

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**UPLA**  
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

**TESIS**

**INFLUENCIA DE LAS FIBRAS HIBRIDAS EN LAS  
PROPIEDADES FRESCAS Y ENDURECIDAS DEL  
CONCRETO CONVENCIONAL**

**PRESENTADO POR:**

Bach. TEJADA VILLANUEVA, RICHARD EDUARD

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL**  
NUEVAS TECNOLOGÍAS Y PROCESOS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

2023

## HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

---

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera

PRESIDENTE

---

Mg. Jesús Iden Cárdenas Capcha

JURADO

---

Ing. Lidia Benigna Larrazábal Sánchez

JURADO

---

Ing. Alcides Luis Fabián Brañez

JURADO

---

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza

SECRETARIO DOCENTE

---

Ing. Dayana Mary Montalván Salcedo

ASESOR

## **DEDICATORIA**

A mi madre Lucila Villanueva Terán, por su constante apoyo, por su aliento en los momentos más difíciles, a ella le debo todo lo que tengo en esta vida.

A mi hermana Rosa, mi sobrina Nathaly, mi primo Ever y a todos mis familiares, los cuales me motivaron a seguir adelante.

**El autor**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, debo expresar mi especial gratitud a toda mi familia Villanueva, por su apoyo incondicional durante mi época universitaria y posterior en la elaboración de este proyecto de investigación.

A mi alma mater la Universidad Peruana Los Andes, y su Escuela Profesional de Ingeniería Civil, con sus excelentes docentes en especial a los señores ingenieros, Felipe Luis Durand López, Juan Carlos Gallardo Mendoza y Fernando Manuel Uchuypoma Montes, a los cuales debo este amor hacia la ingeniería.

A mi asesor, la ingeniera Dayana Mary Montalván Salcedo por brindarme sus conocimientos referentes a diseño de mezclas de concreto, sus orientaciones y recomendaciones fueron fundamentales para la culminación de la presente investigación.

Al Laboratorio de Prueba y Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM – FIA), bajo la dirección del Ing. Alfonso Cerna Vázquez por la facilidad prestada de sus instalaciones para la elaboración de esta investigación experimental, y al técnico Felipe Choque por toda la información y ayuda brindada.

Del mismo modo quiero agradecer a Marlene, Lizzeth, Raquel, Emelina y Evelin por compartir conmigo momentos de locura y amistad verdadera. También a María del Carmen (MDC/1600) y Celi, por su paciencia y apoyo incondicional aquí en Huancayo, y a mis compañeros de la FI, muchas gracias a todos.



**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**DIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN**

*“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”*

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA DEJA:

**CONSTANCIA N° 370**

Que, el (la) bachiller: Bachilleres, Bachiller, **RICHARD EDUARD TEJADA VILLANUEVA**, de la Escuela Profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, presentó la tesis denominada **denominado: “INFLUENCIA DE LAS FIBRAS HIBRIDAS EN LAS PROPIEDADES FRESCAS Y ENDURECIDAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL”**, la misma que cuenta con **214 Páginas**, ha sido ingresada por el **SOFTWARE – TURNITIN FEEDBACK STUDIO** obteniendo el **26%** de similitud.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Huancayo 30 de Noviembre del 2022



Dr. Santiago Zevallos Salinas  
Director de la Unidad de Investigación

## INDICE

<b>HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS .....</b>	<b>III</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>V</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>VI</b>
<b>INDICE.....</b>	<b>VII</b>
<b>INDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>XIII</b>
<b>INDICE DE TABLAS .....</b>	<b>XIV</b>
<b>INDICE DE GRAFICOS .....</b>	<b>XVII</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>XVIII</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XX</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>22</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>24</b>
1.1    Planteamiento del problema .....	24
1.2    Formulación y sistematización del problema.....	25
1.2.1    Problema general.....	25
1.2.2    Problemas específicos .....	25
1.3    Justificación.....	26
1.3.1    Justificación social o práctica.....	26
1.3.2    Justificación científica o técnica.....	26
1.3.3    Justificación metodológica.....	27
1.4    Delimitaciones.....	27
1.4.1    Delimitación espacial .....	27
1.4.2    Delimitación temporal.....	27
1.4.3    Delimitación temática .....	27
1.5    Limitaciones .....	28
1.5.1    Limitación de recursos .....	28
1.5.2    Limitación económica .....	28
1.6    Objetivos .....	29
1.6.1    Objetivo general .....	29
1.6.2    Objetivos específicos.....	29
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>30</b>

2.1	Antecedentes .....	30
2.1.1	Antecedentes internacionales .....	30
2.2	Marco conceptual .....	34
2.2.1	El concreto convencional .....	34
2.2.1.1	Componentes del concreto convencional .....	35
2.2.1.2	Propiedades del concreto .....	41
2.2.2	Fibras híbridas .....	47
2.2.2.1	Fibras .....	47
2.2.2.2	Ventajas y desventajas del uso de fibras en el concreto .....	48
2.2.2.3	Tipos y propiedades de las fibras usadas en el concreto .....	48
2.3	Definición de términos .....	52
2.4	Hipótesis .....	54
2.4.1	Hipótesis general .....	54
2.4.2	Hipótesis específicas .....	54
2.5	Variables .....	55
2.5.1	Definición conceptual de las variables .....	55
2.5.2	Definición operacional de las variables .....	55
2.5.3	Operacionalización de las variables .....	55
<b>CAPITULO III.....</b>		<b>59</b>
3.1	Método de investigación .....	59
3.1.1	Metodología cuantitativa .....	59
3.2	Tipo de investigación .....	59
3.2.1	Investigación experimental .....	59
3.3	Nivel de investigación .....	60
3.3.1	Nivel explicativo .....	60
3.4	Diseño de la investigación .....	60
3.4.1	Investigación de laboratorio o experimental .....	60
3.5	Población y muestra .....	61
3.5.1	Población .....	61
3.5.2	Muestra .....	61
3.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	63
3.6.1	Agregados .....	63
3.6.1.1	(ASTM C136/C136M, 2014) – (NTP 400.012:2013, 2018)	
	AGREGADOS: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.	



3.6.1.2	(ASTM C29/C29M, 2017) – (NTP 400.017:2011, 2016) AGREGADOS: Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“peso unitario”) y los vacíos en los agregados. ....	68
3.6.1.3	(ASTM C127, 2015) – (NTP 400.021:2013, 2018) AGREGADOS: Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (“peso específico”) y absorción del agregado grueso.....	70
3.6.1.4	(ASTM C128, 2015) – (NTP 400.022:2013, 2018) AGREGADOS: Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (“peso específico”) y absorción del agregado fino. ....	72
3.6.1.5	(ASTM C566, 2013) – (NTP 339.185: 2013, 2018) AGREGADOS: Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. ....	74
3.6.2	Diseño de mezcla ACI 211.....	76
3.6.2.1	Materiales.....	77
3.6.2.2	Procedimiento para el diseño de mezcla de un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ – Método (ACI Committee 211) .....	78
3.6.3	Verificación de diseño de mezcla.....	86
3.6.4	Concreto fresco .....	87
3.6.4.1	(ASTM C31/C31M, 2019) – (NTP 339.033:2015, 2015) CONCRETO: Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo.....	87
3.6.4.2	(ASTM C143/C143M, 2015) – (NTP 339.035:2015, 2015) CONCRETO: Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland.....	90
3.6.4.3	(ASTM C138/C138M, 2017) – (NTP 339.046:2008., 2013) CONCRETO: Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto). ....	91
3.6.5	Concreto endurecido .....	93
3.6.5.1	(ASTM C39/C39M, 2018) – (NTP 339.034:2015, 2015) CONCRETO: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.....	93
3.6.5.2	(ASTM C78/C78M, 2018) – (NTP 339.078:2012, 2017) – CONCRETO: Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.....	95
3.7	Procesamiento de la información .....	96

3.8	Técnicas y análisis de datos .....	96
3.8.1	Análisis estadístico.....	96
3.8.1.1	Fundamentos estadísticos.....	97
3.8.2	Prueba de hipótesis.....	100
3.8.2.1	Parámetro de interés.....	100
3.8.2.2	La hipótesis nula $H_0$ y la hipótesis alternativa $H_1$ .....	100
3.8.2.3	Nivel de significancia.....	102
3.8.2.4	Estadístico de prueba.....	102

## **CAPÍTULO IV.....105**

4.1	Ensayos del concreto fresco .....	105
4.1.1	Trabajabilidad .....	105
4.1.2	Peso unitario.....	107
4.1.3	Contenido de aire – método gravimétrico .....	109
4.2	Ensayos del concreto en estado endurecido. ....	112
4.2.1	Resistencia a la compresión .....	112
4.2.2	Resistencia a la flexión.....	117
4.3	Análisis estadístico.....	122
4.3.1	Análisis estadístico: Resistencia a la compresión concreto convencional o concreto patrón (CP) .....	122
4.3.2	Análisis estadístico: Resistencia a la compresión concreto fibrorreforzado experimental (CFE – I) con fibras híbridas 1 (comb. 1).....	123
4.3.3	Análisis estadístico: Resistencia a la compresión concreto fibrorreforzado experimental (CFE – II) con fibras híbridas 2 (comb. 2). ....	124
4.3.4	Análisis estadístico: Resistencia a la compresión concreto fibrorreforzado experimental (CFE – III) con fibras híbridas 3 (comb. 3).....	125
4.3.5	Análisis estadístico: Resistencia a la compresión concreto fibrorreforzado experimental (CFE – IV) con fibras híbridas 4 (comb. 4).....	126
4.3.6	Análisis estadístico: Resistencia a la compresión concreto fibrorreforzado experimental (CFE – V) con fibras híbridas 5 (comb. 5) .....	127
4.3.7	Análisis estadístico: Resistencia a la flexión concreto convencional o concreto patrón (CP).....	128
4.3.8	Análisis estadístico: Resistencia a la flexión concreto fibrorreforzado experimental (CFE – I) con fibras híbridas 1 (comb. 1).....	129
4.3.9	Análisis estadístico: Resistencia a la flexión concreto fibrorreforzado experimental (CFE – III) con fibras híbridas 3 (comb. 3).....	130

4.3.10	Análisis estadístico: Resistencia a la flexión concreto fibrorreforzado experimental (CFE – V) con fibras híbridas 5 (comb. 5) .....	131
4.4	Prueba de hipótesis.....	132
4.4.1	Prueba de hipótesis a los 28 días: Resistencia a la compresión concreto patrón (CP) con respecto al concreto fibrorreforzado experimental (CFE – I) .....	132
4.4.2	Prueba de hipótesis a los 28 días: Resistencia a la compresión concreto patrón (CP) con respecto al concreto fibrorreforzado experimental (CFE – II).....	133
4.4.3	Prueba de hipótesis a los 28 días: Resistencia a la compresión concreto patrón (CP) con respecto al concreto fibrorreforzado experimental (CFE – III).....	134
4.4.4	Prueba de hipótesis a los 28 días: Resistencia a la compresión concreto patrón (CP) con respecto al concreto fibrorreforzado experimental (CFE – IV) .....	135
4.4.5	Prueba de hipótesis a los 28 días: Resistencia a la compresión concreto patrón (CP) con respecto al concreto fibrorreforzado experimental (CFE – V).....	136
4.4.6	Prueba de hipótesis a los 28 días: Resistencia a la flexión concreto patrón (CP) con respecto al concreto fibrorreforzado experimental (CFE – I).....	137
4.4.7	Prueba de hipótesis a los 28 días: Resistencia a la flexión concreto patrón (CP) con respecto al concreto fibrorreforzado experimental (CFE – III). .....	138
4.4.8	Prueba de hipótesis a los 28 días: Resistencia a la flexión concreto patrón (CP) con respecto al concreto fibrorreforzado experimental (CFE – V). .....	139
4.5	Costo de producción.....	140
4.5.1	Análisis de costos unitarios .....	140
4.5.2	Comparativo económico .....	148
4.5.2.1	Metrado .....	150
4.5.2.2	Presupuesto .....	151
<b>CAPÍTULO V .....</b>		<b>153</b>
5.1	Concreto fresco .....	153
5.1.1	Trabajabilidad .....	153
5.1.2	Peso unitario.....	154
5.1.3	Contenido aire .....	154
5.2	Concreto endurecido .....	155
5.2.1	Resistencia a la compresión .....	155
5.2.2	Resistencia a la flexión.....	155
5.3	Costo de producción.....	156
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>157</b>

<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>159</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>160</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>167</b>
<b>PANEL FOTOGRAFICO.....</b>	<b>199</b>
<b>MATRIZ DE CONSISTENCIA .....</b>	<b>211</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 2:1 Componentes del concreto .....	34
Figura 2:2 Variación de las proporciones usadas en concreto, en volumen absoluto .....	35
Figura 2:3 Variación del tamaño de las partículas .....	37
Figura 2:4 Agregado grueso.....	38
Figura 2:5 Agregado fino.....	40
Figura 2:6 Tipos de fracturas .....	44
Figura 2:7 Esquema de aplicación de cargas en los tercios de la luz de la viga .....	46
Figura 2:8 concreto fibrorreforzados con fibras híbridas.....	48
Figura 2:9 Fibras de acero.....	49
Figura 2:10 Tipos de fibra de acero .....	50
Figura 2:11 Fibra de polipropileno .....	50
Figura 3:1 Análisis granulométrico – Agregado fino .....	65
Figura 3:2 Análisis granulométrico - Agregado grueso .....	67
Figura 3:3 Peso unitario suelto y compactado de los agregados grueso .....	68
Figura 3:4 Peso unitario suelto y compactado del agregado fino .....	69
Figura 3:5 Gravedad específica y absorción del agregado grueso .....	71
Figura 3:6 Gravedad específica y absorción del agregado fino .....	73
Figura 3:7 Determinación de la humedad natural de los agregados. ....	75
Figura 3:8 Verificación de diseño de mezcla.....	87
Figura 3:9 Elaboración de probetas cilíndricas y prismáticas.....	89
Figura 3:10 Desmoldado de probetas cilíndricas y prismáticas.....	89
Figura 3:11 Curado de probetas cilíndricas y prismáticas .....	90
Figura 3:12 Cono de Abrams: capas, varillado y medición del slump. ....	91
Figura 3:13 Determinación del peso unitario del concreto .....	93
Figura 3:14 Resistencia a la compresión de concreto .....	94
Figura 3:15 Testigos ensayados .....	95
Figura 3:16 Resistencia a la flexión de concreto .....	96
Figura 4:1 Especímenes ensayados a compresión .....	117
Figura 4:2 Especímenes ensayados a flexión.....	117
Figura 4:3 Piso Industrial de concreto armado. ....	149

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2:1 Límites químicos opcionales para el agua de mezcla combinada.....	36
Tabla 2:2 Requerimientos de granulometría para agregados gruesos.....	39
Tabla 2:3 Granulometría del agregado fino .....	41
Tabla 2:4 Clases de mezcla según asentamiento.....	42
Tabla 2:5 Tolerancia de resistencia según la edad.....	45
Tabla 2:6 Tabla de propiedades de tipos de fibras seleccionadas .....	51
Tabla 2:7 Variables dependientes .....	56
Tabla 2:8 Variables independientes .....	58
Tabla 3:1 Tabla de dosificaciones de las fibras en el concreto .....	62
Tabla 3:2 Tabla de especímenes de muestras cilíndricas.....	62
Tabla 3:3 Tabla de especímenes de muestras prismáticas .....	63
Tabla 3:4 Análisis granulométrico - Agregado fino .....	65
Tabla 3:5 Análisis granulométrico - Agregado grueso .....	66
Tabla 3:6 Peso unitario suelto y compactado del agregado fino.....	69
Tabla 3:7 Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso.....	69
Tabla 3:8 Formulas para gravedad específica y absorción del agregado grueso .....	71
Tabla 3:9 Gravedad específica y absorción del agregado grueso .....	72
Tabla 3:10 Formulas para gravedad específica y absorción del agregado fino .....	74
Tabla 3:11 Gravedad específica y absorción del agregado fino.....	74
Tabla 3:12 Humedad natural del agregado fino.....	76
Tabla 3:13 Humedad natural del agregado grueso.....	76
Tabla 3:14 Resultados de los ensayos de los agregados empleados .....	77
Tabla 3:15 Propiedades de las fibras.....	78
Tabla 3:16 Dosificación en peso y porcentaje de la combinación de fibras .....	78
Tabla 3:17 Resistencia promedio a la compresión requerida.....	79
Tabla 3:18 Asentamientos recomendables para diversos tipos de obras. ....	79
Tabla 3:19 Cantidades aproximadas de agua de amasado para diferentes slump, tamaño máximo de agregado y contenido de aire.....	80
Tabla 3:20 Relación agua/cemento Vs $f'_{cp}$ .....	81
Tabla 3:21 Volumen de agregado grueso compactado en seco por metro cubico de concreto....	82
Tabla 3:22 Cálculo de los volúmenes absolutos de cada material .....	83
Tabla 3:23 Cálculo de los pesos humedad de cada material .....	84
Tabla 3:24 Cálculo del aporte de agua de cada material.....	85
Tabla 3:25 Diseño de mezcla final concreto convencional (Concreto patrón) .....	85

Tabla 3:26 Diseño de mezcla final concreto convencional y concreto fibrorreforzado experimental con fibras híbridas .....	86
Tabla 3:27 Valores de dispersión en el control del concreto .....	97
Tabla 4:1 Asentamientos, según el tipo de concreto.....	105
Tabla 4:2 Peso unitario de los CP, CFE – I, CFE – II, CFE – III y CFE - IV .....	107
Tabla 4:3 Peso unitario del CFE – V .....	108
Tabla 4:4 Resumen de los pesos unitarios .....	108
Tabla 4:5 Pesos y volúmenes según componentes del concreto convencional (CP) .....	109
Tabla 4:6 Pesos y volúmenes según componentes de los CFE – I, CFE – II y CFE – III, CFE – IV y CFE – V .....	110
Tabla 4:7 Contenido de aire (%).....	111
Tabla 4:8 Resistencia a la compresión concreto patrón (CP) .....	112
Tabla 4:9 Resistencia a la compresión concreto fibrorreforzado experimental I (CFE – I) .....	113
Tabla 4:10 Resistencia a la compresión concreto fibrorreforzado experimental II (CFE – II)..	113
Tabla 4:11 Resistencia a la compresión concreto fibrorreforzado experimental III (CFE – III) .....	114
Tabla 4:12 Resistencia a la compresión concreto fibrorreforzado experimental IV (CFE – IV) .....	114
Tabla 4:13 Resistencia a la compresión concreto fibrorreforzado experimental V (CFE – V) ..	115
Tabla 4:14 Resumen resistencia a la compresión promedio .....	115
Tabla 4:15 Resistencia a la flexión concreto patrón (CP).....	118
Tabla 4:16 Resistencia a la flexión concreto fibrorreforzado experimental I (CFE – I).....	118
Tabla 4:17 Resistencia a la flexión concreto fibrorreforzado experimental III (CFE – III) .....	119
Tabla 4:18 Resistencia a la flexión concreto fibrorreforzado experimental V (CFE – V).....	119
Tabla 4:19 Resumen resistencia a la flexión promedio .....	120
Tabla 4:20 Análisis estadístico CP: Resistencia a la compresión 28 días.....	122
Tabla 4:21 Análisis estadístico CFE – I: Resistencia a la compresión 28 días.....	123
Tabla 4:22 Análisis estadístico CFE – II: Resistencia a la compresión 28 días.....	124
Tabla 4:23 Análisis estadístico CFE – III: Resistencia a la compresión 28 días .....	125
Tabla 4:24 Análisis estadístico CFE – IV: Resistencia a la compresión 28 días .....	126
Tabla 4:25 Análisis estadístico CFE – V: Resistencia a la compresión 28 días .....	127
Tabla 4:26 Análisis estadístico CP: Resistencia a la flexión 28 días .....	128
Tabla 4:27 Análisis estadístico CFE – II: Resistencia a la flexión 28 días.....	129
Tabla 4:28 Análisis estadístico CFE – III: Resistencia a la flexión 28 días.....	130
Tabla 4:29 Análisis estadístico CFE –V: Resistencia a la flexión 28 días.....	131

Tabla 4:30 Prueba de hipótesis resistencia a la compresión CP respecto al CFE – I.....	132
Tabla 4:31 Prueba de hipótesis resistencia a la compresión CP respecto al CFE – II .....	133
Tabla 4:32 Prueba de hipótesis resistencia a la compresión CP respecto al CFE – III.....	134
Tabla 4:33 Prueba de hipótesis resistencia a la compresión CP respecto al CFE – IV.....	135
Tabla 4:34 Prueba de hipótesis resistencia a la compresión CP respecto al CFE – V .....	136
Tabla 4:35 Prueba de hipótesis resistencia a la flexión CP respecto al CFE – I.....	137
Tabla 4:36 Prueba de hipótesis resistencia a la flexión CP respecto al CFE – III .....	138
Tabla 4:37 Prueba de hipótesis resistencia a la flexión CP respecto al CFE – V .....	139
Tabla 4:38 Análisis de costos unitarios concreto convencional.....	141
Tabla 4:39 Análisis de costos unitarios concreto fibrorreforzado experimental I .....	142
Tabla 4:40 Análisis de costos unitarios concreto fibrorreforzado experimental II .....	143
Tabla 4:41 Análisis de costos unitarios concreto fibrorreforzado experimental III.....	144
Tabla 4:42 Análisis de costos unitarios concreto fibrorreforzado experimental IV.....	145
Tabla 4:43 Análisis de costos unitarios concreto fibrorreforzado experimental V.....	146
Tabla 4:44 Costo directo por m <sup>3</sup> de cada tipo de concreto.....	147
Tabla 4:45 Metrado piso industrial de concreto armado.....	150
Tabla 4:46 Metrado piso industrial de concreto fibrorreforzado .....	150
Tabla 4:47 Análisis de costos unitarios del acero estructural .....	151
Tabla 4:48 Costo directo de piso industrial de concreto armado .....	151
Tabla 4:49 Costo directo de piso industrial de concreto fibrorreforzado.....	152
Tabla 4:50 Comparativo económico .....	152



## INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 3:1 Curva granulométrica del agregado fino .....	66
Gráfico 3:2 Curva granulométrica del agregado grueso .....	67
Gráfico 4:1 Asentamiento, según tipo de concreto. ....	106
Gráfico 4:2 Peso unitario, según tipo de concreto. ....	108
Gráfico 4:3 Contenido de aire .....	111
Gráfico 4:4 Resistencia a la compresión a los 28 días .....	116
Gráfico 4:5 Influencias de los % de las fibras híbridas en la resistencia a la compresión .....	116
Gráfico 4:6 Resistencia a la flexión a los 28 días .....	120
Gráfico 4:7 Influencia de los % de las fibras híbridas en la resistencia a la flexión .....	120
Gráfico 4:8 Influencia del % contenido de aire en las resistencias .....	121
Gráfico 4:9 Costo de producción .....	147
Gráfico 4:10 Influencia de los % de las fibras híbridas en el de costo de producción.....	147

## RESUMEN

La presente investigación titulada: “Influencia de las fibras híbridas en las propiedades frescas y endurecidas del concreto convencional”, partió del problema de investigación. ¿Cómo influye el uso de fibras híbridas como refuerzo secundario en las propiedades frescas y endurecidas del concreto convencional con una resistencia de diseño  $f^c=210$  kg/cm<sup>2</sup>?

Nuestro objetivo es, evaluar la influencia del uso fibras híbridas como refuerzo secundario en las propiedades frescas y endurecidas del concreto convencional con una resistencia de diseño  $f^c =210$  kg/cm<sup>2</sup>.

Siendo nuestra hipótesis, el uso de fibras híbridas como refuerzo secundario, influyen significativamente en las propiedades frescas y endurecidas del concreto convencional con una resistencia de diseño  $f^c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.

Para la presente investigación usamos la metodología cuantitativa, de tipo experimental con un nivel explicativo.

En conclusión, decimos que el uso de fibras híbridas como refuerzo secundario del concreto convencional influyen significativamente en las propiedades endurecidas, como son la resistencia a la compresión y flexión con valores máximos de 374.83 kg/cm<sup>2</sup> y 50.05 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. En cuanto a las propiedades frescas, como peso unitario y contenido de aire las combinaciones no hacen variaciones significativas, solo la trabajabilidad se ve afectada según se incrementa la dosificación de fibras híbridas. Asimismo, el costo de producción se ve incrementado hasta en 118.18% por m<sup>3</sup> en comparación al concreto convencional, pero al realizar un comparativo económico para

una partida de piso industrial, entre concreto armado y concreto fibrorreforzado con fibras híbridas (CFE – III), este último genera un ahorro de hasta 28.06% por m<sup>2</sup>.

**Palabras clave:** Concreto fibrorreforzado experimental, fibras híbridas, concreto convencional, propiedades frescas y endurecidas, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, trabajabilidad, costo de producción.

## ABSTRACT

The present investigation entitled: "Influence of hybrid fibers on the fresh and hardened properties of conventional concrete", started from the research problem. How does the use of hybrid fibers as secondary reinforcement influence the fresh and hardened properties of conventional concrete with a design strength  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ ?

Our objective is to evaluate the influence of the use of hybrid fibers as secondary reinforcement on the fresh and hardened properties of conventional concrete with a design resistance  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

Being our hypothesis, the use of hybrid fibers as secondary reinforcement significantly influences the fresh and hardened properties of conventional concrete with a design resistance  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

For the present investigation we use the quantitative methodology, of an experimental type with an explanatory level.

In conclusion, we say that the use of hybrid fibers as secondary reinforcement of conventional concrete significantly influences the hardened properties, such as compressive and flexural strength with maximum values of  $374.83 \text{ kg/cm}^2$  and  $50.05 \text{ kg/cm}^2$ , respectively. Regarding the fresh properties, such as unit weight and air content, the combinations do not make significant variations, only the workability is affected as the dosage of hybrid fibers increases. Likewise, the production cost is increased by up to 118.18% per  $\text{m}^3$  compared to conventional concrete, but when making an economic comparison for an industrial floor item, between reinforced concrete and fiber-reinforced

concrete with hybrid fibers (CFE - III), this the latter generates savings of up to 28.06% per m<sup>2</sup>.

**Keywords:** Experimental fiber-reinforced concrete, hybrid fibers, conventional concrete, fresh and hardened properties, compressive strength, flexural strength, workability, cost of production.

## INTRODUCCIÓN

En la búsqueda de nuevas tecnologías para mejorar las propiedades mecánicas del concreto convencional, los ingenieros civiles hemos ido explorando diferentes materiales para controlar su fragilidad, entre tantos; las fibras han demostrado que en conjunto conforman un material capaz de mejorar significativamente su desempeño estructural, es así que aumentó su tenacidad y su capacidad de absorción de energía.

Los diversos estudios mayormente se centran en las fibras de acero y una minoría en las fibras de polipropileno, vidrio, carbono, basalto, etc. Se ha demostrado que las fibras aumentan las propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión y flexión. Sin embargo, el uso de fibras híbridas de acero y polipropileno en el concreto convencional es una tecnología nueva, la cual ha venido siendo estudiado en los últimos años y que aún está en discusión.

La presente investigación esta subdividido en 5 capítulos.

En el capítulo I: El problema de investigación, en este ítem planteamos nuestro problema, formulamos nuestras preguntas, justificamos la importancia de nuestra investigación. Además, detallaremos los objetivos tanto generales como específicos, asimismo hablaremos de nuestras limitaciones y delimitaciones.

En el capítulo II: Marco teórico, en este apartadado abarcaremos todos los antecedentes relacionados con el tema de investigación, hablaremos de los conceptos ya establecidos en el marco conceptual, definiremos los términos del problema de investigación. También formulamos nuestras hipótesis, definimos nuestras variables tanto dependientes como independientes y la operacionalización de las mismas.

En el capítulo III: Metodología, en este módulo definimos el método, tipo, nivel y diseño de la investigación, además describiremos nuestra población y muestras de estudio. En cuanto a las técnicas e instrumentos de recolección de datos y procesamiento de la información, usamos toda la normatividad vigente como NTP, ASTM y ACI para caracterización de agregados, diseño de mezcla, elaboración y curado de concreto, ensayos de resistencia a compresión y flexión. En cuanto a las técnicas y análisis de datos, la presente investigación utiliza al análisis estadístico y la prueba de hipótesis para validar los resultados de investigación.

En el capítulo IV: Resultados, en esta unidad detallamos los ensayos hechos al concreto fresco y endurecido: como son la consistencia, peso unitario, contenido de aire, resistencia a la compresión y flexión. Seguido haremos el análisis estadístico para cada tipo de concreto, y para validar nuestra hipótesis usaremos el estadístico t de Student. Finalizamos el capítulo haciendo un análisis de costos unitarios para determinar el costo de producción de cada tipo de concreto.

En el capítulo V: Discusión de resultados, en esta sección haremos un contraste de nuestros resultados con los resultados de otros autores, es así que hablaremos de la disminución de la trabajabilidad e incremento del peso unitario del concreto y su porque, las variaciones de la resistencia a la compresión y flexión y su significado y finalizamos hablando de las implicancias que tiene la adición de nuevos materiales en el costo de producción del concreto.

Finalmente terminamos con nuestras conclusiones, y proporcionaremos algunas recomendaciones y/o sugerencias para la elaboración de un concreto fibrorreforzado con fibras híbridas de acero y polipropileno y además proporcionamos toda la literatura usada en la presente investigación.

La presente investigación proporciona datos experimentales, en el cual incluyen tablas, gráficos, dosificaciones, diseños, comparaciones necesarias para sustentar que dosificación de fibras híbridas elegir según sea la necesidad del proyecto.

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 Planteamiento del problema

El Perú no ha sido ajeno al uso de concretos reforzados con fibras, ya que se ha vuelto una tecnología de aplicación, ahora ya es habitual emplear este tipo de material en grandes proyectos de pavimentación industrial, como pistas de aterrizaje o almacenes de gran envergadura, en la minería estos concretos también son utilizados para sostenimiento de túneles a través de concretos lanzados reforzado con fibras metálicas.

Desde su aplicación en los concretos convencionales para reforzar sus propiedades mecánicas, las fibras han tenido un gran impacto en la industria de la construcción, ya que gracias a estas los concretos fibrorreforzado han presentado una buena alternativa estructural, ya que han logrado estabilizar la resistencia mecánica a la tracción, ya que estas dentro del concreto construyen una especie de micro – armaduras, las cuales contrarrestan las fisuras por retracción.

Cabe resaltar que las fibras metálicas y sintéticas por lo general siempre son usadas de manera independientemente, es decir, en el mercado existe concreto reforzados con fibras metálicas, y concretos reforzados con fibras sintéticas. A través de los diversos estudios se ha demostrado que los concretos reforzados con fibras sintéticas, mejoran notablemente la resistencia a la compresión pero que estas sin embargo no influyen mucho en la resistencia a la flexión. Por su parte las fibras



metálicas mejoran significativamente la resistencia a la flexión, pero en contraparte estas no hacen grandes variaciones en la resistencia a compresión.

“Una combinación de fibras de acero y sintéticas puede mejorar la tenacidad de concreto para pequeños y grandes desplazamientos de apertura de grietas y reducir la anchura de las grietas por contracción.” (Cominoli, y otros, 2006 pág. 9)

Por su parte (Javier Silva, 2018) nos dice que “La combinación permite mejorar la tenacidad y la resistencia al impacto del concreto reforzado con fibras de acero, con la reducción de la fisuración por contracción plástica de los concretos con fibras de polipropileno.”

Con la presente investigación se pretende incorporar nuevos materiales a la tecnología del concreto. Cuyos últimos estudios se han basado en la búsqueda de un concreto fibrorreforzado más eficiente en obra, que presente un mejor desempeño estructural, es decir, mejore significativamente sus propiedades mecánicas, en ese sentido, el presente estudio hará uso de fibras híbridas, es decir, una combinación de fibras metálicas y fibras de polipropileno con el fin de obtener un concreto fibrorreforzado que ofrezca altas prestaciones mecánicas. Para lo cual se harán ensayos de resistencia a la compresión y resistencia a la flexión según las Norma Técnicas Peruanas (NTP 339.034:2015, 2015) y (NTP 339.078:2012, 2017), respectivamente.

## **1.2 Formulación y sistematización del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cómo influye el uso de fibras híbridas como refuerzo secundario en las propiedades frescas y endurecidas del concreto convencional con una resistencia de diseño  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- a) ¿Cómo influye la adición de diferentes porcentajes de fibras híbridas, en la propiedad mecánica de resistencia a la compresión del concreto convencional evaluado a los 28 días?
- b) ¿Cómo influye la adición de diferentes porcentajes de fibras híbridas, en la

propiedad mecánica de resistencia a la flexión del concreto convencional evaluado a los 28 días?

- c) ¿Cuál será la trabajabilidad del concreto fibrorreforzado experimental con fibras híbridas en comparación a la del concreto convencional?
- d) ¿Cuál será el peso unitario y contenido de aire del concreto fibrorreforzado experimental con fibras híbridas en comparación a la del concreto convencional?
- e) ¿Cuál será el costo de producción del concreto fibrorreforzado experimental con fibras híbridas en comparación a la del concreto convencional?

### **1.3 Justificación**

#### **1.3.1 Justificación social o práctica**

Con la presente investigación se busca incorporar nuevos materiales a la industria de la construcción, ya que en nuestro país actualmente se usa concretos fibrorreforzados con una sola clase de fibras, sin embargo, dicho concretos suelen reducir la relación a/c para alcanzar determinada resistencia. Nosotros al incorporar nuevos materiales a la tecnología del concreto, como son las fibras híbridas, y trabajar con una relación a/c (agua – cemento) mayor a 0.60, se puede mejorar la resistencia tanto a la compresión y flexión de un concreto convencional, sin incrementar exponencialmente el costo de producción.

El fin del presente estudio es expandir el mercado que actualmente está centrado solo en los agregados y otros aditivos sintéticos, sino que también busca dar a conocer que con la adición de diferentes porcentajes de fibras híbridas se puede lograr concretos fibrorreforzados mejorados, los cuales satisfagan las necesidades de la población, sin mermar notablemente su economía.

#### **1.3.2 Justificación científica o técnica**

Esta investigación se realizó con el propósito de aportar el conocimiento teórico y práctico necesario sobre las diversas ventajas y aplicaciones de la incorporación de diferentes porcentajes de fibras híbridas en los concretos convencionales, ya que estas trabajando en conjunto pueden mejorar notablemente

sus propiedades mecánicas y por consiguiente se busca estandarizar y patentar su uso.

### **1.3.3 Justificación metodológica**

La elaboración de un concreto fibrorreforzado con fibras híbridas se basó en una investigación experimental, donde para verificar el comportamiento de sus propiedades mecánicas, los especímenes fueron sometidos a pruebas destructivas de resistencia a la compresión y flexión, realizados bajo normatividad peruana como son la NTP 339.034 y NTP 339.078 respectivamente. Una vez demostrados su desempeño estructural, estos concretos fibrorreforzados con fibras híbridas podrán ser utilizados en lugares que, por criterios de resistencia y uso, las estructuras requieran un tipo de concreto capaz de cumplir los requerimientos que uno convencional no pueda suplir.

## **1.4 Delimitaciones**

### **1.4.1 Delimitación espacial**

La presente investigación presenta una delimitación espacial, esta se realizó en la región de Lima. Para los ensayos de diseño de mezcla, elaboración de concreto, curado y rotura de especímenes, se empleó el Laboratorio de Prueba y Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM – FIA).

### **1.4.2 Delimitación temporal**

En cuanto a una delimitación temporal, el periodo para el desarrollo de la investigación comprendió los meses de septiembre a noviembre del año 2019, en ese periodo se realizaron todos los ensayos respectivos y análisis de resultados del tema de estudio.

### **1.4.3 Delimitación temática**

La delimitación temática de la presente investigación, fue responder a las variaciones de resistencia tanto a flexión como a compresión, de un concreto convencional con incorporación de cierto porcentaje de fibras híbridas, para lo cual optamos a seis dosificaciones de mezcla de concreto, de las cuales uno fue

un concreto convencional (concreto patrón), el cual servirá para contrastar el incremento o disminución de la resistencia y cinco fueron concretos fibrorreforzados experimentales (CFE) con fibras híbridas en las siguientes proporciones: CFE I ( $SF_{0.84}^1 + PPF_{0.08}^2$ ), CFE II ( $SF_{1.04} + PPF_{0.14}$ ), CFE III ( $SF_{1.17} + PPF_{0.18}$ ), CFE IV ( $SF_{1.25} + PPF_{0.21}$ ) y CFE V ( $SF_{1.26} + PPF_{0.23}$ ) por  $m^3$  de concreto.

Para la matriz cementante utilizamos el Cemento Sol (Portland Tipo I), uno de los cementos más habituales usados en la industria de la construcción en la región. Los agregados usados fueron de Unión de concreteiras (UNICON).

## **1.5 Limitaciones**

### **1.5.1 Limitación de recursos**

El autor (Javier Silva, 2018) recomiendan un concreto fibrorreforzado con fibras híbridas, que contengan microfibras de acero de longitud de 10mm y macro fibras sintéticas, pero en el mercado nacional no existe las microfibras de acero, la única empresa que fabrica microfibras de acero es la empresa Hebei Yusen Metal Wire Mesh Co., Ltd. De nacionalidad China, ellos ofrecen una variedad de productos entre ellos está la microfibra de acero Yusen de diámetro 0.22mm de longitud 13mm., sin duda esta hubiera sido la materia prima idónea para la investigación.

### **1.5.2 Limitación económica**

Se cotizo la adquisición de las microfibras de acero a la empresa Hebei para utilizarla en la investigación, pero el costo era muy elevado, oscilaba en \$1,150.00 dólares americanos por tonelada y era el pedido mínimo. Por esta razón se eligió la fibra de acero Sika® Fiber LHO 45/35 NB una macro fibra de la empresa Sika.

---

<sup>1</sup> SF: Steel fibers

<sup>2</sup> PPF: Polypropylene fibers

## **1.6 Objetivos**

### **1.6.1 Objetivo general**

Evaluar la influencia del uso de fibras híbridas como refuerzo secundario en las propiedades frescas y endurecidas del concreto convencional con una resistencia de diseño  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

### **1.6.2 Objetivos específicos**

- a) Determinar la influencia de la adición los diferentes porcentajes de fibras híbridas en la propiedad mecánica de resistencia a la compresión del concreto convencional a los 28 días.
- b) Determinar la influencia de la adición los diferentes porcentajes de fibras híbridas en la propiedad mecánica de resistencia a la flexión del concreto convencional a los 28 días.
- c) Comparar la trabajabilidad del concreto fibrorreforzado experimental con fibras híbridas y del concreto convencional.
- d) Comparar el peso unitario y contenido de aire del concreto fibrorreforzado experimental con fibras híbridas y del concreto convencional.
- e) Comparar el costo de producción del concreto fibrorreforzado experimental con fibras híbridas y del concreto convencional.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes

##### 2.1.1 Antecedentes internacionales

(Araby Ibrahim, y otros, 2019), en su estudio *“Influence of Hybrid Fibers on the Fresh and Hardened Properties of Structural Light Weight Self-Compacting Concrete”*, el cual fue presentada en la *“2nd International Conference on Sustainable Engineering Techniques (ICSET 2019)”* en Danang, Vietnam. La finalidad de su estudio fue evaluar los efectos de las fibras híbridas en el cambio de las características de las propiedades frescas y endurecidas de la piedra pómez estructural agregado de concreto autocompactante. Para su estudio ellos diseñaron un concreto de 20 MPa a los 28 días según el ACI 213<sup>3</sup>, para ello utilizaron cemento portland ordinario, piedra pómez (como agregado grueso), arena natural como agregado fino, en cuanto fibras las especificaciones técnicas son: fibras de acero (L=22mm, D=0.5mm) y fibras de polipropileno (L=12mm). Los especímenes a ensayar a compresión y tracción fueron probetas cilíndricas de 200 mm de altura por 10 mm de diámetro y prismas de 100x100x400 mm para ensayo de resistencia a la flexión. Las dosificaciones fueron las siguiente RF0 (0%), HF1 (0.3 + 0%), HF2 (0.6 + 0%), HF3 (1.2 + 0%), HF4 (0 + 0.3%), HF5 (0 + 0.6%), HF6 (0 + 1.2%), HF7 (0.3 + 0.3%), HF8 (0.6 + 0.3%), HF9 (1.2 + 0.3) y HF10 (1.2 + 0.6%) de fibras de acero y polipropileno respectivamente. Mediante la

---

<sup>3</sup> ACI 213: Guide for Structural Lightweight – Aggregate Concrete.

prueba de caída de flujo se especificó que la trabajabilidad del concreto fibrorreforzado e híbrido se redujo en comparación con el convencional, esto en relación la cantidad de fibra llega hasta una disminución del 43.63% que corresponde al 1.2% de fibras de acero y polipropileno. En cuanto a la resistencia a la compresión, tracción y flexión a los 28 días se obtuvieron los siguientes resultados: RF0 (20.85, 1.8 y 3,12 MPa), HF1 (24.35, 2.94 y 5,87 MPa), HF2 (25.12, 4.22 y 6.53 MPa), HF3 (22.35, 5.34 y 7.24 MPa ), HF4 (22.56, 1.94 y 3.53 MPa), HF5 (21.25, 2.23 y 4.25 MPa), HF6 (18.35, 1.98 y 4.75 MPa), HF7 (18.32, 2.95, 5.94 MPa), HF8 (27.85, 3.67 y 6.55 MPa), HF9 (1934, 6.47 y 8.35 MPa) y HF10 (18.43, 3.37 y 7.32 MPa) respectivamente. Ellos concluyen que las fibras de acero influyen notablemente en la resistencia a la flexión llegando a mejorar hasta en un 132%, en contraparte en compresión estas solo la mejoran en un 11%, además indican que las fibras híbridas mejoran las propiedades mecánicas ya que la resistencia a la tracción mejoro hasta en 129% y la flexión hasta en 206%.

