, existen otras más:

- Cuando obtenemos desviación estándar, el coeficiente de variación. Por lo que son señalizadores estadísticos que reconocen tener una información cercana de la experiencia del constructor.

$$F'_{cr} = F'_c + 1.33s \dots\dots\dots (I)$$

$$F'_{cr} = F'_c + 2.33s - 35 \dots\dots (II)$$

Donde:

S: desviación estándar.

De donde I y II se asume el mayor valor.

- Cuando no se tiene registro de resistencia de probetas correspondientes a obras y proyectos anteriores, F'_{cr} se obtiene de la siguiente tabla:

Tabla 6.
Resistencia promedio a la compresión requerida.

f'_c	f'_{cr}
Menos de 210	$f'_c + 70$
210 – 350	$f'_c + 84$
>350	$f'_c + 98$

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones (2009).

- Teniendo en cuenta el grado de control de calidad en la obra.

Tabla 7.
Nivel de control de la resistencia a la compresión promedio.

Nivel de Control	f'_{cr}
Regular o Malo	1.3 a 1.5 f'_c
Bueno	1.2 f'_c
Excelente	1.1 f'_c

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones (2009).

Paso 2. Selección del asentamiento: Se deberán usar las mezclas de la consistencia más densa que puedan ser colocadas eficientemente.

Tabla 8.
Asentamiento

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" a 2"
Plástica	3" a 4"
Fluida	$\geq 5"$

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones (2009).

Paso 3. Selección del tamaño máximo del agregado: El tamaño máximo del agregado corresponderá ser el mayor que sea económicamente concurrente con las dimensiones de la estructura; en la medida en que el tamaño máximo del agregado grueso (piedra), nunca será mayor de:

- $1/5$ de la dimensión más angosta entre caras del encofrado.
- $1/3$ del espesor de las losas.
- $3/4$ de la distancia libre entre barras o paquetes de barras o cables pretensores.

Recordando, para una correlación agua cemento dada, la disminución en el tamaño máximo del agregado nos lleva a un aumento en la resistencia del concreto.

Paso 4. Estimación del agua de mezclado y contenido de aire: La cantidad de agua por unidad de volumen de concreto necesaria para lograr el asentamiento anhelado, va a depender del tamaño máximo, textura, perfil y granulometría de los agregados, así como de la cantidad de aire incorporado, no siendo apreciablemente afectada por la cantidad de cemento.

La Tabla 9 nos va a suministrar una primera estimación del agua de mezclado para concretos hechos con distintos tamaños máximos de agregado con o sin aire incorporado.

Tabla 9.

Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire.

Asentamiento o SLUMP	Agua en lt/m ³ de concreto para los tamaños máximos y consistencia indicados.					
	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"
Concreto sin aire incorporado						
1" a 2"	200	185	180	160	155	145
3" a 4"	215	200	195	175	170	160
6" a 7"	230	210	205	185	180	170
cantidad aproximada de aire atrapado, en porcentaje	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3
Concreto con aire incorporado						
1" a 2"	175	165	160	145	140	135
3" a 4"	190	180	175	160	155	150
6" a 7"	205	190	185	170	165	160
Promedio recomendado para el contenido total de aire, en porcentaje.	7	6	5	4,5	4	3,5

Fuente: Abanto Castillo (2009) Tecnología del concreto (teoría y problemas).

Paso 5. Selección de la relación agua cemento (a/c): “La correlación agua-cemento solicitado es determinada teniendo en cuenta no solo la resistencia, sino también elementos como durabilidad y propiedades de acabado del concreto.

A partir de que diferentes agregados y cementos, originan distintas resistencias para una misma relación agua - cemento, es muy ventajoso tener o desarrollar las interrelaciones entre la resistencia y la relación agua- cemento para los materiales a ser utilizados en la elaboración de la mezcla.

En el caso de no tener estos datos, valores aproximados y respectivamente conservadores para concretos elaborados con cemento Portland tipo 1 pueden ser tomados de la tabla N° 10 si en la elaboración del concreto se manejan materiales típicos, entonces las relaciones agua - cemento tabuladas originarán las resistencias mostradas, las cuales se han conseguido ensayando muestras a los 28 días, curados bajo circunstancias estándares de laboratorio.” (Abanto Castillo, 2009)

Tabla 10.

Relación agua – cemento y resistencia a la compresión del concreto

Resistencia a la compresión a los 28 días (fc'cr)	Relación agua - cemento de diseño en peso	
	concreto sin aire incorporado	concreto con aire incorporado
450	0,38	
400	0,43	
350	0,48	0,40
300	0,55	0,46
250	0,62	0,53
200	0,7	0,61
150	0,8	0,71

Fuente: Abanto Castillo (2009) Tecnología del concreto (teoría y problemas).

Paso 6. Cálculo del contenido del cemento: “La cantidad de cemento por unidad de volumen de concreto es igual al agua de mezclado dividido entre la relación agua-cemento.

$$contenido\ de\ cemento\ \left(en\ \frac{kg}{m^3}\right) = \frac{agua\ de\ mezclado\ (en\ \frac{kg}{m^3})}{relacion\ a/c\ (para\ f'_{cp})}$$

Si las descripciones muestran un contenido mínimo de cemento, conjuntamente con las exigencias de resistencia y durabilidad, la mezcla deberá diseñarse con aquel criterio que nos lleve a una mayor cantidad de cemento.” (Abanto Castillo, 2009).

Paso 7. Estimación del contenido de agregado grueso: “Los agregados básicamente del mismo tamaño máximo y granulometría, originarán concreto de grata trabajabilidad, cuando un volumen dado de agregado grueso seco y compactado, es empleado por unidad de volumen de concreto.

La Tabla N° 11 nos provee valores cercanos para estos volúmenes de agregado. Como se puede observar, para similar trabajabilidad, el volumen de agregado grueso por unidad

de volumen de concreto, depende de su tamaño máximo y del módulo de fineza del agregado fino.” (Abanto Castillo, 2009).

Tabla 11.

Relación agua – cemento y resistencia a la compresión del concreto.

Tamaño máximo del agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado.			
	Módulo de fineza del agregado fino			
	2,40	2,60	2,80	3,00
3/8"	0,50	0,48	0,46	0,44
1/2"	0,59	0,57	0,55	0,53
3/4"	0,66	0,64	0,62	0,60
1"	0,71	0,69	0,67	0,65
1 1/2"	0,76	0,74	0,72	0,70
2"	0,78	0,76	0,74	0,72

Fuente: Abanto Castillo (2009) Tecnología del concreto (teoría y problemas).

“El peso seco del agregado grueso por metro cúbico de concreto, en base al volumen seco y compactado del mismo es igual al valor obtenido de la tabla N° 11, multiplicado por el peso unitario seco y compactado del agregado grueso.” (Abanto Castillo, 2009)

Paso 8. Estimación del contenido del agregado fino: “Existen 2 métodos para determinar el contenido de agregado fino, ambos se basan en que una vez concluido la estimación del contenido del agregado grueso, todos los ingredientes a excepción del agregado fino son conocidos por metro cúbico de concreto, pudiendo hallarse el mismo por diferencia, empleando el método de los pesos o el método de los volúmenes.” (Abanto Castillo, 2009) Es decir:

$$\text{Peso del agregado fino (en kg.)} = \text{Peso del concreto (en kg.)} - \left[\text{Peso del agregado grueso (en kg.)} + \text{Peso del cemento (en kg.)} + \text{Peso del agua de mezclado (en kg.)} \right]$$

Método de los pesos: “Generalmente el peso unitario del concreto fresco es conocido con relativa aproximación de experiencias previas con los materiales a ser utilizados en obra.

En ausencia de tal información, la Tabla N° 12 puede ser empleada en un primer estimado, con la seguridad de que las proporciones obtenidas serán lo suficientemente aproximadas como para ser corregidas con un rápido y sencillo ajuste sobre la base de los resultados de las mezclas de ensayo.” (Abanto Castillo, 2009)

Tabla 12.

Primera estimación del peso del concreto fresco.

Tamaño máximo del agregado grueso	Primera estimación del peso del concreto en kg/m ³	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
3/8"	2285	2190
1/2"	2315	2235
3/4"	2355	2280
1"	2375	2315
1 1/2"	2420	2355
2"	2445	2375
3"	2465	2400
6"	2505	2435

Fuente: Abanto Castillo (2009) Tecnología del concreto (teoría y problemas).

La fórmula para calcular el peso del concreto fresco por metro cúbico es:

$$P.U. = 10 \gamma_{ag} (100 - A) + C (1 - \gamma_{ag} / \gamma_{ce}) - W (\gamma_{ag} - 1) \dots (\alpha)$$

Donde:

P.U. = Peso del concreto fresco en kg/m³

γ_{ag} = Peso específico promedio de la combinación de agregados fino y grueso en condiciones S.S.S.

γ_{ce} = Peso específico del cemento generalmente 3.15.

A = Contenido de aire en porcentaje.

W = Agua de mezclado requerido, en kg/m³

C = Cantidad de cemento requerido, en kg/m³

Método de los volúmenes absolutos: “Una manera más exacta para el cálculo de la cantidad de agregado fino por metro cúbico de concreto, involucra el uso de los volúmenes desplazados por los ingredientes o volúmenes absolutos de los mismos.

En este caso el volumen absoluto del agregado fino es igual a la diferencia entre el volumen unitario de concreto y la suma de los volúmenes absolutos de los ingredientes ya conocidos (cemento, agua, aire, agregado grueso).

El volumen absoluto ocupado en el concreto por cualquier ingrediente, es igual a su peso dividido por su peso específico.” (Abanto Castillo, 2009)

$$Volumen = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso específico}}$$

Paso 9. Ajuste por contenido de humedad de los agregados: “Usualmente, los agregados empleados en la elaboración de un concreto, se encuentran húmedos por lo cual sus pesos secos se incrementan en el porcentaje de agua que contengan, tanto agua absorbida como superficial. Así el agua de mezclado añadida a la colada, debe ser mínima en una cantidad igual a la humedad libre aportada por los agregados, considerándose como tal el contenido total de humedad del agregado menos su porcentaje de absorción.” (Abanto Castillo, 2009)

Por lo tanto:

$$\text{agregado grueso} \begin{cases} \text{Humedad total} = W_g\% \\ \% \text{ absorcion} = a_g\% \end{cases}$$

$$\text{agregado fino} \begin{cases} \text{Humedad total} = W_f\% \\ \% \text{ absorcion} = a_f\% \end{cases}$$

$$\text{Peso del agregado grueso húmedo (en kg)} = \left[\text{peso del agregado grueso seco (en kg)} \right] \times W_g\%$$

$$\text{Peso del agregado fino húmedo (en kg)} = \left[\text{peso del agregado fino seco (en kg)} \right] \times W_f\%$$

$$\begin{aligned}
 \text{Agua en agregado grueso} &= \left[\text{peso del agregado grueso seco (en kg)} \right] \times (W_g\% - a_g\%) \\
 &= X \text{ Kg} \\
 \text{Agua en agregado fino} &= \left[\text{peso del agregado fino seco (en kg)} \right] \times (w_f\% - a_f\%) \\
 &= Y \text{ kg.} \\
 \text{Agua de neta o efectiva} &= \text{Agua de diseño (kg)} - (X + Y)
 \end{aligned}$$

2.2.2. Fibra de acero.

“Maccaferri (como se citó en Uribe De La Cruz, 2017), define la fibra de acero como “un material que cierta característica geométrica, dimensión predominante y superficie pareja, pueden ser de forma rectilínea y doblada, es usado como refuerzo en la mezcla del concreto, esta fibra es de fácil dispersión en la masa del concreto, manteniendo inalterada las características geométricas

Las fibras de acero fueron patentadas por Jim Romualdi en USA en 1963, el cual es un elemento de corta longitud producidos de alambres con bajo contenido de carbono y pequeña sección que se adiciona al concreto con el fin de conceder algunas propiedades específicas, con las características necesarias para que pueda dispersarse aleatoriamente en una mezcla de concreto en estado fresco empleando los métodos tradicionales de mezclado para mejorar las propiedades del concreto en estado endurecido.

La geometría de las fibras es diversa, axialmente, la forma puede ser perfilada o rectilínea, transversalmente; la fibra puede ser de sección circular, rectangular o variada.

La fibra de acero caracterizado geométricamente por una dimensión predominante respecto a las demás, con superficie lisa o trabajada, empleada como refuerzo en el

conglomerado del hormigón para poder ser dispersada de forma homogénea en la masa, manteniendo inalterada las características geométricas. (UNI 11037).

La forma de la fibra tiene una incidencia importante en las características adherentes de la fibra con el hormigón y puede ser muy variada: rectas, onduladas, corrugadas, conformadas en los extremos de distintas formas entre otros, con diámetros que oscilan entre 0.25 y 1.1 mm con longitudes de 10 y 75 mm.

La fibra de acero se caracteriza por su longitud L , por su diámetro equivalente y por su forma.

Una fibra se define rectilínea cuando presenta en el eje deformaciones localizadas menores de $L/30$ pero no mayor al diámetro.

Axialmente, la forma puede ser rectilínea o perfilada, transversalmente; la fibra puede tener sección circular, rectangular o variada.

El módulo de elasticidad del acero es diez veces mayor que el del hormigón, su adherencia y deformación en rotura son bastante buenas. Una propiedad que se ha comprobado es su esbeltez.

Aunque estas fibras son susceptibles de oxidarse si se encuentran cerca de la superficie de la pieza, experiencia indica que ello solo puede afectar a la estética, pero no a la resistencia. Los procesos de fabricación que se desarrollan para obtener las fibras de acero son el trefilado en frío, el corte de láminas o el raspado en caliente de bloques de acero.

Cabe decir que en contrapartida a las ventajas que produce la adición de fibras en el material endurecido, su inclusión en la masa de hormigón fresco reduce su trabajabilidad, efecto parcialmente reducido por los aditivos químicos. Otros aspectos a los que se les debe prestar una especial atención son: la posible alteración de las fibras durante el mezclado, la orientación final de las mismas y el acabado de las superficies”. (Pineda, Ana Sofia Irias, 2013)

2.2.2.1. Modo de empleo.

“La introducción de la fibra de acero, siempre que sea posible debe realizarse en central para asegurarse una calidad controlada. No obstante, también puede realizarse la adición en la obra o en el camión hormigonera, mediante los siguientes métodos: introducción manual, aparato inyector y cinta transportadora.

Normalmente los hormigones con fibras de acero son menos dóciles que los hormigones tradicionales y demandan mayor energía en la compactación, por lo que es necesario usar vibrador.

El problema con vibradores internos es que las fibras tienden a orientarse alrededor del vibrador, lo que puede provocar distribuciones circulares y dan lugar a contenidos de fibras y orientaciones heterogéneas entre puntos próximos al elemento. Por lo que, los vibradores externos son más recomendados, principalmente cuando se trabaja con piezas pequeñas”. (Pineda, Ana Sofia Irias, 2013, pág. 20)

2.2.2.2. Datos técnicos.

“La forma de la fibra tiene una incidencia importante en las características adherentes con el hormigón y puede ser muy variada: rectas, onduladas, corrugadas, conformadas en extremos de distintas formas, etc.

La longitud de la fibra se recomienda que sea, como mínimo 2 veces el tamaño máximo del agregado mayor. Es usual el empleo de longitudes de 2.5 a 3 veces el tamaño máximo del agregado.

Además, el diámetro de la tubería de bombeo exige que la longitud de la fibra sea inferior a $2/3$ del diámetro del tubo. Sin embargo, la longitud de la fibra debe ser suficiente para dar una adherencia necesaria a la matriz y evitar arrancamientos con demasiada facilidad.

Al igual que la longitud, las fibras de pequeño diámetro aumentan el número de ellas por unidad de peso y hacen más denso el entramado o red de fibras. El espaciamiento

entre fibras se reduce cuando la fibra es más fina, siendo más eficiente el permitiendo una mejor redistribución de la carga o de los esfuerzos, pero más difícil de mezclar”. (Pineda, Ana Sofia Irias, 2013)

2.2.2.3. Tipos de fibra de acero.

Según el ASTM A 820-2006 (como se citó en Uribe de la Cruz, 2017), Las fibras de acero son clasificadas en tres tipos:

“Tipo I: Son fibras de alambre que son conformadas en frío y son de fácil adquisición en el mercado, siendo estas elaboradas de alambre de acero conformado de secciones circulares y suelen tener diámetros de 0,25 mm a 1 mm.

Tipo II: Son fibras cortadas de chapas de acero las cuales se fabrican tal como su nombre lo indica. Generalmente, son planas y rectas y suelen tener dimensiones de 0,15 mm a 0,64 mm y anchos de 0,25 mm a 2 mm.

Tipo III: Son fibras extraídas de la fundición, elaborados mediante procedimientos complicados en el que una rueda en rotación se utiliza para elevar el acero en líquido de una superficie de metal fundido, a través de la acción de capilaridad. El acero fundido retirado se congela velozmente en forma de fibras y se extrae de la rueda por la fuerza centrífuga. Las fibras que suceden de este procedimiento tienen una sección transversal con aspecto de medialuna.” (Uribe De La Cruz, 2017)

2.2.2.4. Usos de la fibra de acero.

De acuerdo a (Cruz, 2017), “la fibra de acero se usa para mejorar las resistencias estructurales del concreto, alguna de las aplicaciones son las siguientes:

- En losas y pavimentos, donde la resistencia a flexo tracción y resistencia a impacto es fundamental las ventajas de las fibras de acero en pavimentos rígidos son incuestionables

se puede eliminar las juntas, reducir el espesor del concreto en losas y paredes haciendo innecesaria la presencia de armaduras, así también la fibra de acero mejora la resistencia al desgaste del concreto utilizados en pavimentos rígidos y así se incrementa la vida útil. La dosificación mínima es una bolsa de 20kg/cm² dependiendo de las características del proyecto, ya que una dosificación sin control reduce considerablemente la trabajabilidad de la mezcla y podría producir fallas en la estructura.

