



Universidad Científica del Perú - UCP
Registrado en el Asiento N° A00010 de la Partida N° 11000318, Personas Jurídicas de Iquitos,
Superintendencia de los Registros Públicos - SUNARP

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:

**“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO
EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL
CONCRETO CEMENTO – ARENA, IQUITOS, PERÚ - 2022”**

**TESIS PRESENTADA PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

AUTOR (es) : - Bach. Denis Ibrahim Cruzado Tuanama

- Bach. Doris Angélica Díaz Rodríguez

ASESOR : Ing. Jefree Stefano Arévalo Flores


Ing. Jefree Stefano Arévalo Flores
Ingeniero Civil
2023

San Juan Bautista – Loreto – Maynas – Perú

2023

DEDICATORIA

A mi madre que ha sabido formarme con valores y apoyarme en todo momento para seguir adelante en los momentos más difíciles.

A mi padre que me cuida y vela desde el cielo para seguir adelante con mis sueños y se lo orgulloso que estaría de todo lo que estoy logrando.

Y también a mi hija que ha sido mi mayor motivación de salir adelante y no rendirme ante cualquier obstáculo, ella es la razón por la cual lucho día a día y ser un ejemplo.

Doris Diaz

Dedico este trabajo a mi padre y mis hermanos, por todo el apoyo incondicional que me dieron durante todo el proceso de aprendizaje, así como la motivación que me brindan para poder salir adelante y mejorar cada día.

Denis Cruzado

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios por brindarnos salud, fortaleza y permitir llegar hasta aquí.

Agradecer a nuestros padres que nunca nos dejaron solos, por la comprensión y los consejos en toda nuestra etapa estudiantil.

A todos los docentes por su vocación de enseñanza que estuvieron formándonos en toda nuestra etapa universitaria y a las personas que nos apoyaron en la realización de este trabajo.

**CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP**

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

La Tesis titulada:

**"INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS DE ACERO EN LAS
PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL CONCRETO
CEMENTO – ARENA, IQUITOS, PERÚ-2022"**

De los alumnos: **DENIS IBRAHIM CRUZADO RODRIGUEZ Y DORIS ANGELICA DIAZ RODRIGUEZ**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **10% de similitud**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

San Juan, 11 de Mayo del 2023.













Dr. César J. Ramal Asayag
Presidente del Comité de Ética – UCP

Document Information

Analyzed document	UCP_IngenieriaCvIL_2023_Tesis_DenisCruzado_DorisDiaz_V1.pdf (D166591074)
Submitted	5/11/2023 2:52:00 PM
Submitted by	Comisión Antiplagio
Submitter email	revision.antiplagio@ucp.edu.pe
Similarity	10%
Analysis address	revision.antiplagio.ucp@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA	<p>Universidad Científica del Perú / UCP_INGENIERÍA_2021_TESIS_ROSSANAPRADO_V1.pdf</p> <p>Document UCP_INGENIERÍA_2021_TESIS_ROSSANAPRADO_V1.pdf (D108181258)</p> <p>Submitted by: revision.antiplagio@ucp.edu.pe</p> <p>Receiver: revision.antiplagio.ucp@analysis.urkund.com</p>		1
W	<p>URL: http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/802/PEREZ_FLORES_TESIS_TITULO_2019.pdf?sequ...</p> <p>Fetches: 12/22/2021 4:57:51 PM</p>		5
SA	<p>Universidad Científica del Perú / UCP_INGENIERIA_2021_TESIS_JESUSESTRADA_ALEJANDROSANDOVAL_V1.pdf</p> <p>Document UCP_INGENIERIA_2021_TESIS_JESUSESTRADA_ALEJANDROSANDOVAL_V1.pdf (D126725936)</p> <p>Submitted by: revision.antiplagio@ucp.edu.pe</p> <p>Receiver: revision.antiplagio.ucp@analysis.urkund.com</p>		2
SA	<p>Tesis MEDINA LAZARO & RAMOS ARANA-16.08.2021.docx</p> <p>Document Tesis MEDINA LAZARO & RAMOS ARANA-16.08.2021.docx (D111606651)</p>		12
SA	<p>Universidad Científica del Perú / UCP_IngenieriaCivil_2021_Tesis_Jose_Pinedo_V1.pdf</p> <p>Document UCP_IngenieriaCivil_2021_Tesis_Jose_Pinedo_V1.pdf (D117878837)</p> <p>Submitted by: revision.antiplagio@ucp.edu.pe</p> <p>Receiver: revision.antiplagio.ucp@analysis.urkund.com</p>		14
W	<p>URL: http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/919/ANGULO_GUERRA_JNG_TESIS_TITULO_2019.pdf...</p> <p>Fetches: 5/11/2022 1:16:36 AM</p>		3
SA	<p>Universidad Científica del Perú / UCP_INGENIERIA_2019_TESIS_ANGULOYGUERRA_VF.pdf.pdf</p> <p>Document UCP_INGENIERIA_2019_TESIS_ANGULOYGUERRA_VF.pdf.pdf (D57405971)</p> <p>Submitted by: aangulo15920@gmail.com</p> <p>Receiver: urigoin.ucp@analysis.urkund.com</p>		1
SA	<p>Universidad Científica del Perú / UCP_IngenieriaCivil_2021_TSP_ChristianCoriat_StefanyÁlvares_V1.pdf</p> <p>Document UCP_IngenieriaCivil_2021_TSP_ChristianCoriat_StefanyÁlvares_V1.pdf (D110020978)</p> <p>Submitted by: revision.antiplagio@ucp.edu.pe</p> <p>Receiver: revision.antiplagio.ucp@analysis.urkund.com</p>		2
SA	<p>Universidad Científica del Perú / UCP_INGENIERIA_2021_TESIS_DannyTrujillo_V1.pdf</p> <p>Document UCP_INGENIERIA_2021_TESIS_DannyTrujillo_V1.pdf (D125419004)</p> <p>Submitted by: revision.antiplagio@ucp.edu.pe</p> <p>Receiver: revision.antiplagio.ucp@analysis.urkund.com</p>		3
W	<p>URL: http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/1900/JEAN%20PIER%20GONZALES%20UNO%20Y%20AL...</p> <p>Fetches: 3/12/2023 4:22:45 PM</p>		4