(Han, y otros, 2019), en su investigación “*Evaluation on Protection performance and on-site applicability of hybrid fiber – reinforced concrete*”, publicado en Corea del sur, en “*International Journal of Concrete Structures and Materials*”, cuyo objetivo de su investigación fue evaluar el rendimiento de protección del concreto híbrido reforzado con fibra contra fuerzas laterales, como por ejemplo explosivos y objetos voladores. Para su estudio ellos realizaron un diseño de mezcla para tres condiciones de fibra, con una relación a/c de 0.50. Para lo cual usaron como aglutinante cemento portland común (Tipo I), escoria de horno y cenizas volantes, agua de uso doméstico, policarboxilato, y superplastificante. En cuanto a las combinaciones de fibra, ellos usaron fibras simples de acero (SF) y poliaramida (Nylon) (PF) de 35 y 30 mm de longitud respectivamente, en un porcentaje de 0.7 % respecto a peso de agregado grueso. Para su método de prueba para propiedades frescas como la caída y contenido de aire se vararon en la ASTM C143 y C138, para las propiedades mecánicas estas fueron evaluadas a compresión y flexión bajo la ASTM C38 y C78 respectivamente, también usaron como estándar la JSCE-E-531<sup>4</sup>. De los

---

<sup>4</sup> JSCE-E-531: Test Method for Tensile Properties of Continuous Fiber Reinforcing Materials (Método de prueba para propiedades de tracción de materiales de refuerzo de fibra continua).

resultados podemos extraer que en cuanto a la caída de la mezcla (Slump), que las mezclas elaboradas con SF + PF (130 mm) presentan una relación favorable, en relación a las SF (140 mm) y PF (60 mm), sin embargo, esta fue inferior a la mezcla SF. De lo cual se desprende que el valor de caída promedio (100 mm) es superior al de fibra única. En cuanto al contenido de aire de las mezclas, la SF y PF mostro un incremento de 9% en comparación a las mezclas SF y PF independientemente. De las propiedades frescas ellos concluyen que la trabajabilidad de la SF mostró mejor trabajo – capacidad. En cambio, las fibras híbridas, mantuvo una trabajabilidad aceptable, aunque el PF estaba contenida. Posteriormente analizaron las propiedades mecánicas del concreto, obteniendo a los 7 días una resistencia promedio a la compresión de SF y PF (15.3 MPa) y para combinación híbrida de SF + PF (15.8 MPa), al realizar la evaluación a los 28 días, ellos obtuvieron los siguientes resultados para la mezcla SF y PF (25.8 MPa) y para la mezcla híbrida de SF +PF (28.7 MPa), lo que indica que las fibras híbridas aumentaron en un 14% la resistencia a la compresión. En cuanto a resistencia a la flexión en su análisis ellos a los 7 días obtuvieron los siguientes resultados promedio para mezclas SF (3.2 MPa), PF (2.7 MPa) y SF + PF (3.8 MPa), posteriormente se analizó a los 28 días, obteniéndose un promedio de SF (6.2 MPa), PF (4.2 MPa) y SF + PF (7 MPa, lo que significa que la combinación híbrida (SF + PF) con respecto a la resistencia a la flexión se incrementó en un 29 % y 19 % con respecto a FP y PF respectivamente. En su estudio también evaluaron la resistencia a la tracción obteniendo los siguientes datos promedios, a los 7 días, SF (1.3 MPa), PF (1.4 MPa) y SF + PF (1.7 MPa) y a los 28 días SF (1.7 MPa), PF (2.2 MPa) y SF + PF (2.3 MPa, lo que significa que la combinación de fibras fueron 21% más altas que el valor promedio de SF y PF, y 52 % más alto que las mezclas de SF y PF únicamente. En su estudio ellos concluyen que las fibras híbridas podrían tener una trabajabilidad, en comparación a uso de fibras individual, a su vez con referencia a las propiedades mecánicas, de resistencia a la compresión flexión y tracción, ellos indican que las fibras híbridas mostraron mejor desempeño que cualquier otra mezcla reforzada con fibra. Y culminaron su estudio diciendo que las fibras híbridas que refuerzan el FRC<sup>5</sup> mostraron mejores

---

<sup>5</sup> FRC: Fiber - Reinforced Concrete



prestaciones mecánicas y de protección.

(Feng, y otros, 2018), en su artículo “*Experimental Study on Hybrid Effect Evaluation of Fiber Reinforced Concrete Subjected to Drop Weight Impacts*”, publicado en Basilea, Suiza en “*Multidisciplinary Digital Publishing Institute*”, en el cual estudiaron el potencial de energía de impacto del concreto reforzado con fibra híbrida (HFRC<sup>6</sup>), el estudio fue enfocado a la utilización de diferentes tipos de fibras fabricadas. Para ello hicieron un análisis de hibridación de fibras acero – polipropileno y acero – alcohol polivinílico, en ensayos de compresión uniaxial y flexión de 3 puntos. Para diseño de mezcla ellos utilizaron cemento portland (PI 42.5), ceniza voladora, arena fina de cuarzo ellos determinaron la relación a/c y s/c<sup>7</sup> entre 0.25 y 0.45 respectivamente, para aumentar la fluidez incorporaron un superplastificante de ploycarboxylate (DC-WR2), el cual contribuye a la propiedad de autocompactación. Ellos moldearon probetas de 40x40x40mm para pruebas de resistencia a la compresión uniaxial, para la prueba aplicaron una velocidad de carga constante de 2.4 kN/s. para la prueba de flexión en 3 puntos realizaron viguetas de 40x40mm de sección transversal y una longitud de 160mm. De su estudio obtuvieron los siguientes resultados de concreto normal, concreto fibrorreforzado con 2% de fibras de acero, concretos fibrorreforzado con 2% de fibra de polipropileno y concreto fibrorreforzado con 2% de fibras de alcohol polivinílico a la resistencia a la compresión y flexión a los 28 días de 70.57, 115.66, 90.10 y 84.81 MPa, y de 9.82, 28.99, 17.64 y 13.5 MPa respectivamente. En cuanto a los concretos híbridos fibrorreforzados se obtuvieron los siguientes resultados para concreto reforzado con fibras híbridas de acero y polipropileno en los siguientes porcentajes 0.5 + 1%, 0.5 + 1.5%, 1 + 0.5, 1 + 1%, 1 + 1.5%, 1.33 + 0.67%, 1.5 + 0.5% y 1.5 + 1% obteniéndose una resistencia a la compresión y flexión a los 28 días de 75.26, 92.98, 85.17, 87.24, 82.32, 105.92, 107.76 y 86.26 MPa, y 13.79, 21.21, 17.53, 21.57, 22.85, 23.52, 28.77 y 30.84 MPa respectivamente. Para concreto reforzado con fibras híbridas de acero y alcohol polivinílico en los siguientes porcentajes 0.5 + 1.5%, 1 + 1%, 1 + 1.5%, 1.33 + 0.76% y 1.5 + 0.5% obteniéndose una resistencia a la compresión

---

<sup>6</sup> HFRC: Hybrid Fiber Reinforced Concrete.

<sup>7</sup> S/C: Relation sand/cement. Relación arena – Cemento

y flexión a los 28 días de 95.76, 98.35, 99.62, 105.42 y 108.55 MPa, y 15.53, 19.37, 20.45, 23.66 y 28.62 MPa respectivamente. Ellos concluyen que la mejora en la propiedad de energía de impacto puede lograrse mediante la incorporación de fibras de acero o polipropileno. En cuanto a las fibras híbridas ellos indican que la hibridación acero-polipropileno proporcionan un efecto positivo en la resistencia al impacto y absorción de energía en relación al aumento de la dosis de fibras de acero, en cuanto a la hibridación de fibras acero-alcohol polivinílico su comportamiento a la energía de impacto es menor, lo cual indica que puede contrarrestarse con concretos fibrorreforzados con fibras de acero, polipropileno o alcohol polivinílico de manera independiente.

## 2.2 Marco conceptual

### 2.2.1 El concreto convencional

La versatilidad, durabilidad, sostenibilidad y economía del concreto lo han convertido en el material de construcción más utilizado del mundo. Y debido a que es el tema de estudio de la presente investigación, es necesario conceptualizar, sus componentes y propiedades en estado fresco y endurecido.

“Mezcla de cemento Portland, áridos finos y gruesos, aire y agua en adecuadas proporciones para obtener determinadas propiedades, en particular la resistencia”. (Abanto Castillo, 2017 pág. 11)

*Figura 2:1 Componentes del concreto*



*Fuente: (Kosmatka, y otros, 2021)*

### 2.2.1.1 Componentes del concreto convencional

“El término concreto se refiere a una mezcla de agregados, generalmente arena y grava o piedra triturada, unidos por un aglutinante de pasta cementosa. La pasta generalmente se compone de cemento portland y agua”. (Kosmatka, y otros, 2021)

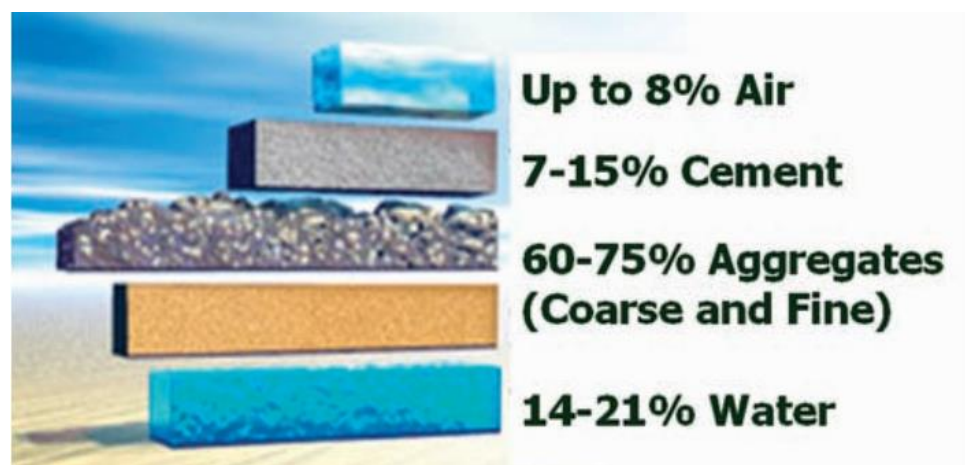
“Mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos”. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019)

#### 2.2.1.1.1 La pasta

La pasta está compuesta de elementos aglutinantes, agua y aire atrapado o aire inyectado intencionalmente. La pasta representa de 25% a 40% del volumen total de concreto. En la figura 2:2 muestra que el volumen absoluto de cemento suele estar entre 7% y 15% y el volumen de agua entre 14% y 21%. El volumen del contenido de aire atrapado entre 4% y 8%. (Kosmatka, y otros, 2021)

“La pasta es una mezcla de cemento y agua”. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019)

**Figura 2:2 Variación de las proporciones usadas en concreto, en volumen absoluto**



Fuente: (Kosmatka, y otros, 2021)

### A. Cemento Portland

Producto obtenido por la pulverización del clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos que no excedan del 1% en peso del total siempre que la norma correspondiente establezca que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el clinker. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019)

### B. Agua para el concreto

“El agua es un ingrediente clave en el concreto, que cuando se mezcla con cemento portland, forma una pasta que une los agregados. El agua provoca el endurecimiento del concreto a través de la hidratación”. (Kosmatka, y otros, 2021)

“El agua utilizada para preparar el concreto debe estar limpia y libre de aceites, ácidos, bases, sales, materiales orgánicos y otras sustancias dañinas que puedan dañar el concreto o el acero”. (Abanto Castillo, 2017 pág. 21)

De acuerdo con la NTP del INACAL (NTP 334.088:2014 (revisada el 2019), 2019), mediante la tabla 2:1, muestra los límites permisibles para el agua de mezcla y curado, y aquellos dentro de estos límites se consideran aptos.

**Tabla 2:1 Límites químicos opcionales para el agua de mezcla combinada**

Descripción	Límites permisibles		
Cloruro (Cl)			
Concreto pretensado	500	ppm	NTP 334.086
Otros concretos	1,000	ppm	NTP 334.086
Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	3,000	ppm	NTP 334.086
Álcalisis (Na <sub>2</sub> O + 0.658K <sub>2</sub> O)	600	ppm	NTP 334.086
Sólidos totales	50,000	ppm	ASTM C1603

Fuente: (NTP 334.088:2014 (revisada el 2019), 2019)

## C. Aditivos para el concreto

Según la NTP del INACAL, un aditivo es un “material que se incorpora al cemento en cantidades limitadas durante la fabricación, ya sea como, aditivo de proceso, para ayudar en la fabricación o manipulación del cemento o como un aditivo funcional para modificar las propiedades del producto final”. (NTP 334.001:2011, 2016)

### 2.2.1.1.2 Los agregados

Los agregados o áridos están divididos en dos grupos. El agregado fino, puede ser arena natural o manufacturada, con un tamaño máximo de partículas de hasta 9.5 mm (3/8”). Por tanto, el agregado grueso es el aquel que queda retenido en la malla de 1.18 mm (N° 16) y pueden llegar hasta la malla de 150 mm (6”). El agregado grueso comúnmente usado para el concreto es de 19 mm o 25 mm (3/4” o 1”). (Kosmatka, y otros, 2021)

También llamados áridos, representan del 70% al 75% del volumen total de una mezcla de concreto típica: se definen como un conjunto de partículas de origen natural o artificial que pueden ser tratadas o producidas, cuyos tamaños se encuentran entre los límites establecidos por la NTP 400.011 o ASTM C33. (Abanto Castillo, 2017) y (Sánchez De Guzmán, 2001)

**Figura 2:3 Variación del tamaño de las partículas**



Fuente: (Kosmatka, y otros, 2021)

Los agregados estarán graduados dentro de los límites indicados en la (NTP 400.012:2013, 2018) (Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos) o ASTM C136.

### A. Agregado grueso

“El agregado grueso se define como aquel que es retenido en la malla N° 4 (4.75 mm) y resulta de la disgregación natural o artificial de las rocas”. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019)

Los requisitos de clasificación de agregados gruesos de la norma ASTM C33 (AASHTO M 80) permiten una amplia gama de clasificación y una variedad de tamaños de clasificación (ver la Tabla 2:2). La granulometría para un agregado grueso de tamaño máximo dado puede variar en un rango moderado sin un efecto apreciable en los requisitos de cemento y agua de una mezcla si la proporción de agregado fino al agregado total produce concreto de buena trabajabilidad. (Kosmatka, y otros, 2021)

**Figura 2:4 Agregado grueso**



*Fuente: Elaboración propia.*

El módulo de fineza del agregado grueso se calcula de la siguiente forma:

$$m_f = \frac{\sum \% \text{ Acu. ret. } ( \dots, 3/4", 3/8", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50 \text{ y } N^{\circ}100 )}{100}$$

**Tabla 2:2 Requerimientos de granulometría para agregados gruesos**

Número de tamaño	Tamaño nominal (Tamices con aberturas cuadradas)	Cantidades más finas que pasan por un tamiz (abertura cuadrada) en porcentaje en masa													
		100 mm (4")	90 mm (3 ½")	75 mm (3")	63 mm (2 ½")	50 mm (2")	37.5 mm (1 ½")	25 mm (1")	19 mm (¾")	12.5 mm (½")	9.5 mm (⅜")	4.75mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	1.18 mm (N° 16)	300µm (N° 50)
1	90 a 37.5 mm	100	90 a 100	---	25 a 60	---	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---	---
2	63 a 37.5 mm	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---	---
3	50 a 25 mm	---	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---
357	50 a 4.75 mm	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	---	---	0 a 5	---	---	---
4	37.5 a 19 mm	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---
467	37.5 a 4.75 mm	---	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	---	---	---	---
5	25 a 9,5 mm	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---	---	---
56	25 a 4.75 mm	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	---	---	---
57	19 a 4.75 mm	---	---	---	---	---	100	95 a 100	---	25 a 60	---	0 a 10	0 a 5	---	---
6	19 a 9.5 mm	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	---	---	---
67	19 a 4.75 mm	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	---	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---
7	12.5 a 4.75 mm	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	---	---
8	9.5 a 2.36 mm	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	---
89	9.5 a 1.18 mm	---	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9 <sup>8</sup>	4.75 a 1.18 mm	---	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente: Recuperado de la ASTM C33.

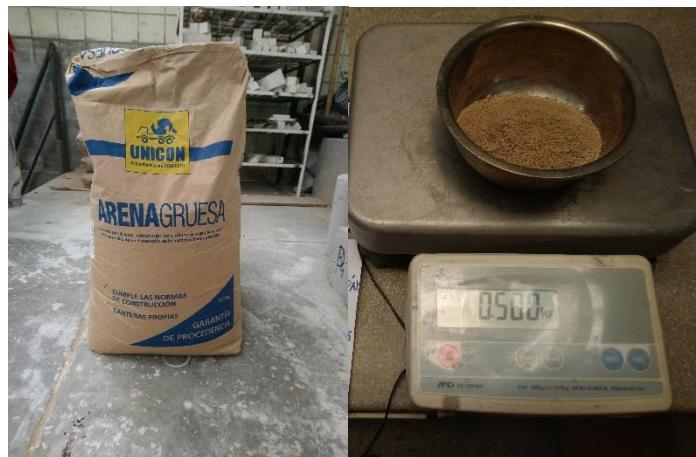
<sup>8</sup> El agregado N° 9 se define según el ASTM C125 como agregado fino, se incluye como agregado grueso cuando este combinado con un tamaño de agregado N° 8, para crear un tamaño N° 89, el cual es un agregado grueso como lo define la terminología ASTM C125.

## B. Agregado fino

“El agregado fino proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz 9,5 mm (3/8”)”. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019)

Los requisitos de ASTM C33 o AASHTO M 6/M43 es generalmente satisfactoria para la mayoría de los concretos. La granulometría de agregado fino más deseable depende del tipo de aplicación, el contenido de pasta y el tamaño máximo del agregado grueso. Los límites de ASTM C33 (AASHTO M 6) con respecto al tamaño del tamiz se muestran en la Tabla 2:3. (Kosmatka, y otros, 2021)

*Figura 2:5 Agregado fino*



*Fuente: Elaboración propia.*

El módulo de finura (MF) no debe ser inferior a 2,3 ni superior a 3,1, y no debe variar más de 0,2 del valor medio de la fuente de áridos que se está probando. Si este valor está fuera del rango requerido de 2.3 a 3.1, el agregado fino debe rechazarse a menos que se realicen los ajustes adecuados en las proporciones de agregado fino y grueso. (Kosmatka, y otros, 2021)

$$2.3 \leq \text{Módulo Fineza} \leq 3.1$$

Si:

$2.2 \leq \text{Módulo Fineza} \leq 2.8 \Rightarrow$  Produce concretos con buena trabajabilidad y baja segregación.



$2.8 \leq \text{Módulo Fineza} \leq 3.15 \Rightarrow$  Se prefieren para concretos de alta resistencia.

El módulo de fineza del agregado fino se calcula de la siguiente forma:

$$mf = \frac{\sum \% \text{Acum. retenidos (N}^\circ 4, \text{N}^\circ 8, \text{N}^\circ 16, \text{N}^\circ 30, \text{N}^\circ 50, \text{N}^\circ 100)}{100}$$

**Tabla 2:3 Granulometría del agregado fino**

<b>Granulometría del agregado fino</b>	
<b>Malla ASTM</b>	<b>Porcentaje que pasa %</b>
Nº 3/8" (9.5 mm)	100
Nº 4 (4.75 mm)	95 a 100
Nº 8 (2.36 mm)	80 a 100
Nº 16 (1.18 mm)	50 a 85
Nº 30 (600µm)	25 a 60
Nº 50 (300µm)	5 a 30
Nº 100 (150µm)	0 a 10

*Fuente: (ASTM C33/ C33M - 18, 2018)*

### 2.2.1.2 Propiedades del concreto

Entre las ventajas que ofrece el concreto, es necesario distinguir dos etapas, que se diferencian en su apariencia, llamadas estado fresco y endurecido. El primero se debe al mezclado y aglutinado del concreto. Su tiempo varía según el tiempo de fraguado requerido según la relación de mezcla, temperatura, humedad, etc. En este punto, el concreto es plástico y trabajable, lo que lo hace posible su puesta en obra. Al final de este período, el concreto se endurece hasta que se solidifica. Por este motivo, es necesario distinguir entre diferentes propiedades y requisitos en función del estado del concreto.

#### 2.2.1.2.1 Propiedades del concreto fresco

Las propiedades relativas al estado fresco se relacionan con la puesta en obra e influirán principalmente en el rendimiento y la calidad de la ejecución.

Dentro de ellas tenemos la manejabilidad o trabajabilidad, consistencia, plasticidad, segregación, exudación y temperatura entre otras.

### A. Trabajabilidad

La facilidad para colocar, consolidar y terminar el concreto recién mezclado y el grado en que resiste la segregación se denomina trabajabilidad. El concreto debe poder trabajarse, pero los ingredientes no deben separarse durante el transporte y la manipulación. Las propiedades del concreto relacionadas con la trabajabilidad incluyen la consistencia y la segregación. (Kosmatka, y otros, 2021)

“La consistencia se considera una indicación cercana de trabajabilidad. La prueba de asentamiento, ASTM C143 (AASHTO T 119), es el método generalmente aceptado para medir la consistencia del concreto”. (Kosmatka, y otros, 2021)

La trabajabilidad y consistencia se determina por el ensayo para la medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams (NTP 339.035 - ASTM C143).

*Tabla 2:4 Clases de mezcla según asentamiento*

<b>Consistencia</b>	<b>Slump</b>	<b>Trabajabilidad</b>
Seca	0” a 2”	Poco trabajable
Plástica	3” a 4”	Trabajable
Húmeda	≥ 5”	Muy trabajable

*Fuente: (Abanto Castillo, 2017)*

### B. Peso unitario

El peso unitario del concreto está directamente relacionado con la de sus materiales componentes, así como con su contenido en aire. Consta en especificar el peso de un volumen conocido de concreto fresco, varillado como indica la norma.

El concreto convencional, comúnmente utilizado en pavimentos, edificios y otras estructuras, tiene una gravedad específica, entre 2200 y 2400 kg/m<sup>3</sup>

(137 a 150 lb/ft<sup>3</sup>). La densidad del concreto varía según la cantidad y densidad del árido, la cantidad de aire atrapado o inyectado intencionalmente y la cantidad de agua y cemento. (Kosmatka, y otros, 2021)

El ensayo se realiza según la NTP del INACAL (NTP 339.046 – ASTM C138) Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto).

El peso unitario del concreto se calculará mediante la siguiente expresión:

$$P_U = \frac{P_{m+c} - P_m}{V_m}$$

Donde:

$P_U$	: Peso unitario.
$P_{m+c}$	: Peso del molde + concreto.
$P_m$	: Peso del molde.
$V_m$	: Volumen del molde.

### C. Contenido de aire – método gravimétrico

El método gravimétrico utiliza el mismo equipo que se utiliza para determinar el peso unitario del concreto. El peso unitario del concreto se resta del peso unitario teórico, que se determina a partir de los volúmenes absolutos de los componentes, asumiendo la ausencia de aire. (Kosmatka, y otros, 2021)

El contenido de aire del concreto se calculará mediante la siguiente expresión:

$$A = \left( \frac{T - D}{T} \right) * 100$$

Donde:

$A$	: Contenido de aire.
-----	----------------------

$T$	: Peso unitario ensayado.
$D$	: Peso unitario según sus componentes.

### 2.2.1.2.2 Propiedades del concreto endurecido

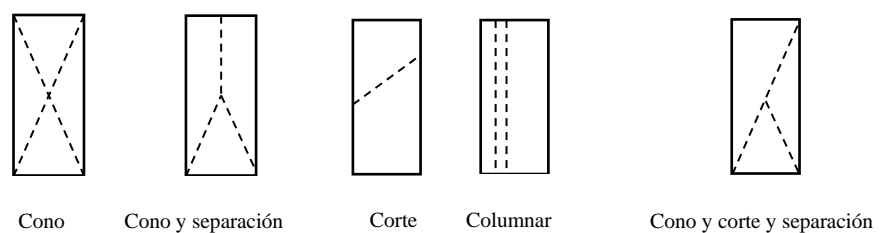
Las propiedades en estado endurecido son establecidas por las especificaciones técnicas del proyecto y por el cumplimiento con los requisitos normativos y reglamentarios. Entre estas propiedades físicas – químicas más resaltantes tenemos a la impermeabilidad, la durabilidad y la resistencia térmica. En cuanto a las propiedades mecánicas tenemos resistencia a la compresión y a la flexión; las cuales son tema de estudio de la presente investigación.

#### A. Resistencia a la compresión

“La resistencia a la compresión se define como la medida máxima de la resistencia a la carga axial de las probetas de concreto. Generalmente expresado en: kilogramos/centímetro cuadrado, megapascuales o libras/pulgada cuadrada a los 28 días de edad”. (Kosmatka, y otros, 2021)

“El método consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados o extracciones diamantinas a una velocidad normalizada en un rango prescrito mientras ocurre la falla”. (NTP 339.034:2015, 2015)

**Figura 2:6 Tipos de fracturas**



*Fuente: Fuente: Elaboración propia – Recuperado de la norma (ASTM C39/C39M)*

La NTP del INACAL para dicho ensayo es: (NTP 339.034 – ASTM C39/C39M-18). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.

La resistencia a la compresión se calcula con la siguiente expresión:

$$\sigma = \frac{P_{max}}{A}$$

Donde:

- $\sigma$  : Resistencia a la compresión.
- $P_{max}$  : Carga máxima alcanzada durante el ensayo.
- $A$  : Área de la sección recta de la probeta.

Los especímenes a ser ensayados deben tener una tolerancia de resistencia de acuerdo a su edad, el diseño de mezclas indicará el porcentaje de la resistencia específica que deberá alcanzar.

**Tabla 2:5 Tolerancia de resistencia según la edad**

Edad en días	Porcentaje
7 días	70 %
14 días	80%
28 días	100%

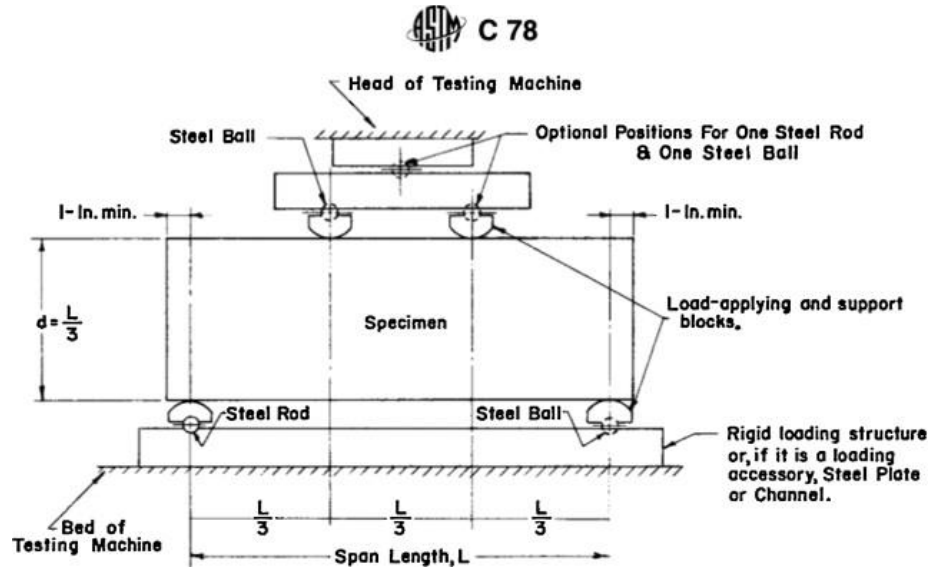
*Fuente: Recuperado de la (NTP 339.034:2015, 2015)*

## B. Resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión o módulo de rotura se utilizan para el diseño de pavimentos u otras losas sobre el suelo. En concretos convencionales de peso normal la resistencia a la flexión generalmente es [...], 1.99 a 2.65 veces la raíz cuadrada de la resistencia a la compresión, en kilogramos por centímetro cuadrado. (Kosmatka, y otros, 2021 pág. 170)

Este método de prueba consiste en aplicar una carga a un tercio del tramo de luz de una viga antes de fallar. El módulo de rotura se calculará en función de la ubicación de la falla en el tercio medio o a una distancia del mismo que no exceda el 5% de la luz libre. (NTP 339.078:2012, 2017)

Figura 2:7 Esquema de aplicación de cargas en los tercios de la luz de la viga



Fuente: (ASTM C78/C78M, 2018)

La NTP del INACAL para dicho ensayo es: (NTP 339.078 – ASTM C78). Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.

Para calcular el módulo de rotura se presentan 2 casos:

**Caso 1:** Si la rotura o fragmentación se inicia en la superficie de tensión dentro del tercio medio del tramo libre o longitud de separación entre apoyos, el módulo de rotura se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$R = \frac{PL}{bd^2}$$

Donde:

- $R$  : Módulo de rotura.
- $P$  : Carga máxima aplicada.
- $L$  : Largo de luz.
- $b$  : Ancho promedio de la probeta.
- $d$  : Altura promedio de la probeta.

**Caso 2:** Si la rotura o fragmentación ocurre en la sección de tensión fuera del tercio del tramo libre o longitud de separación entre apoyos por más de 5% de la luz, el módulo de rotura se calculará mediante la siguiente expresión matemática:

$$R = \frac{3Pa}{bd^2}$$

Donde:

$a$  : Distancia promedio entre la línea de fractura y el apoyo más cercano medido en la superficie de tracción de la viga.

## 2.2.2 Fibras híbridas

Cuando hablamos de fibra híbridas es la combinación de dos o más tipos de fibras, El concreto fibrorreforzado con fibras híbridas combina macro y micro fibras de acero.

Usando una mezcla de macrofibras y las nuevas microfibras de acero de menos de 10 mm en longitud y 100 micras de diámetro, deriva en una disminución de la separación entre fibras, lo cual conlleva a minorar la microfisuración e incrementar resistencia a la tensión del concreto. (Javier Silva, 2018)

### 2.2.2.1 Fibras

“Las fibras son filamentos con un cuerpo dúctil, maleable y fuerte, que tienen una gran finura, un cuerpo macroscópicamente uniforme y una relación de aspecto bastante alta con una pequeña sección transversal.” (Monzón Tezó, 2017 pág. 17)

La expansión de las investigaciones y el uso de los concretos fibrorreforzados alrededor del mundo han llevado a la industria a cada vez mirar al potencial de negocio en este segmento de la construcción, estimulando así el desarrollo de nuevos avances tecnológicos en esta área, e insertando al mercado diversos tipos de fibra como refuerzo de concreto las cuales mejoran notablemente sus propiedades mecánicas.

### 2.2.2.2 Ventajas y desventajas del uso de fibras en el concreto

El concreto fibrorreforzado es más adecuado para su uso en secciones muy delgadas donde la colocación precisa del acero (refuerzo) es muy difícil. Además, el concreto fibrorreforzado es ideal para fabricar productos de forma irregular. El peso se puede reducir significativamente mediante el uso de secciones relativamente delgadas de concreto reforzado con fibra, que es comparable a las secciones más gruesas del concreto armado convencional. (Kosmatka, y otros, 2021)

*Figura 2:8 concreto fibrorreforzados con fibras híbridas*



*Fuente: Elaboración propia.*

### 2.2.2.3 Tipos y propiedades de las fibras usadas en el concreto

Las fibras como refuerzo complementario del concreto en general, se pueden clasificar en diversas razones, hoy en día estas se utilizan principalmente tanto para uso comercial como experimental. Entre estas tenemos fibras de acero, vidrio, sintéticas y naturales.

#### A. Fibras de acero

Las fibras de acero son pequeñas piezas de acero que tienen una apariencia o una relación longitud/diámetro de 20 a 100 y vienen en una variedad de secciones transversales. Algunas fibras de acero tienen puntas diseñadas para mejorar su adherencia mecánica a la matriz de cementosa. (Javier Silva, 2018)

Las fibras de acero se utilizan comúnmente en pavimentos y pistas de aeropuertos. También se utiliza en tableros de puentes, pisos industriales y pavimentos de carreteras. Se ha demostrado que el concreto reforzado con fibra

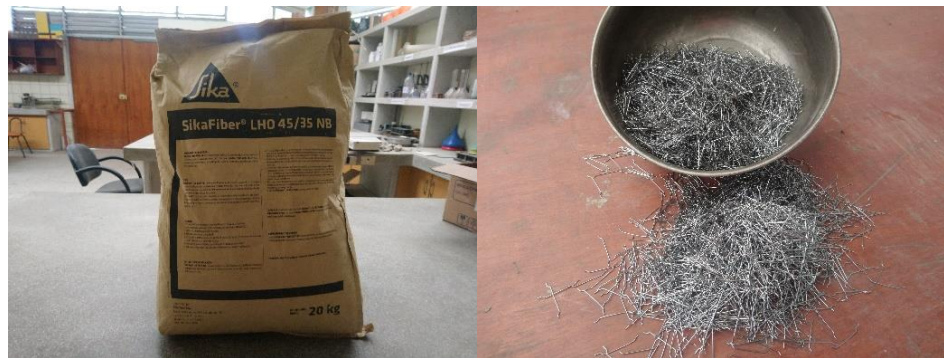


en estructuras expuestas al agua a altas velocidades es tres veces más resistente que las alternativas del concreto convencional. (Kosmatka, y otros, 2021)

“Los porcentajes de fibras de acero usados en concreto oscilan entre el 0.25% al 2%. Porcentajes mayores a 2% generalmente disminuyen la trabajabilidad y la distribución uniforme de las fibras”. (Kosmatka, y otros, 2021 pág. 146)

La resistencia a la compresión no se ve afectada significativamente por la presencia de fibras. La adición de 1.5% de fibras de acero en volumen aumenta la resistencia a tensión directa de hasta 40%, y en cuanto a resistencia a la flexión, hasta en 150%. Las fibras de acero tienen un alto módulo de elasticidad. (Kosmatka, y otros, 2021 pág. 146)

**Figura 2:9 Fibras de acero**



*Fuente: Elaboración propia.*

“Las fibras de acero pueden tener formas muy variadas: rectas, onduladas, corrugadas, con extremos conformados, dentadas y otras. Las secciones también pueden ser muy variadas: circulares, cuadradas, rectangulares y planas.” (Mármol Salazar, 2010)

La norma (ASTM A820/A820M, 2016) clasifica a las fibras de acuerdo a su producción, la cual los distribuye en cuatro tipos:

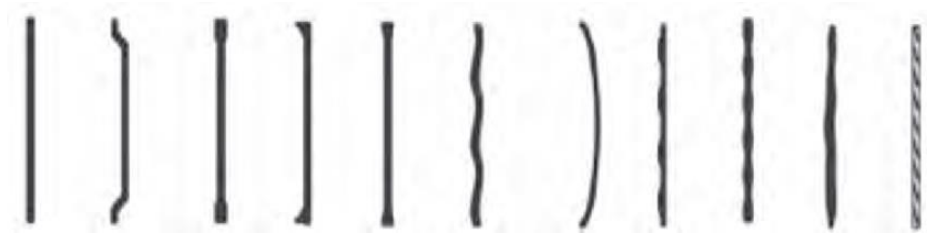
Tipo I – Fibras de alambre conformadas en frío.

Tipo II – Fibras cortadas de láminas.

Tipo III – Fibras extraídas de fundición.

Tipo IV – Otras fibras.

**Figura 2:10 Tipos de fibra de acero**



De derecha a izquierda: Rectas (lisas), extremos en gancho, extremos en palas, extremos en perillas, extremos cónicos, onduladas (corrugadas), en forma de arcos, dentadas, superficie endentada. Fuente: (Mármol Salazar, 2010)

## B. Fibras sintéticas

“Las fibras sintéticas son manufacturadas por el hombre y son el resultado de la investigación y desarrollo de la industria petroquímica y textil. Las fibras que se utilizan en el concreto son: acrílicas, aramida, carbón, nylon, poliéster, polietileno y polipropileno.” (Kosmatka, y otros, 2021 pág. 148)

**Figura 2:11 Fibra de polipropileno**



Fuente: Elaboración propia.

El polipropileno es la fibra sintética más común, es químicamente inerte, impermeable y liviana. Se fabrican como monofilamentos cilíndricos continuos que se pueden cortar en longitudes específicas o como películas y cintas. Estos hilos consisten en hilos rectangulares delgados. Usadas a una tasa mínima de 0.1% basado en el peso volumétrico del concreto, estas fibras reducen la contracción, las grietas plásticas y las grietas en el refuerzo. (Kosmatka, y otros, 2021)

**Tabla 2:6 Tabla de propiedades de tipos de fibras seleccionadas**

Tipo de fibra	Masa específica relativa	Diámetro $\mu\text{m}$ (0.001 pulg.)	Resistencia a tracción (MPa, Kg/cm <sup>2</sup> , Ksi)	Módulo de elasticidad (MPa, Kg/cm <sup>2</sup> , Ksi)	Deformación en la rotura (%)
Acero	7.80	100 - 1000 (4 - 40)	500 - 2,600 5,100 - 2,7000 70 - 380	210,000 2'000,000 30,000	0.5 - 3.5
Vidrio					
E	2.54	8 - 15 (0.3 - 0.6)	2,000 - 4,000 20,000 - 41,000 290 - 580	72,000 730,000 10,400	3.0 - 4.8
AR	2.70	12 - 20 (0.5 - 0.8)	1,500 - 3,700 15,000 - 38,000 220 - 540	80,000 820,000 11,600	2.5 - 3.6
Sintética					
Acrílica	1.18	5.17 (0.2 - 0.7)	200 - 1,000 2,000 - 10,000 30 - 145	17,000 - 19,000 170,000 - 190,000 2,500 - 2,800	28 - 50
Aramida	1.44	10 - 12 (0.4 - 0.47)	2,000 - 3,100 20,000 - 32,000 300 - 450	62,000 - 120,000 630,000 - 1'220,000 9,000 - 17,000	2 - 3.5
Carbón	1.90	8 - 9 (0.3 - 0.35)	1,800 - 2,600 18,000 - 27,000 260 - 380	230,000 - 380,000 2'300,000 - 3'900,000 33,400 - 55,100	0.5 - 1.5
Nylon	1.14	23 (0.9)	1,000 10,000 140	5,200 53,000 750	20
Poliéster	1.38	10 - 80 (0.4 - 3.0)	280 - 1,200 2,900 - 12,000 40 - 170	10,000 - 18,000 100,000 - 180,000 1,500 - 2,500	10 - 50
Polietileno	0.96	25 - 1000 (1 - 40)	80 - 600 800 - 6,100 11 - 85	5,000 50,000 725	12 - 100
Polipropileno	0.90	20 - 200 (0.8 - 8)	450 - 700 4,600 - 7,100 65 - 100	3,500 - 5,200 36,000 - 53,000 500 - 750	6 - 15
Naturales					
Celulosa de madera	1.50	25 - 125 (1 - 5)	350 - 2,000 3,600 - 20,000 51 - 290	10,000 - 40,000 100,000 - 400,000 1,500 - 5,800	
Sisal	---	---	280 - 600 2,900 - 6,100 40 - 85	13,000 - 25,000 130,000 - 250,000 1,900 - 3,800	3 - 5
Coco	1.12 - 1.15	100 - 400 (4 - 16)	120 - 200 1,200 - 2,000 17 - 29	19,000 - 25,000 190,000 - 250,000 2,800 - 3,800	10 - 25
Bambú	1.50	40 - 400 (2 - 16)	350 - 500 3,600 - 5,100 51 - 73	33,000 - 40,000 340,000 - 410,000 4,800 - 5,800	
Yute	1.02 - 1.04	100 - 200 (4 - 8)	250 - 350 2,500 - 3,600 36 - 51	25,000 - 32,000 250,000 - 330,000 3,800 - 4,600	1.5 - 1.9
Pasto elefante	---	425 (17)	180 1,800 26	4,900 50,000 710	3.6

Adaptado de PCA (1991) y ACI 544.1R-96. Fuente: (Kosmatka, y otros, 2021 pág. 146)

### 2.3 Definición de términos

<b>a/c</b>	: Relación de agua/cemento para concretos, notación dada por Duff Abrams en 1918.
<b>ACI</b>	: American Concrete Institute.
<b>Aglomerante</b>	: Material capaz de conectar fragmentos de una o más sustancias y dar cohesión al conjunto exclusivamente a través de influencias físicas.
<b>Análisis granulométrico</b>	: Estudia el tamaño, área superficial, la distribución de tamaños de las partículas de los agregados, que se realizan en el laboratorio mediante el tamizado y luego compáralo con tamaños normalizados.
<b>ASTM</b>	: American Society for Testing and Materials.
<b>Carga axial</b>	: Fuerza que actúa a lo largo del eje longitudinal de un elemento estructural aplicada al centro de gravedad de su sección transversal, creando un esfuerzo uniforme.
<b>CFE</b>	: Concreto fibrorreforzado experimental.
<b>Clinker</b>	: Es un producto en forma de gránulos o bolas, de aproximadamente entre 5 y 25 mm de tamaño, que se forma a partir de la cocción de la piedra caliza y arcilla a temperaturas que oscilan entre los 1350 y 1450 °C.
<b>Contracción plástica</b>	: Se llama así a los agrietamientos que se forman en la superficie del concreto fresco inmediatamente después de su vaciado, es causada por la pérdida rápida de agua, antes que este haya fraguado.

<b>Denier</b>	: Unidad de medida del sistema ingles de la densidad lineal de masa de fibras. Se define como la masa en gramos por cada 9,000 metros de fibra.
<b>Ductilidad</b>	: Es la capacidad que tienen algunos materiales de admitir grandes deformaciones sin perder su resistencia.
<b>Fibrorreforzado</b>	: Es el concreto que incluye el refuerzo de fibras sintéticas o metálicas que reduce la fisuración por contracción plástica o por secado del mismo.
<b>Fibras híbridas</b>	: Combinación de dos o más tipos de fibras para refuerzo secundario en el concreto.
<b>Fraguado</b>	: Proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del hormigón o concreto, causada por el secado y recristalización de los hidróxidos metálicos, resultantes de la reacción química del agua de amasado con los óxidos metálicos presentes en el clinker que componen el cemento.
<b>Hidrófilo</b>	: Es el comportamiento de toda molécula que tiene afinidad por el agua.
<b>INACAL</b>	: Instituto Nacional de Calidad.
<b>Matriz</b>	: La matriz lo componen todos los elementos que componen un concreto.
<b>Módulo de fineza</b>	: Es un indicador de la finura de un agregado; cuanto mayor sea el módulo de finura, más grueso es el agregado. Es útil para estimar las proporciones de los agregados finos y gruesos en las mezclas de concreto.
<b>Módulo de rotura</b>	: Es el esfuerzo máximo en la fibra extrema cuando se produce el fallo.

<b>NTP</b>	: Norma Técnica Peruana.
<b>Polipropileno</b>	: Es un termoplástico que es obtenido de la polimerización del propileno, subproducto gaseoso de la refinación del petróleo.
<b>Slump</b>	: Es una medida de la consistencia del concreto, que se refiere al grado de fluidez de la mezcla e indica que tan seco o fluido está el concreto.
<b>Tamaño máximo</b>	: Es el menor tamiz por el que se pasa toda la muestra de un agregado.
<b>Tamaño máximo nominal</b>	: Es el menor tamaño de la malla por el cual debe pasar la mayor parte del agregado. Empleado para el agregado grueso.
<b>Trabajabilidad</b>	: Propiedad del mortero y concreto fresco que determinan sus características tecnológicas, es decir; facilidad de mezcla, emplazamiento, moldeado y acabado.
<b>Tracción</b>	: Es la tensión interna a la que está sometido un cuerpo por aplicación de dos fuerzas que actúan en direcciones opuestas y tienden a estirarlo.

## 2.4 Hipótesis

### 2.4.1 Hipótesis general

El uso de fibras híbridas como refuerzo secundario, influyen positivamente en las propiedades frescas y endurecidas del concreto convencional con una resistencia de diseño  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

### 2.4.2 Hipótesis específicas

- a) La adición de diferentes porcentajes de fibras híbridas, mejoran significativamente la propiedad mecánica de resistencia a la compresión a los 28 días del concreto convencional.

- b) La adición de diferentes porcentajes de fibras híbridas, mejoran significativamente la propiedad mecánica de resistencia a la flexión a los 28 días del concreto convencional.
- c) La trabajabilidad del concreto fibrorreforzado experimental con fibras híbridas, disminuye significativamente con respecto al concreto convencional.
- d) El peso unitario y contenido de aire del concreto fibrorreforzado experimental con fibras híbridas, se incrementa significativamente con respecto al concreto convencional.
- e) El costo de producción del concreto fibrorreforzado experimental con fibras híbridas, se incrementa significativamente con respecto al concreto convencional.