- Concreto proyectado, es un concreto novedoso en los trabajos de revestimiento de taludes, canales y túneles, ya que, en ella se elimina la etapa complicada de instalación de malla metálica por lo tanto reduce el tiempo de excavación.
- Elementos prefabricados se viene fabricando a gran escala en ciertos elementos como en tuberías ya que pueden reducir espesores a la vez que se mejora la impermeabilidad”.

2.2.2.5. Ventajas y desventajas del uso de fibras de acero.

“Ventajas en el uso de fibras de acero.

Se presenta ventajas a comparación al concreto tradicional:

- No hay fallos ni puntos débiles en la armadura y el comportamiento mecánico a las sollicitaciones es igual en todas las direcciones.
- El empleo de fibras de acero mejora la resistencia a la erosión.
- Mejora la resistencia al hielo y deshielo.
- Las fibras de acero cosen las fisuras del hormigón formando un puente entre labios de la rotura, permitiendo una formación controlada de las fisuras y llevando al hormigón a un comportamiento dúctil después de la fisuración inicial, evitando así la rotura frágil.
- Incremento de la resistencia a la abrasión debido a una reducción de la fisuración.
- Provee una excelente resistencia a la corrosión, ya que controla la abertura de las fisuras y por consiguiente la entrada de agua.

- Mejora la resistencia a la tracción, flexión y corte, produciendo un aumento de la capacidad portante.
- Proporciona una capacidad adicional de resistencia, debido a la redistribución del momento plástico en caso de solicitaciones localizadas, así como mejora la ductilidad, incluso en estado agrietado.
- Logra alta resiliencia (capacidad de absorción de energía en el impacto).
- Debido a las características isotrópicas y a la repartición uniforme de fibras en toda la estructura, es ideal para cargas sin punto de aplicación definida.
- Permite ahorros de materiales ya que por ejemplo para pavimentos proyectados con hormigón reforzado con fibras, los espesores pueden disminuirse conservando las mismas propiedades

Desventajas en el uso de fibras de acero.

- Es probable la aparición de fibras de acero en la superficie, hecho que no puede considerarse como una falta de calidad del concreto.
- Si la fibra de acero aparece en la superficie del concreto es normal que se produzca su oxidación, provocando un efecto antiestético.
- Disminución de la trabajabilidad del concreto lo que se puede solucionar con el uso de aditivo plastificantes.” (Loewenstein, 1993)

2.2.3. Fibra de vidrio.

“La fibra de vidrio fue inventada en 1938 por Russell Games Slayter en la Owens-Corning como un material que podría ser usado como aislante en la construcción de edificios. Fue comercializado bajo el nombre comercial Fiberglass que se convirtió desde entonces en una marca vulgarizada en países de habla inglesa.

La fibra de vidrio se conforma de hebras delgadas hechas a base de sílice o de formulaciones especiales de vidrio, que pasan por un proceso utilizado para crear objetos con sección transversal definida y fija, extrusión, creando filamentos de diámetro pequeño y apto para procesos de fabricación. La técnica de calentar y elaborar fibras finas a partir de vidrio se conoce desde hace años. La primera producción comercial de fibra de vidrio ocurrió en 1936; en 1938 Owens-Illinois Glass Company y Corning Glass Works se unieron para formar la Owens-Corning Fiberglass Corporation. Cuando ambas compañías se unieron para producir y promover la fibra de vidrio, introdujeron al mercado filamentos continuos de fibra de vidrio”. (Loewenstein, 1993)

Águeda Casado, Gonzalo Gracia, Martín Navarro, García Jiménez, & Gómez Morales, 2015) afirman:

La fibra de vidrio se obtiene de las materias primas necesarias para la fabricación del vidrio-sílice, cal, alúmina, magnesita, además de ciertos óxidos en cantidades muy precisa. Todos estos productos finamente triturados y amasados se introducen en un horno hasta conseguir el estado líquido deseado. Las características mecánicas del material mejoran notablemente, el vidrio en masa tiene una resistencia a la tracción de 7kg/mm^2 a 14kg/mm^2 ; sin embargo, en forma de fibra de vidrio su resistencia llega hasta los 30 kg/mm^2 . (pág. 215)

“Este material está compuesto de filamentos muy finos de vidrio aglomerado con resinas que al entrelazarse dan lugar a una estructura fuerte, resistente, estable y muy buen aislante térmico para ser usada como refuerzo estructural de otros materiales, se caracteriza por ser un material muy ligero, resistente, estable y muy buen aislante térmico.

Para hacer la fibra de vidrio, los ejecutores utilizan vidrio líquido salido de un horno de fusión de vidrio o funden canicas de vidrio. El vidrio fundido, a continuación, se fuerza a

pasar a través de orificios superfinos creándose filamentos (hilos) de vidrio muy fino, tan fino que son medidos en micras (normalmente de 4 micras). Una vez fríos los hilos, se pueden enlazar para formar la tela de fibra de vidrio o malla. La fibra de vidrio suele combinarse con resinas para optimizar el material final, dando lugar a un material compuesto extremadamente fuerte y duradero.” (Águeda Casado, Gonzalo Gracia, Martín Navarro, García Jiménez, & Gómez Morales, 2015)

2.2.3.1. Método de empleo.

Según (Pineda, 2013) ”Este tipo de fibras podrán emplearse siempre que se garantice un comportamiento adecuado durante la vida útil del elemento estructural, en relación con los problemas potenciales de deterioro de este tipo de fibras como consecuencia de la alcalinidad del medio. Su mezclado es diferente al de las fibras de acero.

Empleo por proyección simultánea cuando se trata de capas delgadas, las fibras en madeja se alimentan dentro de una pistola de aire comprimido que las corta y as rocía con la lechada de cemento. Es lo que se denomina colocación por proyección. El montaje es en seco, realizándose las uniones sobre espumas de polietileno y el sellado de juntas con silicona neutra o poliuretano.

La proyección simultánea es un proceso de fabricación mediante el cual obtendremos piezas de hormigón reforzado con fibras de vidrio reforzados de forma bidireccional (en el plano). La fabricación consistirá en la proyección de capas que posteriormente se irán compactando entre si hasta formar el espesor total de la lámina o panel de hormigón reforzado con fibras de vidrio (normalmente entre 10 y 15mm).

Empleo por Procesos de Premezcla El proceso de premezcla consta, normalmente, de dos etapas. En la primera, se mezclan y amasan los componentes del mortero y se adicionan las fibras de vidrio y en la segunda se aplica la mezcla a un molde para la

conformación de piezas o se aplica directamente a la obra in-situ, como por ejemplo en la realización de morteros monocapa, revoques, soleras, etc. Por lo tanto, todos los procesos de premezcla tienen en común el acto del premezclado, de ahí su nombre. La premezcla se efectúa en hormigoneras o amasadores adaptados al tipo de mezcla que se desea realizar. Por regla general, se usan amasadores simples de paletas, con poca velocidad de mezclado para evitar una excesiva energía cinética que cause el deterioro de la fibra por abrasión.

Las fibras de vidrio se incorporan siempre a la mezcla en último momento y a diferencia de algunas otras de refuerzo, presentan una perfecta incorporación dentro de un mortero de cemento/arena sin que se produzcan acumulaciones o problemas de homogeneización. Debido a esta homogeneización previa a la conformación de la pieza; el refuerzo de la fibra de vidrio actúa de forma tridimensional, pues las fibras se orientan en todas las direcciones del espacio.

Proceso de colado – vibrado es el proceso más difundido de aplicación de premezcla, dada su extremada simplicidad, su fácil trabajabilidad y su sencilla puesta en obra. Las frases de realización de un colado vibrado son: realización de la premezcla, colado en un molde, vibrado, fraguado, desmoldeo y curado. Este proceso se emplea para la fabricación de gran número de piezas tanto ornamentales como arquitectónicas”.

2.2.3.2. Ventajas y desventajas del uso de fibras de vidrio.

Según (Pineda, 2013) “El refuerzo con fibras de vidrio admite el alineamiento de las fibras de vidrio que encajen perfecto en programas de diseño. Colocando las fibras en una cierta ubicación puede incrementar la fuerza y resistencia a la deformación de un polímero. Polímeros reforzados con fibras de vidrio son ms fuertes y más resistentes a fuerzas de deformación cuando las fibras de polímero están paralelas a las fuerzas aplicadas y son más débiles cuando las fibras están perpendiculares. Esta habilidad puede ser tomada como ventaja

o desventaja dependiendo del punto de vista. Puntos débiles en las fibras perpendiculares pueden ser usados para bisagras naturales y conexiones, pero también puede llevar al fallo cuando los procesos de producción fallan en la correcta orientación paralela con respecto a la fuerza aplicada.

Ventajas de uso de fibras de vidrio.

Es fácilmente hilable en fibras de alta resistencia.

Una de las principales ventajas es su bajo peso, esto repercute en un fácil transporte de piezas a obra, la maquinaria utilizada será de menos capacidad, el montaje de las piezas es mucho más rápido debido al ligero peso de las piezas entre otras.

En comparación a hormigones con acero convencional, no hay que respetar grosores mínimos con el fin de evitar la corrosión, por lo que se pueden realizar piezas más esbeltas,

Desventajas de las fibras de vidrio.

Se ha descubierto que la fibra de vidrio reacciona con los álcalis del cemento, atacan a la fibra y forman unos compuestos que hacen que se dañe la fibra, aun colocándoles resina epoxi como protección o siendo la fibra álcali resistente.

El hormigón reforzado con fibras de vidrio es, en cuanto a costes de material, notablemente más caro que el hormigón con fibras de acero, por lo que, está indicado fundamentalmente en piezas de pequeño espesor de pared”.

2.2.3.3. Tipos de fibra de vidrio.

Los tipos de fibra de vidrio son los siguientes:

a) Fibra de vidrio R (Alto desempeño mecánico): “Este tipo de fibra de vidrio se utilizan para usos que requieran elevada resistencia mecánica.

Este tipo de filamento fue creado a pedido de sectores como aviación, espacio y armamentos, satisfaciendo las exigencias de ellos en términos de comportamiento de

materiales en relación a fatiga, temperatura y humedad. Debido a su alto desempeño técnico puede ser utilizado para reforzar láminas de rotor de helicópteros, pisos de aviones, tanques de combustible de aviones, proyectiles y lanzadores de proyectiles. Desarrollado principalmente para estas aplicaciones, también encontró otras salidas, por ejemplo, en la industria de deportes y recreación, transporte y blindaje balístico”. (Bravo Celis, 2003, pág. 20)

b) Fibra de vidrio D (Características dieléctricas muy buenas): “Está compuesto a partir de vidrio D posee muy bajas pérdidas eléctricas y son usados como un material que es permeable a ondas electromagnéticas, con beneficios muy importantes en términos de características eléctricas y usos que requieren de elevadas propiedades dieléctricas” (Bravo Celis, 2003)

“La fibra de vidrio D es usada en la fabricación de ventanas electromagnéticas y superficies de circuitos impresos de alto desempeño” (Bravo Celis, 2003, pág. 20).

c) Fibra de vidrio C: “Este tipo de fibra es usado para capas superficiales de estructuras anticorrosión o particularmente sujetas a sollicitaciones elevadas así como también para la producción de Mats de vidrio, roving o mechas, tejidos de fibra, hilos cortados, entre otros, para las cuales son requeridas ciertas propiedades de resistencia tanto a la fisuración y agrietamiento como a la corrosión (como capa externa anticorrosiva de tubos y para superficies de tubos compuestos), que hacen de ellas el refuerzo ideal para los materiales compuestos de matriz inorgánica.” (Bravo Celis, 2003)

d) Fibra de Vidrio AR (Resistente a Alkali): “Fue desarrollado especialmente para reforzar cemento. Su alto contenido de óxido de zirconio ofrece resistencia excelente para los compuestos alcalinos durante el secado.

El refuerzo de cemento con filamentos de vidrio AR da módulos mejorados de ruptura y elasticidad con buena durabilidad. Esto significa que el modelado hecho en cemento con refuerzo de vidrio puede ser mucho más leve” (Bravo Celis, 2003, pág. 20).

e) Fibra de Vidrio E (De uso comercial): Por su uso general, posee buenas propiedades eléctricas.

“La fibra de vidrio E es el tipo más usado comúnmente, tanto en la industria textil, como en compuestos donde responde por el 90% de los refuerzos usados” (Bravo Celis, 2003, pág. 21).

Las propiedades mecánicas de los tipos de fibra de vidrio puede ser apreciada en la siguiente tabla:

Tabla 13.
Propiedades mecánicas de los tipos de fibras de vidrio

PROPIEDADES	TIPO DE FIBRA DE VIDRIO			
	D	R	AR	E
Densidad (gr/cm ³)	2.14	2.53	2.68	2.60
Resistencia a la tensión (Mpa)	2500	4400	3000	3400
Modulo elástico (Gpa)	55	86	72	72
Resistencia a la Ruptura (%)	4.5	5.2	4.3	4.5

Fuente: Bravo Celis (2003), Comportamiento mecánico del hormigón reforzado con fibra de vidrio: Influencia del porcentaje de fibra adicionado, pág.21.

2.2.3.4. Propiedades de la fibra de vidrio

Según la empresa española (ESCOM TM, 2016) “Las propiedades de la fibra de vidrio mencionamos los siguientes:

a) Resistencia química: La resina es un componente de la fibra de vidrio que la hace resistente a la erosión química y del medio ambiente; es por ello que la fibra de vidrio no se pudre ni se deteriora, ya que es resistente a la mayoría de los ácidos (excepto el ácido fluorhídrico y el ácido fosfórico).

b) Peso ligero: El peso específico de los materiales compuestos por la fibra de vidrio permite que sea muy fácil de mover e instalar, además que reducen el peso soportado por las estructuras de apoyo.

c) Bajo mantenimiento: Gracias a las características intrínsecas de la fibra de vidrio, los compuestos no necesitan ningún mantenimiento especial, incluso después de muchos años de uso en aplicaciones externas. Esta característica, conduce automáticamente a ahorros de costos en el tiempo.

d) Aislamiento eléctrico: La fibra de vidrio no conduce la electricidad, por lo que es ideal para aplicaciones donde se busque el aislamiento eléctrico de ciertas instalaciones.

e) Versatilidad: Se trata de un producto muy versátil: amplia gama de filamentos, tamaños, tipos de fibra, etc. Estas características hacen que la fibra de vidrio ofrezca un gran abanico de posibilidades industriales.

f) Excelente aislante térmico: La fibra de vidrio tiene un bajo coeficiente de expansión térmica y conductividad térmica relativamente alta. Esto hace que disipe el calor de forma más rápida y sea perfecto para usarlo como aislante térmico. Por tanto, es ideal para instalaciones en el exterior, ya que no tendremos que preocuparnos de que se deteriore por estar expuesto al sol durante mucho tiempo.

g) Económico: La fibra de vidrio es un material con una gran ventaja económica respecto a otros tejidos de fibras sintéticas y naturales.”

2.2.3.5. Usos de la fibra de vidrio

Según la empresa española (ESCOM TM, 2016), las características de la fibra de vidrio hacen el material perfecto para los trabajos en diferentes sectores como la ingeniería, la industria, la construcción, el medio ambiente, como:

- Tratamiento de agua
- Construcción naval
- Laboratorios
- Construcción de edificios
- Transporte
- Centrales hidroeléctricas
- Minería
- Puertos

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Definiciones.

Concreto: “Mezcla de cemento, arena gruesa, piedra y agua, que se endurece conforme avanza la reacción química del agua con el cemento.” (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2009)

Resistencia a la compresión: “Es la peculiaridad mecánica primordial del concreto. Se define como la capacidad para tolerar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm^2 , MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi).” (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2009)

Fibra de vidrio: Es un material que consta de numerosos filamentos poliméricos basados en dióxido de silicio (SiO_2) extremadamente finos. (Turpo, 2019)

Fibra de acero: Son filamentos de acero de alta resistencia con dobleces en sus extremos, fabricadas con alambre de bajo carbón estirado en frío. Son utilizadas como acero de refuerzo en estructuras de concreto, en diferentes largos, diámetros y dosificaciones dependiendo de su aplicación. (Turpo, 2019)

Agregado fino: “Es la porción del árido o material cerámico inerte que interviene en la estructura del concreto u hormigón.” (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2009)

Agregado grueso: “Es uno de los principales componentes del hormigón o concreto, por ese motivo su calidad es sumamente transcendental para avalar buenos resultados en la preparación de estructuras de hormigón.” (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2009)

Cemento: “Es un conglomerante hecho a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse después de ponerse en contacto con el agua.” (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2009)

Capítulo III

Metodología de investigación

3.1. Hipótesis

“La hipótesis indica lo que estamos buscando o tratando de probar y se define como una explicación tentativa del fenómeno investigado, formulada a manera de proposición” (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2010, pág. 92).

3.1.1. Hipótesis general.

HG. La adición de fibra de acero y fibra de vidrio a un diseño de concreto $f'c=210$ kg/cm² mejorara en 2 % la resistencia a compresión $f'c=210$ kg/cm² en estructuras de concreto en la ciudad de Abancay – Apurímac 2019.

3.1.2. Hipótesis específicas.

HE1. La resistencia del concreto reforzado con fibra de acero en 4% y 6% es mayor a la resistencia a compresión del concreto patrón en el distrito de Abancay – Apurímac 2019.

HE2. La resistencia del concreto reforzado con fibra de vidrio en 4% y 6% es mayor a la resistencia a compresión del concreto patrón en el distrito de Abancay – Apurímac 2019.

3.2. Método

El método utilizado en la presente investigación es el hipotético – deductivo ya que la hipótesis es planteada de acuerdo a nuestras inferencias.

Al respecto (Behar Rivero, 2008) afirma:

“El método hipotético-deductivo consiste en establecer la verdad o falsedad de las hipótesis (que no podemos comprobar directamente, por su carácter de enunciados generales, o sea leyes, que incluyen términos teóricos), a partir de la verdad o falsedad de las consecuencias observacionales, unos enunciados que se refieren a los objetos y propiedades observables, que se obtienen deduciéndolos de las hipótesis y cuya verdad o falsedad estamos en condiciones de establecer directamente”. (pág. 40)

Por su finalidad: La investigación es de tipo aplicada, “debido a que comprende un conjunto de actividades que tienen como propósito descubrir y aplicar conocimientos científicos, que puedan realizarse en productos o en procesos nuevos utilizables.”

Según Cegarra Sánchez (2004), la investigación aplicada a veces llamada como investigación técnica “tiende a la resolución de problemas o al desarrollo de ideas a corto o largo plazo, dirigidas a conseguir innovaciones, mejoras de procesos o productos, incrementos de calidad y productividad, etc.” (pág. 42).

Por su enfoque: Es de tipo cuantitativo ya que examinaremos los datos en forma numérica, para así contrastar la resistencia a compresión del concreto patrón $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ y la resistencia del concreto con adición de fibra de acero y vidrio.

De acuerdo a Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio (2010) “La investigación cuantitativa usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías” (pág. 4).

3.3. Nivel o alcance de investigación

“La siguiente investigación es de nivel explicativo puesto que se estudian condiciones diferentes del concreto con la adición de fibra s al 4% y 6% y se pretende explicar que es lo que sucede cuando el concreto es adicionado con estas fibras (fibra de acero, fibra de vidrio), este nivel de investigación va más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables” (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2010, págs. 83,84).

3.4. Diseño de investigación

En esta investigación es diseño experimental debido que en el momento de las pruebas adicionaremos una cierta cantidad de fibra de acero y fibra de vidrio a un diseño de mezcla de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

“En este diseño se analizan las relaciones entre una o más variables independientes y una o más dependientes, así como los efectos causales de las primeras sobre las segundas, son estudios explicativos (que obviamente determinan correlaciones). Se trata de diseños que se fundamentan en el enfoque cuantitativo” (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2010, pág. 149)

3.5. Operacionalización de variables

Tabla 14.
Operacionalización de variables

Variable	Denominación	Definición	Nivel	Indicador	Instrumento
Independiente	Fibra de acero	Son fibras metálicas trefilado de alta calidad para reforzamiento del concreto tradicional (Sika, Hoja técnica Sika fiber CHO 65, 2019)	Dosificación de fibra de acero	Cantidad (%), peso	Fichas técnicas
	Fibra de vidrio	Material en forma de filamento o de tejido muy usado como refuerzo en la construcción (Turpo, 2019)	Dosificación de fibra de vidrio	Cantidad (%), peso	Fichas técnicas
Dependiente	Concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$	“Mezcla de cemento, arena gruesa, piedra y agua, que se endurece conforme avanza la reacción química del agua con el cemento.” (RNE, 2009).	Resistencia a los 7 días resistencia a los 14 días resistencia a los 28 días	Resistencia a compresión	Fichas de recolección y cuadro de resultados
			Seca plástica fluidas	Asentamiento (SLUMP) del concreto (pulg)	Fichas de recolección y cuadro de resultados

Fuente: Elaboración propia

3.6. Población, muestra y muestreo

3.6.1. Población.

“El universo está conformado por toda la población o conjunto de unidades que se quiere estudiar y que podrían ser observadas individualmente en el estudio” (Bravo, 1998, p. 179).

En nuestra investigación la población está compuesta por diversos tipos de concreto que son estudiados mediante ensayos que establecen sus propiedades en los distintos estados (fresco y endurecido) que muestra el concreto.

3.6.2. Muestra.

“la muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además de que debe ser representativo de la población” (Hernandez Sampieri , Fernandez Collado & Baptista Lucio, 2014)

Nuestra muestra está conformada por 5 tipos de concreto que analizaremos los cuales son:

- Concreto patrón.
- Concreto con adición de fibra de acero al 4%.
- Concreto con adición de fibra de acero al 6%.
- Concreto con adición de fibra de vidrio al 4%.
- Concreto con adición de fibra de vidrio al 6%.

3.6.3. Muestreo

“En las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador. Aquí el procedimiento no es mecánico ni se basa en fórmulas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de un investigador o de un grupo de investigadores y, desde luego, las muestras seleccionadas obedecen a otros criterios de investigación.” (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2010)

Nuestra investigación tiene un muestreo intencional ya que nosotros elegiremos la muestra según sea vea conveniente para obtener resultados representativos, la cuantificación de nuestra muestra de estudio se limita a 54 briquetas detalladas en el siguiente en las siguientes tablas:

Tabla 15.

Concreto con adición de fibra a 4%

Concreto con adición de fibra a 4%			
	7 días	14 días	28 días
Patrón	3	3	3
Fibra de vidrio	3	3	3
Fibra de acero	3	3	3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16.

Concreto con adición de fibra a 6%

Concreto con adición de fibra a 6 %			
	7 días	14 días	28 días
Patrón	3	3	3
Fibra de vidrio	3	3	3
Fibra de acero	3	3	3

Fuente: Elaboración propia.

3.7. Técnicas e instrumentos

3.7.1. Técnicas de investigación.

Las técnicas utilizadas en la presente investigación fueron: La observación directa, análisis documentario, ensayos de probetas con y sin inclusión de fibras de acero y fibras de vidrio, por medio del cual se realizaron los siguientes análisis en laboratorio:

- Toma de muestras de agregados.
- Peso unitario de los agregados.
- Peso específico y absorción del agregado grueso y agregado fino.
- Porcentaje de vacíos.
- Contenido de humedad, su absorción efectiva y humedad superficial.
- Análisis de granulometría del agregado grueso y agregado fino.
- Diseño de mezclas.
- Ensayos del concreto fresco.
- Ensayos del concreto plástico.
- Ensayos del concreto endurecido.

- Ensayo de resistencia a la compresión.

3.7.2. Instrumentos de investigación.

En la siguiente investigación, debido a que se recolectaron datos en laboratorio se utilizaron formatos que ayuden en cuanto a la interpretación y análisis de estas, para ello se usó protocolos de ensayos, para así tener un control adecuado, utilizándose de este modo los siguientes:

- Protocolos de ensayo de los materiales en laboratorio.
- Protocolos de diseño de mezcla.
- Protocolos para la elaboración de concreto
- Protocolos para pruebas de compresión.

En cuanto a los instrumentos de investigación se llevaron a cabo controles adecuados en la elaboración del concreto, los cuales fueron realizados con equipos idóneos para su análisis respectivo.

3.8. Consideraciones éticas

“La ética, en tanto estudio de la moral, es la filosofía práctica que no tiene como área resolver conflictos, sino plantearlos y pensar en ellos desde una perspectiva axiológica y pragmática. La relación entre moral y ética es un asunto que no solo se resuelve desde lo teórico, también se aborda desde lo cotidiano y es en este escenario, donde cobra importancia en el ejercicio investigativo de los sujetos morales. Entendida como saber que reflexiona sobre acciones reguladoras de los comportamientos sociales y del ejercicio de la voluntad individual, permite la comprensión de la diversidad de sistemas de valores y consolida un referente a través del cual se reordenan las relaciones sociales. Se preocupa por construir principios que, como modo de vida, permitan la auto comprensión del ser humano, guíen su práctica, lo cuestionen sobre sus perspectivas de realización en su relación con los otros y con contextos determinados social e históricamente. La ética conduce al sujeto hacia la auto formulación de sí mismo y

desde la relación con los otros, y al reconocimiento de su responsabilidad frente a la sociedad que recibe el resultado y consecuencias de sus actos.

La ética es entendida como el estudio de los valores y sus relaciones con las pautas de conducta” (Baca, 1996) estimula la investigación, “como una práctica social, para la obtención de conocimiento que permite establecer una relación ética con el problema que se investiga y con los sujetos sociales con los que interactúa. Se concibe como orientaciones que guían las acciones y las decisiones basadas en principios, valores e intereses por grupos específicos en situaciones históricas. Por eso se transforma y evoluciona hacia la búsqueda del bien común, sujeta a las contingencias específicas de cada sociedad y cultura, sin desconocer la existencia de principios universales y mínimos para todos los sujetos sin importar raza, ni religión, ni color político. Así, en el contexto escolar, la investigación científica debe promover espacios y prácticas que contribuyan en la formación de valores que trasciendan las prácticas puntuales y que fortalezcan la manera de establecer relaciones con el mundo y con los otros fuera de la escuela" (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2010).

3.9. Procesamiento de datos

“El análisis estadístico es de gran interés para la evaluación de los resultados obtenidos porque nos permite tener seguridad de los valores extraídos en las pruebas.”

Para tener la confiabilidad de los datos se ha querido evaluar los resultados de la resistencia a la compresión, con los parámetros del coeficiente de variación y desviación estándar, en función de la siguiente tabla:”

Tabla 17.
Coeficiente de variación y desviación estándar

Dispersión total					
Grados de control	Desviación estándar para diferentes				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en Obra	< a 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	> a 49.2
Concreto en Laboratorio	< a 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	> a 24.6

Dispersión entre testigos					
Grados de control	Coeficiente de variación (VT) para diferentes grados de control				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en Obra	< 3	3 a 4	4 a 5	5 a 6	> 6
Concreto en Laboratorio	< 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5	> 5

Fuente: Tópicos de Tecnología de Concreto, ing. Enrique Pasquel Carbajal.

a. Media aritmética o promedio: “Es la medida de tendencia central más utilizada y puede definirse como el promedio aritmético de una distribución” (Valderrama Mendoza, 2007, pág. 233).

“La media aritmética, la media aritmética, como un solo número que representa todo conjunto de datos, tienen justificaciones importantes. Es una medida que puede ser calculada y es única, ya que cada conjunto de datos, tiene una y solo una media.

La media es una medida digna de confianza, porque se determina con mayor certeza que otras características de un conjunto de datos”

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{n}$$

Dónde:

X : Valor de resistencias.

n : Número de datos.

$\bar{X}$: media Aritmética

b. Varianza muestral: “Es el resultado de la división de la sumatoria de las distancias existentes entre cada dato y su media aritmética elevadas al cuadrado, y el número total de datos.”

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^2}{n - 1}$$

Dónde:

s^2 : Varianza muestral.

c. Desviación estándar muestral: Es el “valor promedio que dista la X de todos los valores de la muestra. La desviación estándar es una medida de dispersión de los datos alrededor del promedio” (Córdova Zamora, 2003, pág. 65).

“Cuando más concentrada este la distribución de valores alrededor de (x), menor será a, y viceversa. Es la raíz cuadrada de la varianza; la desviación estándar es sin duda, la medida de dispersión que posee una mayor estabilidad frente a las fluctuaciones de la muestra tomada.

Su estudio es indispensable cuando se trata de interpretar datos en relación con la distribución normal.”

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Xi - X_{prom})^2}{n - 1}}$$

Dónde:

S: Desviación estándar muestral.

d. Coeficiente de variación: Permite juzgar el grado de representatividad de la X.

“El coeficiente de variación, significa, por tanto, el número de veces (o tanto por uno, ya que habitualmente el coeficiente será inferior a la unidad) que supone la desviación típica

respecto a la media, generalmente, el coeficiente de variación es expresado en porcentajes” (Córdova Zamora, 2003, pág. 70).

Se presenta una clasificación según los resultados del coeficiente de variación:

Si $C.V. < 10\%$, Entonces la media aritmética es altamente precisa

Si $10\% \leq C.V. < 15\%$, Entonces la media aritmética es medianamente precisa

Si $15\% \leq C.V. < 30\%$, Entonces la media aritmética tiene bajo grado de precisión

Si $C.V. \geq 30\%$, Entonces la media aritmética es referencial

$$V = \left[\left(\frac{S}{\bar{X}} \right) \times 100 \right]$$

Dónde:

V: Coeficiente de variación

e. Error estándar: El error estándar “es la desviación estándar de su distribución de muestreo” (Córdova Zamora, 2003, pág. 434).

$$\bar{\sigma}_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Dónde:

$\bar{\sigma}_{\bar{x}}$: Error estándar

f. Intervalos de confianza: “En muchas situaciones, una estimación puntual no proporciona información suficiente sobre un parámetro, esto debido a que “para estimar un resultado, una muestra puntual seguramente no es lo suficientemente representativa como si lo sería un intervalo dentro del cual, con toda seguridad se encontrará el valor buscado. Para este estudio se recomienda la utilización de estos intervalos estimados, el cual recibe el nombre de intervalo de confianza. Sus límites inferior y superior se definen a través de las siguientes ecuaciones:”

$$I_i = X_{prom} - Z_{\frac{\alpha}{2}} x \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$I_s = X_{prom} + Z_{\frac{\alpha}{2}} x \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Dónde:

I_i : Intervalo inferior.

I_s : Intervalo superior.

$Z_{\frac{\alpha}{2}}$: Coeficiente de confiabilidad correspondiente al 95% tomado de la tabla

distribución normal estándar acumulada.

Capítulo IV

Resultados y discusión

4.1. Resultados

4.1.1. Resultados de las propiedades de los agregados.

4.1.1.1. Estudio de los agregados contenido de humedad (NTP 339.127).

Tabla 18.

Estudio de contenido de humedad en el agregado fino

Ensayo	M-1
Cápsula N°	C-1
Peso suelo húmedo + cápsula	874,30
Peso suelo seco + cápsula	865,90
Peso del agua	8,40
Peso de la cápsula	82,40
Peso neto del suelo seco	783,50
% de Humedad	1,07

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19.

Estudio de contenido de humedad en el agregado grueso

Ensayo	M-1
Cápsula N°	N°4
Peso suelo húmedo + cápsula	1448,40
Peso suelo seco + cápsula	1446,30
Peso del agua	2,10
Peso de la cápsula	196,60
Peso neto del suelo seco	1249,70
% de Humedad	0,17

Fuente: Elaboración propia

4.1.1.2. Estudio de los agregados porcentaje de absorción (NTP 400.021, NTP 400.022).

Tabla 20.

Estudio de porcentaje de absorción en el agregado fino

Ensayo	M-1
Cápsula N°	3-B
Peso Suelo Seco + Cápsula	529,67
Peso Suelo SSS+ Cápsula	532,92
Peso de la cápsula	102,93
Peso Neto del Suelo Seco	426,74
Peso Neto del Suelo SSS	429,99
% de Absorción	0,76

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21.

Estudio de porcentaje de absorción en el agregado grueso

Ensayo	M-1
Cápsula N°	C-01
Peso Suelo Seco + Cápsula	1364,60
Peso Suelo SSS+ Cápsula	1375,38
Peso de la cápsula	137,52
Peso Neto del Suelo Seco	1227,08
Peso Neto del Suelo SSS	1237,86
% de Absorción	0,88

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.3. Estudio de los agregados peso específico (NTP 400.021, NTP 400.022).

Tabla 22.

Estudio de peso específico de agregado fino

Ensayo	M-1
Peso Muestra SSS	500
Peso Picnómetro + Agua	674,70
Peso Picnómetro + Agua + Muestra SSS	988,40
Volumen de la Masa	186,30
Peso de la muestra seca	495,34
Peso Específico (g/cm ³)	2,66

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23.

Estudio de peso específico de agregado grueso

Ensayo	M-1
Peso Muestra SSS	1237,73
Peso Canasilla Sumergida en Agua	1140,00
Peso Canasilla Sumergida en Agua + Muestra SSS	1913,00
Peso Neto de Muestra SSS Sumergida	773,00
Volumen de la Masa	464,73
Peso de la muestra seca	1227,08
Peso Específico (g/cm ³)	2,64

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.4. Estudio de los agregados peso unitario suelto (NTP. 400.017).

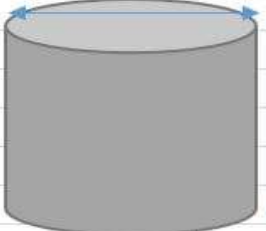
Agregado fino			
Datos de la Muestra:			
	Molde :		
	Altura (H)=	15.30	cm
	Diametro(D)=	15.20	cm
	Area (A)=	181.46	cm ²
	Volumen (V)=	2776.32	cm ³
	Peso (P)=	1622.00	gr

Figura 8. Datos de la muestra de AF para el estudio de peso unitario suelto

Tabla 24.

Estudio del agregado fino peso unitario suelto

Ensayo	M-1	M-2	M-3
Peso del Molde (gr)	1622,00	1622,00	1622,00
Peso del Molde + Peso de la Muestra (gr)	6486,00	6522,00	6578,00
Peso Neto Suelto (gr)	4864,00	4900,00	4956,00
Peso Unitario Suelto (g/cm ³)	1,75	1,76	1,79
Peso Unitario Suelto (g/cm ³):	1,77 gr/cm ³		

Fuente: Elaboración propia.

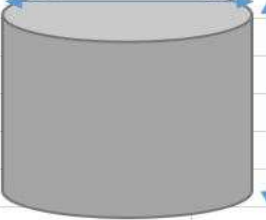
Agregado grueso			
Datos de la Muestra:			
	Molde :		
	Altura (H)=	28.90	cm
	Diametro(D)=	20.02	cm
	Area (A)=	314.79	cm ²
	Volumen (V)=	9097.39	cm ³
	Peso (P)=	4880	gr

Figura 9. Datos de la muestra de AG para el estudio de peso unitario suelto

Tabla 25.