## **2.5 Variables**

### **A. Variables independientes**

- Concreto convencional.
- Fibras híbridas

### **B. Variables dependientes**

- Propiedades frescas de concreto.
- Propiedades mecánicas de concreto.
- Costo de producción.

### **C. Variables intervinientes**

- Resistencia de diseño del concreto  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ .

#### **2.5.1 Definición conceptual de las variables**

#### **2.5.2 Definición operacional de las variables**

#### **2.5.3 Operacionalización de las variables**

Tabla 2:7 Variables dependientes

Tipo de variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Valor final	Tipo de variable	Forma de medir	Instrumento de medición
<b>Variable dependiente</b>								
<b>Propiedades endurecidas del concreto (Y<sub>1</sub>)</b>	Son las resistencias que tiene el concreto endurecido frente a fuerzas externas aplicadas sobre una estructura. Las más comunes son resistencia a compresión y flexión.	Se efectuarán ensayos de resistencia a la compresión y flexión a los 28 días, según la (NTP 339.034:2015, 2015) y (NTP 339.078:2012, 2017)	Resistencia a la compresión	- Fuerza a compresión. Aplicada. - Área resistente	Kg/cm <sup>2</sup>	Numérica Continua	Directa	Máquina de compresión de probetas
			Resistencia a la flexión	- Fuerza a flexión aplicada. - Área resistente	Kg/cm <sup>2</sup>	Numérica Continua	Directa	Máquina de flexión de probetas
<b>Propiedades frescas del concreto (Y<sub>2</sub>)</b>	Propiedades relacionadas con la puesta en obra e influirán principalmente en el rendimiento y la calidad de la ejecución.	Se efectuarán el ensayo de consistencia según la (NTP 339.035:2015, 2015)	Trabajabilidad	- Slump	Pulgadas	Numérica Continua	Directa	Cono Abrams de
		Se efectuará el ensayo de peso unitario del concreto, según la (NTP 339.046:2008., 2013)	Peso unitario	- Masa - Volumen	Kg/m <sup>3</sup>	Numérica Continua	Directa	Recipiente normado según análisis granulométrico

Fuente: Elaboración propia.



Tipo de variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Valor final	Tipo de variable	Forma de medir	Instrumento de medición
<b>Variable dependiente</b>								
			Contenido de aire	- Peso unitario ensayado - Peso unitario según sus componentes	%	Numérica Continua	Directa	Guía de observación
<b>Costo de producción (Y<sub>3</sub>)</b>	Es el costo en soles que tiene el concreto por unidad de volumen.	Se efectuará el análisis costos unitarios según los precios de la revista "Costos".	Costo de producción	- Costo - Volumen	Soles/m <sup>3</sup>	Numérica Continua	Directa	Análisis de precios unitarios y presupuesto.

*Fuente: Elaboración propia.*

Tabla 2:8 Variables independientes

Tipo de variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Valor final	Tipo de variable	Forma de medir	Instrumento de medición
<b>Variable independiente</b>								
<b>Concreto convencional (X<sub>1</sub>)</b>	Mezcla de pasta y agregados dosificados según las solicitudes estructurales.	Se efectuará el diseño de mezcla de acuerdo al método del Instituto americano del concreto ACI 211.	Pasta	- Cemento	Kg	Numérica	Directa	Balanza
				- Agua	L	Continua		Balde
			Agregados	- Granulometría	% P. R.	Numérica	Directa	Guía de observación
				- Peso específico	Kg/cm <sup>3</sup>			Tamices
				- Humedad	% W	Continua		Balanza
				- Dosificación	Kg			Horno
<b>Fibras híbridas (X<sub>2</sub>)</b>	Mezcla de fibras de acero trefilado de alta calidad y fibras de polipropileno macro sintéticas para reforzamiento secundario del concreto.	Se dosificará en peso en una balanza automática de alta precisión, según los detalles de su aplicación dadas en su ficha técnica.	Fibra de acero	- Hoja técnica	Kg/m <sup>3</sup>	Numérica	Directa	Balanza
						Continua		Guía de observación
			Fibras de polipropileno	- Hoja técnica	Kg/m <sup>3</sup>	Numérica	Directa	Balanza
						Continua		Guía de observación

Fuente: Elaboración propia.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Método de investigación**

##### **3.1.1 Metodología cuantitativa**

“La metodología cuantitativa contrasta teorías ya existentes a partir de una serie de hipótesis surgidas de la misma, siendo necesario obtener una muestra, ya sea en forma aleatoria o discriminada, pero representativa de una población o fenómeno objeto de estudio.” (Tamayo y Tamayo, 2007)

En este sentido, el método cuantitativo según (Hernández Sampieri, y otros, 2014) establece que utilizan la recolección de datos para probar hipótesis basadas en mediciones numéricas y análisis estadístico, para crear modelos de comportamiento y probar teorías, también enfatizan que este enfoque es consistente y persuasivo, cada paso precede al siguiente y no podemos omitir o Evitar de los pasos, el orden es estricto, aunque obviamente podemos redefinir la fase y parte de la idea que son limitados y los objetivos son limitados. Se formulan preguntas de investigación, se analiza la literatura y se construye una base teórica o perspectiva.

#### **3.2 Tipo de investigación**

##### **3.2.1 Investigación experimental**

“La investigación experimental, se realiza mediante la manipulación de una o más variables experimentales no comprobadas, en condiciones rigurosamente

controladas, con el fin de describir de qué modo o porque causa se produce una situación o acontecimiento particular.” (Silva M., 2014)

Es un experimento porque es el investigador quien introduce en la situación determinadas variables de investigación que manipula para controlar el aumento o disminución de esta variable y su efecto sobre el comportamiento observado. El investigador construye deliberadamente la variable experimental y luego observa lo que sucede en situaciones controladas. (Van Dalen, y otros, 1981)

“La investigación experimental es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos en determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente)”. (Arias Odón, 2012)

### **3.3 Nivel de investigación**

#### **3.3.1 Nivel explicativo**

La investigación explicativa tiene como objetivo establecer las causas de un fenómeno en particular. Es un tipo de investigación cuantitativa que revela la causa y el porqué de un fenómeno.

La investigación explicativa es responsable para elucidar las causas de los eventos por el establecimiento de causa y efecto relaciones. En este sentido, la investigación explicativa puede abordar tanto la determinación de causas post facto como la investigación experimental de consecuencias a través de pruebas de hipótesis. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimiento. (Arias Odón, 2012)

### **3.4 Diseño de la investigación**

#### **3.4.1 Investigación de laboratorio o experimental**

Esta investigación se presenta mediante la manipulación de una inconstante no comprobada, bajo condiciones rigurosamente controladas, para registrar como y porque causa se produce una situación o acontecimiento particular.

(Palella Stracuzzi, y otros, 2012 pág. 86), nos acentúan que el diseño experimental consiste para el investigador la manipulación de una variable

experimental no probada bajo condiciones estrictamente controladas. Su propósito es describir cómo y por qué ocurre o puede ocurrir un fenómeno. Se trata de predecir el futuro, para hacer predicciones que, una vez confirmado, se convierten en leyes y generalizaciones destinadas a aumentar la acumulación del conocimiento pedagógico y la mejora de la actividad educativa.

### **3.5 Población y muestra**

#### **3.5.1 Población**

Se elaboraron y ensayaron un total de 80 muestras de concreto convencional y de concreto fibrorreforzado experimental con fibras híbridas, indicados a continuación:

- Probetas cilíndricas de concreto de 150 mm (6 pulgadas) de diámetro y 300 mm (12 pulgadas) de altura, ensayadas según la (ASTM C39/C39M, 2018), equivalente a la (NTP 339.034:2015).
- Probetas de vigas prismáticas de concreto de 150 x 150 mm (6 x 6 pulgadas) de sección transversal, y una longitud mínima de 525 mm (21 pulgadas), ensayadas según (ASTM C78/C78M, 2018), equivalente a la (NTP 339.078:2012, 2017).

#### **3.5.2 Muestra**

“Cuando la población es pequeña o inferior a 100 individuos, se puede trabajar con todos los elementos como muestra, es decir, que no debe aplicarse ninguna fórmula para calcular la muestra; por lo que la misma población será la muestra”. (Brito, 2015)

Se elaboraron 6 tandas de diseño mezcla, para ensayos de resistencia a la compresión y flexión a los 28 días, una de concreto convencional (CP), y 5 de concreto fibrorreforzado experimental (CFE) con fibras híbridas dosificadas en peso de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla 3:1 Tabla de dosificaciones de las fibras en el concreto**

<b>Tanda</b>	<b>Fibra de acero (kg)</b>	<b>Fibra de polipropileno (kg)</b>	<b>Nomenclatura de diseño</b>	<b>Nomenclatura general</b>
<b>1</b>	0.00	0.00	CP	CP
<b>2</b>	20.00	2.00	CP + comb 1	CFE - I
<b>3</b>	24.75	3.375	CP + comb 2	CFE - II
<b>4</b>	28.00	4.40	CP + comb 3	CFE - III
<b>5</b>	29.75	5.075	CP + comb 4	CFE - IV
<b>6</b>	30.00	5.40	CP + comb 5	CFE - V

*Fuente: Elaboración propia.*

- 48 probetas correspondieron a muestras cilíndricas de 300 mm (12 pulg.) de alto y 150 mm (6 pulg.) de diámetro, para ensayos de resistencia a la compresión a los 28 días, y estuvieron distribuidos de la siguiente forma:

**Tabla 3:2 Tabla de especímenes de muestras cilíndricas**

<b>Tanda</b>	<b>Numero de especímenes</b>	<b>Nomenclatura</b>
1	8	CP
2	8	CFE - I
3	8	CFE - II
4	8	CFE - III
5	8	CFE - IV
6	8	CFE - V

*Fuente: Elaboración propia.*

- 32 probetas correspondieron a muestras prismáticas en forma de viga de 150 mm (6 pulg.) de ancho, 150mm (6 pulg.) de altura y 525 mm (21 pulg.) de longitud, para ensayos de resistencia a la flexión a los 28 días, y estuvieron distribuidos de la siguiente forma:

**Tabla 3:3 Tabla de especímenes de muestras prismáticas**

<b>Tanda</b>	<b>Numero de especímenes</b>	<b>Nomenclatura</b>
<b>1</b>	8	CP
<b>2</b>	8	CFE - I
<b>3</b>	8	CFE - III
<b>4</b>	8	CFE - V

*Fuente: Elaboración propia.*

Las muestras fueron identificadas con las siguientes nomenclaturas:

- Concreto convencional o concreto patrón (CP).
- Concreto fibrorreforzado experimental (CFE – I, II, III, IV y V).

### **3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

“Las técnicas son las diversas maneras de obtener la información, mientras que los instrumentos son las herramientas que se utilizan para la recolección, almacenamiento y procesamiento de la información recogida.” (López Morales, 2013)

Por su parte (Brito, 2015), dice que, las técnicas e instrumentos de recolección de información que se llevara a cabo para la realización de este proyecto mediante la fuente primaria en los análisis de materiales, diseño de mezclas, formulas, ensayos a flexión y las fuentes secundarias serian documentos digitales, tesis y propuestas que ya realizadas con respecto al tema.

Por ende, usamos toda la normatividad concerniente a agregados, diseño de mezclas y ensayos de resistencia a la flexión y a la compresión dadas por las Normas Técnicas Peruanas, ASTM y el ACI 211, además de instrumentos manuales como balanza, libretas de campo, guías de observación, cámaras fotográficas para registrar los datos obtenidos por observación directa.

#### **3.6.1 Agregados**

##### **3.6.1.1 (ASTM C136/C136M, 2014) – (NTP 400.012:2013, 2018) AGREGADOS: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.**

**A. Ámbito de trabajo de la (NTP 400.012:2013, 2018)**

Esta NTP del INACAL se utiliza para delimitar la gradación de materiales propuestos para su uso como agregados o aquellos que se están usando como tales. Los resultados se utilizan para especificar el desempeño de la repartición de las partículas con los requisitos exigidos por las especificaciones técnicas de la obra y para suministrar la información necesaria para el control de la obtención o fabricación de los agregados. (NTP 400.012:2013, 2018)

**B. Síntesis del procedimiento**

El procedimiento consiste en tamizar una muestra de agregado seco, de masa inicial conocida, esta es ordenada por una serie de tamices los cuales progresivamente van de mayor a menor, para clasificar las partículas.

**C. Equipos**

- Tamices Estándar ASTM C-136 (3", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", No 4, No 8, No 16, No 30, No 50, No 100, No200, base y tapa).
- Balanza con precisión de 0.1% de la masa se la muestra.
- Taras.
- Brochas de cerda.
- Horno a temperatura constante  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**D. Procedimiento**

- Se cuartea los agregados para obtener una muestra representativa uniforme.
- Se registra los pesos de los agregados a ser tamizados, según norma. Para el agregado grueso TMN ½" es 2 kg y 500 gramos para el agregado fino como mínimo.
- Se selecciona los tamices a usar, teniendo en cuenta el tamiz N° 4, el cual delimita el agregado grueso del fino.
- Se determinó el peso de cada fracción retenida. En caso el peso del material tamizado difiera en más 0.3% del peso original ensayado, esto no debe ser validado.



**Figura 3:1 Análisis granulométrico – Agregado fino**



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3:4 Análisis granulométrico - Agregado fino**

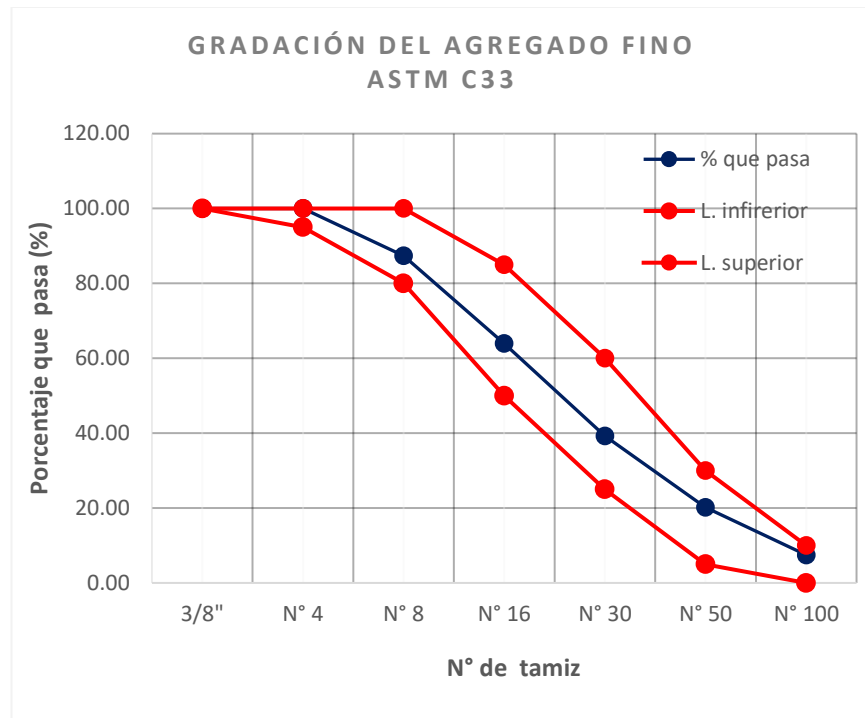
TAMIZ ASTM N°	Peso retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa
3/8"	0.0	0.00	0.00	100.00
N° 4	0.0	0.00	0.00	100.00
N° 8	63.1	12.62	12.62	87.38
N° 16	117.2	23.44	36.05	63.95
N° 30	123.7	24.74	60.79	39.21
N° 50	95.4	19.08	79.86	20.14
N° 100	63.3	12.66	92.52	7.48
<b>FONDO</b>	37.4	7.48	100.00	0.00
<b>Total</b>	500.1	100.00		

Fuente: Elaboración propia.

El módulo de fineza del agregado fino se calculó de la siguiente forma:

$$mf = \frac{12.61 + 36.04 + 60.78 + 79.86 + 92.52}{100} = 2.82$$

Gráfico 3:1 Curva granulométrica del agregado fino



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3:5 Análisis granulométrico - Agregado grueso

TAMIZ ASTM N°	Peso retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa
2"	0.0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	0.0	0.00	0.00	100.00
3/4"	48.2	2.41	2.41	97.59
1/2"	807.5	40.42	42.83	57.17
3/8"	476.6	23.86	66.68	33.32
N° 4	637.8	31.92	98.61	1.39
<b>FONDO</b>	27.8	1.39	100.00	0.00
<b>Total</b>	1,998.0	100.00		

Fuente: Elaboración propia.

El módulo de finza del agregado grueso se calculó de la siguiente forma:

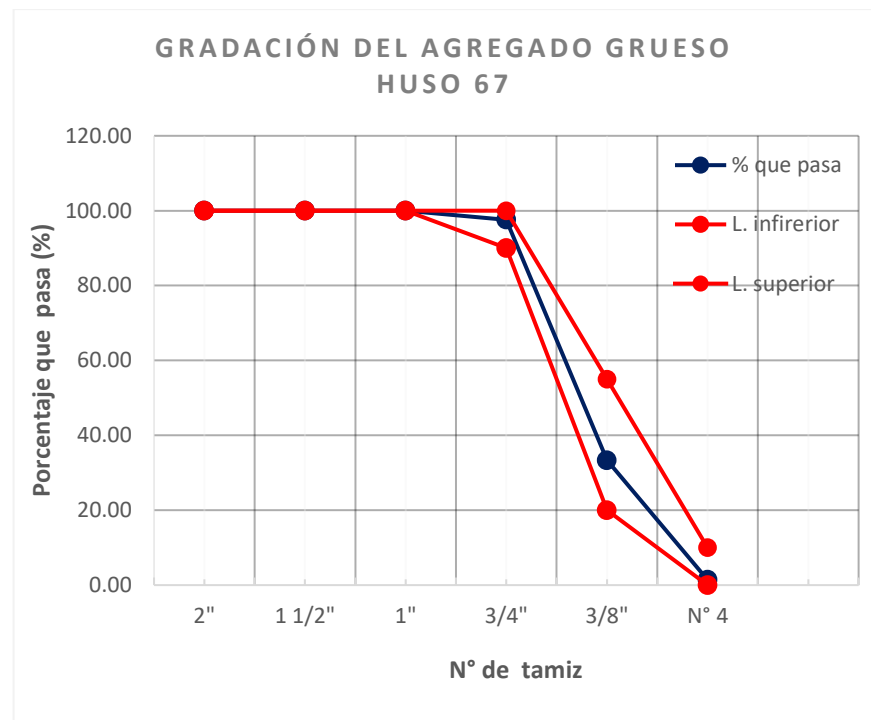
$$mg = \frac{2.41 + 66.68 + 98.61 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100}{100} = 6.68$$

**Figura 3:2 Análisis granulométrico - Agregado grueso**



Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 3:2 Curva granulométrica del agregado grueso**



Fuente: Elaboración propia.

Del análisis granulométrico se determinó que el huso ASTM para el agregado grueso es el Huso 67<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> HUSO 67 ASTM: Porcentaje que pasa entre el tamiz 3/4" (19.00 mm) y N° 4 (4.75 mm).

**3.6.1.2 (ASTM C29/C29M, 2017) – (NTP 400.017:2011, 2016) AGREGADOS: Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“peso unitario”) y los vacíos en los agregados.**

**A. Propósito de la (NTP 400.017:2011, 2016)**

Esta NTP del INACAL se encarga de establecer la cantidad de masa por unidad de volumen (“Peso unitario) de los agregados en situación de suelto o compactado, y se determina los huecos entre partículas, ya sea de agregado fino, grueso o combinación de ambos. El método de ensayo es correspondiente a áridos que no superen los 125 mm de tamaño máximo nominal.

**B. Equipos**

- Balanza con precisión de 0.1% de la masa se la muestra.
- Varilla de apisonado de 16 mm de diámetro y 600 mm de longitud.
- Recipiente de capacidad 1/10 p3 (0.00279 m3).
- Pala o cucharon.

**C. Procedimiento**

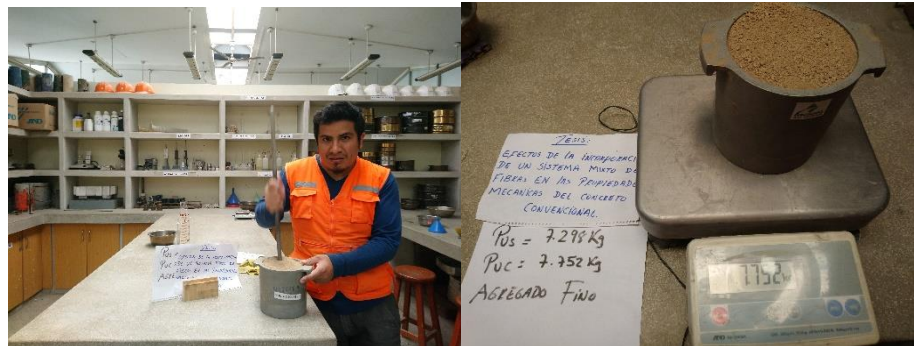
- Para el peso unitario suelto (PUS), se llenó el recipiente hasta el rebose con un cucharon, dejándolo caer el agregado desde una altura no mayor a las 2”. Se enrazo con la espátula, y se pesó.
- Para el peso unitario compactado (PUC), se llenó la primera capa, se varilló con 25 golpes, se colocó la 2da capa y se repitió el proceso, se colocó la última capa y siguió el mismo procedimiento, se enrazo con la varilla y luego se pesó.

*Figura 3:3 Peso unitario suelto y compactado de los agregados grueso*



*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 3:4** *Peso unitario suelto y compactado del agregado fino*



Fuente: Elaboración propia.

- El PUS y PUC de los agregados se calcula mediante la siguiente expresión:

$$PUS \text{ ó } PUC (D) = \frac{A - B}{C}$$

**Tabla 3:6** *Peso unitario suelto y compactado del agregado fino*

Ítem	Determinación del peso unitario del agregado fino	Unid.	PUS	PUC
			M-1	M-1
A	Peso de la muestra + molde	kg	7,298	7,752
B	Peso del molde	kg	2,750.2	2,750.2
C	Volumen del molde	m <sup>3</sup>	0.00279	0.00279
D	Peso unitario seco	kg/m <sup>3</sup>	1,630.04	1,792.76

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3:7** *Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso*

Ítem	Determinación del peso unitario del agregado grueso	Unid.	PUS	PUC
			M-1	M-1
A	Peso de la muestra + molde	kg	7,014	7,406
B	Peso del molde	kg	2,750.2	2,750.2
C	Volumen del molde	m <sup>3</sup>	0.00279	0.00279
D	Peso unitario seco	kg/m <sup>3</sup>	1,528.24	1,668.75

Fuente: Elaboración propia.

**3.6.1.3 (ASTM C127, 2015) – (NTP 400.021:2013, 2018) AGREGADOS: Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (“peso específico”) y absorción del agregado grueso.**

**A. Propósito de la (NTP 400.021:2013, 2018)**

Esta NTP del INACAL especifica un procedimiento para la determinación del peso específico (seco, saturado con superficie seca y aparente) y absorción después de 24 horas del agregado grueso. El peso específico saturado con superficie seca y la absorción se basan en agregados sumergidos en agua después de 24 horas. Este método de prueba no es aplicable a agregados ligeros. (NTP 400.021:2013, 2018)

**B. Síntesis del procedimiento**

La muestra de agregado se sumerge en agua durante aproximadamente 24 horas para llenar los poros. Luego se retira del agua, se seca la superficie de las partículas y se pesa. La muestra es entonces pesada sumergida en agua. Finalmente, la muestra se seca en un horno y se pesa por tercera vez. Usando los pesos y fórmulas así obtenidos en este método de prueba, se pueden calcular tres tipos de densidad y absorción. (NTP 400.021:2013, 2018)

**C. Equipos**

- Balanza con precisión de 0.1% de la masa de la muestra.
- Taras.
- Canastilla de alambre.
- Recipiente de agua.
- Tamices
- Horno a temperatura constante  $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ .

**D. Procedimiento**

- Se obtuvo una muestra representativa de 2.0 kg de acuerdo al tamaño máximo nominal según la (NTP 400.021:2013, 2018).
- Posteriormente se lavó la muestra y luego se saturó en agua por 24 horas.

- Se escurrió el agua y se trasladó a otra bandeja, donde se secó con una franela hasta que no quede restos de agua visible.
- Seguido se pesó la muestra, y se obtuvo peso saturado superficialmente seco (SSS).
- A continuación, se procedió a colocar la muestra (SSS) en la cesta, y se a pesar la muestra en el agua.
- Se dejó secar en el horno por 24 horas.
- Finalmente se retiró y se dejó enfriar unas horas y se procedió a pesar la muestra seca.

**Figura 3:5 Gravedad específica y absorción del agregado grueso**



Fuente: Elaboración propia.

- Los cálculos de hicieron de acuerdo a las siguientes expresiones:

**Tabla 3:8 Formulas para gravedad específica y absorción del agregado grueso**

Ítem	Formula
Peso específico de la masa (Pem)	$P_{em}(D) = \frac{C}{(A - B)}$
Peso específico saturado superficial seco (PeSSS)	$P_{eSSS}(E) = \frac{A}{(A - B)}$
Peso específico aparente (Pea)	$P_{ea}(F) = \frac{C}{(C - B)}$
Absorción (Ab)	$A_b(G) = \frac{A - C}{C} * 100$

Fuente: Elaboración propia.

*Tabla 3:9 Gravedad específica y absorción del agregado grueso*

<b>Ítem</b>	<b>Determinación de la gravedad específica y absorción del agregado grueso</b>	<b>Unid.</b>	<b>M-1</b>
<b>A</b>	Peso de la muestra sat. Sup. seca	g	2,004.25
<b>B</b>	Peso de la muestra SSS en agua	g	1,258.90
<b>C</b>	Peso de la muestra seca	g	1,971.85
<b>D</b>	Peso específico de la muestra seca	g/cm <sup>3</sup>	2.65
<b>E</b>	Peso específico de la muestra SSS	g/cm <sup>3</sup>	2.69
<b>F</b>	Peso específico aparente	g/cm <sup>3</sup>	2.65
<b>G</b>	Porcentaje de absorción	%	1.65

*Fuente: Elaboración propia.*

**3.6.1.4 (ASTM C128, 2015) – (NTP 400.022:2013, 2018) AGREGADOS: Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (“peso específico”) y absorción del agregado fino.**

**A. Propósito de la (NTP 400.022:2013, 2018)**

“La presente norma tiene por objeto establecer un procedimiento para determinar la densidad promedio de partículas de agregado fino (no incluye los orificios entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado fino.” (NTP 400.022:2013, 2018)

**B. Síntesis del procedimiento**

La muestra de agregado se saturada en agua por  $24 \pm 4$  horas para llenar los poros. Posteriormente se retira el agua, la superficie de las partículas es secada y se calcula la masa. Seguidamente la muestra o parte de ella se coloca en un recipiente graduado (fiola) y el volumen de la muestra se precisa por gravimetría o volumétricamente. Finalmente, la muestra se seca en un horno y se determina nuevamente el peso. Usando los datos obtenidos de la masa y las fórmulas de esta prueba, es posible calcular la densidad, gravedad específica y absorción. (NTP 400.022:2013, 2018)

**C. Equipos**



- Balanza con precisión de 0.1% de la masa se la muestra.
- Picnómetro (Fiola).
- Taras.
- Molde cónico.
- Varilla de apisonado.
- Horno a temperatura constante  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

#### D. Procedimiento

- Se obtuvo una muestra representativa de 500 gr y dejó en el horno por 24 horas.
- Posteriormente se saturó la muestra en agua por 24 horas.
- Se decantó el agua y se trasladó a otra bandeja, donde se secó en una corriente de aire continua.
- Seguido se procedió a introducir la muestra en molde cónico, y fue apisonamos 25 veces, al ver que al quitar el molde cónico la muestra se cae, damos por concluido el ensayo.
- A continuación, se procedió a colocar la muestra (SSS) en la fiola con ayuda de un embudo, y se pesa.
- Luego, llenamos agua, agitamos para eliminar el aire, y completamos la capacidad de la fiola marcada a través de un gotero. Al inspeccionar que ya no haya burbujas, se pesa la fiola + la muestra + el agua.
- Se extrae la muestra y se lleva a horno por 24 horas, y se pesa.
- Finalmente se llena la fiola llena con agua hasta la marca de los 500 ml.

**Figura 3:6 Gravedad específica y absorción del agregado fino**



Fuente: Elaboración propia.

- Los cálculos de hicieron de acuerdo a las siguientes expresiones:

**Tabla 3:10 Formulas para gravedad específica y absorción del agregado fino**

Ítem	Formula
Densidad relativa (OD)	$OD (E) = \frac{D}{(C + A - B)}$
Densidad relativa saturado superficial seco (SSD)	$SSD (F) = \frac{A}{(C + A - B)}$
Densidad relativa aparente (SSD)	$SSD (G) = \frac{D}{(C + D - B)}$
Absorción (Ab)	$A_b (H) = \frac{A - D}{D} * 100$

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3:11 Gravedad específica y absorción del agregado fino**

Ítem	Determinación de la gravedad específica y absorción del agregado fino	Unid.	M-1
A	Peso de la muestra sat. Sup. seca	g	500.20
B	Peso de la muestra SSS + fiola + H <sub>2</sub> O	g	952.00
C	Peso fiola + H <sub>2</sub> O	g	639.30
D	Peso de la muestra seca	g	497.55
E	Peso específico de la muestra seca	g/cm <sup>3</sup>	2.65
F	Peso específico de la muestra SSS	g/cm <sup>3</sup>	2.67
G	Peso específico aparente	g/cm <sup>3</sup>	2.69
H	Porcentaje de absorción	%	0.53

Fuente: Elaboración propia.

### 3.6.1.5 (ASTM C566, 2013) – (NTP 339.185: 2013, 2018) AGREGADOS: Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.

#### A. Objeto

Esta NTP del INACAL especifica un procedimiento para calcular el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado fino o

grueso por secado. La humedad superficial y la contenida en los poros está contemplada en la humedad evaporable, pero no incluye el agua, que químicamente se combina con minerales en algunos agregados y no es sujeto a la evaporación, es, por tanto, no se incluyen en el porcentaje determinado por este método. (NTP 339.185: 2013, 2018)

## B. Equipos

- Balanza con precisión de 0.1% de la masa de la muestra.
- Taras.
- Horno a temperatura constante  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## C. Procedimiento

- Se obtuvo una muestra representativa de agregado fino y grueso.
- Se pesó 500 y 1500 gr de agregado fino y grueso respectivamente.
- Se dejó en el horno por 24 horas.
- Se retiró las muestras y se dejó enfriar.

**Figura 3:7 Determinación de la humedad natural de los agregados.**



Fuente: Elaboración propia.

- Se pesó la muestra seca, los cálculos se hicieron de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\text{Contenido de humedad } (\omega)$$

$$\omega_{Agr. (C)} = \frac{(A - B)}{B} * 100$$

**Tabla 3:12 Humedad natural del agregado fino**

<b>Ítem</b>	<b>Determinación de la humedad natural del agregado fino</b>	<b>Unid.</b>	<b>M-1</b>
<b>A</b>	Peso de la muestra húmeda original	g	500.60
<b>B</b>	Peso de la muestra seca	g	498.27
<b>C</b>	Humedad	%	0.47

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 3:13 Humedad natural del agregado grueso**

<b>Ítem</b>	<b>Determinación de la humedad natural del agregado fino</b>	<b>Unid.</b>	<b>M-1</b>
<b>A</b>	Peso de la muestra húmeda original	g	1,500.50
<b>B</b>	Peso de la muestra seca	g	1,492.90
<b>C</b>	Humedad	%	0.51

*Fuente: Elaboración propia.*

### 3.6.2 Diseño de mezcla ACI 211

La presente investigación realizó el diseño de mezcla por el método del (ACI Committee 211), por el que tomaremos las proporciones en la dosificación para los criterios dados como la resistencia de diseño de un  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ . Para usar este método, es necesario usar las tablas dadas por el comité del ACI. Para seleccionar las proporciones del concreto el ACI 211, requiere los siguientes datos:

- Análisis granulométrico de agregado fino y grueso.
- Peso unitario compactado del agregado grueso.
- Peso Específico de masa, porcentajes de absorción y humedad de los agregados a utilizar.
- Tipo y marca del cemento a utilizar.
- Peso específico o densidad del cemento Portland.
- Requerimientos de agua de mezclado.
- Relación entre la resistencia y la relación agua cemento, para las combinaciones posibles de cemento y agregados.

### 3.6.2.1 Materiales

#### A. Matriz cementante (Pasta)

Para la matriz cementante o pasta cementante se usó: Cemento Sol Portland Tipo I, con un peso específico de 3.12 g/ml. Uno de los cementos que alcanza mayor resistencia a la compresión a los 28 días. Fabricado por Unión Andina de Cementos (UNACEM). (Ficha técnica: Anexo 7)

- Agua potable del campus de la Universidad Agraria La Molina (UNALM).

#### B. Agregados

Los agregados usados fueron de la concretará Unión de Concreteras S.A. (UNICON). Fabricados por CONCREMAX S.A., Cooperativa Las Vertientes Mz. F Lote 3A – Villa El Salvador, Lima – Perú. La presentación de los agregados es en envases de 40 kg, los cuales son producidos según los estándares vigentes de norma (ASTM C33/ C33M - 18, 2018)

*Tabla 3:14 Resultados de los ensayos de los agregados empleados*

<b>Ensayo</b>	<b>Agregado fino</b>	<b>Agregado grueso</b>
Granulometría		
Módulo de fineza	2.82	6.68
Peso unitario		
Peso unitario suelto	1,630.04 kg/m <sup>3</sup>	1,528.24 kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1,792.76 kg/m <sup>3</sup>	1,668.75 kg/m <sup>3</sup>
Peso específico y absorción		
Peso específico	2.65 g/cm <sup>3</sup>	2.65 g/cm <sup>3</sup>
Peso específico SSS	2.67 g/cm <sup>3</sup>	2.69 g/cm <sup>3</sup>
Peso específico aparente	2.69 g/cm <sup>3</sup>	2.77 g/cm <sup>3</sup>
Absorción	0.53 %	1.65 %
Contenido de humedad		
Humedad	0.47 %	0.51 %

*Fuente: Elaboración propia.*

### C. Fibras

Las fibras que se utilizaron en la presente investigación fueron de la empresa Sika Perú S.A. Los pesos por m<sup>3</sup> de concreto partieron de las dosificaciones según sus hojas técnicas:

- Fibra de acero Sika® Fiber LHO 45/35 NB. (Ficha técnica: Anexo 9)
- Fibra de polipropileno Sika® Fiber Force PP – 48. (Ficha técnica: Anexo 10)

*Tabla 3:15 Propiedades de las fibras*

Propiedades	Fibra de acero	Fibra de polipropileno
Resistencia a la tracción (MPa)	1150	640
Diámetro (mm)	0.77	--
Longitud (mm)	35	48
Geometría	Enganchado	Monofilamento
Relación de aspecto	45	--

*Fuente: Elaboración propia.*

*Tabla 3:16 Dosificación en peso y porcentaje de la combinación de fibras*

Símbolo	Fibra de acero		Fibra de polipropileno	
Comb 1	20.00 kg	0.84%	2.00 kg	0.08%
Comb 2	24.75 kg	1.04%	3.375 kg	0.14%
Comb 3	28.00 kg	1.17%	4.40 kg	0.18%
Comb 4	29.75 kg	1.25%	5.075 kg	0.21%
Comb 5	30.00 kg	1.26%	5.40 kg	0.23%
Rango x m <sup>3</sup> de concreto	20 – 50 kg/m <sup>3</sup>		2 – 9 kg/m <sup>3</sup>	

*Fuente: Elaboración propia.*

#### 3.6.2.2 Procedimiento para el diseño de mezcla de un f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup> – Método (ACI Committee 211)

##### A. Resistencia promedio

Como no contamos con registros para determinar la desviación estándar, la resistencia promedio a la compresión requerida ( $f'_{cr}$ ) debe determinarse mediante la siguiente tabla:

**Tabla 3:17 Resistencia promedio a la compresión requerida**

<b>Resistencia especificada a la compresión, MPa</b>	<b>Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa</b>
$f'_c < 21$	$f'_{cr} = f'_c + 7.0$
$21 \leq f'_c \leq 35$	$f'_{cr} = f'_c + 8.5$
$f'_c > 35$	$f'_{cr} = 1.1 f'_c + 5$

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019)

- Resistencia especificada a la compresión:  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .
- Resistencia promedio requerida a la compresión:  $f'_{cr} = f'_c + 85$

$$f'_{cr} = 210 + 85 = 295.00 \text{ kg/cm}^2$$

## B. Selección del asentamiento

La resistencia a la compresión  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  es la resistencia mínima de un concreto convencional para elementos estructurales, como columnas, vigas y losas, y además queremos contar con un concreto trabajable de consistencia plástica optamos por el asentamiento comprendido entre 3" a 4".

**Tabla 3:18 Asentamientos recomendables para diversos tipos de obras.**

<b>Tipos de estructuras</b>	<b>Slump</b>	
	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3"	1"
Zapatas simples, cajones y muros de subestructura	3"	1"
Vigas y muros reforzados	4"	1"
Columnas	4"	2"
Pavimentos y losas	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998)

### C. Selección del tamaño máximo

Según (Pasquel Carbajal, 1998), “el tamaño máximo y su forma influyen en la cantidad de agua que requiere la mezcla para satisfacer las condiciones de trabajabilidad”.

- Tamaño máximo:  $TM = 3/4"$

### D. Estimación del agua de mezclado y contenido de aire

La tabla 3.19 nos facilita diversas estimaciones de agua de mezclado, según el tamaño máximo y el asentamiento. Además, nos da los porcentajes de aire atrapado según el tipo de agregado y el aire incorporado según la exposición del concreto. Si el tamaño máximo es  $3/4"$  y un slump entre  $3'' - 4''$ .

*Tabla 3:19 Cantidades aproximadas de agua de amasado para diferentes slump, tamaño máximo de agregado y contenido de aire*

Slump	Tamaño máximo de agregado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
<b>Concreto sin aire incorporado</b>								
1" a 2"	207	1.99	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	<b>205</b>	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	--
% de aire atrapado	3.0	2.5	<b>2.0</b>	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2
<b>Concreto con aire incorporado</b>								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	--
<b>% de aire incorporado en función del grado de exposición</b>								
Normal	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Moderado	8	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Extrema	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998)



- Agua de diseño:  $H_2O_{diseño} = 205 \text{ l/m}^3$  de concreto.
- Aire atrapado: 2.0 %

### E. Relación agua/cemento (a/c)

Para determinar la relación agua/cemento, calculado la resistencia promedio requerida  $f'_{cp} = 295 \text{ kg/cm}^2$ , este valor lo ubicamos en la tabla 3:20.

*Tabla 3:20 Relación agua/cemento Vs  $f'_{cp}$*

Resistencia promedio $f'_{cp}$ 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Relación a/c en peso	
	concreto sin aire incorporado	concreto con aire incorporado
150	0.79	0.70
200	0.69	0.6
<b>250</b>	<b>0.61</b>	0.52
<b>300</b>	<b>0.54</b>	0.45
350	0.47	0.39
400	0.42	--
450	0.38	--

*Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998)*

Como el valor  $f'_{cp} = 295 \text{ kg/cm}^2$ , no está dentro de los datos establecidos, tenemos que interpolar valores de la siguiente manera:

$$250 \rightarrow 0.61$$

$$295 \rightarrow a/c$$

$$300 \rightarrow 0.54$$

$$\frac{300 - 295}{300 - 250} = \frac{0.54 - a/c}{0.54 - 0.61} \rightarrow a/c = 0.55$$

Con el valor de  $a/c = 0.55$ , calculamos la cantidad de cemento por m<sup>3</sup> de concreto. Para lo cual utilizamos la siguiente expresión:

$$\text{Cemento (kg)} = \frac{\text{Peso del agua (kg)}}{\text{Relacion a/c}}$$

- Agua de diseño:  $H_2O_{\text{Diseño}} = 205 \text{ kg}$ .
- Relación agua/cemento:  $a/c = 0.55$

$$\text{Cemento (kg)} = \frac{205 \text{ (kg)}}{0.55} \rightarrow C = 374.8 \text{ kg}$$

#### F. Estimación del contenido del agregado grueso (B/Bo)

El contenido del agregado grueso por  $\text{m}^3$  de concreto, hacemos uso del módulo de fineza del agregado fino es,  $mf = 2.82$  y el tamaño máximo del agregado grueso es  $3/4"$ , el B/Bo se calcula mediante la siguiente tabla:

*Tabla 3:21 Volumen de agregado grueso compactado en seco por metro cubico de concreto*

Tamaño máximo del agregado	Volumen de agregado grueso compactado para diversos módulos de fineza de la arena			
	2.4	2.6	2.8	3.0
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	<b>0.62</b>	<b>0.60</b>
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
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

*Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998)*

Como el valor  $mf = 2.82$ , no está dentro del rango los datos establecidos, tenemos que interpolar valores de la siguiente manera:

$$2.8 \rightarrow 0.62$$

$$2.82 \rightarrow B/Bo$$

$$3.0 \rightarrow 0.60$$

$$\frac{3.0 - 2.82}{3.0 - 2.8} = \frac{0.60 - B/Bo}{0.60 - 0.62} \rightarrow B/Bo = 0.62$$

Sabiendo el índice B/Bo y además de conocer el peso unitario compactado (PUC) del agregado, podemos calcular el contenido de agregado grueso por m<sup>3</sup> de concreto, mediante la siguiente expresión:

$$\text{Agregado grueso (kg)} = B/Bo * PUC_{agr. \text{ grueso}}$$

- Relación en volumen: B/Bo = 0.62 m<sup>3</sup>.
- Peso unitario compactado: PUC = 1,668.75 kg/m<sup>3</sup>.

$$\text{Agregado grueso (kg)} = 0.62 \text{ m}^3 * 1668.75 \text{ kg/m}^3$$

$$\rightarrow P_d = 1,031.58 \text{ kg}$$

### G. Estimación del contenido del agregado fino - Método de los volúmenes absolutos

Para determinar el contenido del agregado fino por m<sup>3</sup> de concreto, usamos el método de los volúmenes absolutos en base a 1 m<sup>3</sup> de concreto ya que posee más precisión. Para lo cual usamos la siguiente expresión del peso específico:

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V}$$

Donde:

$V$  : Volumen de la masa.

$\gamma_s$  : Peso específico de la masa.

$W_s$  : Peso seco de la muestra.

**Tabla 3:22 Cálculo de los volúmenes absolutos de cada material**

<b>Materiales</b>	<b>Peso seco (kg)</b>	<b>Peso específico (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>
Cemento	374.8	3120.00	0.12012
Agregado grueso	1,031.58	2650.00	0.38975
Agua	205	1000	0.20500
Aire		2.0 %	0.02000
<b>Total</b>			<b>0.73487</b>

Fuente: Elaboración propia.

Luego:

$$V_{A.fino} = 1 \text{ m}^3 - 0.73487 \text{ m}^3 \rightarrow V_{A.fino} = 0.26513 \text{ m}^3$$

$$W_{A.fino} = 2650.00 * 0.26513 \rightarrow W_{A.fino} = 703.55 \text{ kg}$$

## H. Ajuste por contenido de humedad de los agregados

Se sabe que los agregados en estado natural poseen cierta humedad, lo cual afecta directamente al volumen unitario del agua de diseño.

Para calcular los pesos húmedos usamos la siguiente expresión:

$$W_h = W_s \left( \frac{\omega}{100} + 1 \right)$$

Donde:

$\omega$  : Contenido de humedad

$W_h$  : Peso húmedo de la muestra.

$W_s$  : Peso seco de la muestra.

**Tabla 3:23 Cálculo de los pesos humedad de cada material**

<b>Materiales</b>	<b>Peso seco (kg)</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>Peso húmedo (kg)</b>
Cemento	374.8	---	374.8
Agregado grueso	1,031.6	0.51	1036.8
Agregado fino	703.5	0.47	706.8

*Fuente: Elaboración propia.*

## I. Aporte de agua de los agregados

También sabemos que los agregados tienden a absorber agua, lo cual dificulta la consistencia y fluidez del concreto, el aporte de agua de los agregados y agua efectiva se calculan mediante las siguientes expresiones:

$$H_2O_{Aporte} = W_s \left( \frac{\omega - A}{100} \right)$$

$$H_2O_{Efectiva} = H_2O_{Diseño} - (H_2O_{Aporte})$$

Donde:

$\omega$	: Contenido de humedad
$A$	: Absorción de la muestra.
$W_s$	: Peso seco de la muestra.
$H_2O_{Aporte}$	: Aporte de agua.

**Tabla 3:24 Cálculo del aporte de agua de cada material**

<b>Materiales</b>	<b>Peso seco (kg)</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>Absorción (%)</b>	<b>Aporte de H<sub>2</sub>O (L)</b>
Agr. grueso	1,031.58	0.51	1.65	-11.75
Agr. fino	703.55	0.47	0.53	-0.48
Total				-12.23

Fuente: Elaboración propia.

Luego:

$$H_2O_{Efectiva} = 205.00 - (-12.23) \rightarrow H_2O_{Efectiva} = 217.23 \text{ L}$$

## J. Proporciones de mezcla finales

Terminado el diseño de mezcla para un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , por el método del (ACI Committee 211, 2002).

**Tabla 3:25 Diseño de mezcla final concreto convencional (Concreto patrón)**

<b>Materiales</b>	<b>Pesos corregidos (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Proporciones</b>
Cemento	374.8	1
Agregado fino	706.8	1.89
Agregado grueso	1,036.8	2.77
Agua	217.2	0.58
Aire		2%

Fuente: Elaboración propia.

Después de definir el diseño final de mezcla, calculamos la cantidad de materiales en peso necesarios para la elaboración de una tanda de concreto.

Para elaboración de los especímenes cilíndricos (6" x 12") y prismáticos (6" x 6" x 21"), los cuales fueron sometidos a los ensayos de compresión y flexión respectivamente.

La dosificación en peso fibras híbridas fue: CP (SF<sub>0.00</sub> + PPF<sub>0.00</sub>), CFE I (SF<sub>20.00</sub> + PPF<sub>2.00</sub>), CFE II (SF<sub>24.75</sub> + PPF<sub>3.375</sub>), CFE III (SF<sub>28.00</sub> + PPF<sub>4.40</sub>), CFE IV (SF<sub>29.75</sub> + PPF<sub>5.075</sub>) y CFE V (SF<sub>30.00</sub> + PPF<sub>5.40</sub>) kg/m<sup>3</sup> de concreto.

**Tabla 3:26 Diseño de mezcla final concreto convencional y concreto fibrorreforzado experimental con fibras híbridas**

Materiales	Concreto patrón (kg/m <sup>3</sup> )	Concreto fibrorreforzado experimental con fibras híbridas (kg/m <sup>3</sup> )				
		CFE – I	CFE – II	CFE – III	CFE – IV	CFE – V
Cemento	374.8	374.8	374.8	374.8	374.8	374.8
Agregado grueso	1,036.8	1,036.8	1,036.8	1,036.8	1,036.8	1,036.8
Agregado fino	706.8	706.8	706.8	706.8	706.8	706.8
Agua	217.2	217.2	217.2	217.2	217.2	217.2
Comb N°	(SF <sub>0.00</sub> + PPF <sub>0.00</sub> )	(SF <sub>20.00</sub> + PPF <sub>2.00</sub> )	(SF <sub>24.75</sub> + PPF <sub>3.375</sub> )	(SF <sub>28.00</sub> + PPF <sub>4.40</sub> )	(SF <sub>29.7</sub> + PPF <sub>5.075</sub> )	(SF <sub>30.00</sub> + PPF <sub>5.40</sub> )

*Fuente: Elaboración propia.*

### 3.6.3 Verificación de diseño de mezcla

#### A. Propósito

Mediante la verificación de diseño de mezcla se constató que la cantidad calculada de agua sea la adecuada, es decir, se verifico el slump.

#### B. Equipos

- Balanza.
- Taras.
- Varilla compactadora de 5/8"
- Cono de Abrams.
- Mezcladora.

#### C. Procedimiento

- Cálculo de materiales para un cono de Abrams más un 50%.
- Mezclado.
- Varillado según indica la norma, 25 golpes uniformemente repartidos por cada una de las 3 capas colocadas.
- Se levanta el cono.
- Verificación del slump.
- Se acepta diseño de mezcla.

*Figura 3:8 Verificación de diseño de mezcla*



*Fuente: Elaboración propia.*

### 3.6.4 Concreto fresco

#### 3.6.4.1 (ASTM C31/C31M, 2019) – (NTP 339.033:2015, 2015) CONCRETO: Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo.

##### A. Propósito de la (NTP 339.033:2015, 2015)

“Esta Norma Técnica Peruana establece los procedimientos para preparar y curar especímenes de forma cilíndrica y de viga, de muestras representativas de concreto fresco para un proyecto de construcción.” (NTP 339.033:2015, 2015)

El concreto utilizado para hacer las probetas debe ser tomada después de que todos los ajustes a la mezcla de dosificación se han hecho en el sitio, incluyendo la adición de la mezcla de agua y aditivos. Esta práctica no es adecuada para hacer probetas de concreto que no tenga un slump medible o que requiera probetas de otros tamaños o formas. (NTP 339.033:2015, 2015)

## **B. Equipos**

- Balanza.
- Taras.
- Varilla compactadora de 5/8"
- Martillo de goma.
- Cono de Abrams.
- Moldes cilíndricos 6" x 12".
- Moldes prismáticos 6" x 6" x 21".
- Mezcladora de ½ bolsa por tanda.
- Herramientas manuales.

## **C. Procedimiento**

- Se pesó los materiales de acuerdo a la dosificación del diseño de mezcla del concreto convencional, además de los porcentajes en peso de las fibras para el concreto fibrorreforzado experimental.
- Se recubrió los moldes con petróleo para evitar adherencia y/o pérdida de agua (moldes de madera).
- Se procedió a mezclar, comenzado con un 60% de agua, luego incorporamos el agregado fino, seguido del agregado grueso, posteriormente agregamos en cemento, para finalizar agregando el 40% restante de agua, en el caso del concreto convencional, se dio un ciclo de mezclado de 5 minutos.
- Para el caso del concreto fibrorreforzado experimental con fibras híbridas, a lo ya mencionado anteriormente, finalizamos agregando las fibras (la hoja técnica recomienda 30 segundos por pie cubico), pero en el caso nuestro, rotamos 1 minuto verificando una distribución



homogénea.

- Seguidamente después del mezclado se procedió verificar el Slump (Asentamiento) y peso unitario (detallado más adelante en ítem 3.6.4.2 y 3.6.4.3), respectivamente.
- Se vació en los moldes, para las probetas cilíndricas, se realizó el varillado con 25 golpes por cada una de las 3 capas colocadas.
- Para las probetas de vigas, se realizó el varillado con 57 golpes por capa colocada, en total 2, según la norma<sup>10</sup> en mención.
- Se desmoldo y se procedió al curado de los especímenes cilíndricos y prismáticos en la poza del Laboratorio de prueba y ensayo de materiales de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la UNALM.

**Figura 3:9 Elaboración de probetas cilíndricas y prismáticas**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 3:10 Desmoldado de probetas cilíndricas y prismáticas**



Fuente: Elaboración propia.

<sup>10</sup> NTP 339.033 – El número de golpes por cada capa, uno cada 14 cm<sup>2</sup> del área de la superficie superior de la viga.

**Figura 3:11 Curado de probetas cilíndricas y prismáticas**



*Fuente: Elaboración propia.*

### **3.6.4.2 (ASTM C143/C143M, 2015) – (NTP 339.035:2015, 2015) CONCRETO: Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland.**

#### **A. Propósito de la (NTP 339.035:2015, 2015)**

“Esta Norma Técnica Peruana establece el método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto de cemento Portland, tanto en el laboratorio como en el campo.” (NTP 339.035:2015, 2015)

#### **B. Síntesis del procedimiento**

Una muestra de concreto fresco recién mezclado se coloca en un cono trunco y se varilla la mezcla para compactar. El molde se eleva, permitiendo que el concreto se asiente. La distancia vertical entre la posición original y el desplazamiento final, medida en el centro de la superficie superior de concreto, se señala como el slump del concreto. (NTP 339.035:2015, 2015)

#### **C. Equipos**

- Varilla compactadora de 5/8”
- Cono de Abrams.
- Herramientas manuales.

#### **D. Procedimiento**

- Terminado el mezclado, se vertió el concreto en el buggy.
- Se pisó las aletas del cono, para mantenerlo inmóvil.
- Seguidamente con el cucharón se procedió a llenar el cono de Abrams, hasta un tercio de su capacidad, luego se varillo con 25 golpes, según

norma.

- Se repite lo antes ya mencionado para la segunda y tercera capa, en esta última se enraza con la varilla.
- A continuación, retiramos el cono lentamente y lo colocamos al lado de la mezcla fresca moldeada.
- Colocamos la varilla horizontalmente.
- Medimos la diferencia entre el punto más alto de la mezcla y el borde inferior de la varilla, a esta medida denominamos asentamiento o slump.

*Figura 3:12 Cono de Abrams: capas, varillado y medición del slump.*



*Fuente: Elaboración propia.*

**3.6.4.3 (ASTM C138/C138M, 2017) – (NTP 339.046:2008., 2013) CONCRETO:  
Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento  
y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto).**

**A. Propósito de la (NTP 339.046:2008., 2013)**

Esta NTP del INACAL especifica un método de prueba para la determinación de la densidad<sup>11</sup> del concreto fresco y proporciona fórmulas para el cálculo del rendimiento, contenido de cemento y de aire. El rendimiento se entiende como el volumen de concreto obtenido a partir de una mezcla de cantidades conocidas de los materiales que lo constituyen. (NTP 339.046:2008., 2013)

## **B. Equipos**

- Balanza
- Varilla compactadora de 5/8"
- Recipiente de capacidad 1/10 P<sup>3</sup> (0.00279 m<sup>3</sup>).
- Placa de alisado.
- Cucharon.
- Martillo de goma.

## **C. Procedimiento**

- Se colocó el concreto en el recipiente de 1/10 P<sup>3</sup>, con ayuda del cucharón.
- Se varilló con 25 golpes por cada una de las tres capas colocadas.
- Después de cada varillado, se golpeó levemente con el martillo de goma para eliminar las burbujas de aire.
- Al término se enraza y se aliso la cara superficial.
- Por último, se limpió los excesos de concreto adherido al recipiente y se pesó.

---

<sup>11</sup> El peso unitario era la terminología anterior que describía la propiedad determinada por el presente método de ensayo que es la masa por unidad de volumen.

**Figura 3:13 Determinación del peso unitario del concreto**



*Fuente: Elaboración propia.*

### **3.6.5 Concreto endurecido**

#### **3.6.5.1 (ASTM C39/C39M, 2018) – (NTP 339.034:2015, 2015) CONCRETO: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.**

##### **A. Propósito de la (NTP 339.034:2015, 2015)**

“Esta Norma Técnica Peruana establece la determinación de la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas y extracciones diamantinas de concreto.”  
(NTP 339.034:2015, 2015)

##### **B. Síntesis del procedimiento**

El método implica aplicar una carga de compresión axial a las probetas moldeadas o extracciones de diamantina a una velocidad estándar dentro de un rango predeterminado hasta que ocurra la falla. La resistencia a la compresión se calcula dividiendo la máxima carga obtenida durante la prueba por el área de la sección del espécimen. (NTP 339.034:2015, 2015)

##### **C. Equipos**

- Máquina de ensayo.
- Bloques de acero con caras de neopreno.

#### D. Procedimiento

- Se retiran los cilindros de la poza de curación
- Se verifican la perpendicularidad de los especímenes.
- Se toma las medidas del diámetro superior, medio e inferior, y altura de la probeta y se anota los datos.
- Se coloca la probeta (aun húmeda) sobre el bloque inferior, luego se coloca el bloque superior.
- Posteriormente se aplica una velocidad de carga inicial de 3 – 6 kN/s, ya después se aplica una carga continua de 4.5 kN/s, hasta que se produzca la falla.
- La resistencia a la compresión se calcula mediante la fórmula indicada en el ítem 2.2.1.2.2 – A de la presente investigación.

*Figura 3:14 Resistencia a la compresión de concreto*



*Fuente: Elaboración propia.*

*Figura 3:15 Testigos ensayados*



*Fuente: Elaboración propia.*

**3.6.5.2 (ASTM C78/C78M, 2018) – (NTP 339.078:2012, 2017) – CONCRETO:  
Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto  
en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.**

**A. Propósito de la (NTP 339.078:2012, 2017)**

“Esta Norma Técnica Perruna especifica un procedimiento para la determinación de la flexión en vigas que están simplemente apoyadas, fundidos con concreto, o vigas cizalladas retiradas del concreto endurecido y probadas con carga a los tercios de luz.” (NTP 339.078:2012, 2017)

**B. Síntesis del procedimiento**

Este método de prueba consiste en aplicar una carga a un tercio del tramo de luz de una viga antes de fallar. El módulo de rotura se calculará en función de la ubicación de la falla en el tercio medio o a una distancia del mismo que no exceda el 5% de la luz libre. (NTP 339.078:2012, 2017)

**C. Equipos**

- Máquina de ensayo, marco de flexión.

**D. Procedimiento**

- Se retiran las vigas de la poza de curación
- Se verifican la perpendicularidad de los especímenes.
- Se toma las medidas de base (3), y altura (3) de la probeta, para determinar la base y altura promedio y se anota los datos.
- Se marca los puntos tanto de apoyo como de aplicación de la carga.

- Se coloca la probeta (aun húmeda) sobre el marco de flexión.
- Posteriormente se aplica una velocidad de carga constante hasta que se produzca la falla.
- El módulo de rotura se calcula mediante la fórmula indicada en el ítem 2.2.1.2.2 – B de la presente investigación.

**Figura 3:16 Resistencia a la flexión de concreto**



*Fuente: Elaboración propia.*

### **3.7 Procesamiento de la información**

El procesamiento de la información se llevará a cabo con respecto a los datos obtenidos en los laboratorios, con los cuales se realizarán las gráficas y tablas que serán analizadas.

### **3.8 Técnicas y análisis de datos**

Con respecto a las técnicas y análisis de datos usaremos el análisis estadístico y la prueba de hipótesis.

#### **3.8.1 Análisis estadístico**

Al momento de realizar una obra de concreto, requerimos saber si el concreto que estamos colocando de buena calidad. En ese sentido la norma (ACI Committee 318, 2019), nos indica que el nivel de resistencia de una clase



determinada de concreto se considera satisfactorio si cumple con los siguientes requisitos:

- Cada promedio aritmético de tres ensayos de resistencia consecutivos es igual o superior a  $f'c$ .
- Ningún resultado individual del ensayo de resistencia (promedio de dos cilindros) es menor que el  $f'c$  por más de 3.5 MPa cuando el  $f'c$  es 35 MPa, o por más de  $0.1f'c$  cuando el  $f'c$  es mayor a 35 MPa.

Para tener la confiabilidad de los datos, se considera evaluar los resultados de resistencia a la compresión y resistencia a flexión, con los parámetros del coeficiente de variación y desviación standard, en función de las siguientes tablas:

*Tabla 3:27 Valores de dispersión en el control del concreto*

<b>Dispersión total</b>					
Clase de operación	<b>Desviación estándar para diferentes grados de control (kg/cm<sup>2</sup>)</b>				
	<b>Excelente</b>	<b>Muy bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Suficiente</b>	<b>Deficiente</b>
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
<b>Dispersión entre testigos</b>					
Clase de operación	<b>Coefficiente de variación para diferentes grados de control (%)</b>				
	<b>Excelente</b>	<b>Muy bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Suficiente</b>	<b>Deficiente</b>
Concreto en obra	< a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	5.0 a 6.0	> a 6.0
Concreto en laboratorio	< a 2.0	2.0 a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	> a 5.0

*Fuente (Pasquel Carbajal, 1998)*

### 3.8.1.1 Fundamentos estadísticos

#### 3.8.1.1.1 Distribución normal gaussiana

Se ha demostrado que el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto corresponde a una distribución normal gaussiana, cuya expresión matemática tiene la forma de:

$$Y = \frac{1}{S\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{X-\bar{X}}{S}\right)^2}$$

Donde:

$S$	: Desviación estándar
$\bar{X}$	: Resistencia promedio
$X$	: Resistencia de ensayo
$e$	: 2.71828
$\pi$	: 3.14159

La distribución gaussiana permite matemáticamente estimar la probabilidad de un determinado fenómeno se produce de acuerdo a los parámetros indicados, y en el caso de concreto, se aplica a los resultados de resistencia, suponiendo que están agrupados aproximadamente de acuerdo a la distribución especificada. (Pasquel Carbajal, 1998)

### 3.8.1.1.2 Media aritmética ( $\bar{X}$ )

También se le conoce como promedio; denominándose para la presente investigación resistencia promedio de todos los especímenes elaborados de una muestra tomada de una única mezcla de concreto, así como se muestra en la siguiente fórmula:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

Donde:

$\bar{X}$	: Resistencia promedio.
$X_1, X_2, \dots, X_n$	: Resistencias individuales de los ensayos.
$n$	: Número total en ensayos.

### 3.8.1.1.3 Desviación estándar (S)

Este parámetro nos indica el grado de dispersión existente entre la resistencia a compresión para un determinado f'c. De acuerdo al número de muestras este presenta dos casos.

- Para un número de muestras menores o igual a 30.

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

- Para un número de muestras mayores a 30.

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n}}$$

Donde:

$S$	: Desviación estándar
$\bar{X}$	: Resistencia promedio
$X$	: Resistencia individual
$n$	: Número total en ensayos

### 3.8.1.1.4 Coeficiente de variación (V)

Este parámetro no puede predecir la variabilidad entre las pruebas de resistencia. La distribución gaussiana se utiliza para estimar matemáticamente la probabilidad de que un determinado fenómeno se produce con base en los anteriores parámetros y, en el caso de concreto, se aplica a los resultados de resistencia. Esta se calcula de acuerdo a la siguiente expresión matemática:

$$V = \frac{S}{\bar{X}} * 100$$

Donde:

$V$	: Coeficiente de variación
-----	----------------------------

$S$	: Desviación estándar
$\bar{X}$	: Resistencia promedio

### 3.8.2 Prueba de hipótesis

La prueba de hipótesis es un procedimiento basado en muestras de estadísticas de evidencia y distribución estadística de muestras de teoría de probabilidad para determinar si una hipótesis es razonable y no debe ser rechazada, o si es infundada y debe ser rechazada.

Para sacar conclusiones acerca de la población, es necesario recurrir a la estadística inferencial basada en estimaciones como desviación estándar, media, mediana, etc. Y técnicas: la prueba de hipótesis y estimación de parámetros; Ellos nos permite a nosotros trazar conclusiones acerca de sus características.

La correcta utilización y la formulación de una hipótesis permiten que el investigador ponga a prueba aspectos de la realidad, la reducción de la distorsión que sus propios deseos o gustos pueden causar.

Los pasos para realizar una prueba de hipótesis es el siguiente:

#### 3.8.2.1 Parámetro de interés

Los parámetros son medidas descriptivas de toda la población que se pueden utilizar como entrada a una función de distribución de probabilidad para generar curvas de distribución. Los parámetros suelen estar representados por letras griegas para distinguirlos de las estadísticas de ejemplo. Por ejemplo, la media de la población está representada por la letra griega mu ( $\mu$ ), y la desviación estándar de la población está representada por la letra griega sigma ( $\sigma$ ). Los parámetros son constantes fijas, es decir, no cambian como las variables.

Para el caso de la presente investigación el parámetro de interés será la media “ $\mu$ ” de la población.

#### 3.8.2.2 La hipótesis nula $H_0$ y la hipótesis alternativa $H_1$

La estructura de la prueba de hipótesis se establece usando el término hipótesis nula, el cual se refiere a cualquier hipótesis que se desea probar y se

denota con  $H_0$ . El rechazo de  $H_0$  conduce a la aceptación de una hipótesis alternativa, que se denota con  $H_1$ . La comprensión de las diferentes funciones que desempeñan la hipótesis nula ( $H_0$ ) y la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) es fundamental para entender los principios de la prueba de hipótesis. La hipótesis alternativa  $H_1$  por lo general representa la pregunta que se responderá o la teoría que se probará, por lo que su especificación es muy importante. La hipótesis nula  $H_0$  anula o se opone a  $H_1$  y a menudo es el complemento lógico de  $H_1$ . (Walpole, y otros, 2012)

#### **A. Hipótesis nula $H_0$**

El planteamiento de la hipótesis nula siempre contiene un signo de igualdad con respecto al valor especificado del parámetro ( $u_1=u_2$ ).

Sin embargo, para comparar dos poblaciones, como en el caso de esta revisión, se propone la siguiente hipótesis nula  $H_0: u_2 \leq u_1$ .

#### **B. Hipótesis alternativa $H_1$**

Existen dos tipos de hipótesis alternativa:

La primera es una hipótesis bilateral, que se utiliza cuando la conclusión a alcanzar no sugiere ninguna dirección en particular, y la respuesta es la siguiente “no es igual a”.

La segunda se llama hipótesis unilateral, que se utiliza en este estudio, se utiliza cuando las suposiciones planteadas necesitan ser contestadas como “mayor que”, “menor que”, etc.

- Si  $H_1: u_1 > u_2$ , significa que la región crítica se encuentra en la cola superior de la distribución normal del estadístico de prueba.
- Si  $H_1: u_1 < u_2$ , significa que la región crítica se encuentra en la cola inferior de la distribución normal del estadístico de prueba.

Por objetivos de la presente investigación se plantea,  $H_1: u_2 > u_1$ .

### 3.8.2.3 Nivel de significancia

El nivel de significancia de una prueba estadística es un concepto estadístico asociado con la prueba de hipótesis. En resumen, se define como la probabilidad de rechazar una hipótesis nula cuando es verdadera una decisión conocida como error tipo I, o falso positivo. La decisión es a menudo hecha usando el valor p: si el valor de p es menor que el nivel de significancia  $\alpha$ , la hipótesis nula se rechaza. Cuanto menor sea el valor p, más significativo será el resultado.

Entre los niveles de significancia más usados están:

- $\alpha = 0.10$  con 90% de posibilidad de exactitud.
- $\alpha = 0.05$  con 95% de posibilidad de exactitud.
- $\alpha = 0.01$  con 99% de posibilidad de exactitud.

El nivel de significancia más común con el que se analizan los resultados de la resistencia del concreto es 0.05, con lo que  $t_\alpha$  se determina a partir de las tablas estadísticas<sup>12</sup>.

### 3.8.2.4 Estadístico de prueba

Un estadístico de prueba es una inconstante aleatoria calculado en base a datos de muestra y utilizado en pruebas de hipótesis. Puede utilizar las estadísticas de prueba para determinar si se puede rechazar la hipótesis nula. El estadístico de prueba compara los datos con lo esperado en la hipótesis nula. El estadístico de prueba se utiliza para calcular el valor tp.

#### **A. Distribución t de Student sobre las medias de dos distribuciones normales, con varianzas desconocidas**

Requisitos para el estadístico de prueba de distribución t de Student

- Datos distribuidos según una distribución normal en cada grupo.
- Muestras independientes y menores a 30.

La prueba de t de dos muestras a menudo se denomina la prueba de t mezclada, debido a que las varianzas de muestra se combinan o mezclan para

---

<sup>12</sup> Tabla t de Student, Ver anexo 7.

estimar la varianza común. Se conoce también como la prueba de t independiente, porque las dos poblaciones normales se supone que son independientes. (Montgomery, y otros, 1993)

Supóngase que  $X_{11}, X_{21}, \dots, X_{1n}$  es una muestra aleatoria de  $n_1$  observaciones de  $X_1$  y que  $X_{12}, X_{22}, \dots, X_{2n}$ , es una muestra aleatoria de  $n_2$  observaciones de  $X_2$ . Sean  $\bar{X}_1, \bar{X}_2, S_1^2, S_2^2$  las medias y las varianzas de las muestras, respectivamente. Puesto que tanto  $S_1^2$  como  $S_2^2$  estiman la varianza común  $\sigma^2$ , podemos combinarlas para producir una sola estimación, digamos. (Montgomery, y otros, 1993)

La fórmula de la desviación estándar combinada es:

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

Y el intervalo de confianza t, viene dado por la siguiente expresión matemática.

$$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

Donde:

$S_p$  : Desviación estándar combinada.

$t_p$  : Intervalo de confianza t.

$n_1$  y  $n_2$  : Tamaños de las muestras 1 y 2.

$\bar{X}_1$  y  $\bar{X}_2$  : Medias de las muestras 1 y 2.

$S_1^2$  y  $S_2^2$  : Varianzas de las muestras 1 y 2.

A continuación, se mide la significación del estadístico  $t_p$ , comparando ese valor con el valor de un estadístico  $t_\alpha$  que se obtiene mirando las tablas correspondientes. Para identificar el  $t_\alpha$  que nos corresponde hemos de fijarnos en el número de colas que tiene nuestra hipótesis (una cola: one-tailed; dos colas: two-tailed), en el nivel de significación ( $\alpha$ ) con el que pretendemos rechazar la

hipótesis nula (normalmente  $\alpha = 0.05$  o  $0.01$ ); y en los grados de libertad del test ( $n_1 + n_2 - 2$ ).

- Si  $t_p \geq t_\alpha$  ( $\alpha = 0.05$  o inferior)  $\Rightarrow$  se rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_1$  (las medias son diferentes)
- Si  $t_p \leq t_\alpha$  ( $\alpha = 0.05$ )  $\Rightarrow$  se acepta  $H_0$  y se rechaza  $H_1$  (las medias son iguales) (Universidad de Alcalá, 2005).



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 Ensayos del concreto fresco

##### 4.1.1 Trabajabilidad

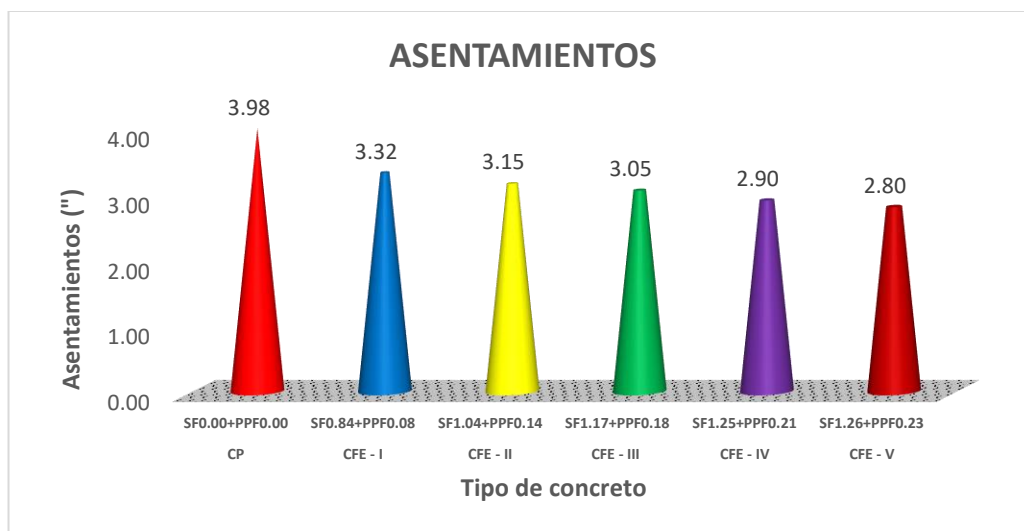
La trabajabilidad nos indica la consistencia del concreto esto se determinó mediante el asentamiento (revenimiento) de este medido en el cono de Abrams. En la tabla 4:1 se detalla los asentamientos registrados según el tipo de concreto:

*Tabla 4:1 Asentamientos, según el tipo de concreto*

Tipo de concreto	Comb. (%/m <sup>3</sup> )	Asentamiento (Pulg.)					Trabajabilidad
		Tanda 1	Tanda 2	Tanda 3	Promedio	%	
CP	(SF <sub>0.00</sub> + PPF <sub>0.00</sub> )	4.05	4.10	3.80	3.98	100.0	Trabajable
CFE – I	(SF <sub>0.84</sub> + PPF <sub>0.08</sub> )	3.50	3.30	3.15	3.32	83.3	Trabajable
CFE – II	(SF <sub>1.04</sub> + PPF <sub>0.14</sub> )	3.15	--	--	3.15	79.1	Trabajable
CFE – III	(SF <sub>1.17</sub> + PPF <sub>0.18</sub> )	3.00	3.05	3.10	3.05	76.6	Trabajable
CFE – IV	(SF <sub>1.25</sub> + PPF <sub>0.21</sub> )	2.90	--	--	2.90	72.8	Poco trabajable
CFE – V	(SF <sub>1.26</sub> + PPF <sub>0.23</sub> )	2.85	2.75	2.80	2.80	70.8	Poco trabajable

*Fuente: Elaboración propia.*

**Gráfico 4:1 Asentamiento, según tipo de concreto.**



Fuente: Elaboración propia.

Como vemos en el gráfico 4:1 el asentamiento del concreto convencional va disminuyendo, en relación al incremento del porcentaje de fibras híbridas.

Al analizar la tabla 4:1, observamos que el porcentaje de disminución del slump del concreto convencional, es proporcional al incremento de la dosificación en peso de fibras híbridas, obteniéndose las siguientes variaciones porcentuales:

- El asentamiento promedio referencial del CFE – I fue de 3.32”, lo que significa que disminuyó en 16.7% en relación al asentamiento del CP que presentó un revenimiento de 3.98” en promedio.
- El asentamiento promedio referencial del CFE – II fue de 3.15”, lo que significa que disminuyó en 20.9% en relación al asentamiento del CP que presentó un revenimiento de 3.98” en promedio.
- El asentamiento promedio referencial del CFE – III fue de 3.05”, lo que significa que disminuyó en 23.4% en relación al asentamiento del CP que presentó un revenimiento de 3.98” en promedio.
- El asentamiento promedio referencial del CFE – IV fue de 2.90”, lo que significa que disminuyó en 27.2% en relación al asentamiento del CP que presentó un revenimiento de 3.98” en promedio.
- El asentamiento promedio referencial del CFE – V fue de 2.80”, lo que significa que disminuyó en 29.7% en relación al asentamiento del CP que presentó un revenimiento de 3.98” en promedio.

#### 4.1.2 Peso unitario

El peso unitario del concreto se determinó mediante la expresión matemática indicada en el ítem 2.2.1.2.1 – B de la presente investigación. Estos se detallan en las siguientes tablas:

*Tabla 4:2 Peso unitario de los CP, CFE – I, CFE – II, CFE – III y CFE - IV*

Tipo de concreto	Ítem	Unid.	Tanda 1	Tanda 2	Tanda 3	Promedio
CP	Pm	Kg	2.824	2.792	2.801	
	Pm + c	Kg	9.462	9.501	9.458	--
	Vm	m <sup>3</sup>	0.00279	0.00279	0.00279	
	PUC	Kg/m <sup>3</sup>	2,377.17	2,402.59	2,383.97	<b>2,387.91</b>
CFE – I	Pm	Kg	2.792	2.805	2.795	
	Pm + c	Kg	9.525	9.508	9.518	--
	Vm	m <sup>3</sup>	0.00279	0.00279	0.00279	
	PUC	Kg/m <sup>3</sup>	2,411.04	2,400.37	2,407.79	<b>2406.40</b>
CFE – II	Pm	Kg	2.819	--	--	
	Pm + c	Kg	9.614	--	--	
	Vm	m <sup>3</sup>	0.00279	--	--	
	PUC	Kg/m <sup>3</sup>	2,433.39	--	--	<b>2,433.39</b>
CFE – III	Pm	Kg	2.798	2.800	2.793	
	Pm + c	Kg	9.703	9.691	9.683	
	Vm	m <sup>3</sup>	0.00279	0.00279	0.00279	
	PUC	Kg/m <sup>3</sup>	2,472.75	2,467.66	2,467.41	<b>2,469.27</b>
CFE – IV	Pm	Kg	2.7961	--	--	
	Pm + c	Kg	9.6915	--	--	
	Vm	m <sup>3</sup>	0.00279	--	--	
	PUC	Kg/m <sup>3</sup>	2,469.35	--	--	<b>2,469.35</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

Tabla 4:3 Peso unitario del CFE – V

Tipo de concreto	Ítem	Unid.	Tanda 1	Tanda 2	Tanda 3	Promedio
CFE – V	Pm	Kg	2.792	2.798	2.814	
	Pm + c	Kg	9.680	9.710	9.701	
	Vm	m <sup>3</sup>	0.00279	0.00279	0.00279	
	PUC	Kg/m <sup>3</sup>	2,466.70	2,475.29	2,466.34	<b>2,469.44</b>

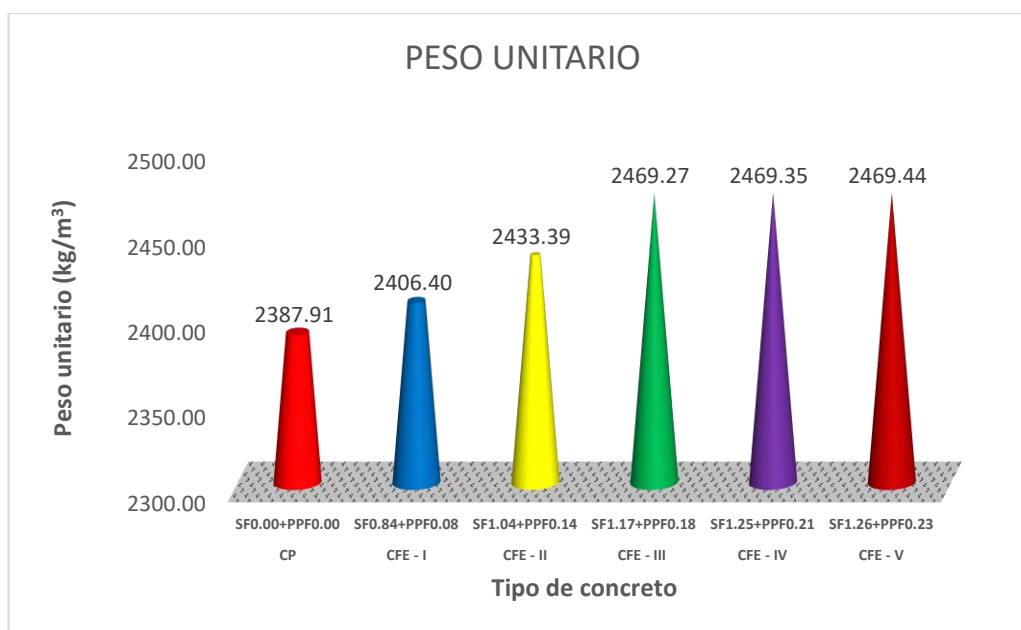
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4:4 Resumen de los pesos unitarios

Tipo de concreto	Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )	%
CP	2,387.91	100.00
CFE - I	2,406.40	100.77
CFE - II	2,433.39	101.90
CFE - III	2,469.27	103.41
CFE - IV	2,469.35	103.41
CFE - V	2,469.44	103.41

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 4:2 Peso unitario, según tipo de concreto.



Fuente: Elaboración propia.

Como vemos en el gráfico 4:2 el peso unitario del concreto convencional va incrementándose, en relación al incremento del porcentaje de fibras híbridas.

Al analizar la tabla 4:4, observamos que el porcentaje de aumento del peso unitario del concreto convencional, es proporcional al incremento de la dosificación en peso de fibras híbridas, obteniéndose las siguientes variaciones porcentuales:

- El peso unitario promedio referencial del CFE – I fue de 2,406.40 kg/m<sup>3</sup>, lo que significa que se incrementó en 0.77% en relación al peso unitario del CP que presentó un valor de 2,387.91 kg/m<sup>3</sup> en promedio.
- El peso unitario promedio referencial del CFE – II fue de 2,433.39 kg/m<sup>3</sup>, lo que significa que se incrementó en 1.90% en relación al peso unitario del CP que presentó un valor de 2,387.91 kg/m<sup>3</sup> en promedio.
- El peso unitario promedio referencial del CFE – III, CFE – IV y CFE – V fue de 2,469.27 kg/m<sup>3</sup>, 2,469.35 kg/m<sup>3</sup> y 2,469.44 kg/m<sup>3</sup> respectivamente lo que significa que se incrementó en 3.41% en relación al peso unitario del CP que presentó un valor de 2,387.91 kg/m<sup>3</sup> en promedio.

#### 4.1.3 Contenido de aire – método gravimétrico

El contenido de aire del concreto se determinó mediante la fórmula indicada en el ítem 2.2.1.2.1 – C de la presente investigación. Estas se detallan en las siguientes tablas:

**Tabla 4:5 Pesos y volúmenes según componentes del concreto convencional (CP)**

<b>Componente</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Peso específico SSS (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>
Cemento	374.77	3.12	0.12012
Ag. Grueso	1,036.80	2.69	0.38546
Ag. Fino	706.84	2.67	0.26496
Agua	217.20	1.00	0.21720
<b>∑ =</b>	<b>2,335.61</b>		<b>0.98774</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

*Tabla 4:6 Pesos y volúmenes según componentes de los CFE – I, CFE – II y CFE – III, CFE – IV y CFE – V*

<b>Tipo de concreto</b>	<b>Componentes</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Peso específico (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>
CFE – I	CP	2,335.61	--	0.98774
	F. Acero	20.00	7.68	0.00260
	F. Polipropileno	2.00	0.92	0.00217
	$\Sigma =$	<b>2,357.61</b>		<b>0.99251</b>
CFE – II	CP	2,335.61	--	0.98774
	F. Acero	24.75	7.68	0.00322
	F. Polipropileno	3.375	0.92	0.00367
	$\Sigma =$	<b>2,363.73</b>		<b>0.99463</b>
CFE – III	CP	2,335.61	--	0.98774
	F. Acero	28.00	7.68	0.00365
	F. Polipropileno	4.40	0.92	0.00478
	$\Sigma =$	<b>2,368.01</b>		<b>0.99617</b>
CFE – IV	CP	2,335.61	--	0.98774
	F. Acero	29.75	7.68	0.00387
	F. Polipropileno	5.075	0.92	0.00552
	$\Sigma =$	<b>2,370.43</b>		<b>0.99713</b>
CFE – V	CP	2,335.61	--	0.98774
	F. Acero	30.00	7.68	0.00391
	F. Polipropileno	5.40	0.92	0.00587
	$\Sigma =$	<b>2,371.01</b>		<b>0.99752</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

*Tabla 4:7 Contenido de aire (%)*

Concreto	Peso unitario ensayado (kg/m <sup>3</sup> )	Peso unitario según componentes (kg/m <sup>3</sup> )	Contenido de aire (%)
CP	2387.91	2364.60	0.98
CFE - I	2406.40	2375.40	1.29
CFE - II	2433.39	2376.49	2.34
CFE - III	2469.27	2377.11	3.73
CFE - IV	2469.35	2377.25	3.73
CFE - V	2469.44	2376.90	3.75

*Fuente: Elaboración propia.*

*Gráfico 4:3 Contenido de aire*



*Fuente: Elaboración propia.*

Como vemos en el gráfico 4:3 el contenido de aire del concreto convencional va incrementándose, en relación al incremento del porcentaje de fibras híbridas.

Al analizar la tabla 4:7, observamos que el porcentaje de aumento del contenido de aire del concreto convencional, es proporcional al incremento de la dosificación en peso de fibras híbridas, obteniéndose las siguientes variaciones porcentuales:

- El contenido de aire del CFE – I fue de 1.29%, lo que significa que se incrementó en 0.31% en relación al contenido de aire del CP que presentó un valor de 0.98%.

- El contenido de aire del CFE – II fue de 2.34%, lo que significa que se incrementó en 1.36% en relación al contenido de aire del CP que presentó un valor de 0.98%.
- El contenido de aire del CFE – III, CFE – IV y CFE – V fue de 3.73% y 3.75%, lo que significa que se incrementó en 2.76%, 2.75% y 2.77% respectivamente, en relación al contenido de aire del CP que presentó un valor de 0.98%.