Estudio del agregado grueso peso unitario suelto

Ensayo	M-1	M-2	M-3
Peso del Molde (gr)	4880,00	4880,00	4880,00
Peso del Molde + Peso de la Muestra (gr)	18288,00	18218,00	18276,00
Peso Neto Suelto (gr)	13408,00	13338,00	13396,00
Peso Unitario Suelto (g/cm ³)	1,47	1,47	1,47
Peso Unitario Suelto:	1,47 gr/cm ³		

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.5. Estudio de los agregados peso unitario compactado (NTP. 400.017).

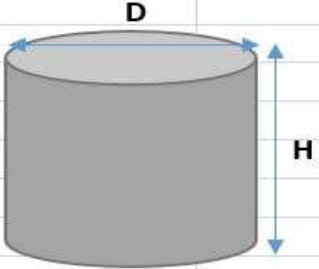
Agregado fino			
Datos de la Muestra:			
			
Molde :			
Altura (H)=		15.30	cm
Diámetro(D)=		15.20	cm
Área (A)=		181.46	cm ²
Volumen (V)=		2776.32	cm ³
Peso (P)=		1622.00	gr

Figura 10. Datos de la muestra de agregado fino

Tabla 26.

Estudio de agregado fino peso unitario compactado

Ensayo	M-1	M-2	M-3
Peso del Molde (gr)	1622	1622	1622
Peso del Molde + Peso de la Muestra (gr)	6806,00	6796,00	6872,00
Peso Neto Suelto (gr)	5184,00	5174,00	5250,00
Peso Unitario Compactado (g/cm ³)	1,87	1,86	1,89
Peso Unitario Compactado:	1,87 gr/cm ³		

Fuente: Elaboración propia.

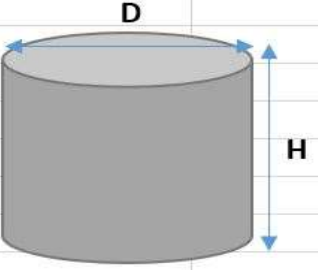
Agregado grueso			
Datos de la Muestra:			
			
Molde :			
Altura (H)=		28.90	cm
Diámetro(D)=		20.02	cm
Área (A)=		314.79	cm ²
Volumen (V)=		9097.39	cm ³
Peso (P)=		4880	gr

Figura 11. Datos de la muestra de agregado grueso

Tabla 27.

Estudio de agregado grueso peso unitario compactado

Ensayo	M-1	M-2	M-3
Peso del Molde (gr)	4880	4880	4880
Peso del Molde + Peso de la Muestra (gr)	19324,00	19266,00	19362,00
Peso Neto Suelto (gr)	14444,00	14386,00	14482,00
Peso Unitario Compactado (g/cm3)	1,59	1,58	1,59
Peso Unitario Compactado:	1,59 gr/cm3		

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.6. Estudio de los agregados análisis granulométrico (ASTM - C 136).

Tabla 28.

Datos de estudio del agregado fino para el análisis granulométrico

Peso de la Muestra Seca:		1164,76				
Malla	Diámetros	Retenido (gr)	%Retenido	Corregido	% Retenido Acumulado	% Que pasa
4	4,75	27,54	2,36	2,36	2,36	97,64
8	2,36	190,84	16,38	16,38	18,75	81,25
16	1,18	277,11	23,79	23,79	42,54	57,46
30	0,6	223,89	19,22	19,22	61,76	38,24
50	0,3	211,25	18,14	18,14	79,90	20,10
100	0,15	132,72	11,39	11,39	91,29	8,71
200	0,074	48,63	4,18	4,27	95,56	4,44
Cazuela		51,73	4,44	4,44	100,00	0,00
		1163,71		100,00		
Diferencia		1,05	0,09			
			100,00			
Módulo de Fineza:					2,97	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29.

Límite de granulometría agregado fino según A.S.T.M

Malla	Porcentaje que pasa		
Nº 4	4,75	95	100
8	2,36	80	100
16	1,18	50	85
30	0,6	25	60
50	0,3	10	30
100	0,15	2	10

Fuente: Elaboración propia.

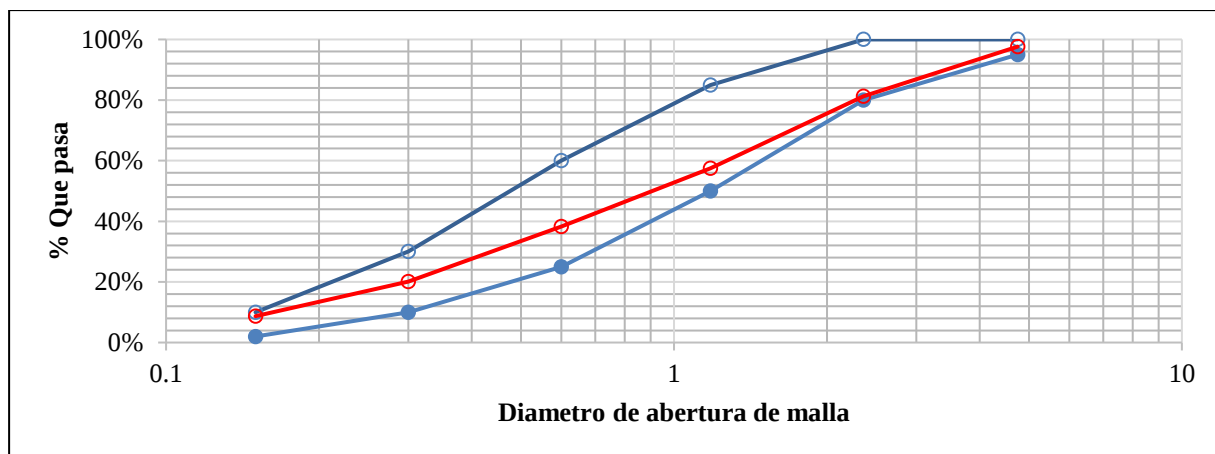


Figura 12. Límite de granulometría agregado fino según A.S.T.M

Tabla 30.

Datos de estudio del agregado grueso para el análisis granulométrico

Peso de la Muestra Seca:		10650,9				
Malla	Diámetro	Retenido (gr)	%Retenido	Corregido	% Retenido acumulado	% Que pasa
2"	50,00	0	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	0	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,00	1729	16,23	16,23	16,23	83,77
3/4"	19,00	4188	39,32	39,32	55,55	44,45
1/2"	12,50	1655,3	15,54	15,54	71,10	28,90
3/8"	9,50	1530,7	14,37	14,37	85,47	14,53
4"	4,75	1490,4	13,99	13,99	99,46	0,54
Cazuela		57,5	0,54	0,54	100,00	0,00
		10650,9		100,00		
Diferencia=		0	0,00			
			100,00			
				T.M=	3/4"	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31.

Límite de granulometría agregado grueso según A.S.T.M

Malla	Porcentaje que pasa acumulativo	% Que pasa
2	100	100,00
1 1/2	95	100,00
¾	35	44,45
3/8	10	14,53
4	0	0,54

Fuente: Elaboración propia.

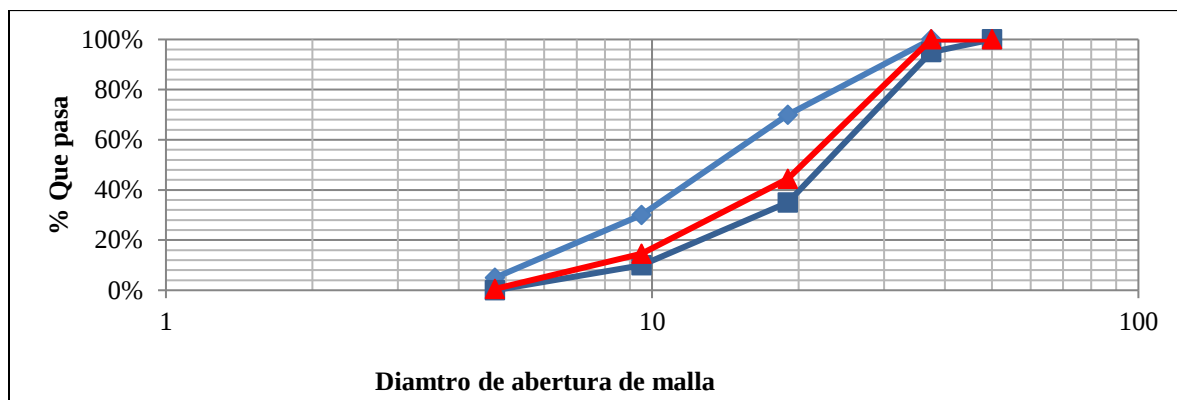


Figura 13. Límite de granulometría agregado grueso según A.S.T.M

4.1.1.7. Diseño de mezcla (ACI - 211).

Tabla 32.

Resumen de las propiedades de los agregados

Descripción	A. fino	A. grueso
Peso específico	2,66 gr/cm ³	2,64 gr/cm ³
P.U. Compactado	1870 kg/m ³	1590 kg/m ³
Contenido de humedad	1,07%	0,17%
Porcentaje de absorción	0,76%	0,88%
Módulo de fineza	2,97	-
Tamaño máximo	-	1"

Fuente: Elaboración propia en base a datos de estudio.

Tabla 33.

Características del cemento y propiedades del concreto

Características del cemento		
Marca	Tipo	Peso específico
sol	IP	3,11 gr/cm ³
Propiedades del concreto		
Resistencia de diseño	f'_c	210kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

Método ACI 211

1. Elección de factor de seguridad para la resistencia a compresión de diseño de concreto

$f'_c = 210\text{kg/cm}^2$ " resistencia a compresión del concreto"

f'_c	$f'_c \text{ cr}$
menos de 210	$f'_c + 70$
210 – 350	$f'_c + 84$
mayor a 350	$f'_c + 98$
$f'_c \text{ cr} = f'_c + 84 =$	294kg/cm ²

2. Selección del asentamiento

Consistencia	Asentamiento	Consolidación por chuseado
Plástica	3" a 4"	se adiciona + 1"
SLUMP =	4"	

3. Selección del tamaño máximo

TM= 1"

4. Estimación del agua de mezclado y contenido de aire

SLUMP	Agua en lt/m3 de concreto para los tamaños máximos y consistencia indicada					
	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"
	concreto sin aire incorporado					
1" a 2"	200	185	180	160	155	145
3" a 4"	215	200	195	175	170	160
6" a 7"	230	210	205	185	180	170

Cantidad de agua = 195 lt/m3

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

resistencia a la compresión	relación agua - cemento de diseño en peso	
a los 28 días (fc'cr)	concreto sin aire incorporado	concreto con aire incorporado
350	0,48	0,40
300	0,55	0,46
250	0,62	0,53

tenemos

fc'cr = 294kg/cm2

interpolando

$$\begin{array}{rcl}
 300 & 0,55 & x=0,55 + \\
 294 & x & \frac{(0,62 - 0,55) * (300 - 294)}{(300 - 250)} \\
 250 & 0,62 & X= 0,558
 \end{array}$$

Relación (a/c) = 0,558

6. Cálculo del contenido de cemento

$$\text{Contenido de cemento} = \frac{\text{Agua de la mezcla}}{\text{Relación } \left(\frac{a}{c}\right)}$$

Contenido de cemento= 349,212 kg/m3

7. Estimación del contenido de agregado grueso

“Volumen de agregado grueso, seco y compactado.”					
TM del agregado grueso		“módulo de fineza del agregado fino”			
		2,4	2,6	2,8	3
3/4"		0,66	0,64	0,62	0,6
1"		0,71	0,69	0,67	0,65
1 1/2"		0,76	0,74	0,72	0,7
2"		0,78	0,76	0,74	0,72
Nota: “El volumen de agregado grueso es por unidad de volumen de concreto”					
Módulo de Fineza=		2,97			

$$\begin{aligned}
 & 3 \quad 0,65 \quad x = 0,65 + \frac{(0,67 - 0,65) * (3 - 97)}{(3 - 2,8)} \\
 & 2,97 \quad x \\
 & 2,8 \quad 0,67 \quad X = \quad 0,653
 \end{aligned}$$

Volumen de (Ag) = 0,653 m³

Peso unitario compacto= 1590,00 kg/m³

Contenido de a. Grueso (Kg) = (volumen de (Ag))* peso unitario y seco del (Ag)

Contenido de agregado grueso (Kg) = 1038,89 kg

8. Estimación del contenido de agregado fino

a) Método de pesos

TM (A.G)	“Primera estimación del peso del concreto kg/m ³ ”	
	“concreto sin aire incorporado”	“Concreto con aire incorporado”
3/4"	2355	2280
1"	2375	2315
1 1/2"	2420	2355
2"	2445	2375

Nota: “El tamaño máximo del agregado grueso se estima un peso por metro cubico de concreto igual a 2375 Kg/m³”

También tenemos los pesos de los demás elementos del concreto.

➤ Peso de agua 195,00 kg

- Peso del cemento 349,21 kg
- Peso de agregado grueso 1038,89 kg
- Peso de concreto 2375,00 kg

Peso de A.f = peso de C°-[peso de ag + peso de agua + peso de cemento]

Peso de A.f= 791,895 kg

b) Método de los volúmenes absolutos: Utilizando la siguiente formula podemos determinar los volúmenes de cada componente del concreto.

$$Volumen = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso específico}}$$

Volumen de cemento = 0,112 m³ ρ cemento = 3110 kg/m³

Volumen de agua = 0,195 m³ ρ agua = 1000 kg/m³

Volumen de aire = 0,01 m³

Volumen de A.G = 0,394 m³ ρ A.G = 2640kg/m³

Podemos determinar el volumen de agregado fino

Volumen de A.f = 1 - [volum de ag + volum de aire + volum de agua +volum de cemento]

Volumen de A. Fino = 0,289 m³ ρ A.G = 2660 Kg/m³

El peso del agregado fino será = (volumen del agregado fino * peso específico de A.F)

Peso de A.f= 769,253 Kg

Resumen de pesos secos finales

- Peso del cemento 349,21 kg /m³
- Peso del agua 195,00 kg /m³
- Peso del agreg. grueso 1038,89 kg /m³
- Peso del agreg. fino 769,25 kg /m³

9. Ajuste por contenido de humedad de los agregados

Cálculo de pesos húmedos

Peso húmedo de los agreg. = peso seco del agreg. * (1 + %W)

Peso Húmedo Del Agreg. Grueso = 1040,639 kg

Peso Húmedo Del Agreg. Fino = 777,500 kg

Corrección del contenido de agua

Agua que aporta o quitan los agreg. = peso seco del agreg. * (%W - % a)

Agua que aporta el A.G = -7,38 kg

Agua que aporta el AF = 2,39 Kg

Agua efectiva = peso del agua - (agua que aporta el A.G + agua que aporta el A.F)

Agua efectiva = 199,992 Kg

Proporciones por m3 de concreto

Proporción en peso

Cemento	349,21Kg/m3	349kg/m3
Agregado fino	777,50Kg/m3	778Kg/m3
Agregado grueso	1040,64Kg/m3	1041Kg/m3
Agua efectiva	199,99Kg/m3	200lt/m3

Proporción final para la mezcla en peso

<i>Cemento</i>	<i>A. Fino</i>	<i>A. Grueso</i>	<i>Agua</i>
1	2,2	3,0	0,57

Proporción en volumen

Cemento	349,21Kg/m3	8,22bolsas/m3
A. Fino	800,38Kg/m3	0,428m3/m3
A. grueso	1040,64Kg/m3	0,654m3/m3
Agua efectiva	199,99Kg/m3	0,200m3/m3

Proporción final para la mezcla en volumen

<i>Cemento</i>	<i>Agregado fino</i>	<i>Agregado grueso</i>	<i>Agua</i>
1	1.8	2.8	0,86

Tabla 34.
Volumen de la briqueta

Descripción	Medida
H	0,3000 m
Diámetro	0,1500 m
Área	0,0177 m ²
Volumen	0,00530 m ³

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35.
Cantidad de briquetas

Concreto	4%			6%			Total
	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días	
Fibra de acero	3	3	3	3	3	3	18
Fibra de vidrio	3	3	3	3	3	3	18
Concreto patrón	3	3	3	3	3	3	18

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36.
Cantidad de materiales para 4% en Kg-Lt

	Nº Briquetas	Cemento	A. Fina	A. Grueso	Agua
Fibra de acero	12,00	23,33	51,94	69,51	12,72
Fibra de vidrio	12,00	23,33	51,94	69,51	12,72
Concreto patrón	12,00	23,33	51,94	69,51	12,72
Total	36,00	69,98	155,81	208,54	38,17

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37.
Cantidad de materiales para 6% en Kg-Lt

	Nº Briquetas	Cemento	A. Fino	A. Grueso	Agua
Fibra de acero	12,00	23,33	51,94	69,51	12,72
Fibra de vidrio	12,00	23,33	51,94	69,51	12,72
Concreto patrón	12,00	23,33	51,94	69,51	12,72
Total	36,00	69,98	155,81	208,54	38,17

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38.

Cantidad de materiales a utilizar

	Und	4%	6%	Total
Fibra de acero	kg	0,93	1,40	2,33
Fibra de vidrio	kg	0,93	1,40	2,33
Cemento	Bls	1,65	1,65	3,29
A. Fino	Kg	155,81	155,81	311,61
A. grueso	Kg	208,54	208,54	417,08
Agua	Lt	38,17	38,17	76,34

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Resultados del SLUMP del C.P, C.R.F.A. Y C.R.F.V.

Tabla 39.

SLUMP concreto Patrón

SLUMP concreto patrón		
Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3
3,51 plg	3,54 plg	3,46 plg
Promedio =		3,50 plg

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40.

SLUMP concreto reforzado con fibra de acero 4%

SLUMP concreto reforzado con fibra de acero 4%		
Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3
2,52 plg	2,43 plg	2,44 plg
Promedio =		2,46 plg

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41.

SLUMP concreto reforzado con fibra de acero 6%

SLUMP concreto reforzado con fibra de acero 6%		
Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3
2,52 plg	2,43 plg	2,44 plg
Promedio =		2,46 plg

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42.

SLUMP del concreto (pulgadas)

SLUMP concreto reforzado con fibra de acero 6%		
Concreto patrón	C.R.F.A. 4%	C.R.F.A. 6%
2,52 plg	2,43 plg	2,44 plg

Fuente: Elaboración propia.

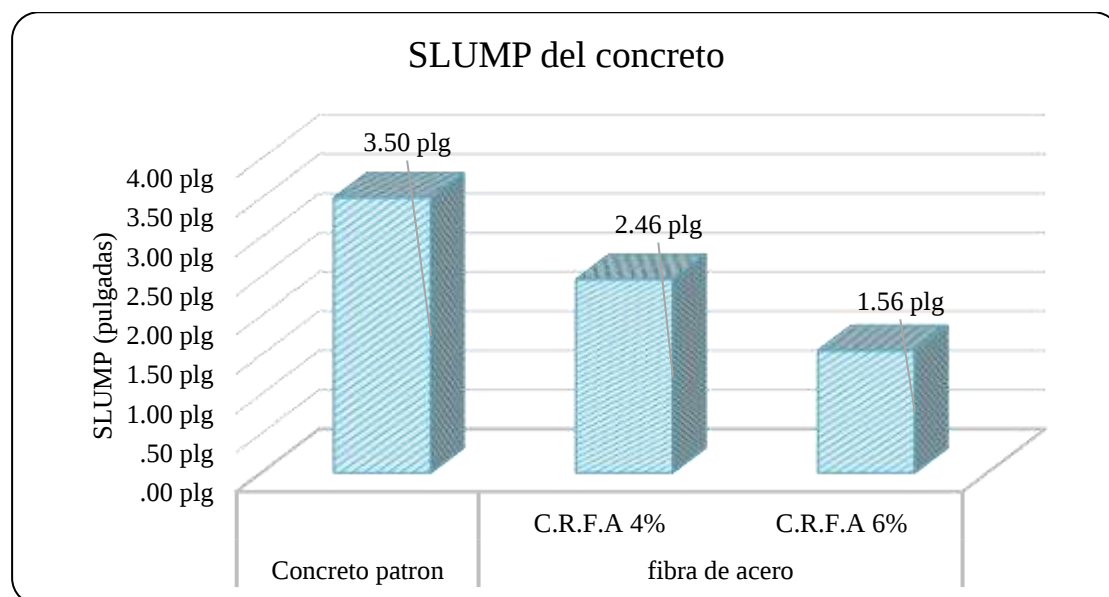


Figura 14. SLUMP del concreto patrón

Tabla 43.

SLUMP concreto Patrón

SLUMP concreto patrón		
Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3
3,34 plg	3,37 plg	3,30 plg
Promedio =		3,34 plg

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 44.

SLUMP concreto con fibra de vidrio 4%

SLUMP concreto con fibra de vidrio 4%		
Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3
1,25 plg	1,27 plg	1,24 plg
Promedio =		1,25 plg

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45.

SLUMP concreto con fibra de vidrio 4%

SLUMP concreto con fibra de vidrio 6%		
Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3
0,25 plg	0,20 plg	0,25 plg
Promedio =		1,25 plg

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 46.

SLUMP concreto (pulgadas) concreto patrón y fibra de vidrio

SLUMP concreto con fibra de vidrio 6%		
Concreto patrón	C.R.F.V. 4%	C.R.F.V. 6%
3,34 plg	1,25 plg	0,25 plg

Fuente: Elaboración propia.

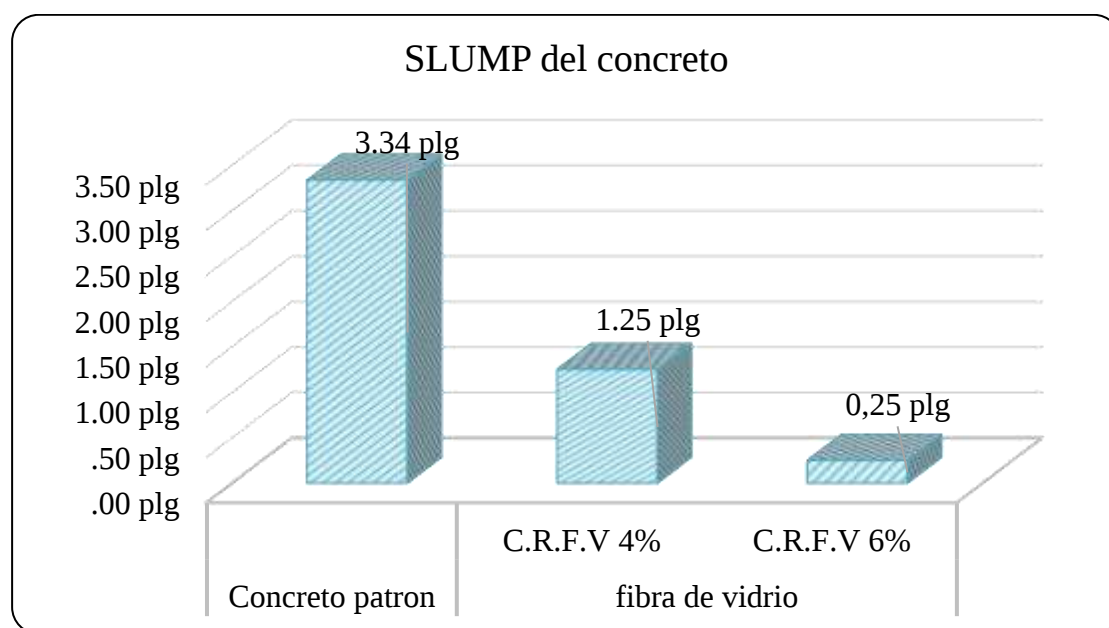


Figura 15. SLUMP concreto (pulgadas) concreto patrón y fibra de vidrio

4.1.3. Comparación del SLUMP del CP, CRFA Y CRFV al 4% y 6%

Tabla 47.

Comparación del SLUMP al 4% y 6% en pulgadas

Descripción	SLUMP (Plg)
Concreto patrón	3,42 plg
C.R.F.A. 4%	2,47 plg
C.R.F.V. 4%	1,25 plg
C.R.F.A. 6%	1,56 plg
C.R.F.V. 6%	0,25 plg

Fuente: Elaboración propia.

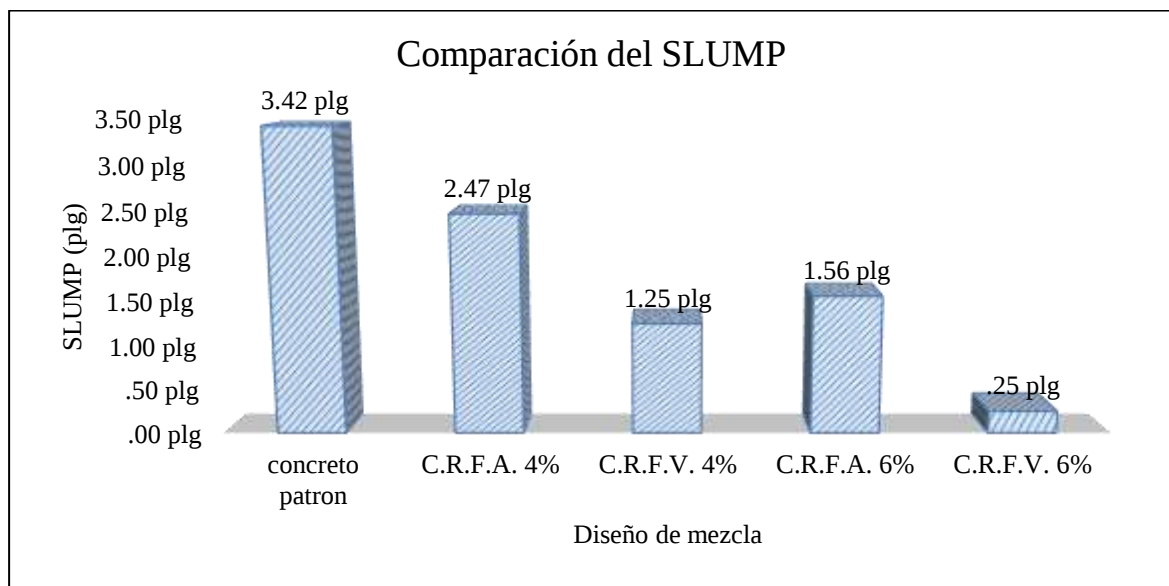


Figura 16. Comparación del SLUMP al 4% y 6% en pulgadas

4.1.4. Comparación porcentual del SLUMP del CP, CRFA Y CRFV al 4% y 6%

Tabla 48.

Comparación del SLUMP al 4% y 6% en porcentajes

	SLUMP (plg)	
Concreto patrón	100%	100%
C.R.F.A. 4%	72,22%	27,78%
C.R.F.V. 4%	36,55%	63,45%
C.R.F.A. 6%	45,61%	54,39%
C.R.F.V. 6%	7,30%	92,70%

Fuente: Elaboración propia.

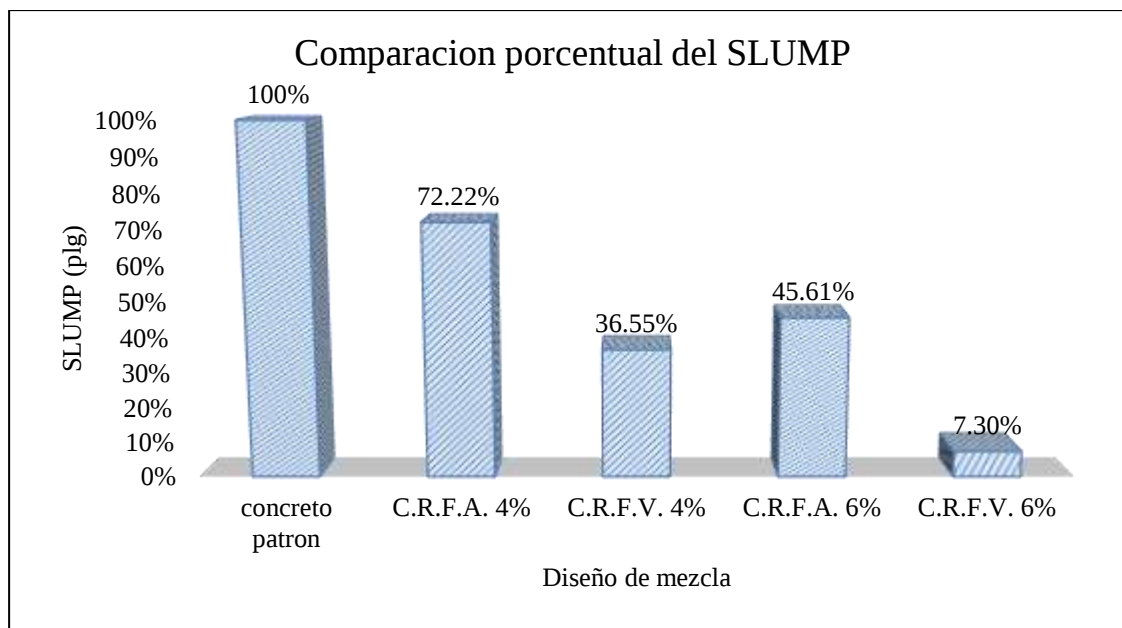


Figura 17. Comparación porcentual del SLUMP al 4% y 6%

4.1.5. Evolución de la RC del CP para 7, 14 y 28 días

Tabla 49.

Evolución de resistencia a compresión del concreto patrón al 4% para 7 días

Resistencia del C.P. $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ para 4%		
Fecha de elaboración:		
Fecha de rotura:		
Tiempo de curado: 7 días		
descripción	Diámetro	Resistencia f'_c
C.P M1	15,25 cm	218,18 kg/cm ²
C.P M2	15,25 cm	224,85 kg/cm ²
C.P M3	15,25 cm	228,38 kg/cm ²
Promedio =		223,80 kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50.

Evolución de resistencia a compresión del concreto patrón al 4% para 14 días

Resistencia del C.P. $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ para 4%		
Fecha de elaboración:		
Fecha de rotura:		
Tiempo de curado: 14 días		
descripción	Diámetro	Resistencia f'_c
C.P M1	15,25 cm	330,00 kg/cm ²
C.P M2	15,25 cm	350,74 kg/cm ²
C.P M3	15,25 cm	329,70 kg/cm ²
Promedio =		336,81 kg/cm ²

Tabla 51.

Evolución de resistencia a compresión del concreto patrón al 4% para 28 días.

Resistencia del C.P. $f_c=210\text{kg/cm}^2$ para 4%		
Fecha de elaboración:		
Fecha de rotura:		
Tiempo de curado: 28 días		
Descripción	Diámetro	Resistencia f_c
C.P M1	15,25 cm	321,65 kg/cm^2
C.P M2	15,25 cm	351,60 kg/cm^2
C.P M3	15,25 cm	352,41 kg/cm^2
Promedio =		341,89 kg/cm^2

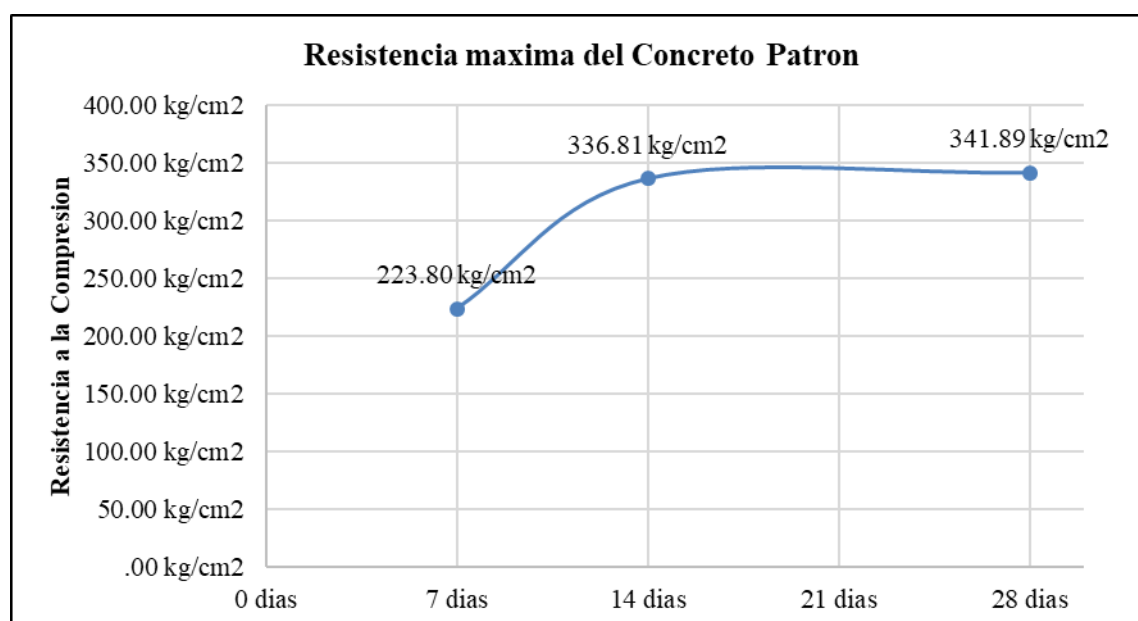


Figura 18. Evolución de la resistencia a compresión del concreto patrón al 4%

4.1.6. Evolución de la RC del CRFA al 4% para 7, 14 y 28 días.

Tabla 52.

Resistencia a compresión del concreto reforzado con F.A. al 4% a 7 días

resistencia del C.R.F.A. $f_c=210\text{kg/cm}^2$ a 4%		
Fecha de elaboración:		
Fecha de rotura:		
Tiempo de curado: 7 días		
Descripción	Diámetro	Resistencia f_c
C.R.F.A M1	15,25 cm	249,19 kg/cm^2
C.R.F.A M2	15,25 cm	258,54 kg/cm^2
C.R.F.A M3	15,25 cm	242,74 kg/cm^2
promedio =		250,16 kg/cm^2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 53.

Resistencia a compresión del concreto reforzado con F.A al 4% a 14 días

resistencia del C.R.F.A. $f_c=210\text{kg/cm}^2$ a 4%		
Fecha de elaboración:		
Fecha de rotura:		
Tiempo de curado: 14 días		
Descripción	Diámetro	Resistencia f_c
C.R.F.A M1	15,25 cm	341,40 kg/cm^2
C.R.F.A M2	15,25 cm	351,00 kg/cm^2
C.R.F.A M3	15,25 cm	351,60 kg/cm^2
promedio =		348,00 kg/cm^2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54.

Resistencia a compresión del concreto reforzado con F.A al 4% a 28 días

Resistencia del C.R.F.A. $f_c=210\text{kg/cm}^2$ a 4%		
Fecha de elaboración:		
Fecha de rotura:		
Tiempo de curado: 28 días		
Descripción	Diámetro	Resistencia f_c
C.R.F.A M1	15,25 cm	381,06 kg/cm^2
C.R.F.A M2	15,25 cm	384,63 kg/cm^2
C.R.F.A M3	15,25 cm	366,54 kg/cm^2
promedio =		377,41 kg/cm^2

Fuente: Elaboración propia.