## 4.2 Ensayos del concreto en estado endurecido.

Los resultados obtenidos en el laboratorio, correspondientes a las propiedades mecánicas del concreto, específicamente resistencia a la compresión y flexión, vemos que a medida que aumentamos la dosificación de fibras híbridas estas se incrementan considerablemente, específicamente en mayor proporción en la resistencia a la flexión. Los resultados se presentan a continuación:

### 4.2.1 Resistencia a la compresión

*Tabla 4:8 Resistencia a la compresión concreto patrón (CP)*

Muestra	Edad (días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima aplicada P (kg-f)	Resistencia a la compresión lecturada (kg-f/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión de diseño (kg-f/cm <sup>2</sup> )	% de resistencia
CP - 1	28	181.46	5,6586.21	311.84	210.00	148.50%
CP - 2	28	181.46	5,9367.95	327.17	210.00	155.80%
CP - 3	28	181.46	5,9238.45	326.45	210.00	155.46%
CP - 4	28	181.46	5,5941.76	308.29	210.00	146.80%
CP - 5	28	181.46	6,0735.37	334.70	210.00	159.39%
CP - 6	28	181.46	5,8667.42	323.31	210.00	153.96%
CP - 7	28	181.46	5,8415.55	321.92	210.00	153.30%
CP - 8	28	181.46	5,5496.15	305.83	210.00	145.63%

*Fuente: Elaboración propia.*



**Tabla 4:9 Resistencia a la compresión concreto fibrorreforzado experimental I (CFE – I)**

<b>Muestra</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga máxima aplicada P (kg-f)</b>	<b>Resistencia a la compresión lecturada (kg-f/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia a la compresión de diseño (kg-f/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>% de resistencia</b>
CFE - I - 1	28	181.46	6,3306.04	348.87	210.00	166.13%
CFE - I - 2	28	181.46	6,5088.47	358.69	210.00	170.81%
CFE - I - 3	28	181.46	6,8383.12	376.85	210.00	179.45%
CFE - I - 4	28	181.46	6,7698.90	373.08	210.00	177.66%
CFE - I - 5	28	181.46	6,6293.76	365.34	210.00	173.97%
CFE - I - 6	28	181.46	6,7607.13	372.57	210.00	177.42%
CFE - I - 7	28	181.46	6,6754.66	367.88	210.00	175.18%
CFE - I - 8	28	181.46	6,9464.00	382.81	210.00	182.29%

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 4:10 Resistencia a la compresión concreto fibrorreforzado experimental II (CFE – II)**

<b>Muestra</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga máxima aplicada P (kg-f)</b>	<b>Resistencia a la compresión lecturada (kg-f/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia a la compresión de diseño (kg-f/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>% de resistencia</b>
CFE - II - 1	28	181.46	6,7939.55	374.41	210.00	178.29%
CFE - II - 2	28	181.46	6,9036.75	380.45	210.00	181.17%
CFE - II - 3	28	181.46	6,1458.34	338.69	210.00	161.28%
CFE - II - 4	28	181.46	7,0987.44	391.20	210.00	186.29%
CFE - II - 5	28	181.46	6,8159.81	375.62	210.00	178.87%
CFE - II - 6	28	181.46	6,8622.75	378.17	210.00	180.08%
CFE - II - 7	28	181.46	6,6876.00	368.54	210.00	175.50%
CFE - II - 8	28	181.46	7,1048.62	391.54	210.00	186.45%

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 4:11 Resistencia a la compresión concreto fibrorreforzado experimental III (CFE – III)**

<b>Muestra</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga máxima aplicada P (kg-f)</b>	<b>Resistencia a la compresión lecturada (kg-f/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia a la compresión de diseño (kg-f/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>% de resistencia</b>
CFE - III - 1	28	181.46	5,8994.74	325.11	210.00	154.81%
CFE - III - 2	28	181.46	6,6073.50	364.12	210.00	173.39%
CFE - III - 3	28	181.46	6,4699.97	356.55	210.00	169.79%
CFE - III - 4	28	181.46	6,1943.72	341.36	210.00	162.56%
CFE - III - 5	28	181.46	6,0116.41	331.29	210.00	157.76%
CFE - III - 6	28	181.46	6,1847.86	340.83	210.00	162.30%
CFE - III - 7	28	181.46	6,3091.90	347.69	210.00	165.57%
CFE - III - 8	28	181.46	6,3780.20	351.48	210.00	167.38%

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 4:12 Resistencia a la compresión concreto fibrorreforzado experimental IV (CFE – IV)**

<b>Muestra</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga máxima aplicada P (kg-f)</b>	<b>Resistencia a la compresión lecturada (kg-f/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Resistencia a la compresión de diseño (kg-f/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>% de resistencia</b>
CFE - IV - 1	28	181.46	6,7716.24	373.17	210.00	177.70%
CFE - IV - 2	28	181.46	6,5209.82	359.36	210.00	171.13%
CFE - IV - 3	28	181.46	5,5115.80	341.23	210.00	162.49%
CFE - IV - 4	28	181.46	5,8696.99	338.27	210.00	161.09%
CFE - IV - 5	28	181.46	5,5879.56	345.12	210.00	164.35%
CFE - IV - 6	28	181.46	6,5325.04	360.00	210.00	171.43%
CFE - IV - 7	28	181.46	6,3177.55	348.16	210.00	165.80%
CFE - IV - 8	28	181.46	6,4304.32	354.37	210.00	168.75%

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 4:13 Resistencia a la compresión concreto fibrorreforzado experimental V (CFE – V)**

Muestra	Edad (días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima aplicada P (kg-f)	Resistencia a la compresión lecturada (kg-f/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión de diseño (kg-f/cm <sup>2</sup> )	% de resistencia
CFE - V - 1	28	181.46	6,6973.90	369.08	210.00	175.76%
CFE - V - 2	28	181.46	6,7798.83	373.63	210.00	177.92%
CFE - V - 3	28	181.46	6,2653.43	345.27	210.00	164.42%
CFE - V - 4	28	181.46	6,4685.69	356.47	210.00	169.75%
CFE - V - 5	28	181.46	6,2702.37	345.54	210.00	164.55%
CFE - V - 6	28	181.46	6,5887.92	363.10	210.00	172.90%
CFE - V - 7	28	181.46	6,0676.23	334.38	210.00	159.23%
CFE - V - 8	28	181.46	6,1717.34	340.12	210.00	161.96%

Fuente: Elaboración propia.

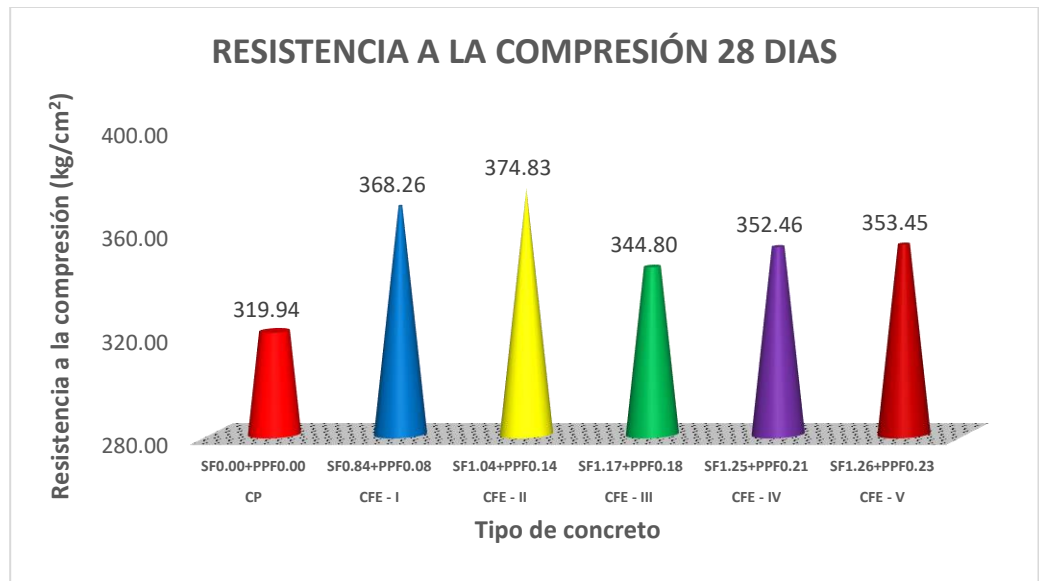
**Tabla 4:14 Resumen resistencia a la compresión promedio**

Tipo de concreto	Comb. (%/m <sup>3</sup> )	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> ) / (MPa)	%
CP	(SF <sub>0.00</sub> + PPF <sub>0.00</sub> )	319.94 (31.38)	100.0%
CFE - I	(SF <sub>0.84</sub> + PPF <sub>0.08</sub> )	368.26 (36.11)	115.1%
CFE - II	(SF <sub>1.04</sub> + PPF <sub>0.14</sub> )	374.83 (36.76)	117.2%
CFE - III	(SF <sub>1.17</sub> + PPF <sub>0.18</sub> )	344.81 (33.81)	107.8%
CFE - IV	(SF <sub>1.25</sub> + PPF <sub>0.21</sub> )	352.46 (34.56)	110.2%
CFE - V	(SF <sub>1.26</sub> + PPF <sub>0.23</sub> )	353.45 (34.66)	110.5%

Fuente: Elaboración propia.

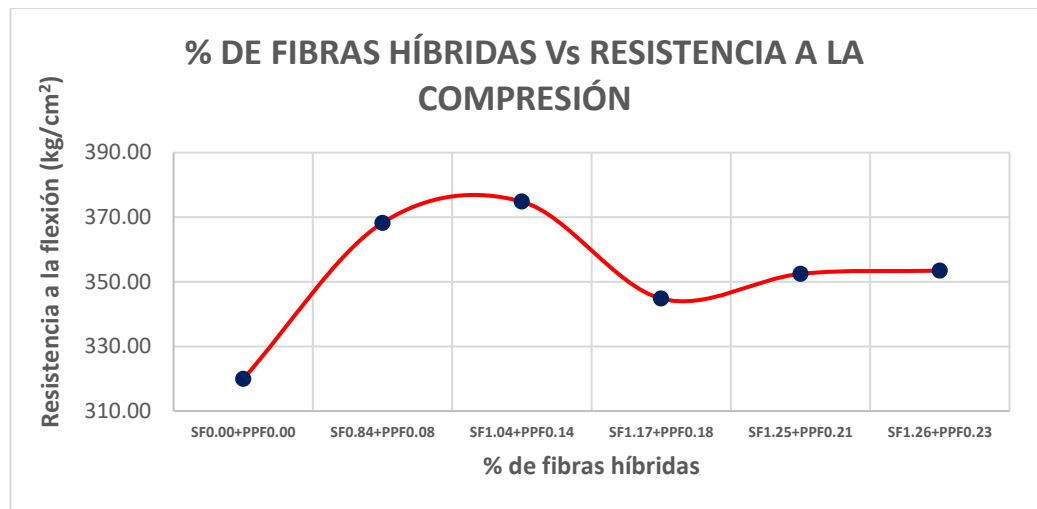
En la tabla 4:14, observamos que la resistencia a la compresión promedio del concreto convencional (CP) es de 319.94 kg/cm<sup>2</sup>, obteniéndose un valor por encima de la resistencia de diseño  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>.

**Gráfico 4:4 Resistencia a la compresión a los 28 días**



Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 4:5 Influencias de los % de las fibras híbridas en la resistencia a la compresión**



Fuente: Elaboración propia.

Como vemos en los gráficos 4:4 y 4:5 la resistencia a la compresión a los 28 días del concreto convencional se incrementó, en relación a la dosificación en % de las fibras híbridas.

Al analizar la tabla 4:14, observamos que el porcentaje de incremento de la resistencia a la compresión del concreto convencional, es proporcional al incremento de la dosificación en peso de las fibras híbridas, obteniéndose las siguientes variaciones porcentuales:

- La resistencia a la compresión promedio del CFE – I fue de 368.26 kg/cm<sup>2</sup>, lo que significa que se incrementó en un 15.1% en relación a la del CP con una resistencia a la compresión promedio de 319.94 kg/cm<sup>2</sup>.
- La resistencia a la compresión promedio CFE – II fue de 374.83 kg/cm<sup>2</sup>, lo que significa que se incrementó en un 17.2% en relación a la del CP con una resistencia a la compresión promedio de 319.94 kg/cm<sup>2</sup>.
- La resistencia a la compresión promedio referencial CFE – III fue de 344.81 kg/cm<sup>2</sup>, lo que significa que se incrementó en un 7.8% en relación a la del CP con una resistencia a la compresión promedio de 319.94 kg/cm<sup>2</sup>.
- La resistencia a la compresión promedio CFE – IV fue de 352.46 kg/cm<sup>2</sup>, lo que significa que se incrementó en un 10.2% en relación a la del CP con una resistencia a la compresión promedio de 319.94 kg/cm<sup>2</sup>.
- La resistencia a la compresión promedio CFE – V fue de 353.45 kg/cm<sup>2</sup>, lo que significa que se incrementó en un 10.5% en relación a la del CP con una resistencia a la compresión promedio de 319.94 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 4:1 Especímenes ensayados a compresión**



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.2 Resistencia a la flexión

**Figura 4:2 Especímenes ensayados a flexión**



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 4:15 Resistencia a la flexión concreto patrón (CP)**

<b>Muestra</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>b<sub>prom</sub> (cm)</b>	<b>d<sub>prom</sub> (cm)</b>	<b>L (cm)</b>	<b>Carga máxima aplicada P (kg-f)</b>	<b>Resistencia a la flexión R (kg-f/cm<sup>2</sup>)</b>
CP - 1	28	15.2	15.2	45.75	2775.51	36.16
CP - 2	28	15.2	15.2	45.75	2789.12	36.34
CP - 3	28	15.2	15.2	45.75	2707.48	35.27
CP - 4	28	15.2	15.2	45.75	2766.44	36.04
CP - 5	28	15.2	15.2	45.75	2698.41	35.15
CP - 6	28	15.2	15.2	45.75	2793.65	36.39
CP - 7	28	15.2	15.2	45.75	2721.09	35.45
CP - 8	28	15.2	15.2	45.75	2825.40	36.81

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 4:16 Resistencia a la flexión concreto fibrorreforzado experimental I (CFE - I)**

<b>Muestra</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>b<sub>prom</sub> (cm)</b>	<b>d<sub>prom</sub> (cm)</b>	<b>L (cm)</b>	<b>Carga máxima aplicada P (kg-f)</b>	<b>Resistencia a la flexión R (kg-f/cm<sup>2</sup>)</b>
CFE - I - 1	28	15.2	15.2	45.75	3215.42	41.89
CFE - I - 2	28	15.2	15.2	45.75	3233.56	42.13
CFE - I - 3	28	15.2	15.2	45.75	3219.95	41.95
CFE - I - 4	28	15.2	15.2	45.75	3197.28	41.65
CFE - I - 5	28	15.2	15.2	45.75	3260.77	42.48
CFE - I - 6	28	15.2	15.2	45.75	3156.46	41.12
CFE - I - 7	28	15.2	15.2	45.75	3111.11	40.53
CFE - I - 8	28	15.2	15.2	45.75	3188.21	41.53

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 4:17 Resistencia a la flexión concreto fibrorreforzado experimental III  
(CFE – III)**

<b>Muestra</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>b<sub>prom</sub> (cm)</b>	<b>d<sub>prom</sub> (cm)</b>	<b>L (cm)</b>	<b>Carga máxima aplicada P (kg-f)</b>	<b>Resistencia a la flexión R (kg-f/cm<sup>2</sup>)</b>
CFE – III – 1	28	15.2	15.2	45.75	3673.47	47.86
CFE – III – 2	28	15.2	15.2	45.75	3560.09	46.38
CFE – III – 3	28	15.2	15.2	45.75	3546.49	46.20
CFE – III – 4	28	15.2	15.2	45.75	3596.37	46.85
CFE – III – 5	28	15.2	15.2	45.75	3628.12	47.27
CFE – III – 6	28	15.2	15.2	45.75	3655.33	47.62
CFE – III – 7	28	15.2	15.2	45.75	3727.89	48.57
CFE – III – 8	28	15.2	15.2	45.75	3582.77	46.67

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 4:18 Resistencia a la flexión concreto fibrorreforzado experimental V  
(CFE – V)**

<b>Muestra</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>b<sub>prom</sub> (cm)</b>	<b>d<sub>prom</sub> (cm)</b>	<b>L (cm)</b>	<b>Carga máxima aplicada P (kg-f)</b>	<b>Resistencia a la flexión R (kg-f/cm<sup>2</sup>)</b>
CFE – V – 1	28	15.2	15.2	45.75	3854.88	50.22
CFE – V – 2	28	15.2	15.2	45.75	3650.79	47.56
CFE – V – 3	28	15.2	15.2	45.75	3918.37	51.05
CFE – V – 4	28	15.2	15.2	45.75	3804.99	49.57
CFE – V – 5	28	15.2	15.2	45.75	3922.90	51.11
CFE – V – 6	28	15.2	15.2	45.75	3863.95	50.34
CFE – V – 7	28	15.2	15.2	45.75	3877.55	50.51
CFE – V – 8	28	15.2	15.2	45.75	3841.27	50.04

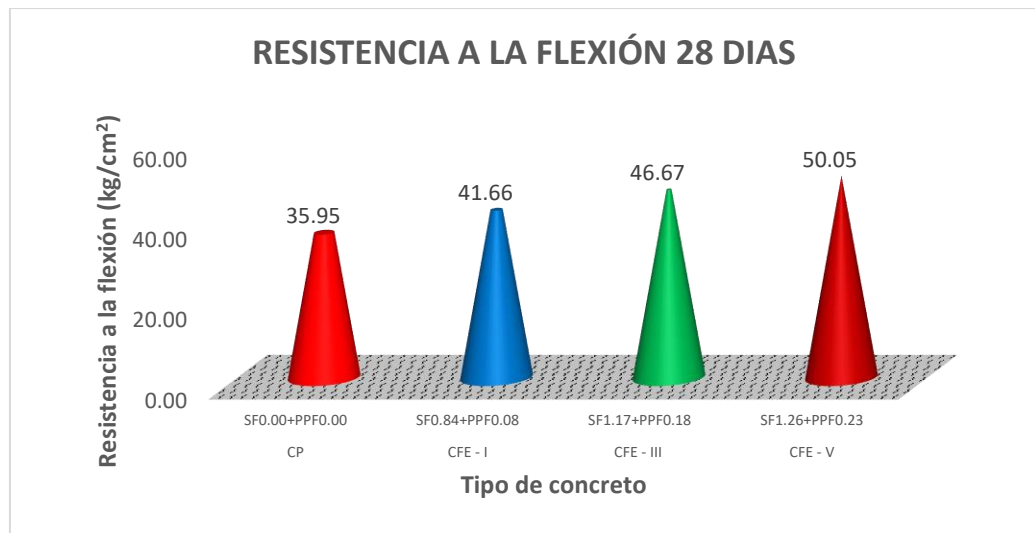
*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 4:19 Resumen resistencia a la flexión promedio**

Tipo de concreto	Comb. (%/m <sup>3</sup> )	Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> ) / (MPa)	%
CP	(SF <sub>0.00</sub> + PPF <sub>0.00</sub> )	35.95 (3.53)	100.0
CFE - I	(SF <sub>0.84</sub> + PPF <sub>0.08</sub> )	41.66 (4.09)	115.9
CFE - III	(SF <sub>1.17</sub> + PPF <sub>0.18</sub> )	46.18 (4.63)	131.2
CFE - V	(SF <sub>1.26</sub> + PPF <sub>0.23</sub> )	50.05 (4.91)	139.2

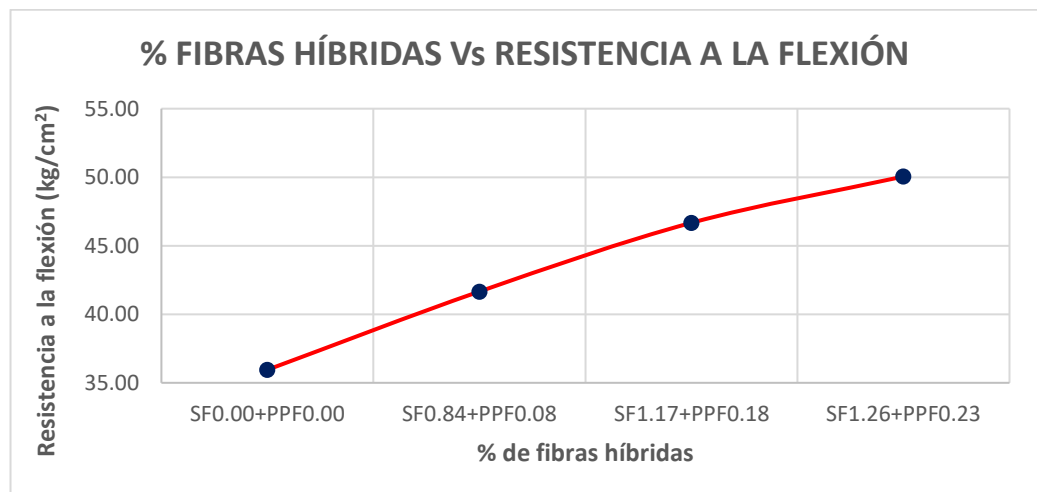
Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 4:6 Resistencia a la flexión a los 28 días**



Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 4:7 Influencia de los % de las fibras híbridas en la resistencia a la flexión**



Fuente: Elaboración propia.

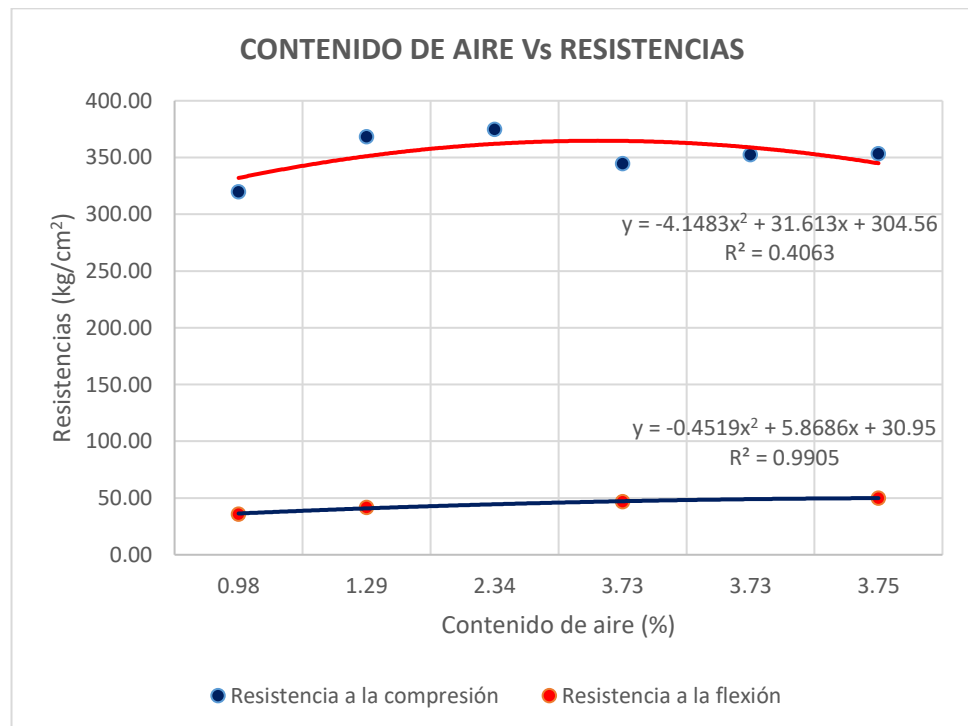


Como vemos en los gráficos 4:6 y 4:7 la resistencia a la flexión a los 28 días del concreto convencional se incrementó, en relación a la dosificación en % de las fibras híbridas.

Al analizar la tabla 4:19, observamos que el porcentaje de incremento de la resistencia a la flexión del concreto convencional, es proporcional al incremento de la dosificación en peso de las fibras híbridas, obteniéndose las siguientes variaciones porcentuales:

- La resistencia a la flexión promedio del CFE – I fue de 41.64 kg/cm<sup>2</sup>, lo que significa que se incrementó en un 15.9% en relación a la del CP con una resistencia a la flexión promedio de 35.95 kg/cm<sup>2</sup>.
- La resistencia a la flexión promedio del CFE – III fue de 47.12 kg/cm<sup>2</sup>, lo que significa que se incrementó en un 31.2% en relación a la del CP con una resistencia a la flexión promedio de 35.95 kg/cm<sup>2</sup>.
- La resistencia a la flexión promedio del CFE – V fue de 49.94 kg/cm<sup>2</sup>, lo que significa que se incrementó en un 39.2% en relación a la del CP con una resistencia a la flexión promedio de 35.95 kg/cm<sup>2</sup>.

**Gráfico 4:8 Influencia del % contenido de aire en las resistencias**



Fuente: Elaboración propia.

### 4.3 Análisis estadístico

#### 4.3.1 Análisis estadístico: Resistencia a la compresión concreto convencional o concreto patrón (CP)

*Tabla 4:20 Análisis estadístico CP: Resistencia a la compresión 28 días*

<i>Muestra</i>	<i>X</i>	$(X_n - \bar{X})$	$(X_n - \bar{X})^2$
CP – 1	311.84	-8.10	65.59
CP – 2	327.17	7.23	52.29
CP – 3	326.45	6.51	42.40
CP – 4	308.29	-11.65	135.69
CP – 5	334.70	14.76	217.89
CP – 6	323.31	3.37	11.37
CP – 7	321.92	1.98	3.93
CP – 8	305.83	-14.11	199.06
$\sum X = 2559.51$		$\sum (X_n - \bar{X})^2 = 728.21$	

*Fuente: Elaboración propia.*

$n$	=	8
$\bar{X}$	=	319.94
$S$	=	10.20
$V$	=	3.19%

Según la tabla 3:27 (Valores de dispersión en el control del concreto) la desviación estándar y coeficiente de variación para este grupo se califica como:

$S$	=	10.20 (Excelente), puesto que
$S$	<	14.1
$V$	=	3.19% (Bueno), puesto que
3.0%	<	$V$ < 4.0%

### 4.3.2 Análisis estadístico: Resistencia a la compresión concreto fibrorreforzado experimental (CFE – I) con fibras híbridas 1 (comb. 1).

*Tabla 4:21 Análisis estadístico CFE – I: Resistencia a la compresión 28 días*

<i>Muestra</i>	<i>X</i>	$(X_n - \bar{X})$	$(X_n - \bar{X})^2$
CFE – I – 1	348.87	-19.39	376.02
CFE – I – 2	358.69	-9.57	91.61
CFE – I – 3	376.85	8.59	73.77
CFE – I – 4	373.08	4.82	23.22
CFE – I – 5	365.34	-2.92	8.53
CFE – I – 6	372.57	4.31	18.57
CFE – I – 7	367.88	-0.38	0.15
CFE – I – 8	382.81	14.55	211.67
$\sum X = 2946.09$		$\sum (X_n - \bar{X})^2 = 803.53$	

*Fuente: Elaboración propia.*

$n$	=	8
$\bar{X}$	=	368.26
$S$	=	10.71
$V$	=	2.91

Según la tabla 3:27 (Valores de dispersión en el control del concreto) la desviación estándar y coeficiente de variación para este grupo se califica como:

$S$	=	10.71 (Excelente), puesto que
$S$	<	14.1
$V$	=	2.91% (Muy bueno), puesto que
2.0%	<	$V$ < 3.0%

### 4.3.3 Análisis estadístico: Resistencia a la compresión concreto fibrorreforzado experimental (CFE – II) con fibras híbridas 2 (comb. 2).

*Tabla 4:22 Análisis estadístico CFE – II: Resistencia a la compresión 28 días*

<i>Muestra</i>	<i>X</i>	$(X_n - \bar{X})$	$(X_n - \bar{X})^2$
CFE – II – 1	374.41	-0.42	0.17
CFE – II – 2	380.45	5.62	31.61
CFE – II – 3	338.69	-36.14	1305.92
CFE – II – 4	391.20	16.37	268.06
CFE – II – 5	375.62	0.79	0.63
CFE – II – 6	378.17	3.34	11.17
CFE – II – 7	368.54	-6.29	39.53
CFE – II – 8	391.54	16.71	279.31
$\sum X = 2998.62$		$\sum (X_n - \bar{X})^2 = 1936.41$	

*Fuente: Elaboración propia.*

$n$	=	8
$\bar{X}$	=	374.83
$S$	=	16.63
$V$	=	4.44%

Según la tabla 3:27 (Valores de dispersión en el control del concreto) la desviación estándar y coeficiente de variación para este grupo se califica como:

$S$	=	16.63 (Muy bueno), puesto que
14.1	<	$S$ < 17.6
$V$	=	4.44% (Suficiente), puesto que
4.0%	<	$V$ < 5.0%

#### 4.3.4 Análisis estadístico: Resistencia a la compresión concreto fibrorreforzado experimental (CFE – III) con fibras híbridas 3 (comb. 3).

*Tabla 4:23 Análisis estadístico CFE – III: Resistencia a la compresión 28 días*

<i>Muestra</i>	<i>X</i>	$(X_n - \bar{X})$	$(X_n - \bar{X})^2$
CFE – III – 1	325.11	-19.69	387.84
CFE – III – 2	364.12	19.32	373.12
CFE – III – 3	356.55	11.75	137.97
CFE – III – 4	341.36	-3.44	11.86
CFE – III – 5	331.29	-13.51	182.62
CFE – III – 6	340.83	-3.97	15.79
CFE – III – 7	347.69	2.89	8.33
CFE – III – 8	351.48	6.68	44.57
$\sum X = 2758.43$		$\sum (X_n - \bar{X})^2 = 1162.11$	

*Fuente: Elaboración propia.*

$n$	=	8
$\bar{X}$	=	344.80
$S$	=	12.88
$V$	=	3.74%

Según la tabla 3:27 (Valores de dispersión en el control del concreto) la desviación estándar y coeficiente de variación para este grupo se califica como:

$S$	=	12.88 (Excelente), puesto que
$S$	<	14.1
$V$	=	3.74% (Bueno), puesto que
3.0%	<	$V$ < 4.0%

#### 4.3.5 Análisis estadístico: Resistencia a la compresión concreto fibrorreforzado experimental (CFE – IV) con fibras híbridas 4 (comb. 4)

*Tabla 4:24 Análisis estadístico CFE – IV: Resistencia a la compresión 28 días*

<i>Muestra</i>	<i>X</i>	$(X_n - \bar{X})$	$(X_n - \bar{X})^2$
CFE – IV – 1	373.17	20.71	428.90
CFE – IV – 2	359.36	6.90	47.61
CFE – IV – 3	341.23	-11.23	126.11
CFE – IV – 4	338.27	-14.19	201.36
CFE – IV – 5	345.12	-7.34	53.88
CFE – IV – 6	360.00	7.54	56.85
CFE – IV – 7	348.16	-4.30	18.49
CFE – IV – 8	354.37	1.91	3.65
$\sum X = 2819.68$		$\sum (X_n - \bar{X})^2 = 939.85$	

*Fuente: Elaboración propia.*

$n$	=	8
$\bar{X}$	=	352.46
$S$	=	11.57
$V$	=	3.28%

Según la tabla 3:27 (Valores de dispersión en el control del concreto) la desviación estándar y coeficiente de variación para este grupo se califica como:

$S$	=	11.57 (Excelente), puesto que
$S$	<	14.1
$V$	=	3.28% (Bueno), puesto que
3.0%	<	$V$ < 4.0%

#### 4.3.6 Análisis estadístico: Resistencia a la compresión concreto fibrorreforzado experimental (CFE – V) con fibras híbridas 5 (comb. 5)

*Tabla 4:25 Análisis estadístico CFE – V: Resistencia a la compresión 28 días*

<i>Muestra</i>	<i>X</i>	$(X_n - \bar{X})$	$(X_n - \bar{X})^2$
CFE – V – 1	369.08	15.63	244.32
CFE – V – 2	373.63	20.18	407.25
CFE – V – 3	345.27	-8.18	66.83
CFE – V – 4	356.47	3.02	9.15
CFE – V – 5	345.54	-7.91	62.50
CFE – V – 6	363.10	9.65	93.12
CFE – V – 7	334.38	-19.07	363.71
CFE – V – 8	340.12	-13.33	177.79
$\sum X = 2827.59$		$\sum (X_n - \bar{X})^2 = 1424.66$	

*Fuente: Elaboración propia.*

$n$	=	8
$\bar{X}$	=	353.45
$S$	=	14.27
$V$	=	4.04%

Según la tabla 3:27 (Valores de dispersión en el control del concreto) la desviación estándar y coeficiente de variación para este grupo se califica como:

$S$	=	14.27% (Muy bueno), puesto
14.1	<	$S$ < 17.6
$V$	=	4.04% (Suficiente), puesto que
4.0%	<	$S$ < 5.0%

#### 4.3.7 Análisis estadístico: Resistencia a la flexión concreto convencional o concreto patrón (CP)

*Tabla 4:26 Análisis estadístico CP: Resistencia a la flexión 28 días*

<i>Muestra</i>	<i>X</i>	$(X_n - \bar{X})$	$(X_n - \bar{X})^2$
CP – 1	36.16	0.21	0.04
CP – 2	36.34	0.38	0.15
CP – 3	35.27	-0.68	0.46
CP – 4	36.04	0.09	0.01
CP – 5	35.15	-0.80	0.64
CP – 6	36.39	0.44	0.20
CP – 7	35.45	-0.50	0.25
CP – 8	36.81	0.86	0.73
$\sum X = 287.61$		$\sum (X_n - \bar{X})^2 = 2.48$	

*Fuente: Elaboración propia.*

$n$	=	8
$\bar{X}$	=	35.95
$S$	=	0.60
$V$	=	1.66%

Según la tabla 3:27 (Valores de dispersión en el control del concreto) la desviación estándar y coeficiente de variación para este grupo se califica como:

$S$	=	0.60 (Excelente), puesto
$S$	<	14.1
$V$	=	1.66% (Excelente), puesto que
$S$	<	2.0%



#### 4.3.8 Análisis estadístico: Resistencia a la flexión concreto fibrorreforzado experimental (CFE – I) con fibras híbridas 1 (comb. 1)

*Tabla 4:27 Análisis estadístico CFE – II: Resistencia a la flexión 28 días*

<i>Muestra</i>	<i>X</i>	$(X_n - \bar{X})$	$(X_n - \bar{X})^2$
CFE – I – 1	41.89	0.23	0.05
CFE – I – 2	42.13	0.47	0.22
CFE – I – 3	41.95	0.29	0.08
CFE – I – 4	41.65	-0.01	0.00
CFE – I – 5	42.48	0.82	0.67
CFE – I – 6	41.12	-0.54	0.29
CFE – I – 7	40.53	-1.13	1.28
CFE – I – 8	41.53	-0.13	0.02
$\sum X = 333.28$		$\sum (X_n - \bar{X})^2 = 2.61$	

*Fuente: Elaboración propia.)*

$n$	=	8
$\bar{X}$	=	41.66
$S$	=	0.61
$V$	=	1.46%

Según la tabla 3:27 (Valores de dispersión en el control del concreto) la desviación estándar y coeficiente de variación para este grupo se califica como:

$S$	=	0.61 (Excelente), puesto
$S$	<	14.1
$V$	=	1.46% (Excelente), puesto que
$S$	<	2.0%

#### 4.3.9 Análisis estadístico: Resistencia a la flexión concreto fibrorreforzado experimental (CFE – III) con fibras híbridas 3 (comb. 3)

*Tabla 4:28 Análisis estadístico CFE – III: Resistencia a la flexión 28 días*

<i>Muestra</i>	<i>X</i>	$(X_n - \bar{X})$	$(X_n - \bar{X})^2$
CFE – III – 1	47.86	0.68	0.46
CFE – III – 2	46.38	-0.80	0.64
CFE – III – 3	46.20	-0.97	0.95
CFE – III – 4	46.85	-0.32	0.11
CFE – III – 5	47.27	0.09	0.01
CFE – III – 6	47.62	0.44	0.20
CFE – III – 7	48.57	1.39	1.93
CFE – III – 8	46.67	-0.50	0.25
$\sum X = 377.41$		$\sum (X_n - \bar{X})^2 = 4.54$	

*Fuente: Elaboración propia.*

$n$	=	8
$\bar{X}$	=	47.18
$S$	=	0.81
$V$	=	1.71%

Según la tabla 3:27 (Valores de dispersión en el control del concreto) la desviación estándar y coeficiente de variación para este grupo se califica como:

$S$	=	0.81 (Excelente), puesto
$S$	<	14.1
$V$	=	1.71% (Excelente), puesto que
$S$	<	2.0%

#### 4.3.10 Análisis estadístico: Resistencia a la flexión concreto fibrorreforzado experimental (CFE – V) con fibras híbridas 5 (comb. 5)

*Tabla 4:29 Análisis estadístico CFE –V: Resistencia a la flexión 28 días*

<i>Muestra</i>	<i>X</i>	$(X_n - \bar{X})$	$(X_n - \bar{X})^2$
CFE – V – 1	50.22	0.17	0.03
CFE – V – 2	47.56	-2.49	6.19
CFE – V – 3	51.05	1.00	0.99
CFE – V – 4	49.57	-0.48	0.23
CFE – V – 5	51.11	1.06	1.12
CFE – V – 6	50.34	0.29	0.08
CFE – V – 7	50.51	0.47	0.22
CFE – V – 8	50.04	-0.01	0.00
$\sum X = 400.40$		$\sum (X_n - \bar{X})^2 = 8.86$	

*Fuente: Elaboración propia.*

$n$	=	8
$\bar{X}$	=	50.05
$S$	=	1.13
$V$	=	2.25%

Según la tabla 3:27 (Valores de dispersión en el control del concreto) la desviación estándar y coeficiente de variación para este grupo se califica como:

$S$	=	1.13% (Excelente), puesto
$S$	<	14.1
$V$	=	2.25% (Muy bueno), puesto que
2.0%	<	$S$ < 3.0%

#### 4.4 Prueba de hipótesis

##### 4.4.1 Prueba de hipótesis a los 28 días: Resistencia a la compresión concreto patrón (CP) con respecto al concreto fibrorreforzado experimental (CFE – I)

*Tabla 4:30 Prueba de hipótesis resistencia a la compresión CP respecto al CFE – I*

Descripción	Parámetro de interés	
	Grupo I	Grupo II
	Concreto patrón (CP)	Concreto Fibrorreforzado experimental I (CFE – I)
% comb. 1	(SF <sub>0.00</sub> + PPF <sub>0.00</sub> )	(SF <sub>0.84</sub> + PPF <sub>0.08</sub> )
Numero de muestras (n)	8	8
Media ( $\bar{X}$ )	319.94	368.26
Desviación estándar (S)	10.20	10.71
Hipótesis		
Hipótesis nula	H <sub>0</sub> : u <sub>2</sub> ≤ u <sub>1</sub>	
Hipótesis alternativa	H <sub>1</sub> : u <sub>2</sub> > u <sub>1</sub>	
Nivel de significancia		
Nivel de significancia	α = 0.05	Rechazar H <sub>0</sub> : u <sub>2</sub> ≤ u <sub>1</sub> , si t <sub>p</sub> ≤ t <sub>α</sub> (no se rechaza H <sub>1</sub> : u <sub>2</sub> > u <sub>1</sub> , “Se acepta”)
Estadístico de prueba t	t <sub>α</sub> = 1.7613	
Estadístico de prueba t – Student		
$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$	10.46	
$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$	-9.240	
Conclusión		
Se rechaza H <sub>0</sub> , ya que: t <sub>p</sub> = -9.240 < t <sub>α</sub> = 1.7613, y se concluye que la adición de la combinación de fibras híbridas (SF <sub>0.84</sub> + PPF <sub>0.08</sub> ) sí mejora significativamente la propiedad mecánica de resistencia a la compresión.		

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.2 Prueba de hipótesis a los 28 días: Resistencia a la compresión concreto patrón (CP) con respecto al concreto fibrorreforzado experimental (CFE – II)

*Tabla 4:31 Prueba de hipótesis resistencia a la compresión CP respecto al CFE – II*

Descripción	Parámetro de interés	
	Grupo I	Grupo II
	Concreto patrón (CP)	Concreto Fibrorreforzado experimental II (CFE – II)
% comb. 1	(SF <sub>0.00</sub> + PPF <sub>0.00</sub> )	(SF <sub>1.04</sub> + PPF <sub>0.14</sub> )
Numero de muestras (n)	8	8
Media ( $\bar{X}$ )	319.94	374.83
Desviación estándar (S)	10.20	16.63
Hipótesis		
Hipótesis nula	H <sub>0</sub> : $u_2 \leq u_1$	
Hipótesis alternativa	H <sub>1</sub> : $u_2 > u_1$	
Nivel de significancia		
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$	Rechazar H <sub>0</sub> : $u_2 \leq u_1$ , si $t_p \leq t_\alpha$ (no se rechaza H <sub>1</sub> : $u_2 > u_1$ , “Se acepta”)
Estadístico de prueba t	$t_\alpha = 1.7613$	
Estadístico de prueba t – Student		
	$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$	13.80
	$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$	-7.957
Conclusión		
Se rechaza H <sub>0</sub> , ya que: $t_p = -7.957 < t_\alpha = 1.7613$ , y se concluye que la adición de la combinación de fibras híbridas (SF <sub>1.04</sub> + PPF <sub>0.14</sub> ) sí mejora significativamente la propiedad mecánica de resistencia a la compresión.		

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.3 Prueba de hipótesis a los 28 días: Resistencia a la compresión concreto patrón (CP) con respecto al concreto fibrorreforzado experimental (CFE – III).

Tabla 4:32 Prueba de hipótesis resistencia a la compresión CP respecto al CFE – III

Descripción	Parámetro de interés	
	Grupo I	Grupo II
	Concreto patrón (CP)	Concreto Fibrorreforzado experimental III (CFE – III)
% comb. 1	(SF <sub>0.00</sub> + PPF <sub>0.00</sub> )	(SF <sub>1.17</sub> + PPF <sub>0.18</sub> )
Numero de muestras (n)	8	8
Media ( $\bar{X}$ )	319.94	344.80
Desviación estándar (S)	10.20	12.88
Hipótesis		
Hipótesis nula	H <sub>0</sub> : $u_2 \leq u_1$	
Hipótesis alternativa	H <sub>1</sub> : $u_2 > u_1$	
Nivel de significancia		
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$	Rechazar H <sub>0</sub> : $u_2 \leq u_1$ , si $t_p \leq t_\alpha$ (no se rechaza H <sub>1</sub> : $u_2 > u_1$ , “Se acepta”)
Estadístico de prueba t	$t_\alpha = 1.7613$	
Estadístico de prueba t – Student		
$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$	11.62	
$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$	-4.280	
Conclusión		
Se rechaza H <sub>0</sub> , ya que: $t_p = -4.280 < t_\alpha = 1.7613$ , y se concluye que la adición de la combinación de fibras híbridas (SF <sub>1.17</sub> + PPF <sub>0.18</sub> ) sí mejora significativamente la propiedad mecánica de resistencia a la compresión.		

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.4 Prueba de hipótesis a los 28 días: Resistencia a la compresión concreto patrón (CP) con respecto al concreto fibrorreforzado experimental (CFE – IV)

*Tabla 4:33 Prueba de hipótesis resistencia a la compresión CP respecto al CFE – IV*

Descripción	Parámetro de interés	
	Grupo I	Grupo II
	Concreto patrón (CP)	Concreto Fibrorreforzado experimental IV (CFE – IV)
% comb. 1	(SF <sub>0.00</sub> + PPF <sub>0.00</sub> )	(SF <sub>1.25</sub> + PPF <sub>0.21</sub> )
Numero de muestras (n)	8	8
Media ( $\bar{X}$ )	319.94	352.46
Desviación estándar (S)	10.20	11.57
Hipótesis		
Hipótesis nula	H <sub>0</sub> : $u_2 \leq u_1$	
Hipótesis alternativa	H <sub>1</sub> : $u_2 > u_1$	
Nivel de significancia		
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$	Rechazar H <sub>0</sub> : $u_2 \leq u_1$ , si $t_p \leq t_\alpha$ (no se rechaza H <sub>1</sub> : $u_2 > u_1$ , “Se acepta”)
Estadístico de prueba t	$t_\alpha = 1.7613$	
Estadístico de prueba t – Student		
$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$	10.91	
$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$	-5.964	
Conclusión		
Se rechaza H <sub>0</sub> , ya que: $t_p = -5.964 < t_\alpha = 1.7613$ , y se concluye que la adición de la combinación de fibras híbridas (SF <sub>1.25</sub> + PPF <sub>0.21</sub> ) sí mejora significativamente la propiedad mecánica de resistencia a la compresión.		

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.5 Prueba de hipótesis a los 28 días: Resistencia a la compresión concreto patrón (CP) con respecto al concreto fibrorreforzado experimental (CFE – V).