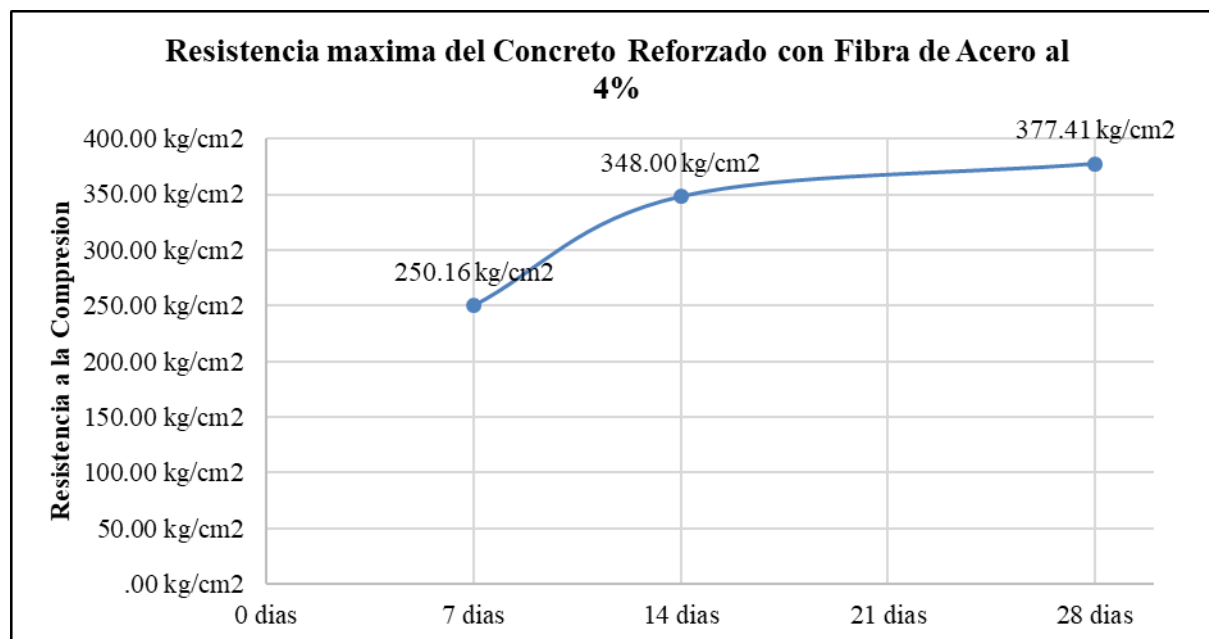


Figura 19. Evolución de la resistencia a compresión del C.R.F.A al 4%

4.1.7. Evolución de la RC del CRFV al 4% para 7, 14 y 28 días.

Tabla 55.

Resistencia a compresión del concreto reforzado con F.V. al 4% a 7 días

Resistencia del C.R.F.V. $f_c=210\text{kg/cm}^2$ a 4%		
Fecha de elaboración:		
Fecha de rotura:		
Tiempo de curado: 7 días		
Descripción	Diámetro	Resistencia f_c
C.R.F.V M1	15,25 cm	157,83 kg/cm ²
C.R.F.V M2	15,25 cm	183,74 kg/cm ²
C.R.F.V M3	15,25 cm	197,16 kg/cm ²
promedio =		179,58 kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 56.

Resistencia a compresión del concreto reforzado con F.V. al 4% a 14 días

Resistencia del C.R.F.V. $f_c=210\text{kg/cm}^2$ a 4%		
Fecha de elaboración:		
Fecha de rotura:		
Tiempo de curado: 14 días		
Descripción	Diámetro	Resistencia f_c
C.R.F.V M1	15,25 cm	255,00 kg/cm ²
C.R.F.V M2	15,25 cm	269,40 kg/cm ²
C.R.F.V M3	15,25 cm	224,00 kg/cm ²
promedio =		249,47 kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 57.

Resistencia a compresión del concreto reforzado con F.V. al 4% a 28 días

Resistencia del C.R.F.V. $f_c=210\text{kg/cm}^2$ a 4%		
Fecha de elaboración:		
Fecha de rotura:		
Tiempo de curado: 28 días		
Descripción	Diámetro	Resistencia f_c
C.R.F.V M1	15,25 cm	233,71 kg/cm ²
C.R.F.V M2	15,25 cm	271,83 kg/cm ²
C.R.F.V M3	15,25 cm	268,89 kg/cm ²
promedio =		258,14 kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

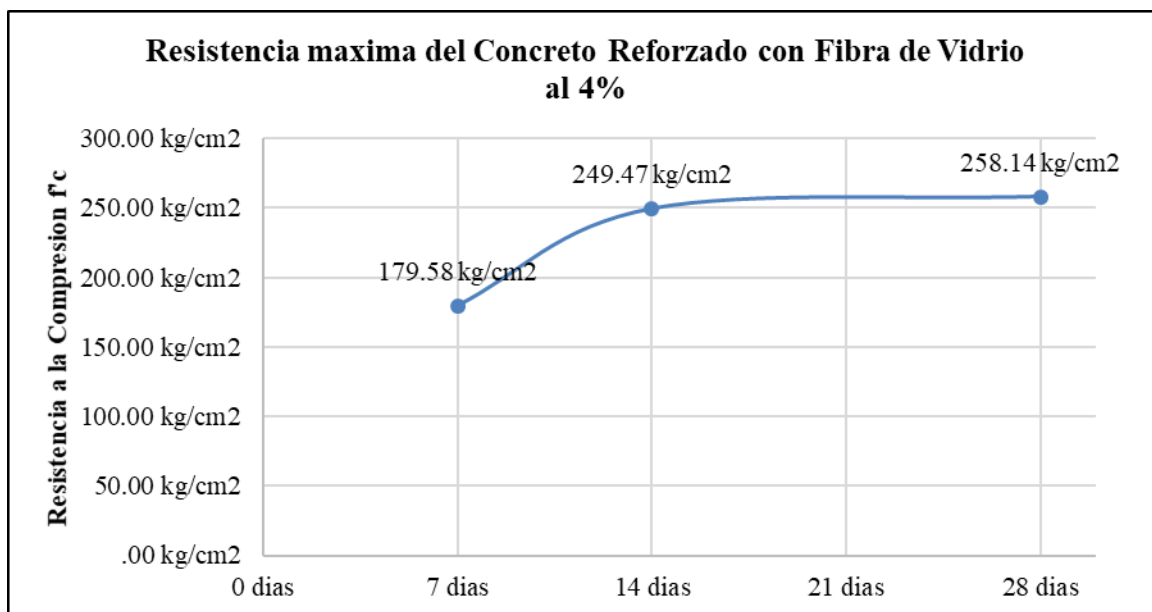


Figura 20. Resistencia a compresión del C.R.F.V. al 4%

4.1.8. Comparación de la RC del CRFA Y CRFV al 4% para 7, 14 y 28 días.

Tabla 58.

Comparación de resistencia del concreto reforzado con F.A. y F.V. al 4%

DESCRIPCION	7 días	14 días	28 días
C.PATRON	223,80 kg/cm2	336,81 kg/cm2	341,89 kg/cm2
C.R.F.A.	250,16 kg/cm2	348,00 kg/cm2	377,41 kg/cm2
C.R.F.V.	179,58 kg/cm2	249,47 kg/cm2	258,14 kg/cm2

Fuente: Elaboración propia.

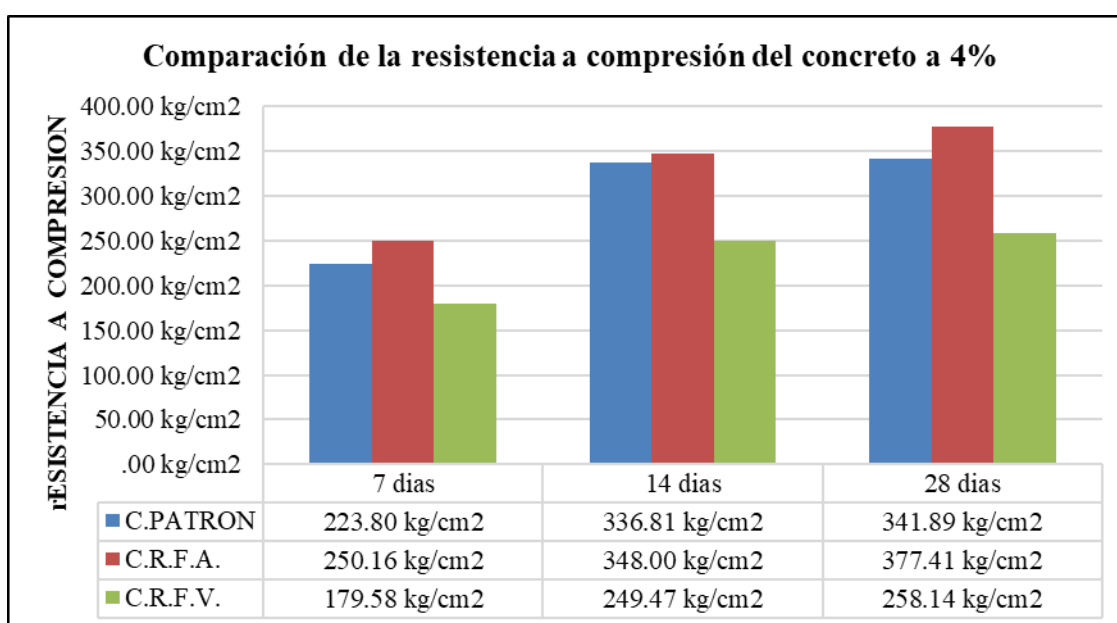


Figura 21. Comparación de resistencia a compresión a 4%

4.1.9. Evolución de la RC del CP al 6% para 7, 14 y 28 días

Tabla 59.

Evolución de resistencia a compresión del concreto patrón al 6% a 7 días

Resistencia del C.P. $f_c=210\text{kg/cm}^2$ para 6%		
Fecha de elaboración:		
Fecha de rotura:		
Tiempo de curado: 7 días		
Descripción	Diámetro	Resistencia f_c
C.P	15,25 cm	250,26 kg/cm ²
C.P	15,25 cm	245,72 kg/cm ²
C.P	15,25 cm	260,79 kg/cm ²
promedio =		252,26 kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 60.

Evolución de resistencia a compresión del concreto patrón al 6% a 14 días

Resistencia del C.P. $f_c=210\text{kg/cm}^2$ para 6%		
Fecha de elaboración:		
Fecha de rotura:		
Tiempo de curado: 14 días		
Descripción	Diámetro	Resistencia f_c
C.P	15,25 cm	328,50 kg/cm ²
C.P	15,25 cm	323,90 kg/cm ²
C.P	15,25 cm	322,40 kg/cm ²
promedio =		324,93 kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 61.

Evolución de resistencia a compresión del concreto patrón al 6% a 28 días

Resistencia del C.P. $f_c=210\text{kg/cm}^2$ para 6%		
Fecha de elaboración:		
Fecha de rotura:		
Tiempo de curado: 28 días		
Descripción	Diámetro	Resistencia f_c
C.P	15,25 cm	321,65 kg/cm ²
C.P	15,25 cm	351,60 kg/cm ²
C.P	15,25 cm	352,41 kg/cm ²
promedio =		341,89 kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

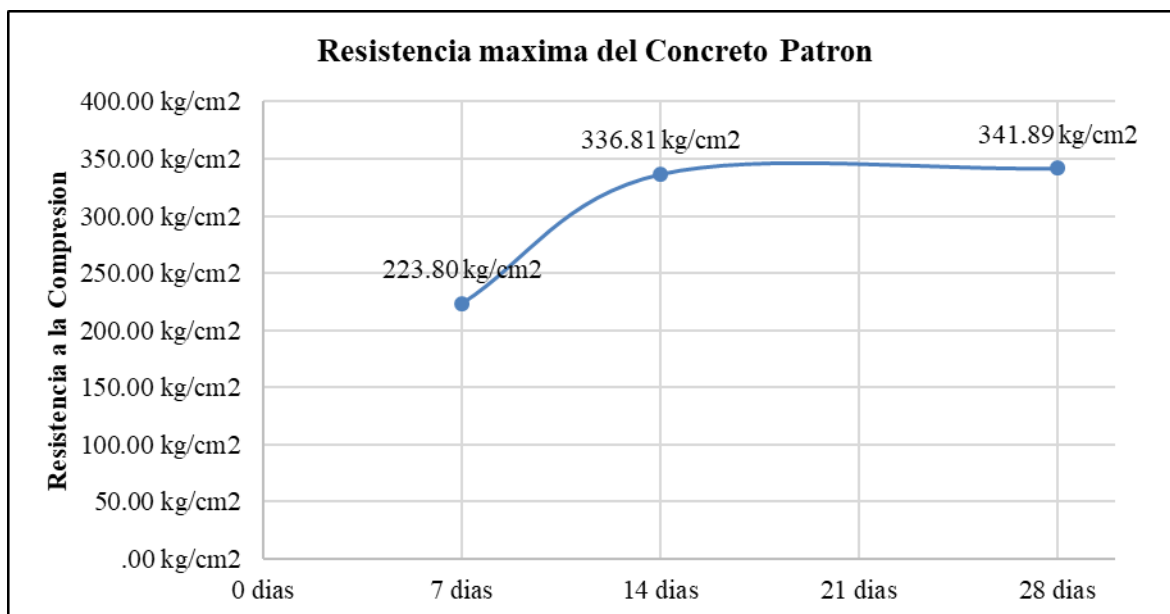


Figura 22. Evolución de la resistencia a compresión del concreto patrón al 6%

4.1.10. Evolución de la RC del CRFA al 6% para 7, 14 y 28 días.

Tabla 62.

Evolución de resistencia a compresión del C.R.F.A. al 6%

Resistencia del C.R.F.A. $f_c=210\text{kg/cm}^2$ a 6%		
Fecha de elaboración:		
Fecha de rotura:		
Tiempo de curado: 7 días		
Descripción	Diámetro	Resistencia f_c
C.R.F.A M1	15,25 cm	240,45 kg/cm ²
C.R.F.A M2	15,25 cm	266,86 kg/cm ²
C.R.F.A M3	15,25 cm	249,19 kg/cm ²
promedio =		252,17 kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 63.

Evolución de resistencia a compresión del C.R.F.A. al 6%

Resistencia del C.R.F.A. $f_c=210\text{kg/cm}^2$ a 6%		
Fecha de elaboración:		
Fecha de rotura:		
Tiempo de curado: 14 días		
descripción	Diámetro	Resistencia f_c
C.R.F.A M1	15,25 cm	364,40 kg/cm ²
C.R.F.A M2	15,25 cm	368,10 kg/cm ²
C.R.F.A M3	15,25 cm	355,80 kg/cm ²
promedio =		362,77 kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 64.

Evolución de resistencia a compresión del C.R.F.A. al 6%

Resistencia del C.R.F.A. $f_c=210\text{kg/cm}^2$ a 6%		
Fecha de elaboración:		
Fecha de rotura:		
Tiempo de curado: 28 días		
Descripción	Diámetro	Resistencia f_c
C.R.F.A M1	15,25 cm	409,30 kg/cm^2
C.R.F.A M2	15,25 cm	385,35 kg/cm^2
C.R.F.A M3	15,25 cm	352,31 kg/cm^2
promedio =		382,32 kg/cm^2

Fuente: Elaboración propia.

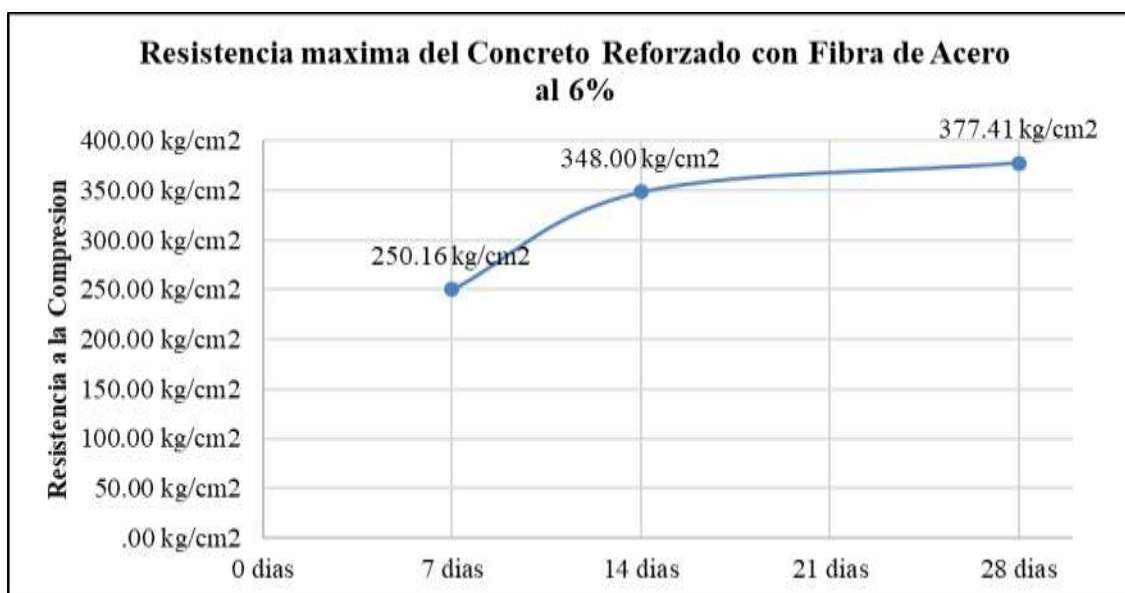


Figura 23. Evolución de la resistencia a compresión del C.R.F.A. al 6%

4.1.11. Evolución de la RC del CRFV al 6% para 7, 14 y 28 días

Tabla 65.

Evolución de resistencia a compresión del C.R.F.V. al 6%

Resistencia del C.R.F.V. $f_c=210\text{kg/cm}^2$ a 6%		
Fecha de elaboración:		
Fecha de rotura:		
Tiempo de curado: 7 días		
Descripción	Diámetro	Resistencia f_c
C.R.F.V M1	15,25 cm	211,94 kg/cm^2
C.R.F.V M2	15,25 cm	187,49 kg/cm^2
C.R.F.V M3	15,25 cm	192,61 kg/cm^2
promedio =		197,35 kg/cm^2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 66.

Evolución de resistencia a compresión del C.R.F.V. al 6%

Resistencia del C.R.F.V. $f_c=210\text{kg/cm}^2$ a 6%		
Fecha de elaboración:		
Fecha de rotura:		
Tiempo de curado: 14 días		
descripción	Diámetro	Resistencia f_c
C.P	15,25 cm	229,70 kg/cm^2
C.P	15,25 cm	278,80 kg/cm^2
C.P	15,25 cm	276,00 kg/cm^2
promedio =		261,50 kg/cm^2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 67.

Evolución de resistencia a compresión del C.R.F.V. al 6%

Resistencia del C.R.F.V. $f_c=210\text{kg/cm}^2$ a 6%		
Fecha de elaboración:		
Fecha de rotura:		
Tiempo de curado: 28 días		
descripción	Diámetro	Resistencia f_c
C.P	15,25 cm	293,19 kg/cm^2
C.P	15,25 cm	300,24 kg/cm^2
C.P	15,25 cm	293,82 kg/cm^2
promedio =		295,75 kg/cm^2

Fuente: Elaboración propia.

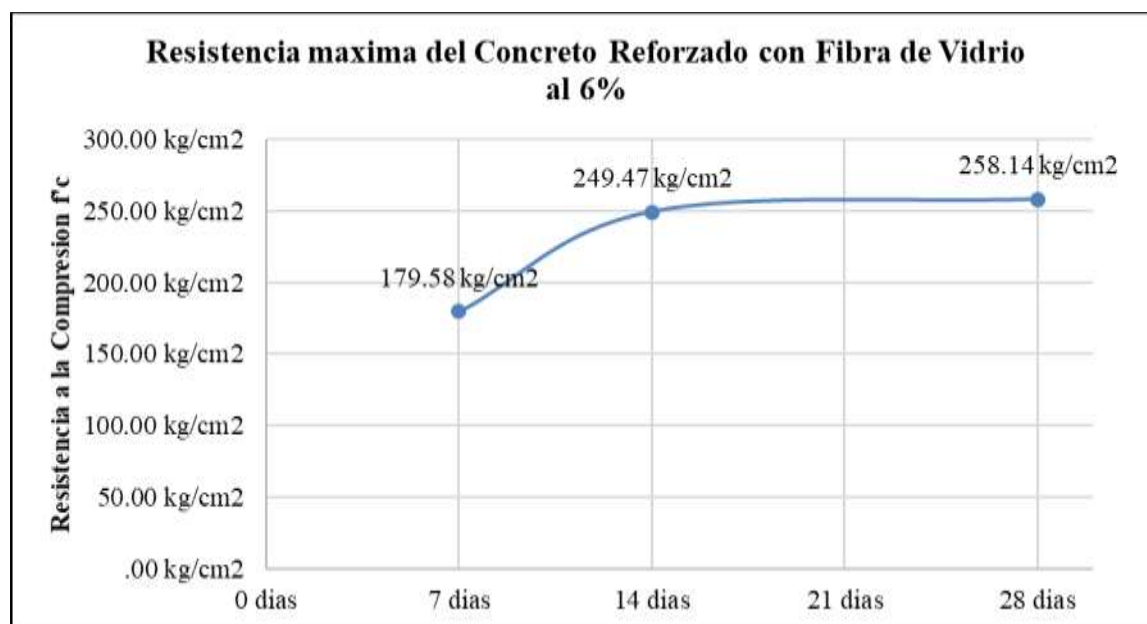


Figura 24. Evolución de la resistencia a compresión del C.R.F.V. al 6%

4.1.12. Comparación de la RC del CP, CRFA y CRFV 6% para 7, 14 y 28 días

Tabla 68.

Comparación de resistencia a compresión de C.R.F.A. y C.R.F.V.

DESCRIPCIÓN	7 días	14 días	28 días
C.PATRON	252,26 kg/cm ²	324,93 kg/cm ²	341,89 kg/cm ²
C.R.F.A.	252,17 kg/cm ²	362,77 kg/cm ²	382,32 kg/cm ²
C.R.F.V.	197,35 kg/cm ²	261,50 kg/cm ²	295,75 kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

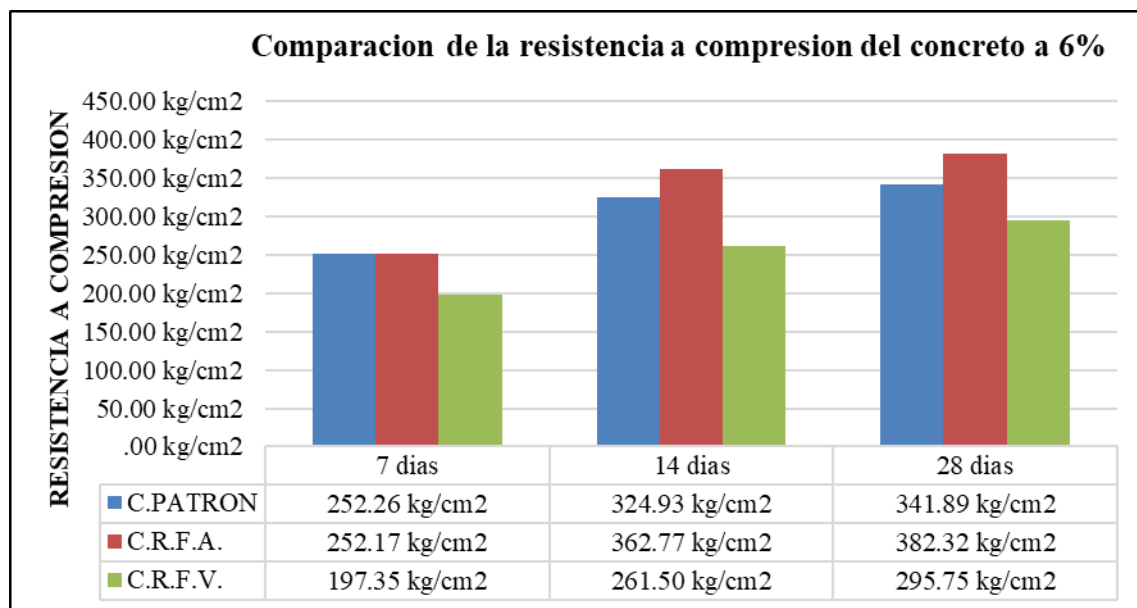


Figura 25. Comparación de la resistencia a compresión del C.P, C.R.F.A. y C.R.F.V.

4.1.13. Comparación de la RC de los concretos diseñados

Tabla 69.

Comparación total de resistencia a compresión del concreto

DESCRIPCIÓN	DIA 7 AL 4%	DIA 7 AL 6%	DIA 14 AL 4%	DIA 14 AL 6%	DIA 28 AL 4%	DIA 28 AL 6%
C.PATRON	223,80 kg/cm ²	252,26 kg/cm ²	336,81 kg/cm ²	324,93 kg/cm ²	341,89 kg/cm ²	341,89 kg/cm ²
C.R.F.A.	250,16 kg/cm ²	252,17 kg/cm ²	348,00 kg/cm ²	362,77 kg/cm ²	377,41 kg/cm ²	382,32 kg/cm ²
C.R.F.V.	179,58 kg/cm ²	197,35 kg/cm ²	249,47 kg/cm ²	261,50 kg/cm ²	258,14 kg/cm ²	295,75 kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

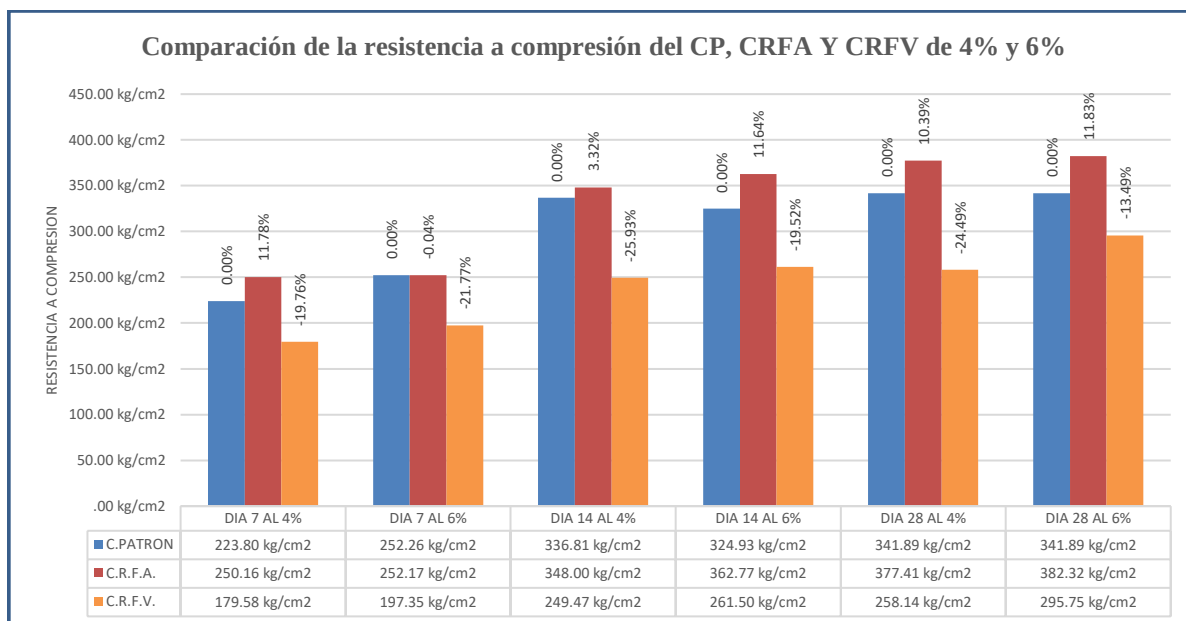


Figura 26. Comparación total de resistencia a compresión del concreto

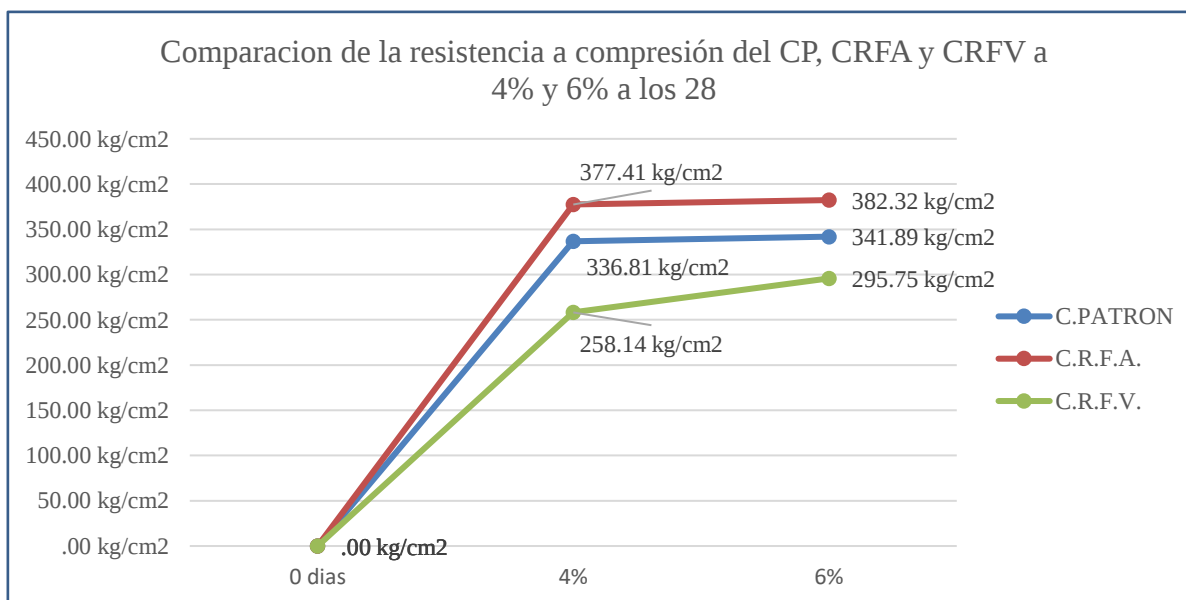


Figura 27. Comparación de la RC a los 28 días

4.1.14. Análisis estadístico: resistencia a compresión del CP

Tabla 70.

Análisis estadístico del CP – resistencia a compresión -28 días.

MUESTRA		X	$X - \bar{X}$	$(X_n - \bar{X})^2$
CP	I	321,65	20,24	409,52
CP	II	351,60	9,71	94,35
CP	III	352,41	10,52	110,74

Fuente: Elaboración propia.

$$\begin{aligned}
 n &= 3 \\
 \sum X &= 1025,66
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\bar{X} &= 341,89 \\ \sum(xn - u)2 &= 614,61 \\ \sigma &= 17,53015 \\ v &= 5,13\%\end{aligned}$$

Según la tabla de coeficiente de variación y desviación estándar, para este grupo la desviación estándar se califica como:

$$\sigma = 17.53$$

σ se encuentra entre 14.1 a 17.6

y el coeficiente de variación se considera:

$$V = 5.13\%$$

$$V > 5.00$$

4.1.15. Análisis estadístico: resistencia a compresión del CRFA al 4%

Tabla 71.

Análisis estadístico del CRFA A 4% – resistencia a compresión -28 días.

Muestra		X	$X - \bar{X}$	$(X_n - \bar{X})^2$
CP	I	381.06	3.65	13.32
CP	II	384.63	7.22	52.13
CP	III	366.54	-10.87	118.16

Fuente: Elaboración propia.

$$\begin{aligned}n &= 3 \\ \sum X &= 1132.23 \\ \bar{X} &= 377.41 \\ \sum(xn - u)2 &= 183.61 \\ \sigma &= 9.58 \\ v &= 2.54\%\end{aligned}$$

Según la tabla de coeficiente de variación y desviación estándar, para este grupo la desviación estándar se califica como:

$$\sigma = 9.58$$

$$\sigma < 14.1$$

y el coeficiente de variación se considera:

$$V = 2.54\%$$

$$V \text{ se encuentra entre } 2.0 \text{ a } 3.0$$

4.1.16. Análisis estadístico: resistencia a compresión del CRFA al 6%

Tabla 72.

Análisis estadístico del CRFA A 6% – resistencia a compresión -28 días.

Muestra		X	$X - \bar{X}$	$(X_n - \bar{X})^2$
CP	I	409.30	26.98	727.92
CP	II	385.35	3.03	9.18
CP	III	352.31	-30.01	900.60

Fuente: Elaboración propia.

$$\begin{aligned}
 n &= 3 \\
 \sum X &= 1146.96 \\
 \bar{X} &= 382.32 \\
 \sum (x_n - u)^2 &= 1637.70 \\
 \sigma &= 28.62 \\
 v &= 7.48\%
 \end{aligned}$$

Según la tabla de coeficiente de variación y desviación estándar, para este grupo la desviación estándar se califica como:

$$\sigma = 28.62$$

$$\sigma > 24.6$$

y el coeficiente de variación se considera:

$$V = 7.48\%$$

$$V > 5.0$$

4.1.17. Análisis estadístico: resistencia a compresión del CRFV al 4%

Tabla 73.

Análisis estadístico del CRFV A 4% – resistencia a compresión -28 días.

Muestra		X	$X - \bar{X}$	$(X_n - \bar{X})^2$
CP	I	233.71	-24.43	596.99
CP	II	271.83	13.69	187.32
CP	III	268.89	10.75	115.49

Fuente: Elaboración propia.

$$\begin{aligned}
 n &= 3 \\
 \sum X &= 774.43 \\
 \bar{X} &= 258.14 \\
 \sum (x_n - u)^2 &= 899.80 \\
 \sigma &= 21.21 \\
 v &= 8.22\%
 \end{aligned}$$

Según la tabla de coeficiente de variación y desviación estándar, para este grupo la desviación estándar se califica como:

$$\sigma = 21.21$$

$$\sigma \text{ se encuentra entre } 21.1 \text{ a } 24.6$$

y el coeficiente de variación se considera:

$$V = 8.22 \%$$

$$V > 5.0$$

4.1.18. Análisis estadístico: resistencia a compresión del CRFV al 6% .

Tabla 74.

Análisis estadístico del CRFV A 6% – resistencia a compresión -28 días.

Muestra		X	$X - \bar{X}$	$(X_n - \bar{X})^2$
CP	I	293.19	-2.56	6.55
CP	II	300.24	4.49	20.16
CP	III	293.82	-1.93	3.72

Fuente: Elaboración propia.

$$n = 3$$

$$\sum X = 887.25$$

$$\bar{X} = 295.75$$

$$\sum (x_n - u)^2 = 30.44$$

$$\sigma = 3.90$$

$$v = 1.32\%$$

Según la tabla de coeficiente de variación y desviación estándar, para este grupo la desviación estándar se califica como:

$$\sigma = 3.90$$

$$\sigma < 14.1$$

y el coeficiente de variación se considera:

$$V = 1.32 \%$$

$$V < 2.0$$

4.2. Prueba de hipótesis

4.2.1. Prueba de hipótesis a los 28 días del CP y CRFA en 4%.

a. Parámetro de interés

Descripción	valores estadísticos para comprobación de hipótesis		
		C.P (u1)	C.R.F.A. 4% (u2)
Media Aritmética	$\bar{X} =$	341,89	377,41
Varianza Muestral	$S^2 =$	307,31	91,80
Desviación Estándar	$S =$	17,53	9,58
Coeficiente de Variación	$CV =$	5,13%	2,54%

Fuente: Elaboración propia.

b. Hipótesis

H1: La resistencia del concreto reforzado con fibra de acero en 4% es mayor a la resistencia a compresión del concreto patrón en el distrito de Abancay – Apurímac 2019.