*Tabla 4:34 Prueba de hipótesis resistencia a la compresión CP respecto al CFE – V*

Descripción	Parámetro de interés	
	Grupo I	Grupo II
	Concreto patrón (CP)	Concreto Fibrorreforzado experimental V (CFE – V)
% comb. 1	(SF <sub>0.00</sub> + PPF <sub>0.00</sub> )	(SF <sub>1.26</sub> + PPF <sub>0.23</sub> )
Numero de muestras (n)	8	8
Media ( $\bar{X}$ )	319.94	353.45
Desviación estándar (S)	10.20	14.27
Hipótesis		
Hipótesis nula	H <sub>0</sub> : u <sub>2</sub> ≤ u <sub>1</sub>	
Hipótesis alternativa	H <sub>1</sub> : u <sub>2</sub> > u <sub>1</sub>	
Nivel de significancia		
Nivel de significancia	α = 0.05	Rechazar H <sub>0</sub> : u <sub>2</sub> ≤ u <sub>1</sub> , si t <sub>p</sub> ≤ t <sub>α</sub> (no se rechaza H <sub>1</sub> : u <sub>2</sub> > u <sub>1</sub> , “Se acepta”)
Estadístico de prueba t	t <sub>α</sub> = 1.7613	
Estadístico de prueba t – Student		
$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$	12.40	
$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$	-5.405	
Conclusión		
Se rechaza H <sub>0</sub> , ya que: t <sub>p</sub> = -5.405 < t <sub>α</sub> = 1.7613, y se concluye que la adición de la combinación de fibras híbridas (SF <sub>1.26</sub> + PPF <sub>0.23</sub> ) sí mejora significativamente la propiedad mecánica de resistencia a la compresión.		

Fuente: Elaboración propia.



#### 4.4.6 Prueba de hipótesis a los 28 días: Resistencia a la flexión concreto patrón (CP) con respecto al concreto fibrorreforzado experimental (CFE – I).

*Tabla 4:35 Prueba de hipótesis resistencia a la flexión CP respecto al CFE – I*

Descripción	Parámetro de interés	
	Grupo I	Grupo II
	Concreto patrón (CP)	Concreto Fibrorreforzado experimental I (CFE – I)
% comb. 1	(SF <sub>0.00</sub> + PPF <sub>0.00</sub> )	(SF <sub>0.84</sub> + PPF <sub>0.08</sub> )
Numero de muestras (n)	8	8
Media ( $\bar{X}$ )	35.95	41.66
Desviación estándar (S)	0.60	0.61
Hipótesis		
Hipótesis nula		H <sub>0</sub> : $u_2 \leq u_1$
Hipótesis alternativa		H <sub>1</sub> : $u_2 > u_1$
Nivel de significancia		
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$	Rechazar H <sub>0</sub> : $u_2 \leq u_1$ , si $t_p \leq t_\alpha$ (no se rechaza H <sub>1</sub> : $u_2 > u_1$ , “Se acepta”)
Estadístico de prueba t	$t_\alpha = 1.7613$	
Estadístico de prueba t – Student		
	$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$	0.60
	$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$	-18.944
Conclusión		
Se rechaza H <sub>0</sub> , ya que: $t_p = -18.944 < t_\alpha = 1.7613$ , y se concluye que la adición de la combinación de fibras híbridas (SF <sub>0.84</sub> + PPF <sub>0.08</sub> ) sí mejora significativamente la propiedad mecánica de resistencia a la flexión.		

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.7 Prueba de hipótesis a los 28 días: Resistencia a la flexión concreto patrón (CP) con respecto al concreto fibrorreforzado experimental (CFE – III).

*Tabla 4:36 Prueba de hipótesis resistencia a la flexión CP respecto al CFE – III*

Descripción	Parámetro de interés	
	Grupo I	Grupo II
	Concreto patrón (CP)	Concreto Fibrorreforzado experimental III (CFE – III)
% comb. 1	(SF <sub>0.00</sub> + PPF <sub>0.00</sub> )	(SF <sub>1.17</sub> + PPF <sub>0.18</sub> )
Numero de muestras (n)	8	8
Media ( $\bar{X}$ )	35.95	47.18
Desviación estándar (S)	0.60	0.81
Hipótesis		
Hipótesis nula		H <sub>0</sub> : u <sub>2</sub> ≤ u <sub>1</sub>
Hipótesis alternativa		H <sub>1</sub> : u <sub>2</sub> > u <sub>1</sub>
Nivel de significancia		
Nivel de significancia	α = 0.05	Rechazar H <sub>0</sub> : u <sub>2</sub> ≤ u <sub>1</sub> , si t <sub>p</sub> ≤ t <sub>α</sub> (no se rechaza H <sub>1</sub> : u <sub>2</sub> > u <sub>1</sub> , “Se acepta”)
Estadístico de prueba t	t <sub>α</sub> = 1.7613	
Estadístico de prueba t – Student		
	$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$	0.71
	$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$	-31.714
Conclusión		
Se rechaza H <sub>0</sub> , ya que: t <sub>p</sub> = -31.714 < t <sub>α</sub> = 1.7613, y se concluye que la adición de la combinación de fibras híbridas (SF <sub>1.17</sub> + PPF <sub>0.18</sub> ) sí mejora significativamente la propiedad mecánica de resistencia a la flexión.		

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.8 Prueba de hipótesis a los 28 días: Resistencia a la flexión concreto patrón (CP) con respecto al concreto fibrorreforzado experimental (CFE – V).

*Tabla 4:37 Prueba de hipótesis resistencia a la flexión CP respecto al CFE – V*

Descripción	Parámetro de interés	
	Grupo I	Grupo II
	Concreto patrón (CP)	Concreto Fibrorreforzado experimental V (CFE – V)
% comb. 1	(SF <sub>0.00</sub> + PPF <sub>0.00</sub> )	(SF <sub>1.26</sub> + PPF <sub>0.23</sub> )
Numero de muestras (n)	8	8
Media ( $\bar{X}$ )	35.95	50.05
Desviación estándar (S)	0.60	1.13
Hipótesis		
Hipótesis nula	H <sub>0</sub> : u <sub>2</sub> ≤ u <sub>1</sub>	
Hipótesis alternativa	H <sub>1</sub> : u <sub>2</sub> > u <sub>1</sub>	
Nivel de significancia		
Nivel de significancia	α = 0.05	Rechazar H <sub>0</sub> : u <sub>2</sub> ≤ u <sub>1</sub> , si t <sub>p</sub> ≤ t <sub>α</sub> (no se rechaza H <sub>1</sub> : u <sub>2</sub> > u <sub>1</sub> , “Se acepta”)
Estadístico de prueba t	t <sub>α</sub> = 1.7613	
Estadístico de prueba t – Student		
$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$	0.90	
$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$	-31.329	
Conclusión		
Se rechaza H <sub>0</sub> , ya que: t <sub>p</sub> = -31.329 < t <sub>α</sub> = 1.7613, y se concluye que la adición de la combinación de fibras híbridas (SF <sub>1.26</sub> + PPF <sub>0.23</sub> ) sí mejora significativamente la propiedad mecánica de resistencia a la flexión.		

Fuente: Elaboración propia.

## **4.5 Costo de producción**

### **4.5.1 Análisis de costos unitarios**

Generalmente los concretos fibrorreforzados con fibras ya sea metálicas, sintéticas o fibras híbridas son usados en pisos industriales, es en ese sentido que la presente investigación hizo un análisis de costos unitarios para tal partida, para estimar el costo de producción.

El tema de análisis de costos unitarios de cada proyecto difiere de la región donde se esté desarrollando el mismo, en ese sentido el presente análisis solo fue dado para Lima metropolitana.

El tema de costo unitario del concreto, depende de las necesidades del proyecto, este puede verse afectado de acuerdo a los nuevos materiales adicionados como fue el caso de la presente investigación.

Los siguientes precios son vigentes a la elaboración de los ensayos de la presente investigación, es decir, diciembre del 2021, los precios de referencia de cada material fueron extraídos de la revista especializada (COSTOS, 2021), edición diciembre.

*Tabla 4:38 Análisis de costos unitarios concreto convencional*

<b>Partida: 02.01.01</b>					
Concreto convencional $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$					
<b>Rendimiento: m<sup>3</sup>/día</b>	22.000			Costo unitario directo: m <sup>3</sup>	318.29
<b>Descripción de recurso</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (S/)</b>	<b>Parcial (S/)</b>
<b>Mano de obra</b>					<b>74.26</b>
Capataz	0.2000	H – H	0.0727	25.23	1.83
Operario	2.0000	H – H	0.7273	23.41	17.03
Oficial	1.0000	H – H	0.3636	18.50	6.73
Peón	8.0000	H – H	2.9091	16.73	48.67
<b>Materiales</b>					<b>203.94</b>
Cemento tipo I		bls	8.8000	19.32	170.02
Arena gruesa		m <sup>3</sup>	0.2845	40.33	11.47
Piedra chancada 1/2"		m <sup>3</sup>	0.3917	54.86	21.49
Agua		m <sup>3</sup>	0.2172	4.41	0.96
<b>Equipos y herramientas</b>					<b>40.10</b>
Mezcladora de concreto tambor 18 HP 11 p <sup>3</sup>	1.0000	H – M	0.3636	80.06	29.11
Vibrador de concreto 4HP 2.40"	1.0000	H – M	0.3636	20.00	7.27
Herramientas manuales		%	5.0000	74.26	3.71

*Fuente: Elaboración propia.*

*Tabla 4:39 Análisis de costos unitarios concreto fibrorreforzado experimental I*

<b>Partida: 02.02.01</b>					
Concreto fibrorreforzado experimental I					
<b>Rendimiento: m<sup>3</sup>/día</b>	22.0000		Costo unitario directo: m <sup>3</sup>		522.41
<b>Descripción de recurso</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (S/)</b>	<b>Parcial (S/)</b>
<b>Mano de obra</b>					<b>74.26</b>
Capataz	0.2000	H – H	0.0727	25.23	1.83
Operario	2.0000	H – H	0.7273	23.41	17.03
Oficial	1.0000	H – H	0.3636	18.50	6.73
Peón	8.0000	H – H	2.9091	16.73	48.67
<b>Materiales</b>					<b>408.06</b>
Cemento tipo I		bls	8.8000	19.32	170.02
Arena gruesa		m <sup>3</sup>	0.2845	40.33	11.47
Piedra chancada 1/2"		m <sup>3</sup>	0.3917	54.86	21.49
Agua		m <sup>3</sup>	0.2172	4.41	0.96
Fibra de acero		kg	20.0000	7.29	145.80
Fibra de polipropileno		kg	2.0000	29.16	58.32
<b>Equipos y herramientas</b>					<b>40.10</b>
Mezcladora de concreto tambor 18 HP 11 p3	1.0000	H – M	0.3636	80.06	29.11
Vibrador de concreto 4HP 2.40"	1.0000	H – M	0.3636	20.00	7.27
Herramientas manuales		%	5.0000	74.26	3.71

*Fuente: Elaboración propia.*

*Tabla 4:40 Análisis de costos unitarios concreto fibrorreforzado experimental II*

<b>Partida: 02.02.02</b>					
Concreto fibrorreforzado experimental II					
<b>Rendimiento: m<sup>3</sup>/día</b>	22.0000		Costo unitario directo: m <sup>3</sup>		597.13
<b>Descripción de recurso</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (S/)</b>	<b>Parcial (S/)</b>
<b>Mano de obra</b>					<b>74.26</b>
Capataz	0.2000	H – H	0.0727	25.23	1.83
Operario	2.0000	H – H	0.7273	23.41	17.03
Oficial	1.0000	H – H	0.3636	18.50	6.73
Peón	8.0000	H – H	2.9091	16.73	48.67
<b>Materiales</b>					<b>482.78</b>
Cemento tipo I		bls	8.8000	19.32	170.02
Arena gruesa		m3	0.2845	40.33	11.47
Piedra chancada 1/2"		m <sup>3</sup>	0.3917	54.86	21.49
Agua		m <sup>3</sup>	0.2172	4.41	0.96
Fibra de acero		kg	24.7500	7.29	180.43
Fibra de polipropileno		kg	3.3750	29.16	98.42
<b>Equipos y herramientas</b>					<b>40.10</b>
Mezcladora de concreto tambor 18 HP 11 p3	1.0000	H – M	0.3636	80.06	29.11
Vibrador de concreto 4HP 2.40"	1.0000	H – M	0.3636	20.00	7.27
Herramientas manuales		%	5.0000	74.26	3.71

*Fuente: Elaboración propia.*

*Tabla 4:41 Análisis de costos unitarios concreto fibrorreforzado experimental III*

<b>Partida: 02.02.03</b>					
Concreto fibrorreforzado experimental III					
<b>Rendimiento: m<sup>3</sup>/día</b>	22.0000			Costo unitario directo: m <sup>3</sup>	650.72
<b>Descripción de recurso</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (S/)</b>	<b>Parcial (S/)</b>
<b>Mano de obra</b>					<b>74.26</b>
Capataz	0.2000	H – H	0.0727	25.23	1.83
Operario	2.0000	H – H	0.7273	23.41	17.03
Oficial	1.0000	H – H	0.3636	18.50	6.73
Peón	8.0000	H – H	2.9091	16.73	48.67
<b>Materiales</b>					<b>536.36</b>
Cemento tipo I		bls	8.8000	19.32	170.02
Arena gruesa		m3	0.2845	40.33	11.47
Piedra chancada 1/2"		m <sup>3</sup>	0.3917	54.86	21.49
Agua		m <sup>3</sup>	0.2172	4.41	0.96
Fibra de acero		kg	28.0000	7.29	204.12
Fibra de polipropileno		kg	4.4000	29.16	128.30
<b>Equipos y herramientas</b>					<b>40.10</b>
Mezcladora de concreto tambor 18 HP 11 p3	1.0000	H – M	0.3636	80.06	29.11
Vibrador de concreto 4HP 2.40"	1.0000	H – M	0.3636	20.00	7.27
Herramientas manuales		%	5.0000	74.26	3.71

*Fuente: Elaboración propia.*



*Tabla 4:42 Análisis de costos unitarios concreto fibrorreforzado experimental IV*

<b>Partida: 02.02.04</b>					
Concreto fibrorreforzado experimental IV					
<b>Rendimiento: m<sup>3</sup>/día</b>	22.0000		Costo unitario directo: m <sup>3</sup>		683.16
<b>Descripción de recurso</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (S/)</b>	<b>Parcial (S/)</b>
<b>Mano de obra</b>					<b>74.26</b>
Capataz	0.2000	H – H	0.0727	25.23	1.83
Operario	2.0000	H – H	0.7273	23.41	17.03
Oficial	1.0000	H – H	0.3636	18.50	6.73
Peón	8.0000	H – H	2.9091	16.73	48.67
<b>Materiales</b>					<b>568.80</b>
Cemento tipo I		bls	8.8000	19.32	170.02
Arena gruesa		m3	0.2845	40.33	11.47
Piedra chancada 1/2"		m <sup>3</sup>	0.3917	54.86	21.49
Agua		m <sup>3</sup>	0.2172	4.41	0.96
Fibra de acero		kg	29.7500	7.29	216.88
Fibra de polipropileno		kg	5.0750	29.16	147.99
<b>Equipos y herramientas</b>					<b>40.10</b>
Mezcladora de concreto tambor 18 HP 11 p3	1.0000	H – M	0.3636	80.06	29.11
Vibrador de concreto 4HP 2.40"	1.0000	H – M	0.3636	20.00	7.27
Herramientas manuales		%	5.0000	74.26	3.71

*Fuente: Elaboración propia.*

*Tabla 4:43 Análisis de costos unitarios concreto fibrorreforzado experimental V*

<b>Partida: 02.02.05</b>					
Concreto fibrorreforzado experimental V					
<b>Rendimiento: m<sup>3</sup>/día</b>	22.0000		Costo unitario directo: m <sup>3</sup>		694.46
<b>Descripción de recurso</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (S/)</b>	<b>Parcial (S/)</b>
<b>Mano de obra</b>					<b>74.26</b>
Operador de equipo liviano	1.0000	H – H	0.0727	25.23	1.83
Capataz	0.2000	H – H	0.7273	23.41	17.03
Operario	2.0000	H – H	0.3636	18.50	6.73
Oficial	1.0000	H – H	2.9091	16.73	48.67
Peón	8.0000	H – H	0.0727	25.23	1.83
<b>Materiales</b>					<b>580.10</b>
Cemento tipo I		bls	8.8000	18.81	165.53
Arena gruesa		m <sup>3</sup>	8.8000	19.32	170.02
Piedra chancada 1/2"		m <sup>3</sup>	0.2845	40.33	11.47
Agua		m <sup>3</sup>	0.3917	54.86	21.49
Fibra de acero		kg	30.0000	7.29	218.70
Fibra de polipropileno		kg	5.4000	29.16	157.46
<b>Equipos y herramientas</b>					<b>40.10</b>
Mezcladora de concreto tambor 18 HP 11 p3	1.0000	H – M	0.3636	80.06	29.11
Vibrador de concreto 4HP 2.40"	1.0000	H – M	0.3636	20.00	7.27
Herramientas manuales		%	5.0000	74.26	3.71

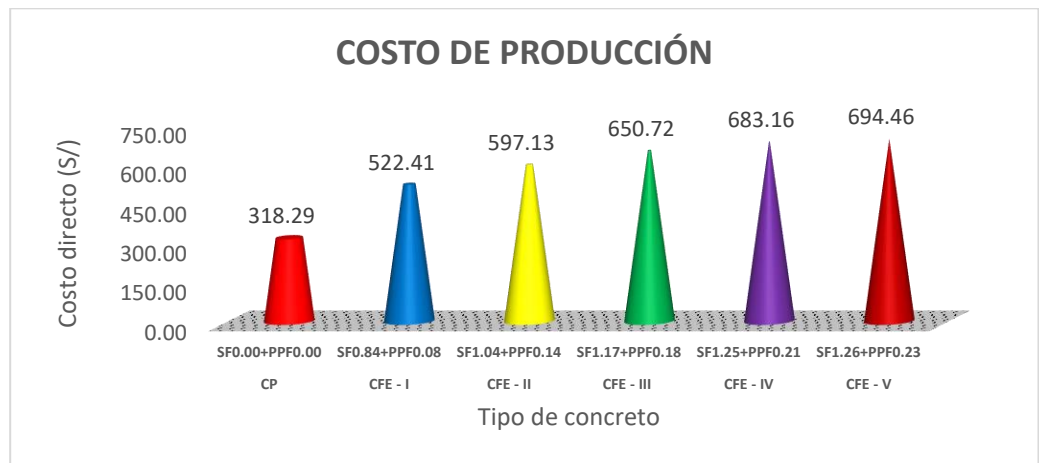
*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 4:44 Costo directo por m<sup>3</sup> de cada tipo de concreto**

Tipo de concreto	Costo s/	%
Concreto convencional	318.29	100.00
Concreto fibrorreforzado experimental I	522.41	164.13
Concreto fibrorreforzado experimental II	597.13	187.61
Concreto fibrorreforzado experimental III	650.72	204.44
Concreto fibrorreforzado experimental IV	683.16	214.63
Concreto fibrorreforzado experimental V	694.46	218.18

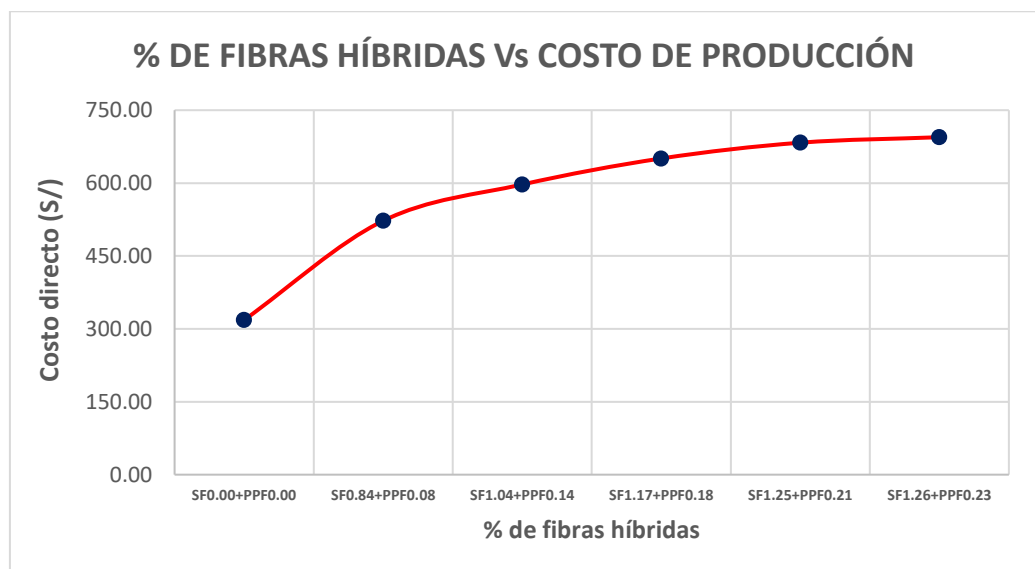
Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 4:9 Costo de producción**



Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 4:10 Influencia de los % de las fibras híbridas en el de costo de producción**



Fuente: Elaboración propia.

Como vemos en el gráfico 4:9 y 4.10 el costo de producción por m<sup>3</sup> de concreto, según el análisis de costos unitarios de cada tipo de concreto este se incrementa, en relación a la dosificación en % de las fibras híbridas.

Al analizar la tabla 4:44, observamos que el porcentaje de incremento del costo de producción del concreto convencional, es proporcional al incremento de la dosificación en peso de fibras híbridas, obteniéndose las siguientes variaciones porcentuales:

- El costo de producción según el análisis de costos unitarios del CFE – I fue de 522.41 soles, lo que significa que se incrementó en un 64.13% en relación a la del CP con un costo de producción de 318.29 soles.
- El costo de producción según el análisis de costos unitarios del CFE – II fue de 597.13 soles, lo que significa que se incrementó en un 87.61% en relación a la del CP con un costo de producción de 318.29 soles.
- El costo de producción según el análisis de costos unitarios del CFE – III fue de 650.72 soles, lo que significa que se incrementó en un 104.44% en relación a la del CP con un costo de producción de 318.29 soles.
- El costo de producción según el análisis de costos unitarios del CFE – IV fue de 683.16 soles, lo que significa que se incrementó en un 114.63% en relación a la del CP con un costo de producción de 318.29 soles.
- El costo de producción según el análisis de costos unitarios del CFE – V fue de 694.46 soles, lo que significa que se incrementó en un 118.18% en relación a la del CP con un costo de producción de 318.29 soles.

#### **4.5.2 Comparativo económico**

Para la presente investigación hicimos un comparativo entre un piso industrial con concreto armado convencional y uno con concreto fibrorreforzado experimental con fibras híbridas comb. 3 (CFE – III).

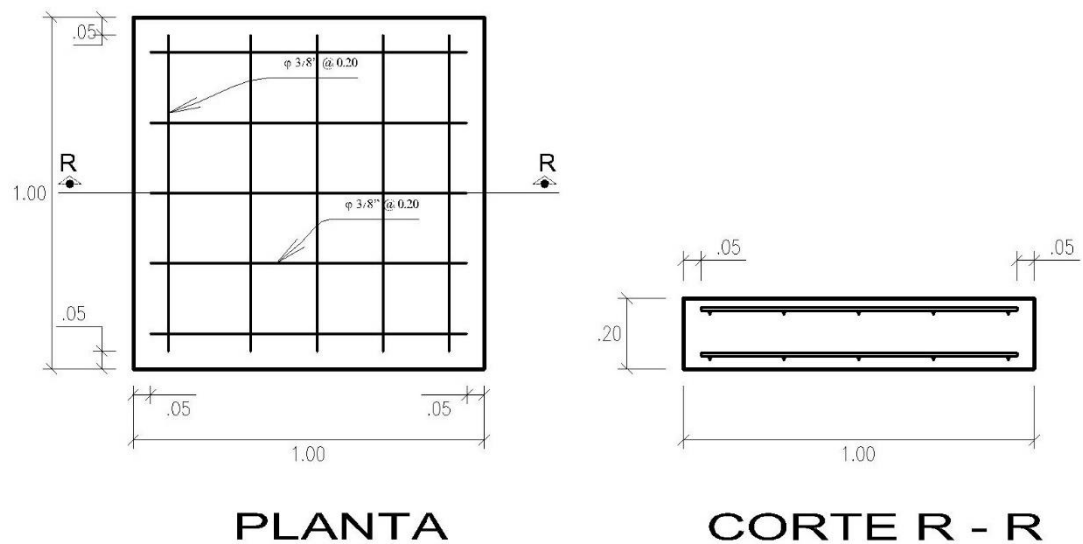
Para el comparativo usamos el cálculo de cargas para pisos industriales hecho por (Sotil Levy , y otros, 2015 págs. 138-144), donde propuso un piso de concreto armado con un peralte h=20.00 cm, con acero de refuerzo  $\phi$  de 3/8" con parrilla superior e inferior con separación a cada 0.20m. Y un piso de concreto

fibrorreforzado con fibras FF3 el cual alcanzo una resistencia a la flexión de 4.29 MPa, con un peralte  $h=17.00$  cm.

Para el comparativo usaremos el concreto fibrorreforzado experimental III, el cual alcanzo un módulo de rotura de  $47.18 \text{ kg/cm}^2$  (4.63MPa), mayor a lo establecido en la norma CE. 010 pavimentos urbanos del (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019) donde establece un módulo de rotura como mínimo de  $34.00 \text{ kg/cm}^2$  (3.4 MPa).

De acuerdo a la clasificación de pisos del (ACI 302.1R-15, 2015), para un tránsito de peatonal, vehículo industriales y vehículos de servicio pesado, recomienda una clase de capa sencilla, la cual plateamos a continuación.

**Figura 4:3 Piso Industrial de concreto armado.**



Fuente: Elaboración propia.

## 4.5.2.1 Metrado

Tabla 4:45 Metrado piso industrial de concreto armado

Partida	Elemento	Concreto convencional f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup>					Acero fy =4200 kg/cm <sup>2</sup> grado 60				Longitud total	
		N.º	Descripción	Cantidad	Medidas			Total (m <sup>3</sup> )	Cantidad	Ø		Nº de veces
Largo (m)	Ancho (m)				Alto (m)	0.56						
02.01	Concreto armado	1.00	1.00	1.00	0.20	0.20	2.00	3/8	5.00	0.90	9.00	
							2.00	3/8	5.00	0.90	9.00	
		Total, por diámetro en m.										18.00
<b>Total, m<sup>3</sup>:</b>					0.20	Total, por diámetro en kg.				10.08		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4:46 Metrado piso industrial de concreto fibrorreforzado

Partida	Elemento	Concreto fibrorreforzado experimental III					Acero fy =4200 kg/cm <sup>2</sup> grado 60				Longitud total	
		N.º	Descripción	Cantidad	Medidas			Total (m <sup>3</sup> )	Cantidad	Ø		Nº de veces
Largo (m)	Ancho (m)				Alto (m)							
02.02	Concreto fibrorreforzado experimental III	1.00	1.00	1.00	0.17	0.17	-	-	-	-	-	
							-	-	-	-	-	
		Total, por diámetro en m.										-
<b>Total, m<sup>3</sup>:</b>					0.17	Total, por diámetro en kg.				-		

Fuente: Elaboración propia.

*Tabla 4:47 Análisis de costos unitarios del acero estructural*

<b>Partida:</b>		<b>Acero <math>f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2</math> grado 60</b>			
<b>Rendimiento: kg/día</b>	250.0000			Costo unitario directo: kg	7.74
<b>Descripción de recurso</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (S/)</b>	<b>Parcial (S/)</b>
<b><u>Mano de obra</u></b>					<b>1.42</b>
Capataz	0.1000	H – H	0.0032	25.23	0.08
Operario	1.0000	H – H	0.0320	23.41	0.75
Oficial	1.0000	H – H	0.0320	18.50	0.59
<b><u>Materiales</u></b>					<b>6.25</b>
Alambre negro recocido # 16		Kg	0.0600	6.00	0.36
Acero corrugado $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ - Grado 60		Kg	1.0700	5.50	5.89
<b><u>Equipos y herramientas</u></b>					<b>0.07</b>
Herramientas manuales			5.00	1.42	0.07

*Fuente: Elaboración propia.*

#### 4.5.2.2 Presupuesto

*Tabla 4:48 Costo directo de piso industrial de concreto armado*

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Metrado</b>	<b>Precio (S/)</b>	<b>Parcial (S/)</b>
<b>02.01</b>	<b>Piso industrial concreto armado</b>				
02.01.01	Concreto convencional $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	$\text{m}^3$	0.20	318.29	63.66
02.01.02	Acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ grado 60	kg	10.08	7.74	78.00
<b>Costo directo <math>\text{m}^2</math></b>					<b>141.66</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

*Tabla 4:49 Costo directo de piso industrial de concreto fibrorreforzado*

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Metrado</b>	<b>Precio (S/)</b>	<b>Parcial (S/)</b>
<b>02.02</b>	Piso industrial concreto fibrorreforzado				
02.02.01	Concreto fibrorreforzado experimental III	m <sup>3</sup>	0.17	650.72	110.62
<b>Costo directo m<sup>2</sup></b>					110.62

*Fuente: Elaboración propia.*

*Tabla 4:50 Comparativo económico*

<b>Tipo de concreto</b>	<b>Precio (S/)</b>
Concreto armado	141.66
Concreto fibrorreforzado	110.62
Ahorro	31.04

*Fuente: Elaboración propia.*

La tabla 4.50 nos muestra que al utilizar concreto fibrorreforzado con fibras híbridas, generamos un ahorro de 31.04 soles (28.06%) ya que a diferencia de las losas armadas con concreto convencional, los pisos fibrorreforzados al no tener armadura, estos omiten en recubriendo del acero, y por consiguiente disminuyen su peralte. Los datos brindados son proyecciones de ahorro por m<sup>2</sup> de piso industrial a planificar.



## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **5.1 Concreto fresco**

##### **5.1.1 Trabajabilidad**

Al analizar los resultados en la tabla 4:1 llegamos a la conclusión de que la incorporación de fibras híbridas, afecta directamente en la trabajabilidad del concreto, ya que este pasa de trabajable a poco trabajable. Es decir, el asentamiento va disminuyendo en relación al incremento del porcentaje de fibras híbridas. Por lo tanto, determinamos que existe un tema de proporcionalidad inversa, entre el asentamiento y la cantidad fibras híbridas incorporada, es decir, que a mayor porcentaje de fibras menor será el asentamiento.

Según (Banthia, y otros, 2004) para todas las mezclas de fibras híbridas hay una correlación entre el contenido de aire y trabajabilidad del concreto, ellos indican que para un concretos reforzados con dos tipos de fibras, es decir N7 a N11 los tiempos VeBe<sup>13</sup> fueron de 6 y 8.5 segundos, lo que implica una disminución en la trabajabilidad basada en el tiempo.

(Vairagade, y otros, 2012), indican que conforme aumentamos el porcentaje de fibras de acero en la combinación hibrida reducimos el valor del slump, y que para

---

<sup>13</sup> VeBe: Aparato que se utiliza para determinar el grado de consistencia del concreto.

mantener un slump constante tenemos que usar aditivos superplastificantes en la dosificación del concreto.

### **5.1.2 Peso unitario**

De los resultados obtenidos según el gráfico 4:2, podemos concluir que a medida que vamos incrementando el porcentaje de fibras híbridas, el peso unitario del concreto va incrementándose, es decir, que del peso unitario promedio típico del concreto convencional que ronda los  $2,388 \text{ kg/m}^3$ , este llega incrementarse hasta en un 3.41% del concreto fibrorreforzado experimental (CFE – V) teniendo un peso unitario promedio de  $2,470 \text{ kg/m}^3$ , siendo este concreto el cual presenta la máxima dosificación de fibras híbridas de la presente investigación.

Así lo demostraron (Banthia, y otros, 2004) que obtuvieron una densidad para concretos fibrorreforzados con dos tipos de fibras, es decir, una combinación de fibras de acero y polipropileno con un rango entre  $2508$  y  $2465 \text{ kg/m}^3$ .

### **5.1.3 Contenido aire**

Al contrastar los resultados obtenidos, para contenido de aire por el método gravimétrico, según la tabla 4.7 podemos deducir que la influencia de las fibras híbridas en el concreto convencional, es proporcional al incremento de la dosificación de fibras, ya que el concreto patrón presentó un contenido de aire de 0.98%, este valor alcanza los 3.75% del CFE – V, el cual presenta la más alta dosificación de fibras híbridas.

(Araby Ibrahim, y otros, 2019), demostraron que, a mayor porcentaje de dosificación de fibras híbridas, el contenido de aire se incrementa hasta en 4.75% con respecto al concreto convencional. Este valor corresponde al concreto HF10.

Por su parte (Han, y otros, 2019), indican que las fibras de acero contribuyen a incrementar el contenido de aire más que las de polipropileno, es así que las fibras híbridas mostraron un 9% más de contenido de aire, que el promedio de las mezclas independientes.

## **5.2 Concreto endurecido**

### **5.2.1 Resistencia a la compresión**

De los resultados obtenidos bajo el procedimiento de la norma (NTP 339.034:2015, 2015) y (ASTM C39/C39M, 2018), podemos concluir que los concretos fibrorreforzados experimentales presentaron un incremento relativo en comparación al concreto convencional, en ese sentido queremos indicar que los promedios según la tabla 4.14 para los concretos fibrorreforzados experimental I y II su resistencia a la compresión se incrementaron hasta en un 15 y 17% respectivamente, siendo estos los que presentaron la mayor resistencia y menor dosificación de fibras híbridas, en cuanto a los demás concretos fibrorreforzados experimentales III, IV y V estos se incrementaron en 8, 10 y 11% en relación al concreto convencional de allí podemos concluir que a pesar de que su dosificación de fibras híbridas fue mayor, estos no fueron eficientes ya que se observó un decaimiento en la resistencia, posiblemente por el contenido de aire atrapado en la mezcla.

Según indica (Banthia, y otros, 2004) como el contenido de aire aumentó en las mezclas con fibras híbridas, era de esperarse una reducción en la resistencia a la compresión, en su estudio con un contenido de aire de 5.9% alcanzaron 102 MPa y con 7%, 94 MPa.

(Han, y otros, 2019), demostraron que la resistencia a la compresión a los 28 días con fibras híbridas SF y PF fue de 28.7 MPa lo que significa un incremento de 14% en comparación a los concretos reforzados con fibras de acero y polipropileno con 24.9 y 25.2 MPa respectivamente.

### **5.2.2 Resistencia a la flexión**

Al analizar los resultados de resistencia a la flexión, ensayo realizado bajo la norma (NTP 339.078:2012, 2017) y (ASTM C78/C78M, 2018), según la tabla 4:19 llegamos a la conclusión que los diferentes porcentajes de fibras híbridas mejoran en forma ascendente la resistencia a la flexión, la cual se incrementó en 16, 31 y 39% valores que corresponden a los concretos fibrorreforzados I, III y V en comparación a la del concreto convencional, lo que indica que los concretos

reforzados con fibras híbridas presentan un mejor desempeño estructural cuando están sometidos a flexión, en sentido podemos decir que estos concretos son idóneos para ser usados en lugares de alto tránsito de cargas.

Así lo demostraron (Han, y otros, 2019) que los concretos reforzados con fibras híbridas ensayados a los 28 días para determinar la resistencia a la flexión presentaron un incremento de 29% con un valor de 7.0 MPa, en comparación a los concretos reforzados con fibras de acero y de polipropileno con valores de 6.3 y 4.3 MPa respectivamente.

(Araby Ibrahim, y otros, 2019), demostraron que los concretos reforzados con diferentes dosificaciones de fibras híbridas presentan un incremento de 1.2 y 68.17% en relación a los concretos reforzados por fibras de acero y polipropileno, indican que, al aumentar el contenido de fibras híbridas, aumentan el módulo de rotura, con valores de 6.55, 8.35 y 9.32 MPa.

### **5.3 Costo de producción**

Al hacer el análisis de costo unitario, llegamos a la conclusión que el costo de producción se va incrementado notablemente en relación al incremento de la dosificación en peso de fibras híbridas. Según la tabla 4:44 de un costo directo de S/ 318.29 soles por m<sup>3</sup> de concreto convencional, este llega hasta los S/ 694.46 soles del concreto fibrorreforzado experimental V, el cual presenta la más alta dosificación de fibras híbridas, lo que significa que se incrementa hasta en un 118.18% en comparación del concreto patrón.

En cuanto a costo de producción Vs resistencia, concluimos que los concretos fibrorreforzados experimentales I y II, son los más eficientes ya que su costo de producción resulta menor con un valor de 522.41 y 597.13 soles, pero estos en contraparte presentaron una resistencia a la compresión promedio de 368.26 y 374.83 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, lo que justifica la inversión.

## CONCLUSIONES

Concluimos que la influencia de las fibras híbridas como refuerzo secundario del concreto convencional  $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$  (teórico), pero que sin embargo en la práctica alcanzo una resistencia de  $319.94 \text{ kg/cm}^2$ , afecta directamente las propiedades frescas y endurecidas, y costo de producción del concreto convencional, en relación al incremento de los diversos porcentajes y combinaciones de fibras que se realizó. De la investigación extraemos las siguientes conclusiones específicas:

1. En ese sentido determinamos que la resistencia a la compresión, en el concreto  $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$  (teórico) en la practica  $319.94 \text{ kg/cm}^2$ , según los resultados obtenidos y analizados se incrementa significativamente con la adición de fibras. La comb. 1 ( $SF_{0.84} + PPF_{0.08}$ ) y la comb. 2 ( $SF_{1.04} + PPF_{0.14}$ ) de fibras híbridas con valores promedios de  $368$  y  $375 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente, en comparación con los porcentajes de la comb. 3 ( $SF_{1.17} + PPF_{0.18}$ ), comb. 4 ( $SF_{1.25} + PPF_{0.21}$ ) y comb. 5 ( $SF_{1.26} + PPF_{0.23}$ ) que presentan una mejora en la resistencia a la compresión de  $345$ ,  $353$  y  $354 \text{ kg/cm}^2$ , pero que, sin embargo, no proporcionan una un incremento significativo como se esperaba.
2. Con respecto a la resistencia a la flexión, en el concreto  $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , según los resultados obtenidos y analizados, determinamos que la incorporación de fibras híbridas en porcentajes de la comb. 1 ( $SF_{0.84} + PPF_{0.08}$ ), comb. 3 ( $SF_{1.17} + PPF_{0.18}$ ) y comb. 5 ( $SF_{1.26} + PPF_{0.23}$ ) mejoran notablemente y en forma ascendente, lo que indica que la combinación de fibras de acero y de polipropileno resulto optima, ya que vemos un incremento de  $16\%$ ,  $31\%$  y  $38\%$ , es decir,  $42$ ,  $47$  y  $50 \text{ kg/cm}^2$  en promedio, en

comparación a los 36 kg/cm<sup>2</sup> del concreto convencional.

3. En cuanto a la trabajabilidad de los concretos fibrorreforzados con fibras híbridas, concluimos que el asentamiento disminuye conforme incrementamos la dosificación en porcentaje de la combinación de fibras, teniendo a los concretos CP, CFE I, CFE II y CFE III con asentamiento entre 3” – 4” lo que indica que presentan una mezcla trabajable, en comparación a los concretos CFE IV y CFE V que presentaron una trabajabilidad, poco trabajable, con 2.9” y 2.8” de asentamiento respectivamente.
4. En cuanto al peso unitario y contenido de aire de los concretos fibrorreforzados con fibras híbridas, deducimos que la adición en porcentaje de diversas combinaciones de fibras, el peso unitario no se incrementa significativamente, ya que los CFEs alcanza una variación de 0.77%, 1.90% y 3.41% en comparación al CP. A su vez, el contenido de aire de los CFEs presenta un incremento de 0.31%, 1.36%, 2.76%, 2.75%, 2.77% en comparación del concreto convencional.
5. Asimismo, con referencia al costo de producción, de los resultados obtenidos y analizados en la presente investigación, concluimos que la adición de fibras híbridas incrementan notablemente el costo de producción por m<sup>3</sup> de concreto, estos van desde los S/ 522.41, S/ 597.13, S/ 650.72, S/ 683.16 y S/ 694.46 lo que representa un incremento de 64%, 88%, 104%, 115% y 118% en comparación al CP (S/ 318.29), estos corresponden a los concretos CFE I, CFE II, CFE III, CFE IV y CFE V respectivamente, en el caso de los concretos CFE I y CFE II se justifica ya que su incremento de resistencia a la compresión fue significativamente.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda seguir realizando investigaciones con concretos fibrorreforzados con fibras híbridas, y seguir iterando diversas dosificaciones de combinaciones de fibras, ya que esta tecnología aun en estudio, ha demostrado que mejora significativamente las propiedades mecánicas, el fin principal de la presente investigación.

1. En cuanto a mejorar la resistencia a la compresión, se recomienda iterar diferentes combinaciones de fibras, para lograr un concreto fibrorreforzado más eficiente. En ese sentido, se sugiere iterar la dosificación de fibras sintéticas y mantener los 20 y 24.75 kg de fibras metálicas por m<sup>3</sup> de concreto.
2. Con relación a la resistencia a la flexión, se sugiere iterar las dosificaciones de fibras metálicas para encontrar la dosificación más óptima. Ya que se ha demostrado que estas mejoran notablemente esta propiedad mecánica. En cuanto a las fibras sintéticas mantener la dosificación ya que se ha observado que estas mantienen la adherencia del concreto, es decir, no hay desprendimiento de partículas.
3. Se sugiere la incorporación de un aditivo superplastificante, para mantener la trabajabilidad de las mezclas del concretos reforzados con fibras híbridas.
4. En cuanto al peso unitario y contenido de aire, no hay sugerencias, ya que estos están relacionados con los materiales que lo componen.
5. En cuanto al costo de producción, se sugiere el uso de fibras híbridas en el concreto convencional, si las necesidades del proyecto lo ameritan, ya que tendríamos que hacer un análisis de costo – beneficio a largo plazo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abanto Castillo, Flavio. 2017.** *Tecnología del concreto*. Lima : San Marcos, 2017. 0978612315463.
- ACI 302.1R-15. 2015.** *Guide for Concrete Floor and Slab Construction*. Farmington Hills : American Concrete Institute, 2015. ISBN:9781942727255.
- ACI Committee 211. 2002.** *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (Reapproved 2009)*. Farmington Hills : American Concrete Institute, 2002. pág. 38. ISBN:9780870310171.
- ACI Committee 318. 2019.** *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*. Farmington Hills : American Concrete Institute, 2019. ISBN:9781641950565.
- American Psychological Association. 2020.** *Publication Manual*. [ed.] Carlos Sanchez. 7th. Washington, DC : s.n., 2020.
- Araby Ibrahim, Haider y Jabbar Abbas, Basim. 2019.** Influence of Hybrid Fibers on the Fresh and Hardened Properties of Structural Light Weight Self-Compacting Concrete. *2nd International Conference on Sustainable Engineering Techniques (ICSET 2019)*. Danang : IOP Publishing, junio de 2019. pág. 11.
- Arias Odón, Fidas Gerardo . 2012.** *El Proyecto de Investigación*. 6ta. Caracas : Episteme, 2012. ISBN: 980-07-8529-9.