Ho: La resistencia del concreto reforzado con fibra de acero en 4% no es mayor a la resistencia a compresión del concreto patrón en el distrito de Abancay – Apurímac 2019.

Hipótesis Alterna H1: $u2 > u1$

Hipótesis nula Ho: $u2 \leq u1$

c. Nivel de significancia

Para el caso de proyectos de investigación se tomará:

$\alpha = 0.05$ con 95% de probabilidad de certeza

Para el caso del T-student lo hallaremos según la tabla estadística (ver anexo)

Nivel de Significancia $\alpha =$ 0,05

tabla estadística T = 2,92

d. Cálculo de t-student con $n1 + n2 - 2$ grados de libertad

$S_p =$ 14,13

$T_p =$ 7,23

e. Planteamiento

No se Rechaza si: H_1
 Se Rechaza si: H_0

$u_2 > u_1$
 $u_2 \leq u_1$, si $tp \geq t$

f. Conclusión

H_0 : $tp \geq t$: $3.08 > 2.92$, Se rechaza
 por lo tanto, se concluye que la hipótesis alterna es aceptada

4.2.2. Prueba de hipótesis a los 28 días del CP con respecto al CRFA en 6%.

a. Parámetro de interés

Descripción	valores estadísticos para comprobación de hipótesis		
		C.P (u1)	C.R.F.A. 6% (u2)
Media Aritmética	$\bar{X} =$	341,89	382,32
Varianza Muestral	$S^2 =$	307,31	818,85
Desviación Estándar	$S =$	17,53	28,62
Coefficiente de Variación	$CV =$	5,13%	7,48%

Fuente: Elaboración propia.

b. Hipótesis

H1: La resistencia del concreto reforzado con fibra de acero en 6% es mayor a la resistencia a compresión del concreto patrón en el distrito de Abancay – Apurímac 2019.

H0: La resistencia del concreto reforzado con fibra de acero en 6% no es mayor a la resistencia a compresión del concreto patrón en el distrito de Abancay – Apurímac 2019.

Hipótesis Alterna H_1 : $u_2 > u_1$
 Hipótesis nula H_0 : $u_2 \leq u_1$

c. Nivel de significancia

Para el caso de proyectos de investigación se tomará:

$\alpha = 0.05$ con 95% de probabilidad de certeza

Para el caso del T-student lo hallaremos según la tabla estadística (ver anexo)

Nivel de Significancia $\alpha =$ 0,05

tabla estadística T = 2,92

d. Cálculo de t-student con $n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad

Sp = 23.73
Tp = 4.56

e. Planteamiento

No se Rechaza si: H_1 $u_2 > u_1$
Se Rechaza si: H_0 $u_2 \leq u_1$, si $t_p \geq t$

f. Conclusión

Se Rechaza H_0 , dado que $t_p \geq t$, $4.56 > 2.92$.
por lo tanto, se aceptada la hipótesis planteada para un C.R.F.A al 6%

4.2.3. Prueba de hipótesis a los 28 días del CP con respecto al CRFV en 4%.

a. Parámetro de interés

Descripción	valores estadísticos para comprobación de hipótesis		
		C.P (u1)	C.R.F.A. 6% (u2)
Media Aritmética	$\bar{X} =$	341,89	382,32
Varianza Muestral	$S^2 =$	307,31	818,85
Desviación Estándar	$S =$	17,53	28,62
Coeficiente de Variación	$CV =$	5,13%	7,48%

Fuente: Elaboración propia.

b. Hipótesis

H1: La resistencia del concreto reforzado con fibra de vidrio en 4% es mayor a la resistencia a compresión del concreto patrón en el distrito de Abancay – Apurímac 2019.

H0: La resistencia del concreto reforzado con fibra de vidrio en 4% no es mayor a la resistencia a compresión del concreto patrón en el distrito de Abancay – Apurímac 2019.

Hipótesis Alterna H_1 : $u_2 > u_1$
Hipótesis nula H_0 : $u_2 \leq u_1$

c. Nivel de significancia

Para el caso de proyectos de investigación se tomará:

$\alpha = 0.05$ con 95% de probabilidad de certeza

Para el caso del T-student lo hallaremos según la tabla estadística (ver anexo)

Nivel de Significancia $\alpha =$	0,05
tabla estadística T =	2,92

d. Cálculo de t-student con $n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad

$$S_p = 19.46$$

$$T_p = -2.26$$

e. Planteamiento

No se Rechaza si: $H_1 \quad u_2 > u_1$

Se Rechaza si: $H_0 \quad u_2 \leq u_1$, si $t_p \geq t$

f. Conclusión

Se Rechaza H_1 , dado que $t_p \geq t$, $-2.26 > 2.92$.

Por lo tanto, la hipótesis planteada se rechaza para un C.R.F.V al 4%.

4.2.4. Prueba de hipótesis a los 28 días del CP con respecto al CRFV en 6%.

a. Parámetro de interés

Descripción	valores estadísticos para comprobación de hipótesis		
		C.P (u1)	C.R.F.V. 6% (u2)
Media Aritmética	$\bar{X} =$	341,89	295,75
Varianza Muestral	$S^2 =$	307,31	15,22
Desviación Estándar	$S =$	17,53	3,90
Coeficiente de Variación	$CV =$	5,13%	1,32%

Fuente: Elaboración propia.

b. Hipótesis

H1: La resistencia del concreto reforzado con fibra de vidrio en 6% es mayor a la resistencia a compresión del concreto patrón en el distrito de Abancay – Apurímac 2019.

Ho: La resistencia del concreto reforzado con fibra de vidrio en 6% no es mayor a la resistencia a compresión del concreto patrón en el distrito de Abancay – Apurímac 2019.

Hipótesis Alterna H1: $u_2 > u_1$
Hipótesis nula Ho: $u_2 \leq u_1$

c. Nivel de significancia

Para el caso de proyectos de investigación se tomará:

$\alpha = 0.05$ con 95% de probabilidad de certeza

Para el caso del T-student lo hallaremos según la tabla estadística (ver anexo)

Nivel de Significancia $\alpha =$ 0,05
tabla estadística T = 2,92

d. Cálculo de t-student con $n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad

$S_p =$ 12.70
 $T_p =$ 0.17

e. Planteamiento

No se Rechaza si: H1 $u_2 > u_1$
Se Rechaza si: Ho $u_2 \leq u_1$, si $t_p \geq t$

f. Conclusión

Se Rechaza H1, dado que $t_p \geq t$, $-0.17 > 2.92$.

por lo tanto, se aceptada la hipótesis planteada para un C.R.F.V al 6%

4.3. Discusión

López Román en su investigación “Análisis de las propiedades del concreto reforzado con fibras cortas de acero y macrofibras de polipropileno: Influencia del tipo y consumo de fibra adicionado”. Llego a la conclusión “la inclusión de fibras de acero y de macrofibras de polipropileno en las mezclas de concreto ayuda de manera sustancial a disminuir la aparición

de grietas por contracción plástica; conforme se aumenta el consumo de fibra se logra disminuir en número, espesor y longitud las grietas. Para porcentajes volumétricos iguales de ambas fibras resulta evidente que la macrofibra de polipropileno tiene un mejor desempeño que la fibra de acero para el control de grietas.” (López Román, 2015).

Abrigo Campos en su investigación; “Resistencia del concreto $f'_c=210$ kg/cm adicionando fibra de vidrio en proporciones de 2%, 4% Y 6%.”; llegó a la conclusión “que el concreto patrón y el concreto con refuerzo de fibra de vidrio en los porcentajes ya mencionados tuvieron una resistencia nominal a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días. Según los resultados obtenidos se observó que la fibra de vidrio favorece a la resistencia a la compresión axial en el porcentaje de 2% con 251.41 kg/cm² sobre el concreto patrón con 230.13 kg/cm² y sobre los demás porcentajes esto a la edad de 28 días, con estos resultados obtenidos la hipótesis solo se cumplió en el porcentaje de 2%, por lo tanto se puede concluir que la hipótesis se cumplió parcialmente., así como también la presencia de fibras cortas de acero en el concreto propicia una mejora notable en la resistencia a la abrasión y la mejora resulta proporcional al consumo de fibra; para el mayor consumo de fibra estudiado se logró reducir el desgaste por abrasión en 34%. Las macrofibras de polipropileno permitieron reducir el desgaste a la abrasión en 5%.” (Abrigo Campos, 2018)

Huamán Quispe en su tesis; “Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibra de vidrio”. Arribó a la conclusión de que “el análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados indican que estos pueden ser usados en elaboración de un concreto con adición de fibra de vidrio; el concreto es uno de los materiales más usados en la construcción hoy en día, sin embargo, presentan algunos aspectos negativos como por ejemplo su baja resistencia a la tracción, flexión, la constante fisuración por contracción plástica y un deficiente desempeño en condiciones de cambios de humedad.” (Huamán Quispe, 2015)

Estos resultados hallados por en las investigaciones anteriores guardan relación con los resultados de esta investigación debido a que el concreto se refuerza para darle fuerza adicional, el concreto reforzado puede abarcar muchos tipos de estructuras y de componentes, dentro de sus características de los concretos está la de mayor importancia “resistencia a la compresión axial” por lo cual consideramos a esta propiedad como la más representativa.

Por otra parte, cabe mencionar el refuerzo de un concreto con fibra de acero y fibra de vidrio debido a que estos generan mayor resistencia al concreto permitiendo de este modo tener mayor durabilidad en el tiempo y es una buena opción para la construcción.

CONCLUSIONES

1. El mayor incremento a la resistencia de compresión del concreto a 28 días al 4% fue del concreto con refuerzo de fibra de acero con un resultado de $377,41 \text{ kg/cm}^2$, cuyo desarrollo se encuentra en la Tabla 71, del cual se puede apreciar un aumento de 35,52 respecto a la resistencia del concreto inicial (concreto patrón) a la misma edad, en el caso del aumento o incremento de la resistencia a compresión del concreto a una edad de 28 días al 6% fue del concreto con refuerzo de la fibra de acero con un resultado de $382,32 \text{ kg/cm}^2$, cuyo desarrollo se encuentra en la Tabla 72, lo que nos indica un ascenso de 40,43 respecto a la resistencia del concreto inicial (concreto patrón) a la misma edad.
2. El estudio de propiedades del agregado se ha desarrollado con agregados traídos de 2 canteras como es agregado fino de la cantera Aymituma y agregado grueso de la cantera Gamarra los resultados se muestra en la Tabla 32 en donde aprecia que a tenemos un óptimo módulo de fineza en el agregado fino y mientras que en grueso se llega a cumplir los parámetros de la curva de granulometría.
3. En cuanto a resistencia a compresión: el concreto patrón en los 28 días alcanzo a $341,89 \text{ kg/cm}^2$, la resistencia del concreto con refuerzo de la fibra de acero en 4% fue de $377,41 \text{ kg/cm}^2$ (Tabla 71) lo que nos indica que la resistencia se incrementó en un 10.68% respecto al concreto inicial (concreto patrón) y la resistencia del concreto con refuerzo de la fibra de acero en 6% fue de 382.32 kg/cm^2 (Tabla 72) se acrecentó en un 12.12% respecto al concreto inicial (concreto patrón), mientras que la resistencia reforzada con fibra de vidrio en 4% alcanzo a los $258,14 \text{ kg/cm}^2$ lo que indica que la resistencia disminuyo en un -24.30% con relación al concreto inicial (concreto patrón) y la resistencia del concreto reforzada con fibra de vidrio en 6% es 295.75 kg/cm^2 lo que indica que la resistencia disminuyo en 13.27 % respecto al concreto patrón.

4. El SLUMP del concreto inicial (concreto patrón) alcanzo a 3,42 plg lo cual nos indica que el concreto es trabajable e ideal, como también el SLUMP del concreto con refuerzo de fibra de acero al 4% y 6% fue de 2,46 y 1,56 respectivamente lo cual nos indica que la trabajabilidad del concreto con refuerzo de la fibra de acero en 4% es medianamente trabajable y la trabajabilidad del concreto con refuerzo de fibra de acero a un 6% es poco trabajable, el SLUMP reforzado con fibra de vidrio al 4% y 6% alcanzó 1.25 y 0,25 lo cual nos indica que en ambos casos el concreto es poco trabajable.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda ampliar la investigación no solo a resistencia a compresión sino también a la resistencia a flexión con diferentes porcentajes de refuerzo para complementar conocimientos.
2. Se recomienda realizar una investigación en el q nos indique el porcentaje máximo de limite que se puede añadir la fibra de acero y fibra de vidrio.
3. Se recomienda que se haga otras investigaciones solo a los agregados con mayor número de ensayos para profundizar en el estudio de este y así poder diseñar con mayor precisión un concreto patrón sin sobrepasar la resistencia requerida conociendo las propiedades de estos agregados
4. Se recomienda que el concreto que esta reforzado con fibra de acero debe ser utilizado como una opción de uno de los materiales de construcción en las estructuras, debido a que nuestra investigación ha demostrado que las fibras de acero pueden mejorar el desempeño de estructuras, así como también para incrementar la resistencia. Al usar este material los estados del concreto tendrían mejores valores con respecto al concreto convencional, y este ayudaría en el proceso final del concreto, no podemos decir lo mismo respecto a la fibra de vidrio ya que este no nos arrojó los resultados esperados pero si se podría utilizar esta fibra en climas donde se presente el efecto del congelamiento y el deshielo ya que sus propiedades nos garantizan que tendremos una respuesta correcta.

BIBLIOGRAFÍA

- Abanto Castillo, F. (2009). *Tecnología del concreto (Teoría y problemas)* (Segunda ed.). Lima: San Marcos.
- Abrigo Campos, L. S. (2018). *Resistencia del concreto $f'c=210$ kg/cm adicionando fibra de vidrio en proporciones de 2%, 4% y 6%*. Universidad Privada del Norte, Cajamarca.
- Águeda Casado, E., Gonzalo Gracia, J., Martín Navarro, J., Garcia Jiménez, J. L., & Gómez Morales, T. (2015). *Elementos metálicos y sintéticos* (Sexta ed.). Madrid: Paraninfo.
- Águila Higuero, V. (2010). *Características físicas y mecánicas de hormigones eforzados con fibra de: vidrio, carbono y aramida*. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Behar Rivero, D. S. (2008). *Metodología de la investigación*.
- Bravo Celis, J. P. (2003). *Comportamiento mecánico del hormigón reforzado con fibra de vidrio: Influencia del porcentaje de fibra adicionado*. Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Carrillo Leiva, J. R., & Rojas Chávez, J. F. (2017). *Análisis comparativo de las propiedades mecánicas de compresión y flexión de un concreto patrón $f'c$ 210kg/cm² y un concreto reemplazado en porcentajes del 1, 2, 3 y 4% con Dramix 3D respecto al volumen del agregado fino de la mezcla, elaborado con agregad*. Universidad Andina del Cusco, Cusco.
- Cegarra Sánchez, J. (2004). *Metodología de la investigación científica y tecnológica* (Primera ed.). Madrid: Díaz de Santos.
- Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias - INDECOPI. (2008). Norma técnica peruana 400.011. Lima.
- Córdova Zamora, M. (2003). *Estadística descriptiva e inferencial aplicaciones* (Quinta ed.). Lima: Moshera S.R.L.

- De la Cruz Mercado, W. R., & Quispe Ccahuin, W. R. (2014). *Influencia de la adición de fibras de acero en el concreto empleado para pavimentos en la construcción de pistas en la Provincia de Huamanga - Ayacucho*. Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica.
- ESCOM TM. (28 de 04 de 2016). *ESCOM TM Aplicaciones técnicas*. Recuperado el 21 de 09 de 2019, de <https://www.atescom.es/fibra-vidrio-propiedades-aplicaciones/>
- Harmsen Gomez de la Torre , T. E. (2005). *Diseño de estructuras de concreto armado* (Cuarta ed.). Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigacion* (Quinta ed.). México D.F., México: McGRAW-HILL/ Interamericana editores, S.A. de C.V.
- Huamán Quispe, A. (2015). *Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibra de vidrio*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
- Huansha Villanueva, D. (17 de 02 de 2010). *Slideshare*. Recuperado el 2019 de 09 de 15, de <https://es.slideshare.net/deyvis120/propiedades-del-estado-fresco>
- López Román, J. (2015). *Análisis de las propiedades del concreto reforzado con fibras cortas de acero y macrofibras de polipropileno: influencia del tipo y consumo de fibra adicionado*. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2009). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima.
- Pasquel Carbajal, E. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú* (Segunda ed.). Lima.
- Quispe Kevin y Peñaloza Mario H, .. Analisis comparativo de la filosofia Lean Construction con el metodo convencional en la construccion de muros en cerco perimetrico con unidades de albañileria de arcilla en aparejo soga en la Institución Educativa Sagrado

- Corazon de Jesus, Abancay - 2014. (*Título de Grado para Ingeniería Civil*).
Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay - Perú.
- Rivera Quio, T. (16 de 10 de 2014). *SlideShares*. Recuperado el 22 de 09 de 2019, de
<https://es.slideshare.net/tahinariveraquio/concreto-y-sus-propiedades>
- Rivva López, E. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto* (Primera ed.). Lima: ICG.
- Sánchez De Guzmán, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero* (Quinta ed.). Bogotá,
Colombia: Bhandar.
- Uribe De La Cruz, W. (2017). *Influencia de las fibras de acero Wirand®FF1, en las
características físicas y mecánicas del concreto $f'c$ 28 Mpa, en el distrito de Lima, 2017*.
Universidad César Vallejo, Lima.
- Valderrama Mendoza, S. (2007). *Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación
científica*. Lima, Perú: San Marcos E.I.R.L.

Los anexos, panel fotográficos y otros documentos se encuentran resguardados en
los archivos Central de la Biblioteca de la Universidad Tecnológica de los Andes