- ASTM A820/A820M. 2016.** *Standard Specification for Steel Fibers for fiber-reinforced Concrete.* West Conshohocken, Pensilvania, Estados Unidos : ASTM Internacional, 06 de Junio de 2016. pág. 5.
- ASTM C127. 2015.** *Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate.* West Conshohocken, Pensilvania, Estados Unidos : ASTM Internacional, 01 de Enero de 2015. pág. 5.
- ASTM C128. 2015.** *Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate.* West Conshohocken, Pensilvania, Estados Unidos : ASTM Internacional, 01 de Enero de 2015. pág. 6.
- ASTM C136/C136M. 2014.** *Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates.* West Conshohocken, Pensilvania, Estados Unidos : ASTM Internacional, 01 de Diciembre de 2014. pág. 5.
- ASTM C138/C138M. 2017.** *Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of concrete.* West Conshohocken, Pensilvania, Estados Unidos : ASTM Internacional, 15 de Marzo de 2017. pág. 6.
- ASTM C143/C143M. 2015.** *Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete.* West Conshohocken, Pensilvania, Estados Unidos : ASTM Internacional, 15 de Diciembre de 2015. pág. 4.
- ASTM C29/C29M. 2017.** *Standard Test method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate.* West Conshohocken, Pensilvania, Estados Unidos : ASTM Internacional, 01 de Marzo de 2017. pág. 5.
- ASTM C31/C31M. 2019.** *Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field.* West Conshohocken, Pensilvania, Estados Unidos : ASTM Internacional, 01 de Enero de 2019. pág. 6.
- ASTM C33/ C33M - 18. 2018.** *Standard Specification for concrete Aggregates.* West Conshohocken, Pensilvania, Estados Unidos : ASTM Internacional, 15 de Marzo de 2018. pág. 8.

- ASTM C39/C39M. 2018.** *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical concrete Specimens.* West Conshohocken, Pensilvania, Estados Unidos : ASTM Internacional, 01 de Enero de 2018. pág. 8.
- ASTM C566. 2013.** *Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying.* West Conshohocken, Pensilvania, Estados Unidos : ASTM Internacional, 01 de Febrero de 2013. pág. 3.
- ASTM C78/C78M. 2018.** *Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam With Third-Point Loading).* West Conshohocken, Pensilvania, Estados Unidos : ASTM Internacional, 01 de Enero de 2018. pág. 5.
- Banthia, Nemkumar y Gupta, Rishi. 2004.** Hybrid fiber reinforced concrete (HyFRC): fiber synergy in high strength matrices. *Materials and Structures.* Vancouver : RILEM, 2004, págs. 707-716.
- Brito, Argenis. 2015.** *Guía para la elaboración, corrección y asesoramiento de trabajos de investigación.* Universidad Nacional Experimental Politecnica de la Fuerza Armada Bolivariana Nucleo Anzoategui. San Tome : s.n., 2015. pág. 16, Guia didactica.
- Cominoli, Luca, Failla, Claudio y Plizzari, Giovanni A. 2006.** Steel and synthetic fibres for enhancing concrete toughness and shrinkage behaviour. *International Conference of Sustainable Construction Materials and Technologies.* Coventry, United Kinddom : s.n., Diciembre de 2006. pág. 10.
- COSTOS. 2021.** *Revista especializada para la construcción.* [ed.] Luis Ureta Cullanco. Lima : Costos Peru, 2021. ISSN:2223-0017.
- Feng, Jun, y otros. 2018.** Experimental Study on Hybrid Effect Evaluation of Fiber Reinforced Concrete Subjected to Drop Weight Impacts. *Materials.* Basilea, Suiza : MDPI, 17 de Diciembre de 2018.
- Han, Dongyeop, y otros. 2019.** Evaluation on Protection Performance and On-Site Applicability of Hybrid Fiber-Reinforced Concrete. *International Journal of*

*Concrete Structures and Materials*. Inchen, Corea del sur : IJCSM, 21 de Febrero de 2019. 1976-0485/eISSN 2234-1315.

**Hernández Sampieri, Roberto , Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, Pilar . 2014.** *Metodología de la investigación*. 6ta. Mexico : Mc Graw Hill, 2014.

**ISO 690. 2021.** *Information and documentation — Guidelines for bibliographic references and citations to information resources*. 4ta. Vernier : International Standard, 2021. pág. 160.

**Javier Silva, Omar . 2018.** Argos 360 en concreto. *Argos 360 en concreto*. [En línea] 7 de Diciembre de 2018. <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/categoria/aditivos-adiciones-y-fibras/las-fibras-en-el-concreto>.

**Kosmatka, Steven H. y Wilson, Michelle L. 2021.** *Design and control of concrete mixtures*. 17th Edition. Skokie : Portland Cement Association, 2021. pág. 586. 0893122807/978-0893122805.

**López Morales, Félix Manuel. 2013.** *El ABC de la revolución metodologica*. Caracas : Editorial Academico Española, 2013. pág. 52. ISBN 365977003, 9783659077005.

**Mármol Salazar, Patricia Cristina. 2010.** *Hormigón con fibras de acero, características mecánicas*. Universidad Politecnica de Madrid. Madrid : s.n., 2010. Tesis de grado para optar el Máster en ingeniería de estructuras, cimentaciones y materiales.

**Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. 2019.** Reglamento Nacional de Edificaciones. 8va DS N° 003-2019-VIVIENDA. Lima, Lima, Perú : Macro, 6 de Noviembre de 2019.

**Montgomery, Douglas C. y Hines, William W. 1993.** *Probabilidad y estadística para ingeniería y administración*. 2da. Mexico : Compañía Editorial Continental S.A., 1993. ISBN 968-26-1232-2.

- Monzón Tezó, Paúl Emanuel. 2017.** *Comparación de las características físicas y propiedades mecánicas en morteros reforzados, con fibra natural extraída del tronco de la palma de coco y fibra de polipropileno.* Área de materiales y construcciones civiles, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala : s.n., 2017. pág. 196, Tesis de grado para optar el título de ingeniero civil.
- NTP 334.001:2011. 2016.** CEMENTOS. 3ra *Definiciones y nomenclatura.* Lima, Lima, Perú : INACAL, 02 de Agosto de 2016.
- NTP 334.088:2014 (revisada el 2019). 2019.** CONCRETO. 3ra *Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Pórtland. Requisitos.* Lima, Lima, Perú : INACAL, 28 de junio de 2019.
- NTP 339.033:2015. 2015.** CONCRETO. 4ta *Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo.* Lima, Lima, Perú : INACAL, 22 de Diciembre de 2015. pág. 22.
- NTP 339.034:2015. 2015.** CONCRETO. 4ta *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.* Lima, Lima, Perú : INACAL, 31 de Diciembre de 2015.
- NTP 339.035:2015. 2015.** CONCRETO. 4ta *Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland.* Lima, Lima, Perú : INACAL, 31 de Diciembre de 2015.
- NTP 339.046:2008. 2013.** CONCRETO. 2da *Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto).* Lima, Lima, Perú : INACAL, 26 de Diciembre de 2013.
- NTP 339.047:2014. 2015.** CONCRETO. 2da *Definiciones y terminología relativas al concreto y agregados.* Lima, Lima, Perú : INACAL, 14 de Enero de 2015. pág. 16.
- NTP 339.078:2012. 2017.** CONCRETO. 3ra *Metódo de ensayo para determinar la resistencia a la flexion del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.* Lima, lima, Perú : INACAL, 18 de Diciembre de 2017.

- NTP 339.185: 2013. 2018.** AGREGADOS. 2da *Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. Lima, Lima, Perú : INACAL, 18 de Julio de 2018.
- NTP 400.012:2013. 2018.** AGREGADOS. 3ra *Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. Lima, Lima, Peru : INACAL, 18 de Julio de 2018.
- NTP 400.017:2011. 2016.** AGREGADOS. 3ra *Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("peso unitario") y los vacíos en los agregados*. Lima, Lima, Perú : INACAL, 02 de Agosto de 2016.
- NTP 400.021:2013. 2018.** AGREGADOS. 3ra *Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso*. Lima, Lima, Perú : INACAL, 18 de Julio de 2018.
- NTP 400.022:2013. 2018.** AGREGADOS. 3ra *Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino*. Lima, Lima, Perú : INACAL, 18 de Julio de 2018.
- Palella Stracuzzi, Santa y Martins Pestan, Feliberto . 2012.** *Metodología de la investigación cuantitativa*. 3ra. Caracas : FEDUPEL, 2012.
- Pasquel Carbajal, Enrique. 1998.** *Temas de tecnología del concreto en el Perú*. 2da. Lima : Colegio de Ingenieros del Perú, 1998.
- Rivva Lopez, Enrique. 2015.** *Diseño de mezcla*. Tercera. Lima : Nueva edición, 2015.
- Sánchez De Guzmán, Diego . 2001.** *Tecnología del concreto y del mortero*. 5ta. Santa Fé de Bogota : Bhandar Editores, 2001. pág. 349. ISBN: 9589247040.
- Sika Perú S.A. 2015.** Hoja Técnica. 1ra *Sika® Fiber Force PP-48*. Lima, Lima, Perú : CG, Departamento Técnico, 29 de Octubre de 2015. pág. 4.
- . **2014.** Hoja Técnica. 4ta *Sika® Fiber LHO 45/35 NB*. Lima, Lima, Perú : CG, Departamento Técnico, 21 de Noviembre de 2014. pág. 4.
- Silva M., Jesús Alirio. 2014.** *Metodología de la investigación : Elementos básicos*. [ed.] Caracas. Ediciones CO-BO. Caracas : s.n., 2014. pág. 159. ISBN: 9802627399..

- Sotil Levy , Alfredo José y Zegarra Rive, Jorge Eduardo . 2015.** *Análisis comparativo del comportamiento del concreto sin refuerzo, concreto reforzado con fibras de acero Wirand® FF3 y concreto reforzado con fibras de acero Wirand® FF4 aplicado a losas industriales de pavimento rígido.* Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima : s.n., 2015. pág. 193, Tesis de grado para optar el título de ingeniero civil.
- Tamayo y Tamayo, Mario. 2007.** *El proceso de la investigación científica.* 4ta. Mexico : Limusa, 2007. ISBN 978-968-18-5872-8.
- Universidad de Alcalá. 2005.** *Métodos de análisis de datos en ecología.* Departamento de Ecología, Universidad de Alcalá. España : s.n., 2005. pág. 31, Clase 2004 - 2005.
- Vairagade, Vikrant S. y Kene, Kavita S. 2012.** International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA). *Experimental Investigation on Hybrid Fiber Reinforced Concrete.* Danang : IJERA, 2012, págs. 1037 - 1041.
- Van Dalen, Deobold B., y otros. 1981.** *Manual de técnica de la investigación educacional.* Barcelona : Paidós, D.L. 1981, 1981. ISBN: 84-7509-109-1.
- Walpole, Ronald E. , y otros. 2012.** *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias.* 9na. Mexico : PEARSON EDUCACIÓN, 2012. pág. 816. ISBN 978-607-32-1417-9.

## **ANEXOS**

**Anexo 1: Constancia de inicio de ensayos emitido por el jefe de laboratorio de prueba y ensayo de materiales de la UNALM – FIA**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**LABORATORIO DE PRUEBA Y ENSAYO DE MATERIALES**  
 DEPARTAMENTO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE



“Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad”

Lima, 16 de septiembre de 2019

Sr.

**Dr. Casio Aurelio Torres López**

**Decano de la Facultad de Ingeniería – Universidad Peruana Los Andes**

Asunto: Constancia de inicio de ensayos para proyecto de investigación

Presente:

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. a fin de dar a conocer que el señor **TEJADA VILLANUEVA, Richard Eduard**, identificado con DNI N° 45679747 y código de matrícula F12765K, bachiller en Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana Los Andes; se encuentra realizando sus ensayos de laboratorio los cuales forman parte de la culminación de su informe final de tesis del proyecto de investigación denominado: **“EFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE UN SISTEMA MIXTO DE FIBRAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL”**.

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente

**Ing. Alfonso Cerna Vásquez**

Jefe de laboratorio de prueba y ensayó de materiales





**Anexo 2: Constancia de culminación de ensayos emitido por el jefe de laboratorio de prueba y ensayo de materiales de la UNALM – FIA**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**LABORATORIO DE PRUEBA Y ENSAYO DE MATERIALES**  
DEPARTAMENTO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE



“Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad”

Lima, 11 de noviembre de 2019

Sr.

**Dr. Casio Aurelio Torres López**

**Decano de la Facultad de Ingeniería – Universidad Peruana Los Andes**

Asunto: Constancia de culminación de ensayos para proyecto de investigación

Presente:

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. a fin de dar a conocer que el señor **TEJADA VILLANUEVA, Richard Eduard**, identificado con DNI N° 45679747 y código de matrícula F12765K, bachiller en Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana Los Andes; culminó con satisfacción sus ensayos de laboratorio los cuales formaban parte de la culminación de su informe final de tesis del proyecto de investigación denominado: **“EFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE UN SISTEMA MIXTO DE FIBRAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL”**.

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente

**Ing. Alfonso Cerna Vásquez**

Jefe de laboratorio de prueba y ensayo de materiales



### Anexo 3: Certificado emitido por el jefe de laboratorio de prueba y ensayo de materiales de la UNALM – FIA



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**LABORATORIO DE PRUEBA Y ENSAYO DE MATERIALES**  
 DEPARTAMENTO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE



“Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad”

### CERTIFICADO

EL QUE SUSCRIBE JEFE DE LABORATORIO DE PRUEBA Y ENSAYO DE MATERIALES, DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA.

Que el señor **TEJADA VILLANUEVA, Richard Eduard**, identificado con DNI N° 45679747 y código de matrícula F12765K, bachiller en Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana Los Andes. Ha realizado ensayos de caracterización de los agregados (Granulometría, peso unitario, peso específico y absorción, contenido de humedad), diseño de mezcla, verificación de diseño de mezcla (SLUMP), elaboración y curado de 48 probetas cilíndricas y 32 probetas prismáticas y ensayos de resistencia a compresión y flexión de las misma, en este laboratorio durante los meses de septiembre a noviembre del presente año, los cuales correspondieron al informe final de tesis del proyecto de investigación denominado: **“EFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE UN SISTEMA MIXTO DE FIBRAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL”** del cual doy fe.

Se expide el presente, a la solicitud del interesado para los fines que estime por conveniente.

Lima, 11 de noviembre del 2019



**Ing. Alfonso Cerna Vásquez**  
 Jefe de laboratorio de prueba y ensayo de materiales



---

Av. La Molina s/n La Molina

Teléfono: 614 7800 – Anexo 258

## Anexo 4: Diseño de mezcla ACI 211



### UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

#### LABORATORIO DE PRUEBA Y ENSAYO DE MATERIALES

DEPARTAMENTO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y CONSTRUCCIÓN  
**INFORME N° 122 - 19' LP y EM-UNALM**

SOLICITANTE : TEJADA VILLANUEVA, RICHARD EDUARD (TESISTA)  
 OBRA : EFECTOS DE LA INCORPORACION DE UN SISTEMA MIXTO DE FIBRAS EN LAS PROPIEDADES  
 MECANICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL (TESIS).  
 UBICACIÓN : -  
 ENSAYO : DISEÑO DE MEZCLA  
 FECHA DE EMISION : La Molina, 28 de octubre de 2019  
 N° OPERACION :

**CANTIDADES PARA 1m<sup>3</sup> DE CONCRETO DE F'c 210 kg/cm<sup>2</sup>  
 PARA UN ASENTAMIENTO MINIMO DE 3" A 4"**

DOSIFICACION EN PESO

AGUA	:	217.20	Lts	
CEMENTO	:	374.80	Kg	8.8 (BOLSAS DE CEMENTO)
ARENA	:	706.80	Kg	
PIEDRA	:	1036.80	Kg	

DOSIFICACION EN VOLUMEN

AGUA	:	0.2172	m3
CEMENTO	:	0.1201	m3
ARENA	:	0.2664	m3
PIEDRA	:	0.3918	m3

RELACION POR VOLUMEN

	1	1.89	2.77
CON	24.63	LITROS DE AGUA POR BOLSA DE CEMENTO	

Ing. Alfonso Cerna Vasquez  
 Jefe de laboratorio de materiales de construcción



OBSERVACION :  
 . Los agregados utilizados para el diseño de mezcla fueron proporcionados e identificados por el solicitante (Tesista).  
 . **El cemento para el diseño es tipo I.**  
 . Los ensayos fueron elaborados por el tesista.  
 . El diseño de mezcla fue elaborado por el tesista.



## UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

LABORATORIO DE PRUEBA Y ENSAYO DE MATERIALES

DEPARTAMENTO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y CONSTRUCCIÓN

INFORME N° 122 - 19' LP y EM-UNALM

SOLICITANTE : TEJADA VILLANUEVA, RICHARD EDUARD (TESISTA)

PROYECTO : EFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE UN SISTEMA MIXTO DE FIBRAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL (TESIS).

UBICACIÓN : -

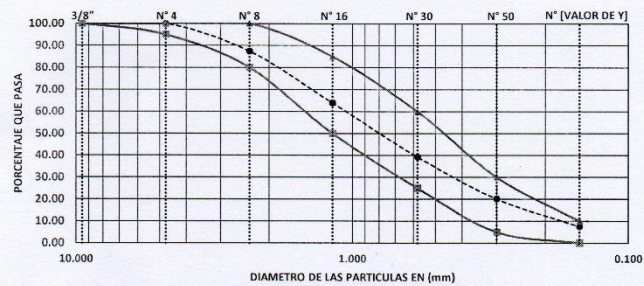
FECHA DE RECEPCION : La Molina 28 de octubre de 2019

FECHA DE EMISION : La Molina 28 de octubre de 2019

MUESTRA : AGREGADO FINO

### ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO FINO-NTP 400.012

MALLA	ABERTURA DE MALLA EN (mm)	PESO RETENIDO EN (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3/8	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 8	2.360	63.10	12.62	12.62	87.38
N° 16	1.180	117.20	23.44	36.05	63.95
N° 30	0.580	123.70	24.74	60.79	39.21
N° 50	0.300	95.40	19.08	79.86	20.14
N° 100	0.150	63.30	12.66	92.52	7.48
FONDO		37.40	7.48	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>500.10</b>			



MODULO DE FINURA 2.82

Observación : Los agregados fueron proporcionados e identificados por el solicitante (Tesista).  
Los ensayos fueron elaborados por el tesista.  
El diseño de mezcla fue elaborado por el tesista.

Ing. Alfonso Cerna Vasquez

Jefe de laboratorio de materiales de construcción





**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**LABORATORIO DE PRUEBA Y ENSAYO DE MATERIALES**

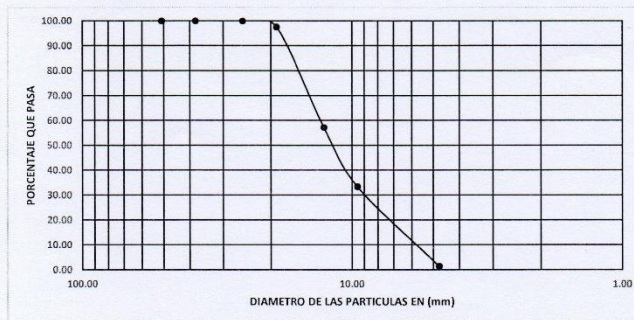
DEPARTAMENTO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y CONSTRUCCIÓN

INFORME N° \_ 122 - 19' LP y EM-UNALM

SOLICITANTE : TEJADA VILLANUEVA, RICHARD EDUARD (TESISTA)  
 PROYECTO : EFECTOS DE LA INCORPORACION DE UN SISTEMA MIXTO DE FIBRAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL (TESIS).  
 UBICACIÓN : -  
 FECHA DE RECEPCION : La Molina 28 de octubre de 2019  
 FECHA DE EMISION : La Molina 28 de octubre de 2019  
 MUESTRA : AGREGADO GRUESO

**ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO GRUESO - NTP 400.012**

MALLA	ABERTURA DE MALLA EN (mm)	PESO RETENIDO EN (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1½"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.05	48.20	2.41	2.41	97.59
½"	12.70	807.50	40.42	42.83	57.17
3/8"	9.53	476.60	23.86	66.69	33.31
Nº4	4.75	637.80	31.92	98.61	1.39
FONDO		27.80	1.39	100.00	0.00
TOTAL		1997.9			



TAMAÑO MAXIMO:	¾"
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL:	½"

Observación : Los agregados fueron proporcionados e identificados por el solicitante (Tesista).  
 Los ensayos fueron elaborados por el tesista.  
 El diseño de mezcla fue elaborado por el tesista.

*[Handwritten signature]*  
 Ing. Alfonso Cerna Vasquez  
 Jefe de laboratorio de materiales de construcción





**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**LABORATORIO DE PRUEBA Y ENSAYO DE MATERIALES**

DEPARTAMENTO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y CONSTRUCCIÓN

INFORME N° 122 - 19' LP y EM-UNALM

SOLICITANTE: : TEJADA VILLANUEVA, RICHARD EDUARD (TESISTA)  
 PROYECTO: : EFECTOS DE LA INCORPORACION DE UN SISTEMA MIXTO DE FIBRAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL (TESIS).  
 UBICACIÓN: : -  
 FECHA DE RECEPCION : La Molina 28 de octubre de 2019  
 FECHA DE EMISION : La Molina 28 de octubre de 2019

MUESTRA : AGREGADOS

**DETERMINACION DEL PESO VOLUMETRICO-NTP 400.017**

**PESO VOLUMETRICO PARA EL AGREGADO FINO**

$$y_s = \frac{M_s}{V_r}$$

$$y_c = \frac{M_c}{V_r}$$

Ms : Peso del material suelto 4.548 kg  
 Mc : Peso del material compact 5.002 kg  
 Vr : Volumen del recipiente 0.00279 m³  
 gs : Peso volumetrico suelto kg/m³  
 gc : Peso volumetrico compacto kg/m³

gs = 1630.04

gc = 1792.76

**PESO VOLUMETRICO PARA EL AGREGADO GRUESO**

$$y_s = \frac{M_s}{V_r}$$

$$y_c = \frac{M_c}{V_r}$$

Ms : Peso del material suelto 4.264 kg  
 Mc : Peso del material compact 4.656 kg  
 Vr : Volumen del recipiente 0.00279 m³  
 gs : Peso volumetrico suelto kg/m³  
 gc : Peso volumetrico compacto kg/m³

gs = 1528.24

gc = 1668.75

**DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD-NTP 339.185**

**PARA EL AGREGADO FINO**

$$\% H = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

donde:

% H : humedad natural  
 Ph : peso humedo 500.6 gr.  
 Ps : peso seco 498.3 gr.

% H = 0.47

**PARA EL AGREGADO GRUESO**

$$\% H = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

donde:

% H : humedad natural  
 Ph : peso humedo 1500.5 gr  
 Ps : peso seco 1492.9 gr

% H = 0.51

Observación : Los agregados fueron proporcionados e identificados por el solicitante (Tesista).  
 Los ensayos fueron elaborados por el tesista.  
 El diseño de mezcla fue elaborado por el tesista.

Ing. Alfonso Cerna Vasquez  
 jefe de laboratorio de materiales de construcción




**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**
**LABORATORIO DE PRUEBA Y ENSAYO DE MATERIALES**

DEPARTAMENTO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y CONSTRUCCION

INFORME N° \_ 122 - 19' LP y EM-UNALM

SOLICITANTE : TEJADA VILLANUEVA, RICHARD EDUARD (TESISTA)  
 PROYECTO : EFECTOS DE LA INCORPORACION DE UN SISTEMA MIXTO DE FIBRAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL (TESIS).  
 UBICACION : -  
 FECHA DE RECEPCION : La Molina 28 de octubre de 2019  
 FECHA DE EMISION : La Molina 28 de octubre de 2019

---

MUESTRA : AGREGADOS

**DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCION  
NTP 400.021 / 400.022**
**AGREGADO FINO**

$$Pe\ SSS = \frac{W1}{W1+W2-W3}$$

$$Pe = \frac{W}{W1+W2-W3}$$

$$\% A = \frac{W1 - W}{W} \times 100$$

**AGREGADO GRUESO**

$$Pe\ SSS = \frac{Ws}{Ws-Wa}$$

$$Pe = \frac{Wseco}{Ws-Wa}$$

$$\% A = \frac{Ws - Wseco}{Wseco} \times 100$$

**Donde:**

W	: Peso seco del agregado fino	497.6	gr.
W1	: Muestra saturada con superficie seca del agregado fino	500.2	gr.
W2	: Picnometro + agua	639.3	gr.
W3	: Picnometro + agua + muestra	952.0	gr.
Wseco	: Peso seco del agregado grueso	1971.9	gr.
Ws	: Muestra saturada con superficie seca del agregado grueso	2004.3	gr.
Wa	: Peso de la muestra en el agua	1258.9	gr.

**PARA EL AGREGADO FINO**

Pe SSS =	2.67
Pe =	2.65
% A =	0.53

**PARA EL AGREGADO GRUESO**

Pe SSS =	2.69
Pe =	2.65
% A =	1.64

**Observación :** Los agregados fueron proporcionados e identificados por el solicitante (Tesista).

Los ensayos fueron elaborados por el tesista.  
El diseño de mezcla fue elaborado por el tesista.

Ing. Alfonso Cerna Vasquez

Jefe de laboratorio de materiales de construcción



## Anexo 5: Resultados de resistencia a la compresión



### UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

LABORATORIO DE PRUEBA Y ENSAYO DE MATERIALES

DEPARTAMENTO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y CONSTRUCCIÓN

INFORME N° 125 - 19' LP y EM-UNALM (INVESTIGACIÓN DE LABORATORIO)

SOLICITANTE : TEJADA VILLANUEVA, RICHARD EDUARD (TESISTA)  
 PROYECTO : EFECTOS DE LA INCORPORACION DE UN SISTEMA MIXTO DE FIBRAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL (TESIS).  
 UBICACIÓN : -  
 ENSAYO : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS DE CONCRETO (NTP339.034 / ASTM C39)  
 FECHA DE RECEPCION : La Molina, 28 de octubre de 2019  
 FECHA DE EMISION : La Molina, 29 de octubre de 2019

#### RESULTADOS DE LA ROTURA

MUESTRA	FECHA MOLDEO	FECHA ENSAYO	EDAD DIAS	DIMENSIONES cm	AREA cm <sup>2</sup>	CARGA kg	RESISTENCIA kg/cm <sup>2</sup>
M - 01	01/10/2019	28/10/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	56586.21	311.84
M - 02	01/10/2019	28/10/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	59367.95	327.17
M - 03	01/10/2019	28/10/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	59238.45	326.45
M - 04	01/10/2019	28/10/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	55941.76	308.29
M - 05	01/10/2019	28/10/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	60735.37	334.70
M - 06	01/10/2019	28/10/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	58667.42	323.31
M - 07	01/10/2019	28/10/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	58415.55	321.92
M - 08	01/10/2019	28/10/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	55496.15	305.83

M - 1 CP - 1  
 M - 2 CP - 2  
 M - 3 CP - 3  
 M - 4 CP - 4  
 M - 5 CP - 5  
 M - 6 CP - 6  
 M - 7 CP - 7  
 M - 8 CP - 8

ING. ALFONSO CERNA VASQUEZ  
 JEFE RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE PRUEBAS Y ENSAYOS DE MATERIALES



**OBSERVACION:** Las muestras fueron proporcionadas e identificadas por el solicitante (fecha y origen), el laboratorio solo es responsable de la rotura.





## UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

### LABORATORIO DE PRUEBA Y ENSAYO DE MATERIALES

DEPARTAMENTO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y CONSTRUCCIÓN

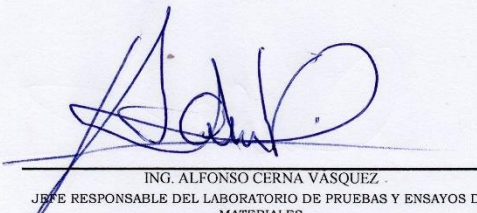
INFORME N° 125 - 19' LP y EM-UNALM

SOLICITANTE : TEJADA VILLANUEVA, RICHARD EDUARD (TESISTA)  
 PROYECTO : EFECTOS DE LA INCORPORACION DE UN SISTEMA MIXTO DE FIBRAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL (TESIS).  
 UBICACIÓN : -  
 ENSAYO : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS DE CONCRETO (NTP339.034 / ASTM C39)  
 FECHA DE RECEPCION : La Molina, 29 de octubre de 2019  
 FECHA DE EMISION : La Molina, 30 de octubre de 2019

#### RESULTADOS DE LA ROTURA

MUESTRA	FECHA MOLDEO	FECHA ENSAYO	EDAD DIAS	DIMENSIONES cm	AREA cm <sup>2</sup>	CARGA kg	RESISTENCIA kg/cm <sup>2</sup>
M - 01	02/10/2019	29/10/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	63306.04	348.87
M - 02	02/10/2019	29/10/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	65088.47	358.69
M - 03	02/10/2019	29/10/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	68383.12	376.85
M - 04	02/10/2019	29/10/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	67698.90	373.08
M - 05	02/10/2019	29/10/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	66293.76	365.34
M - 06	02/10/2019	29/10/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	67607.13	372.57
M - 07	02/10/2019	29/10/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	66754.66	367.88
M - 08	02/10/2019	29/10/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	69464.00	382.81

M - 1 CFE - I - 1  
 M - 2 CFE - I - 2  
 M - 3 CFE - I - 3  
 M - 4 CFE - I - 4  
 M - 5 CFE - I - 5  
 M - 6 CFE - I - 6  
 M - 7 CFE - I - 7  
 M - 8 CFE - I - 8

  
 ING. ALFONSO CERNA VASQUEZ  
 JEFE RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE PRUEBAS Y ENSAYOS DE MATERIALES



**OBSERVACION:** Las muestras fueron proporcionadas e identificadas por el solicitante (fecha y origen), el laboratorio solo es responsable de la rotura.


**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**
**LABORATORIO DE PRUEBA Y ENSAYO DE MATERIALES**

DEPARTAMENTO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y CONSTRUCCION

**INFORME N° 125 - 19° LP y EM-UNALM (INVESTIGACIÓN DE LABORATORIO)**

SOLICITANTE : TEJADA VILLANUEVA, RICHARD EDUARD (TESISTA)  
 PROYECTO : EFECTOS DE LA INCORPORACION DE UN SISTEMA MIXTO DE FIBRAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL (TESIS).  
 UBICACIÓN : -  
 ENSAYO : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS DE CONCRETO (NTP339.034 / ASTM C39)  
 FECHA DE RECEPCION : La Molina, 4 de noviembre de 2019  
 FECHA DE EMISION : La Molina, 4 de noviembre de 2019

**RESULTADOS DE LA ROTURA**

MUESTRA	FECHA MOLDEO	FECHA ENSAYO	EDAD DIAS	DIMENSIONES cm	AREA cm <sup>2</sup>	CARGA kg	RESISTENCIA kg/cm <sup>2</sup>
M - 01	07/10/2019	04/11/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	67939.55	374.41
M - 02	07/10/2019	04/11/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	69036.75	380.45
M - 03	07/10/2019	04/11/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	61458.34	338.69
M - 04	07/10/2019	04/11/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	70987.44	391.20
M - 05	07/10/2019	04/11/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	68159.81	375.62
M - 06	07/10/2019	04/11/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	68622.75	378.17
M - 07	07/10/2019	04/11/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	66876.00	368.54
M - 08	07/10/2019	04/11/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	71048.62	391.54

M - 1 CFE - II - 1  
 M - 2 CFE - II - 2  
 M - 3 CFE - II - 3  
 M - 4 CFE - II - 4  
 M - 5 CFE - II - 5  
 M - 6 CFE - II - 6  
 M - 7 CFE - II - 7  
 M - 8 CFE - II - 8

ING. ALFONSO CERNA VASQUEZ  
 JEFE RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE PRUEBAS Y ENSAYOS DE MATERIALES



**OBSERVACION:** Las muestras fueron proporcionadas e identificadas por el solicitante (fecha y origen), el laboratorio solo es responsable de la rotura.


**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**
**LABORATORIO DE PRUEBA Y ENSAYO DE MATERIALES**

DEPARTAMENTO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y CONSTRUCCIÓN

**INFORME N° 125 - 19' LP y EM-UNALM (INVESTIGACIÓN DE LABORATORIO)**

SOLICITANTE : TEJADA VILLANUEVA, RICHARD EDUARD (TESISTA)  
 PROYECTO : EFECTOS DE LA INCORPORACION DE UN SISTEMA MIXTO DE FIBRAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL (TESIS).  
 UBICACIÓN : -  
 ENSAYO : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS DE CONCRETO (NTP339.034 / ASTM C39)  
 FECHA DE RECEPCION : La Molina, 30 de octubre de 2019  
 FECHA DE EMISION : La Molina, 4 de noviembre de 2019

**RESULTADOS DE LA ROTURA**

MUESTRA	FECHA MOLDEO	FECHA ENSAYO	EDAD DIAS	DIMENSIONES cm	AREA cm <sup>2</sup>	CARGA kg	RESISTENCIA kg/cm <sup>2</sup>
M - 01	03/10/2019	30/10/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	58994.74	325.11
M - 02	03/10/2019	30/10/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	66073.50	364.12
M - 03	03/10/2019	30/10/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	64699.97	356.55
M - 04	03/10/2019	30/10/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	61943.72	341.36
M - 05	03/10/2019	30/10/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	60116.41	331.29
M - 06	03/10/2019	30/10/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	61847.86	340.83
M - 07	03/10/2019	30/10/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	63091.90	347.69
M - 08	03/10/2019	30/10/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	63780.20	351.48

M - 1 CFE - III - 1  
 M - 2 CFE - III - 2  
 M - 3 CFE - III - 3  
 M - 4 CFE - III - 4  
 M - 5 CFE - III - 5  
 M - 6 CFE - III - 6  
 M - 7 CFE - III - 7  
 M - 8 CFE - III - 8

ING. ALFONSO CERNA VASQUEZ  
 JEFE RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE PRUEBAS Y ENSAYOS DE MATERIALES



**OBSERVACION:** Las muestras fueron proporcionadas e identificadas por el solicitante (fecha y origen), el laboratorio solo es responsable de la rotura.



## UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

### LABORATORIO DE PRUEBA Y ENSAYO DE MATERIALES

DEPARTAMENTO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y CONSTRUCCIÓN

INFORME N° 125 - 19' LP y EM-UNALM (INVESTIGACIÓN DE LABORATORIO)

SOLICITANTE : TEJADA VILLANUEVA, RICHARD EDUARD (TESISTA)  
 PROYECTO : EFECTOS DE LA INCORPORACION DE UN SISTEMA MIXTO DE FIBRAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL (TESIS).  
 UBICACIÓN :  
 ENSAYO : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS DE CONCRETO (NTP339.034 / ASTM C39)  
 FECHA DE RECEPCION : La Molina, 4 de noviembre de 2019  
 FECHA DE EMISION : La Molina, 4 de noviembre de 2019

#### RESULTADOS DE LA ROTURA

MUESTRA	FECHA MOLDEO	FECHA ENSAYO	EDAD DIAS	DIMENSIONES cm	AREA cm <sup>2</sup>	CARGA kg	RESISTENCIA kg/cm <sup>2</sup>
M - 01	08/10/2019	04/11/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	67716.24	373.17
M - 02	08/10/2019	04/11/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	65209.82	359.36
M - 03	08/10/2019	04/11/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	61919.24	341.23
M - 04	08/10/2019	04/11/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	61382.88	338.27
M - 05	08/10/2019	04/11/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	62625.90	345.12
M - 06	08/10/2019	04/11/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	65325.04	360.00
M - 07	08/10/2019	04/11/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	63177.55	348.16
M - 08	08/10/2019	04/11/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	64304.32	354.37
M - 09	08/10/2019	04/11/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	70842.64	390.40

M - 1 CFE - IV - 1  
 M - 2 CFE - IV - 2  
 M - 3 CFE - IV - 3  
 M - 4 CFE - IV - 4  
 M - 5 CFE - IV - 5  
 M - 6 CFE - IV - 6  
 M - 7 CFE - IV - 7  
 M - 8 CFE - IV - 8  
 M - 9 MEF - 1

ING. ALFONSO CERNA VÁSQUEZ  
 JEFE RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE PRUEBAS Y ENSAYOS DE MATERIALES



**OBSERVACION** : Las muestras fueron proporcionadas e identificadas por el solicitante (fecha y origen), el laboratorio solo es responsable de la rotura.


**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**
**LABORATORIO DE PRUEBA Y ENSAYO DE MATERIALES**

DEPARTAMENTO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y CONSTRUCCIÓN

**INFORME N° 125 - 19' LP y EM-UNALM (INVESTIGACIÓN DE LABORATORIO)**

SOLICITANTE : TEJADA VILLANUEVA, RICHARD EDUARD (TESISTA)  
 PROYECTO : EFECTOS DE LA INCORPORACION DE UN SISTEMA MIXTO DE FIBRAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL (TESIS).  
 UBICACIÓN : -  
 ENSAYO : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS DE CONCRETO (NTP339.034 / ASTM C39)  
 FECHA DE RECEPCION : La Molina, 30 de octubre de 2019  
 FECHA DE EMISION : La Molina, 4 de noviembre de 2019

**RESULTADOS DE LA ROTURA**

MUESTRA	FECHA MOLDEO	FECHA ENSAYO	EDAD DIAS	DIMENSIONES cm	AREA cm <sup>2</sup>	CARGA kg	RESISTENCIA kg/cm <sup>2</sup>
M - 01	04/10/2019	30/10/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	66973.90	369.08
M - 02	04/10/2019	30/10/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	67798.83	373.63
M - 03	04/10/2019	30/10/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	62653.43	345.27
M - 04	04/10/2019	30/10/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	64685.69	356.47
M - 05	04/10/2019	30/10/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	62702.37	345.54
M - 06	04/10/2019	30/10/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	65887.92	363.10
M - 07	04/10/2019	30/10/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	60676.23	334.38
M - 08	04/10/2019	30/10/2019	28	15.20 * 30.20	181.46	61717.34	340.12

M - 1 CFE - V - 1  
 M - 2 CFE - V - 2  
 M - 3 CFE - V - 3  
 M - 4 CFE - V - 4  
 M - 5 CFE - V - 5  
 M - 6 CFE - V - 6  
 M - 7 CFE - V - 7  
 M - 8 CFE - V - 8

ING. ALFONSO CERNA VASQUEZ  
 JEFE RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE PRUEBAS Y ENSAYOS DE MATERIALES



**OBSERVACION :** Las muestras fueron proporcionadas e identificadas por el solicitante (fecha y origen), el laboratorio solo es responsable de la rotura.

## Anexo 6: Resultados de resistencia a la flexión



### UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

#### LABORATORIO DE PRUEBA Y ENSAYO DE MATERIALES

DEPARTAMENTO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y CONSTRUCCIÓN

INFORME N° 126 - 19' LP y EM-UNALM (INVESTIGACIÓN DE LABORATORIO)

SOLICITANTE : TEJADA VILLANUEVA, RICHARD EDUARD (TESISTA)  
 PROYECTO : EFECTOS DE LA INCORPORACION DE UN SISTEMA MIXTO DE FIBRAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL (TESIS).  
 UBICACIÓN : -  
 ENSAYO : RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE TESTIGOS DE CONCRETO (NTP 339.078 / ASTM C78)  
 FECHA DE RECEPCION : La Molina, 28 de octubre de 2019  
 FECHA DE EMISION : La Molina, 29 de octubre de 2019

#### RESULTADOS DE LA ROTURA

MUESTRA	FECHA MOLDEO	FECHA ENSAYO	EDAD DIAS	BASE cm	PERALTE cm	L. LIBRE* cm	CARGA kg	RESISTENCIA kg/cm <sup>2</sup>
M - 01	01/10/2019	28/10/2019	28	15.20	15.20	45.75	2775.51	36.16
M - 02	01/10/2019	28/10/2019	28	15.20	15.20	45.75	2789.12	36.34
M - 03	01/10/2019	28/10/2019	28	15.20	15.20	45.75	2707.48	35.27
M - 04	01/10/2019	28/10/2019	28	15.20	15.20	45.75	2766.44	36.04
M - 05	01/10/2019	28/10/2019	28	15.20	15.20	45.75	2698.41	35.15
M - 06	01/10/2019	28/10/2019	28	15.20	15.20	45.75	2793.65	36.39
M - 07	01/10/2019	28/10/2019	28	15.20	15.20	45.75	2721.09	35.45
M - 08	01/10/2019	28/10/2019	28	15.20	15.20	45.75	2825.40	36.81

\* Luz libre: Distancia libre entre apoyos.

M - 1 CP - 1  
 M - 2 CP - 2  
 M - 3 CP - 3  
 M - 4 CP - 4  
 M - 5 CP - 5  
 M - 6 CP - 6  
 M - 7 CP - 7  
 M - 8 CP - 8

ING. ALFONSO CERNA VASQUEZ  
 JEFE RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE PRUEBAS Y ENSAYOS DE MATERIALES



**OBSERVACION** : Las muestras fueron proporcionadas e identificadas por el solicitante (fecha y origen), el laboratorio solo es responsable de la rotura.



## UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

LABORATORIO DE PRUEBA Y ENSAYO DE MATERIALES

DEPARTAMENTO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y CONSTRUCCIÓN

INFORME N° 126 - 19° LP y EM-UNALM (INVESTIGACIÓN DE LABORATORIO)

SOLICITANTE : TEJADA VILLANUEVA, RICHARD EDUARD (TESISTA)  
 PROYECTO : EFECTOS DE LA INCORPORACION DE UN SISTEMA MIXTO DE FIBRAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL (TESIS).  
 UBICACIÓN : -  
 ENSAYO : RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE TESTIGOS DE CONCRETO (NTP 339.078 / ASTM C78)  
 FECHA DE RECEPCION : La Molina, 29 de octubre de 2019  
 FECHA DE EMISION : La Molina, 30 de octubre de 2019

### RESULTADOS DE LA ROTURA

MUESTRA	FECHA MOLDEO	FECHA ENSAYO	EDAD DIAS	BASE cm	PERALTE cm	L. LIBRE* cm	CARGA kg	RESISTENCIA kg/cm <sup>2</sup>
M - 01	02/10/2019	29/10/2019	28	15.20	15.20	45.75	3215.42	41.89
M - 02	02/10/2019	29/10/2019	28	15.20	15.20	45.75	3233.56	42.13
M - 03	02/10/2019	29/10/2019	28	15.20	15.20	45.75	3219.95	41.95
M - 04	02/10/2019	29/10/2019	28	15.20	15.20	45.75	3197.28	41.65
M - 05	02/10/2019	29/10/2019	28	15.20	15.20	45.75	3260.77	42.48
M - 06	02/10/2019	29/10/2019	28	15.20	15.20	45.75	3156.46	41.12
M - 07	02/10/2019	29/10/2019	28	15.20	15.20	45.75	3111.11	40.53
M - 08	02/10/2019	29/10/2019	28	15.20	15.20	45.75	3188.21	41.53

\* Luz libre: Distancia libre entre apoyos.

M - 1 CFE - I - 1  
 M - 2 CFE - I - 2  
 M - 3 CFE - I - 3  
 M - 4 CFE - I - 4  
 M - 5 CFE - I - 5  
 M - 6 CFE - I - 6  
 M - 7 CFE - I - 7  
 M - 8 CFE - I - 8

ING. ALFONSO CERNA VÁSQUEZ  
 JEFE RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE PRUEBAS Y ENSAYOS DE MATERIALES



**OBSERVACION** : Las muestras fueron proporcionadas e identificadas por el solicitante (fecha y origen), el laboratorio solo es responsable de la rotura.



## UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

LABORATORIO DE PRUEBA Y ENSAYO DE MATERIALES

DEPARTAMENTO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y CONSTRUCCIÓN

INFORME N° 126 - 19° LP y EM-UNALM (INVESTIGACIÓN DE LABORATORIO)

SOLICITANTE : TEJADA VILLANUEVA, RICHARD EDUARD (TESISTA)  
 PROYECTO : EFECTOS DE LA INCORPORACION DE UN SISTEMA MIXTO DE FIBRAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL (TESIS).  
 UBICACIÓN : -  
 ENSAYO : RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE TESTIGOS DE CONCRETO (NTP 339.078 / ASTM C78)  
 FECHA DE RECEPCION : La Molina, 30 de octubre de 2019  
 FECHA DE EMISION : La Molina, 4 de noviembre de 2019

### RESULTADOS DE LA ROTURA

MUESTRA	FECHA MOLDEO	FECHA ENSAYO	EDAD DIAS	BASE cm	PERALTE cm	L. LIBRE* cm	CARGA kg	RESISTENCIA kg/cm <sup>2</sup>
M - 01	03/10/2019	30/10/2019	28	15.20	15.20	45.75	3673.47	47.86
M - 02	03/10/2019	30/10/2019	28	15.20	15.20	45.75	3560.09	46.38
M - 03	03/10/2019	30/10/2019	28	15.20	15.20	45.75	3546.49	46.20
M - 04	03/10/2019	30/10/2019	28	15.20	15.20	45.75	3596.37	46.85
M - 05	03/10/2019	30/10/2019	28	15.20	15.20	45.75	3628.12	47.27
M - 06	03/10/2019	30/10/2019	28	15.20	15.20	45.75	3655.33	47.62
M - 07	03/10/2019	30/10/2019	28	15.20	15.20	45.75	3727.89	48.57
M - 08	03/10/2019	30/10/2019	28	15.20	15.20	45.75	3582.77	46.67

\* Luz libre: Distancia libre entre apoyos.

M - 1 CFE - III - 1  
 M - 2 CFE - III - 2  
 M - 3 CFE - III - 3  
 M - 4 CFE - III - 4  
 M - 5 CFE - III - 5  
 M - 6 CFE - III - 6  
 M - 7 CFE - III - 7  
 M - 8 CFE - III - 8

ING. ALFONSO CERNAVASQUEZ  
 JEFE RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE PRUEBAS Y ENSAYOS DE MATERIALES



**OBSERVACION** : Las muestras fueron proporcionadas e identificadas por el solicitante (fecha y origen), el laboratorio solo es responsable de la rotura.





## UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

LABORATORIO DE PRUEBA Y ENSAYO DE MATERIALES

DEPARTAMENTO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y CONSTRUCCIÓN

INFORME N° 126 - 19° LP y EM-UNALM (INVESTIGACIÓN DE LABORATORIO)

SOLICITANTE : TEJADA VILLANUEVA, RICHARD EDUARD (TESISTA)  
 PROYECTO : EFECTOS DE LA INCORPORACION DE UN SISTEMA MIXTO DE FIBRAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL (TESIS).  
 UBICACIÓN : -  
 ENSAYO : RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE TESTIGOS DE CONCRETO (NTP 339.078 / ASTM C78)  
 FECHA DE RECEPCION : La Molina, 30 de octubre de 2019  
 FECHA DE EMISION : La Molina, 4 de noviembre de 2019

### RESULTADOS DE LA ROTURA

MUESTRA	FECHA MOLDEO	FECHA ENSAYO	EDAD DIAS	BASE cm	PERALTE cm	L. LIBRE* cm	CARGA kg	RESISTENCIA kg/cm <sup>2</sup>
M - 01	04/10/2019	30/10/2019	28	15.20	15.20	45.75	3854.88	50.22
M - 02	04/10/2019	30/10/2019	28	15.20	15.20	45.75	3650.79	47.56
M - 03	04/10/2019	30/10/2019	28	15.20	15.20	45.75	3918.37	51.05
M - 04	04/10/2019	30/10/2019	28	15.20	15.20	45.75	3804.99	49.57
M - 05	04/10/2019	30/10/2019	28	15.20	15.20	45.75	3922.90	51.11
M - 06	04/10/2019	30/10/2019	28	15.20	15.20	45.75	3863.95	50.34
M - 07	04/10/2019	30/10/2019	28	15.20	15.20	45.75	3877.55	50.51
M - 08	04/10/2019	30/10/2019	28	15.20	15.20	45.75	3841.27	50.04

\* Luz libre: Distancia libre entre apoyos.

M - 1 CFE - V - 1  
 M - 2 CFE - V - 2  
 M - 3 CFE - V - 3  
 M - 4 CFE - V - 4  
 M - 5 CFE - V - 5  
 M - 6 CFE - V - 6  
 M - 7 CFE - V - 7  
 M - 8 CFE - V - 8

ING. ALFONSO CERNA VÁSQUEZ  
 JEFE RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE PRUEBAS Y ENSAYOS DE MATERIALES



**OBSERVACION** : Las muestras fueron proporcionadas e identificadas por el solicitante (fecha y origen), el laboratorio solo es responsable de la rotura.

## Anexo 7: Ficha técnica Cemento Sol

CEMENTO SOL



### Ficha Técnica

## CEMENTO SOL

#### Descripción:

- Es un Cemento Pórtland Tipo I, obtenido de la molienda conjunta de Clinker y yeso.

#### Beneficios:

- El acelerado desarrollo de resistencias iniciales permite un menor tiempo en el desencofrado.
- Excelente desarrollo de resistencias en Shotcrete.
- Excelente desarrollo en resistencias a la compresión.
- Buena trabajabilidad.

#### Usos:

- Construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requieren características especiales o no especifique otro tipo de cemento.
- Fabricación de concretos de mediana y alta resistencia a la compresión.
- Preparación de concretos para cimientos, sobrecimientos, zapatas, vigas, columnas y techado.
- Producción de prefabricados de concreto.
- Fabricación de bloques, tubos para acueducto y alcantarillado, terrazos y adoquines.
- Fabricación de morteros para el desarrollo de ladrillos, tarrajeos, enchapes de mayólicas y otros materiales.

#### Características Técnicas:

- Cumple con la Norma Técnica Peruana NTP-334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.

#### Formato de Distribución:

- Bolsas de 42.5 Kg: 04 pliegos (03 de papel + 01 film plástico).
- Granel: A despacharse en camiones bombonas y Big Bags.



### Recomendaciones

#### Dosificación:

- Se debe dosificar según la resistencia deseada.
- Respetar la relación agua/cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- Realizar el curado con agua a fin de lograr un buen desarrollo de resistencia y acabado final.

#### Manipulación:

- Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- Se recomienda utilizar equipos de protección personal.
- Se debe evitar el contacto del cemento con la piel, los ojos y su inhalación.

#### Almacenamiento:

- Almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes y pisos. Protegerlas de las corrientes de aire húmedo.
- No apilar más de 10 bolsas para evitar su compactación.
- En caso de un almacenamiento prolongado, se recomienda cubrir los sacos con un cobertor de polietileno y en dos pallet de altura.

## Requisitos mecánicos

### Comparación resistencias NTP-334.009 / ASTM C-150 vs. Cemento Sol



## Propiedades físicas y químicas

Parámetro	Unidad	Cemento Sol	Requisitos NTP-334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	6.62	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.08	Máximo 0.80
Superficie específica	m <sup>2</sup> /kg	336	Mínimo 260
Densidad	g/ml	3.12	No específica
<b>Resistencia a la Compresión</b>			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm <sup>2</sup>	296	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm <sup>2</sup>	357	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm <sup>2</sup>	427	Mínimo 285*
<b>Tiempo de Fraguado</b>			
Fraguado Vicat inicial	min	127	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	305	Máximo 375
<b>Composición Química</b>			
MgO	%	2.93	Máximo 6.0
SO <sub>3</sub>	%	3.00	Máximo 3.5
Pérdida al fuego	%	2.2	Máximo 3.5
Residuo insoluble	%	0.7	Máximo 1.5
<b>Fases Mineralógicas</b>			
C <sub>2</sub> S	%	11.9	No específica
C <sub>3</sub> S	%	54.2	No específica
C <sub>3</sub> A	%	10.1	No específica
C <sub>4</sub> AF	%	9.7	No específica

\*Requisito opcional

## Anexo 8: Cotización y boleta de compra de las fibras

UN SOCIO CONFIABLE DE SIKA  
**SIKA CENTER**  
**SISACORP**



COTIZACIÓN # 2445

Lima, viernes, 20 de Setiembre de 2019

Señores:

OBRA:

Atención: **Richad Tejada**

Código: **JB**

RUC:

Tras la conversacion mantenida, tengo el enorme placer de remitirle a continuacion la cotizacion de los productos solicitados.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	PRECIO UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL (\$)	
1	SIKAFIBER LHO 45/35NB X 20 KG	bol.	1.00	\$ 37.50	\$ 37.50	
2	SIKAFIBER FORCE PP-48 CAJA X 5 KG.	bol.	1.00	\$ 37.50	\$ 37.50	
<b>NOTA:</b>					<b>GRAN TOTAL (\$)</b>	<b>\$ 75.00</b>
					<b>IGV 18%</b>	<b>\$ 13.50</b>
					<b>VALOR TOTAL + IGV (\$)</b>	<b>\$ 88.50</b>

### Condiciones comerciales:

- 1) Forma de pago: **CONTADO**
- 2) Situación: **VENTA**
- 3) Fecha de entrega: **Una vez realizado el abono en cuenta**
- 4) Entrega: **recojo en almacen sisacorp. Av. Autopista panamericana Sur. Km 18.5. Chorrillos**
- 5) Cuenta **AHORRO en dolares** del BCP N° 194 907 806 76 150 y Código de cuenta interbancario # 00219419078067615093.  
Silva Santisteban Corporation SAC  
RUC: 20600409507
- 6) Validez de la cotización 14 (catorce) días.

Sin otro sobre el particular.

Atentamente,

Jennifer Barrera Dionisio  
 Asesor de Negocios  
 SISACORP S.A.C.

**Dirección:** Panamericana Sur km. 18.5 - Chorrillos **MOVIL:** 963 346 934 - **Fijo:**(01)234-317 / **Email:** jennifer@sisacorp.pe

<b>SILVA SANTISTEBAN CORPORATION S.A.C. - SISACORP S.A.C.</b> AV. AUTOPISTA PANAMERICANA SU MZA. A LOTE. 25 URB. PALMERAS DE VILLA CHORRILLOS - LIMA - LIMA		<b>BOLETA DE VENTA ELECTRONICA</b> <b>RUC: 20600409507</b> <b>EB01-43</b>				
Fecha de Vencimiento :	: 04/10/2019					
Fecha de Emisión :	: RICHARD EDUARD TEJADA					
Señor(es) :	: VILLANUEVA					
DNI :	: 45679747					
Tipo de Moneda :	: DOLAR AMERICANO					
Observación :	<b>EFFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE UN SISTEMA MIXTO DE FIBRAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL</b>					
<b>Cantidad</b>	<b>Unidad Medida</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor Unitario(*)</b>	<b>Descuento(*)</b>	<b>Importe de Venta(**)</b>	<b>ICBPER</b>
1.00	UNIDAD	SIKA FIBER 45/35 NB X 20 KG	37.50	0.00	44.25	0.00
1.00	UNIDAD	SIKA FIBER PP-48 X 5 KG	37.50	0.00	44.25	0.00
Otros Cargos :						\$0.00
Otros Tributos :						\$0.00
ICBPER :						\$ 0.00
Importe Total :						\$88.50
<b>SON: OCHENTA Y OCHO Y 50/100 DOLAR AMERICANO</b>						
(*) Sin impuestos.		Op. Gravada :		\$ 75.00		
(**) Incluye impuestos, de ser Op. Gravada.		Op. Exonerada :		\$ 0.00		
		Op. Inafecta :		\$ 0.00		
		ISC :		\$ 0.00		
		IGV :		\$ 13.50		
		ICBPER :		\$ 0.00		
		Otros Cargos :		\$ 0.00		
		Otros Tributos :		\$ 0.00		
		Importe Total :		\$ 88.50		
<i>Esta es una representación impresa de la Boleta de Venta Electrónica, generada en el Sistema de la SUNAT. El Emisor Electrónico puede verificarla utilizando su clave SOL, el Adquirente o Usuario puede consultar su validez en SUNAT Virtual: <a href="http://www.sunat.gob.pe">www.sunat.gob.pe</a>, en Opciones sin Clave SOL/ Consulta de Validez del CPE.</i>						

## Anexo 9: Ficha Técnica Sika® Fiber LHO 45/35NB



# HOJA TÉCNICA

## Sika® Fiber LHO 45/35 NB

Fibra de acero para refuerzo del concreto normal y concreto proyectado

### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sika® Fiber LHO 45/35 NB son fibras de acero trefilado de alta calidad para reforzamiento del concreto tradicional y concreto proyectado (shotcrete). Sika® Fiber LHO 45/35 NB son fibras de acero que cumplen con la relación longitud / diámetro (l/d) mínima requerida para obtener un concreto dúctil.

### USOS

Sika® Fiber LHO 45/35 NB, otorga una alta capacidad de soporte al concreto en un amplio rango de aplicaciones y especialmente concreto proyectado (shotcrete) reduciendo tiempo y costos asociados al tradicional reforzamiento con mallas de acero; dándole ductilidad y aumentando la tenacidad del concreto.

En concretos pre-fabricados reforzados; en losas de pisos industriales (tráfico alto, medio y ligero) en losas y cimientos de concreto para reemplazar el refuerzo secundario (malla de temperatura), en puertos, aeropuertos, fundaciones para equipos con vibración, reservorios, tanques, etc.

### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Incrementa la resistencia del concreto al impacto, fatiga y a la fisuración.
- Incrementar la ductilidad y absorción de energía (resistencia a la tensión).
- Reducción de la fisuración por retracción.
- No afecta los tiempos de fraguado.
- Su condición de fibras sueltas le permite ser usadas en mezclas de concreto, concreto proyectado (shotcrete) vía húmeda y vía seca.
- Relación longitud / diámetro igual a 45 para un rendimiento estándar.
- Extremos conformados para obtener máximo anclaje mecánico en el concreto.

---

**DATOS BÁSICOS**

<b>FORMA</b>	<b>COLORES</b> Negro. <b>ASPECTO:</b>  <b>FIBRAS</b> <b>PRESENTACIÓN</b> Sacos de papel x 20 kg.
<b>ALMACENAMIENTO</b>	<b>CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL</b> Los sacos de Sika® Fiber LHO 45/35 NB pueden almacenarse por tiempo indefinido protegido de la humedad.
<b>DATOS TÉCNICOS</b>	<b>LONGITUD</b> 35 mm con extremos conformados. <b>DIÁMETRO DE LA FIELA</b> 0,77 mm <b>RELACIÓN LONGITUD/DIAMETRO</b> 45 <b>RESISTENCIA A TRACCIÓN</b> 1150 MPa min. <b>ELONGACIÓN DE ROTURA</b> 4% máx. <b>NORMAS</b>  Sika® Fiber LHO 45/35 NB cumple con las normas ASTM A 820 "Steel Fibers for Reinforced Concrete" Tipo I y DIN 17140-D9 para acero de bajo contenido de carbono.

---

**INFORMACIÓN DEL SISTEMA**

<b>DETALLES DE APLICACIÓN</b>	<b>CONSUMO / DOSIS</b> Normalmente entre 20 y 50 kg. de Sika® Fiber LHO 45/35 NB por m3 de concreto. Se recomienda realizar ensayos previos para determinar la cantidad exacta de fibra de acero a utilizar de acuerdo a los índices de tenacidad ó energía absorbida especificada del concreto.
<b>MÉTODO DE APLICACIÓN</b>	<b>MÉTODO DE APLICACIÓN</b>  Sika® Fiber LHO 45/35 NB se puede agregar en la tolva de pesado de la dosificadora de concreto, en la correa de alimentación, en camión mixer y mezcladora de concreto como a continuación se indica en cada caso: En la tolva de pesado de la dosificadora, abra las bolsas y vacíe las fibras directamente entre los áridos; no agregue las bolsas sin abrir porque pueden bloquear las compuertas de descarga. Mezcle en forma normal, no se requiere tiempo extra de mezclado en este caso. En la correa de alimentación, si hay acceso, las fibras pueden adicionarse durante o después de agregar los áridos. Mezcle en forma normal, no se requiere tiempo extra de mezclado en este caso.

En el camión mixer, una vez que todos los ingredientes se han incorporado, agregar las fibras mientras el mixer de concreto está rotando a alta velocidad (12 rpm o más). Vaciar un máximo de 60 kg. de fibras por minuto. Una vez terminado el vaciado de las fibras, mezclar 5 minutos adicionales y chequear visualmente su distribución; mezclar 30 segundos adicionales si la distribución no es uniforme.

En la mezcladora de concreto, una vez que todos los ingredientes se han incorporado, agregar las fibras y mezclar por 30 segundos por cada pie cúbico a menos que se observe una distribución homogénea en menor tiempo.

#### OBSERVACIONES

No agregue Sika® Fiber LHO 45/35 NB al mezclador antes de los áridos.

## INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

### PRECAUCIONES DURANTE LA MANIPULACION

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

### OBSERVACIONES

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

### NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.

Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web [www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe).

**“La presente Edición anula y reemplaza la Edición N° 3**

**la misma que deberá ser destruida”**



---

PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE Sika® Fiber LHO 45/35 NB :

1.- SIKA PRODUCT FINDER: APLICACIÓN DE CATÁLOGO DE PRODUCTOS



2.- SIKA CIUDAD VIRTUAL



Sika Perú S.A.  
Concrete  
Centro industrial "Las Praderas  
de Lurín" s/n MZ B, Lotes 5 y 6,  
Lurín  
Lima  
Perú  
[www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe)

Hoja Técnica  
Sika® Fiber LHO 45/35 NB  
21.11.14, Edición 4

Versión elaborada por: Sika Perú S.A.  
CG, Departamento Técnico  
Telf: 618-6060  
Fax: 618-6070  
Mail: [informacion@pe.sika.com](mailto:informacion@pe.sika.com)



© 2014 Sika Perú S.A.

## Anexo 10: Ficha Técnica Sika® Fiber Force PP-48



# HOJA TÉCNICA

## Sika® Fiber Force PP-48

Fibra de polipropileno macro sintética estructural

### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

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

#### USOS

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

#### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Incrementa la resistencia a la tenacidad, absorción de energía e impacto del concreto, así como la resistencia residual y ductilidad.
- No afecta notoriamente la fluidez (Slump) de la mezcla como otras fibras multifilamento.
- Disminuye la tendencia al agrietamiento en estado fresco como endurecido del concreto.
- Máxima resistencia al arrancamiento dentro de la matriz del concreto.
- Reduce el desgaste en bombas y tuberías cuando la mezcla es bombeada.
- Alta resistencia a los ataques químicos y a los álcalis.
- Es segura y más fácil de usar que el refuerzo tradicional.
- No se corroe con las aguas agresivas.
- Ahorra tiempo y molestias durante la aplicación y el proceso de concentrado del mineral.

---

**DATOS BÁSICOS**


---

<b>FORMA</b>	<b>ASPECTO</b> Fibra monofilamento deformada mecánicamente. <b>COLORES</b> Blanco <b>PRESENTACIÓN</b> Caja x 5 kg
<b>ALMACENAMIENTO</b>	<b>CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL</b> Indefinido en un lugar seco y bajo techo, en su envase original.
<b>NORMAS</b>	Siempre se coloca uniformemente en el concreto y cumplimiento con los códigos vigentes y normas siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ASTM C 94/C 94M Especificación estándar para concreto premezclado.</li> <li>▪ ASTM C 1116/C 1116M Especificación estándar para concreto reforzado con fibras.</li> <li>▪ ASTM C 1399 Método de prueba estándar para obtener la resistencia residual promedio del concreto reforzado con fibras.</li> <li>▪ ASTM C 1436 Especificación estándar de materiales para Shotcrete.</li> <li>▪ ASTM C 1609/C 1609M Método de prueba estándar para obtener el rendimiento de la flexión del concreto reforzado con fibras (Usando una viga con carga de tres puntos). Reemplaza la norma ASTM C 1018.</li> <li>▪ ASTM C 1550 Método de prueba estándar para la resistencia a la flexión del concreto reforzado con fibras (Usando un panel Redondo con carga central.)</li> <li>▪ JCI-SF4 para la resistencia a la flexión y para la resistencia a la flexión del concreto reforzado con fibras y JSCE-S14.</li> <li>▪ EFNARC panel cuadrado-2005</li> <li>▪ ACI 304 Guía para la medición, mezcla, transporte y distribución del concreto.</li> <li>▪ ACI 506 Guía para Shotcrete.</li> <li>▪ EN 14889-2 Definiciones, especificaciones y conformidad de fibras poliméricas.</li> </ul>
<b>DATOS TÉCNICOS</b>	<b>ABSORCIÓN DE AGUA</b> 0% <b>GRAVEDAD ESPECÍFICA</b> 0.92 <b>LARGO DE LA FIBRA</b> 48 mm <b>ANCHO DE LA FIBRA</b> 1.2855 mm <b>ESPESOR DE LA FIBRA</b> 0.3325 mm <b>RESISTENCIA A LA TRACCIÓN</b> 620 Mpa <b>CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA</b> Baja <b>FIBRAS POR KILO</b> 32,760 unidades +/- 3% <b>PUNTO DE FUSIÓN</b> 440 °C <b>PUNTO DE ABLANDAMIENTO</b> 170 °C <b>RESISTENCIA A ÁLCALIS, SALES Y ÁCIDOS</b> Alta.

	<p><b>COMPATIBILIDAD</b> Sika® Fiber Force PP-48 es compatible con todos los aditivos para concreto Sika® y las sustancias químicas que aumentan el rendimiento del concreto. No se debe usar las fibras macrosintéticas Sika® Fiber Force PP-48 para reemplazar refuerzos estructurales.</p> <p><b>PRECAUCIONES</b> No se debe usar las fibras macrosintéticas Sika® Fiber Force PP-48 como un medio para usar secciones de menor espesor que el diseño original. Para el espaciado de las juntas, siga las directrices estándar de la industria sugeridas por PCA y ACI.</p>
<p><b>INFORMACIÓN DEL SISTEMA</b></p>	
<p><b>DETALLES DE APLICACIÓN</b></p>	<p><b>CONSUMO / DOSIS</b> La dosis de aplicación para la fibra macro sintética estructural Sika® Fiber Force PP 48 es de 2 a 9 kg/m<sup>3</sup> de concreto o Shotcrete, dependiendo de la ductilidad, resistencia residual, tenacidad ó absorción de energía requerido. En las pruebas para determinar la cantidad exacta de fibra a usar, si el concreto es lanzado (Shotcrete vía húmeda o seca) las muestras (paneles cuadrados EFNARC o circulares ASTM C-1550) tienen que ser obtenidas en campo, lanzado con el equipo a usar, ya que por su naturaleza las fibras sintéticas durante el lanzado ó proyección una parte de ellas se pierde. No se recomienda obtener los paneles en laboratorio ya que los resultados difieren apreciablemente.</p>
<p><b>MÉTODO DE APLICACIÓN</b></p>	<p><b>DISEÑOS DE MEZCLAS Y PROCEDIMIENTOS</b>  El refuerzo con Sika® Fiber Force PP-48 es un proceso mecánico, no químico. Debido a la eficiencia de la fibra no se necesita modificación del diseño de mezcla ya que no afecta notoriamente la fluidez de la mezcla. Consulte con un asesor técnico de Sika Perú S.A. para recomendaciones adicionales. La fibra macrosintética Sika® Fiber Force PP-48 se agrega a la mezcladora antes, durante o después de hacer mezclas con los otros materiales del concreto. Se requiere un tiempo de mezclado de por lo menos de 3 a 5 minutos por metro cúbico como se especifica en la norma ASTM C-94.</p> <p><b>ACABADO</b> Se puede dar un acabado al concreto reforzado con Sika® Fiber Force PP-48 usando las técnicas de acabado de acuerdo a ACI 304, Sección C3.</p>
<p><b>BASES</b></p>	<p>Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.</p>
<p><b>RESTRICCIONES LOCALES</b></p>	<p>Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.</p>
<p><b>INFORMACIÓN DE SEGURIDAD E HIGIENE</b></p>	<p>Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.</p>
<p><b>NOTAS LEGALES</b></p>	<p>La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en</p>

condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.

Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web [www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe).

#### PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE Sika® Fiber Force PP-48 :

##### 1.- SIKI PRODUCT FINDER: APLICACIÓN DE CATÁLOGO DE PRODUCTOS



##### 2.- SIKI CIUDAD VIRTUAL



Sika Perú S.A.  
Concrete  
Centro Industrial "Las Praderas  
de Lurín S/N - Mz "B" Lote 5 y  
6, Lurín  
Lima  
Perú  
[www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe)

Hoja Técnica  
Sika® Fiber Force PP-48  
29.10.15, Edición 1

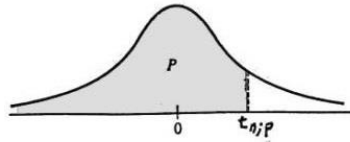
Versión elaborada por: Sika Perú S.A.  
CG, Departamento Técnico  
Telf: 618-6060  
Fax: 618-6070  
Mail: [informacion@pe.sika.com](mailto:informacion@pe.sika.com)



© 2014 Sika Perú S.A.

**Anexo 11: Tabla de distribución t de Student**

**Distribución t de Student**



La tabla A.4 da distintos valores de la función de distribución en relación con el número de grados de libertad; concretamente, relaciona los valores  $p$  y  $t_{n;p}$  que satisfacen

$$P(t_n \leq t_{n;p}) = p.$$

$n$	$t_{0,55}$	$t_{0,60}$	$t_{0,70}$	$t_{0,80}$	$t_{0,90}$	$t_{0,95}$	$t_{0,975}$	$t_{0,99}$	$t_{0,995}$
1	0,1584	0,3249	0,7265	1,3764	3,0777	6,3138	12,7062	31,8205	63,6567
2	0,1421	0,2887	0,6172	1,0607	1,8856	2,9200	4,3027	6,9646	9,9248
3	0,1366	0,2767	0,5844	0,9785	1,6377	2,3534	3,1824	4,5407	5,8409
4	0,1338	0,2707	0,5686	0,9410	1,5332	2,1318	2,7764	3,7469	4,6041
5	0,1322	0,2672	0,5594	0,9195	1,4759	2,0150	2,5706	3,3649	4,0321
6	0,1311	0,2648	0,5534	0,9057	1,4398	1,9432	2,4469	3,1427	3,7074
7	0,1303	0,2632	0,5491	0,8960	1,4149	1,8946	2,3646	2,9980	3,4995
8	0,1297	0,2619	0,5459	0,8889	1,3968	1,8595	2,3060	2,8965	3,3554
9	0,1293	0,2610	0,5435	0,8834	1,3830	1,8331	2,2622	2,8214	3,2498
10	0,1289	0,2602	0,5415	0,8791	1,3722	1,8125	2,2281	2,7638	3,1693
11	0,1286	0,2596	0,5399	0,8755	1,3634	1,7959	2,2010	2,7181	3,1058
12	0,1283	0,2590	0,5386	0,8726	1,3562	1,7823	2,1788	2,6810	3,0545
13	0,1281	0,2586	0,5375	0,8702	1,3502	1,7709	2,1604	2,6503	3,0123
14	0,1280	0,2582	0,5366	0,8681	1,3450	1,7613	2,1448	2,6245	2,9768
15	0,1278	0,2579	0,5357	0,8662	1,3406	1,7531	2,1314	2,6025	2,9467
16	0,1277	0,2576	0,5350	0,8647	1,3368	1,7459	2,1199	2,5835	2,9208
17	0,1276	0,2573	0,5344	0,8633	1,3334	1,7396	2,1098	2,5669	2,8982
18	0,1274	0,2571	0,5338	0,8620	1,3304	1,7341	2,1009	2,5524	2,8784
19	0,1274	0,2569	0,5333	0,8610	1,3277	1,7291	2,0930	2,5395	2,8609
20	0,1273	0,2567	0,5329	0,8600	1,3253	1,7247	2,0860	2,5280	2,8453
21	0,1272	0,2566	0,5325	0,8591	1,3232	1,7207	2,0796	2,5176	2,8314
22	0,1271	0,2564	0,5321	0,8583	1,3212	1,7171	2,0739	2,5083	2,8188
23	0,1271	0,2563	0,5317	0,8575	1,3195	1,7139	2,0687	2,4999	2,8073
24	0,1270	0,2562	0,5314	0,8569	1,3178	1,7109	2,0639	2,4922	2,7969
25	0,1269	0,2561	0,5312	0,8562	1,3163	1,7081	2,0595	2,4851	2,7874
26	0,1269	0,2560	0,5309	0,8557	1,3150	1,7056	2,0555	2,4786	2,7787
27	0,1268	0,2559	0,5306	0,8551	1,3137	1,7033	2,0518	2,4727	2,7707
28	0,1268	0,2558	0,5304	0,8546	1,3125	1,7011	2,0484	2,4671	2,7633
29	0,1268	0,2557	0,5302	0,8542	1,3114	1,6991	2,0452	2,4620	2,7564
30	0,1267	0,2556	0,5300	0,8538	1,3104	1,6973	2,0423	2,4573	2,7500
40	0,1265	0,2550	0,5286	0,8507	1,3031	1,6839	2,0211	2,4233	2,7045
50	0,1263	0,2547	0,5278	0,8489	1,2987	1,6759	2,0086	2,4033	2,6778
60	0,1262	0,2545	0,5272	0,8477	1,2958	1,6706	2,0003	2,3901	2,6603
80	0,1261	0,2542	0,5265	0,8461	1,2922	1,6641	1,9901	2,3739	2,6387
100	0,1260	0,2540	0,5261	0,8452	1,2901	1,6602	1,9840	2,3642	2,6259
120	0,1259	0,2539	0,5258	0,8446	1,2886	1,6577	1,9799	2,3578	2,6174
$\infty$	0,126	0,253	0,524	0,842	1,282	1,645	1,960	2,327	2,576

**PANEL FOTOGRAFICO**

## Caracterización de agregados

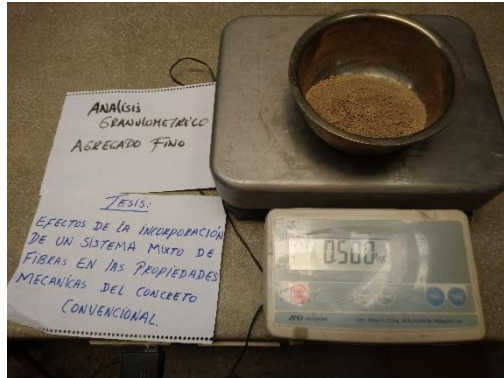


Foto 1: Pesado de agregado fino

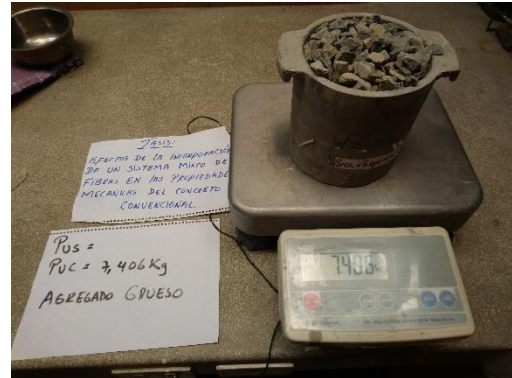


Foto 2: Pesado de agregado grueso



Foto 3: Granulometría agregado fino



Foto 4: Granulometría agregado grueso



Foto 5: PUC y PUS Agregado grueso



Foto 6: PUC y PUS Agregado fino



## Caracterización de agregados

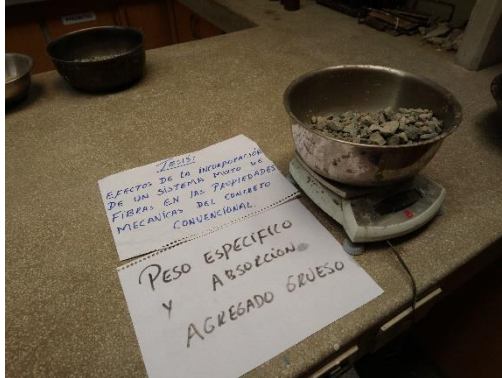


Foto 7: Pesado de muestra para ensayo



Foto 8: Saturación de muestra para ensayos



Foto 9: Secado superficial de la muestra



Foto 10: Peso de la muestra SSS en la cesta

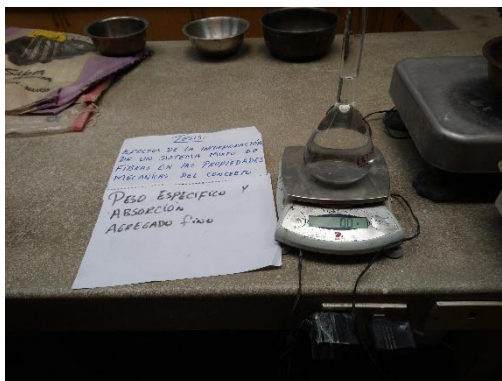


Foto 11: Pesado de la fiola con agua



Foto 12: Pesado de la fiola con agua y agregado

---

## Caracterización de agregados

---



Foto 13: Pesado de agregado grueso



Foto 14: Pesado de agregado fino



Foto 15: Colocado al horno las muestras para obtener su humedad y absorción natural

---

## Diseño de mezcla ACI 211

---



Foto 16: Diseño de mezcla

---

### Verificación de diseño de mezcla

---



Foto 17: Cantidad de material para un cono



Foto 18: Medición y/o verificación del slump

---

### Vaciado de concreto convencional (CP)

---



Foto 19: Elaboración de concreto



Foto 20: Determinación del slump



Foto 21: Vaciado de probetas

---

**Vaciado de concreto fibrorreforzado experimental I (CFE – I)**

---



Foto 22: Desmolde de probetas



Foto 23: Curado de probetas

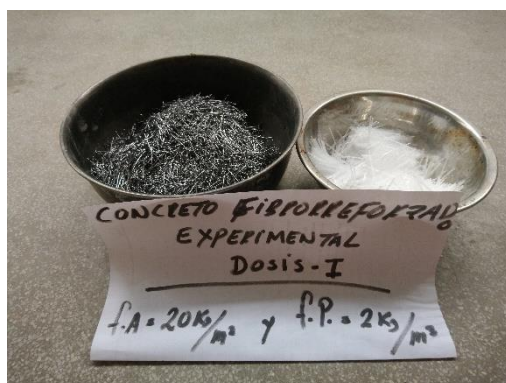


Foto 24: Pesado de fibras



Foto 25: Elaboración de probetas



Foto 26: Medicion del slump



Foto 27: Vaciado de probetas

---

### Vaciado de concreto fibrorreforzado experimental III (CFE – III)

---



Foto 28: Desmolde de probetas

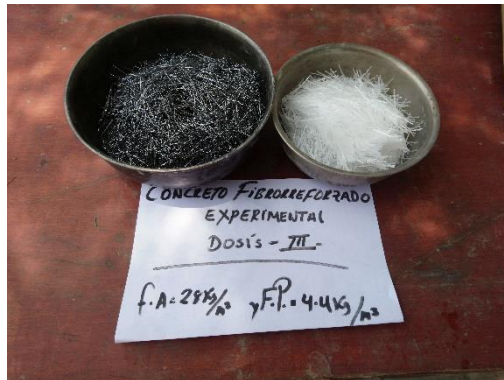


Foto 29: Pesado de fibras



Foto 30: Determinación del slump



Foto 31: Determinación del peso específico



Foto 32: Vaciado de probetas

---

### Vaciado de concreto fibrorreforzado experimental V (CFE – V)

---



Foto 33: Desmolde de probetas

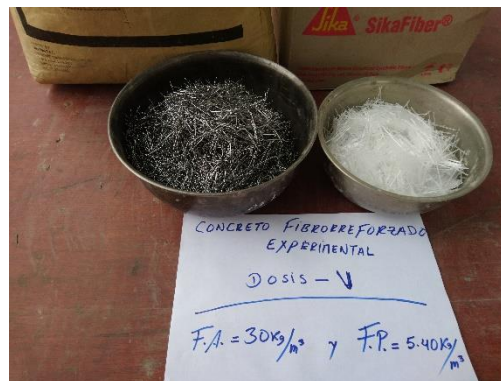


Foto 34: Pesado de fibras



Foto 35: Medición del slump



Foto 36: Enrazado para peso específico



Foto 37: Vaciado de probetas I



Foto 38: Vaciado de probetas II

---

## Vaciado de concreto fibrorreforzado experimental II (CFE – II)

---

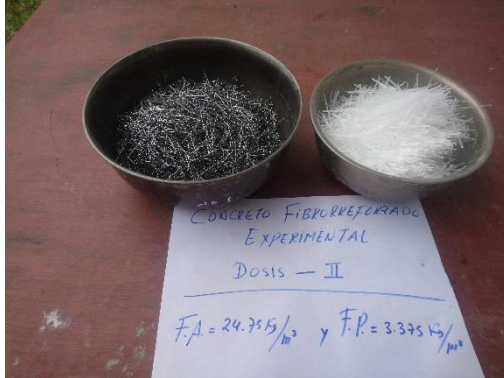


Foto 39: Pesado de fibras



Foto 40: Determinación del slump I



Foto 41: Medición del slump



Foto 42: Enrazado para peso específico



Foto 43: Determinación del peso específico



Foto 44: Vaciado de probetas

---

## Vaciado de concreto fibrorreforzado experimental IV (CFE – IV)

---



Foto 45: Curado de probetas



Foto 46: Determinación del slump



Foto 47: Medición del slump



Foto 48: Varillado para peso específico I



Foto 49: Peso específico II



Foto 50: Desmolde de probetas



---

## Ensayos de resistencia a la compresión

---



Foto 51: Extracción de probetas de poza



Foto 52: Rotura de probetas CP



Foto 53: Rotura de probetas de CFE - III



Foto 54: Rotura de probetas de CFE - V



Foto 55: Máquina de rotura



Foto 56: Detalle de las fibras en el concreto



*Foto 57: Rotura de probetas de CFE - IV*



*Foto 58: Ensayos de resistencia a la compresión*

---

### Ensayos de resistencia a la flexión

---



*Foto 59: Resistencia la flexión CP*



*Foto 60: Resistencia la flexión CFE - III*



*Foto 62: Resistencia la flexión CFE - V*



*Foto 63: Botadero de probetas ensayadas*

**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**INFLUENCIA DE LAS FIBRAS HÍBRIDAS EN LAS PROPIEDADES FRESCAS Y ENDURECIDAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL**

<b>Problemas</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Marco conceptual</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables</b>	<b>Metodología</b>
<b>Problema general</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Antecedentes internacionales</b>	<b>Hipótesis general</b>	<b>Variables independientes</b>	<b>Método, tipo, nivel y diseño</b>
¿Cómo influye el uso de fibras híbridas como refuerzo secundario en las propiedades frescas y endurecidas del concreto convencional con una resistencia de diseño $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> ?	Evaluar la influencia del uso de fibras híbridas como refuerzo secundario en las propiedades frescas y endurecidas del concreto convencional con una resistencia de diseño $f'c =210$ kg/cm <sup>2</sup> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>- (Araby Ibrahim, y otros, 2019) Influence of Hybrid Fibers on the Fresh and Hardened Properties of Structural Light Weight Self-Compacting Concrete.</li> <li>- (Han, y otros, 2019) Evaluation on Protection performance and on-site applicability of hybrid fiber – reinforced concrete.</li> <li>- (Feng, y otros, 2018) Experimental Study on Hybrid Effect Evaluation of Fiber Reinforced Concrete Subjected to Drop Weight Impacts.</li> </ul>	El uso de fibras híbridas como refuerzo secundario, influye significativamente en las propiedades frescas y endurecidas del concreto convencional con una resistencia de diseño $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concreto convencional o concreto patrón (X<sub>1</sub>).</li> <li>- Fibras híbridas (X<sub>2</sub>).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Metodología cuantitativa.</li> <li>- Investigación experimental.</li> <li>- Nivel explicativo.</li> <li>- Investigación del laboratorio o experimental.</li> </ul> <hr/> <p style="text-align: center;"><b>Técnicas e instrumentos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Normas NTP, ASTM y ACI.</li> <li>- Guías de observación, balanza, libretas de campo, cámara fotográfica.</li> </ul>

*Fuente: Elaboración propia.*

<b>Problemas</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Marco conceptual</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>Metodología</b>
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Antecedentes nacionales</b>	<b>Hipótesis específicas</b>	<b>VARIABLES dependientes</b>	<b>Población y muestras</b>
a) ¿Cómo influye la adición de diferentes porcentajes de fibras híbridas, en la propiedad mecánica de resistencia a la compresión del concreto convencional evaluado a los 28 días?	a) Determinar la influencia de los diferentes porcentajes de fibras híbridas en la propiedad mecánica de resistencia a la compresión del concreto convencional a los 28 días.		a) La adición de diferentes porcentajes de fibras híbridas, mejoran significativamente la propiedad mecánica de resistencia a la flexión a los 28 días del concreto convencional.	- Propiedades frescas del concreto (Y <sub>1</sub> ).	- La población serán 80 probetas cilíndricas y vigas prismáticas.  Las muestras serán las siguientes:  - 48 probetas corresponden a muestras cilíndricas.
b) ¿Cómo influye la adición de diferentes porcentajes de fibras híbridas, en la propiedad mecánica de resistencia a la flexión del concreto convencional evaluado a los 28 días?	b) Determinar la influencia de los diferentes porcentajes de fibras híbridas en la propiedad mecánica de resistencia a la flexión del concreto convencional a los 28 días.	-	b) La adición de diferentes porcentajes de fibras híbridas, mejoran significativamente la propiedad mecánica de resistencia a la flexión a los 28 días del concreto convencional.	- Propiedades endurecidas del concreto (Y <sub>2</sub> ).  - Costo de producción (Y <sub>3</sub> ).	- 32 probetas corresponden a vigas prismáticas.

---

c) ¿Cuál será la trabajabilidad del concreto fibrorreforzado experimental con fibras híbridas en comparación a la del concreto convencional?	c) Comparar la trabajabilidad del concreto fibrorreforzado experimental con fibras híbridas y del concreto convencional.	c) La trabajabilidad del concreto fibrorreforzado experimental con fibras híbridas, disminuye significativamente con respecto al concreto convencional.
d) ¿Cuál será el peso unitario y contenido de aire del concreto fibrorreforzado experimental con fibras híbridas en comparación a la del concreto convencional?	d) Comparar el peso unitario y contenido de aire del concreto fibrorreforzado experimental con fibras híbridas y del concreto convencional.	d) El peso unitario y contenido de aire del concreto fibrorreforzado experimental con fibras híbridas, se incrementa significativamente con respecto al concreto convencional.
e) ¿Cuál será el costo de producción del concreto fibrorreforzado experimental con fibras híbridas en comparación a la del concreto convencional?	e) Comparar el costo de producción del concreto fibrorreforzado experimental con fibras híbridas y del concreto convencional.	e) El costo de producción del concreto fibrorreforzado experimental con fibras híbridas, se incrementa significativamente con respecto al concreto convencional.

---

*Fuente: Elaboración propia.*