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

FACULTAD DE
CIENCIAS E
INGENIERÍA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal N°767-2022-UCP-FCEI de fecha 18 de Agosto de 2022, La FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación de tesis a los señores:

- | | |
|---|------------|
| • Ing. Ulises Octavio Irigoin Cabrera, M. Sc. | Presidente |
| • Ing. Juan Jesús Ocaña Aponte, M. Sc. | Miembro |
| • Ing. Carol Begoña García Langer, M. Sc. | Miembro |

Como Asesor: Ing. Jeffrey Stefano Arévalo Flores, Mg.

En la ciudad de Iquitos, siendo las 19:00 horas del día Lunes 17 de Julio del 2023, de manera presencial supervisado por el secretario académico del programa académico de Ingeniería civil de la facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad Científica del Perú, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO CEMENTO – ARENA, IQUITOS, PERÚ - 2022",

Presentado por los sustentantes:

**DENIS IBRAHIM CRUZADO TUANAMA Y
DORIS ANGÉLICA DÍAZ RODRÍGUEZ**

Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO CIVIL**

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: **ABSUELTAS**

El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La sustentación es: **APROBADA POR UNANIMIDAD**

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.



Presidente



Miembro



Miembro

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD.....	3
ACTA DE SUSTENTACIÓN	6
TABLA DE CONTENIDO	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	10
ÍNDICE DE GRÁFICOS	12
RESUMEN.....	14
ABSTRACT	15
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	16
1.1. Antecedentes de estudio	16
1.2. Bases Teóricas.....	19
1.2.1. El concreto.....	19
1.2.2. El cemento.....	20
1.2.3. Cemento Portland.....	21
1.2.4. Agregados	22
1.2.5. Diseño de mezcla	30
1.2.6. Propiedades del concreto en estado fresco	31
1.2.7. Propiedades del concreto endurecido.....	33
1.3. Definición de términos básicos	36
CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	37
2.1. Descripción de Problema.....	37
2.2. Formulación del Problema.....	39
2.2.1. Problema general	39
2.2.2. Problemas específicos.....	39
2.3. Objetivos.....	40
2.3.1. Objetivo general.....	40
2.3.2. Objetivos específicos.....	40
2.4. Justificación de la Investigación	40
2.5. Alcances y Limitaciones.....	44
2.6. Hipótesis de trabajo	46
2.7. Variables.....	46

2.7.1.	Identificación de variables.....	46
2.7.2.	Operacionalización de Variables e Indicadores.....	47
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA		48
3.1.	Tipo y diseño de la investigación	48
3.1.1.	Tipo de Investigación.....	48
3.1.2.	Diseño de la Investigación	48
3.2.	Población y Muestra	48
3.3.	Técnicas, Instrumentos y Procedimientos de Recolección de Datos- 50	
3.4.	Procesamiento de la Información y análisis de datos.....	53
CAPÍTULO IV. RESULTADOS		55
4.1.	Ubicación del proyecto:.....	55
4.2.	Materiales empleados:.....	55
4.3.	Determinación de la influencia de la adición de fibras de acero en las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento – arena.....	56
4.3.1.	Caracterización del agregado fino.....	56
4.3.1.1.	Análisis granulométrico (NTP 400.037).....	57
4.3.1.2.	Módulo de fineza (NTP400.011)	60
4.3.1.3.	Superficie específica (NTP 400.012)	60
4.3.1.4.	Material que pasa el tamiz N° 200 (NTP 400.018)	62
4.3.1.5.	Peso específico (NTP 400.022)	63
4.3.1.6.	Absorción (NTP 400.022)	64
4.3.1.7.	Peso unitario suelto (PUS), (NTP 400.017)	65
4.3.1.8.	Peso unitario compactado (PUC), (NTP 400.017)	66
4.3.2.	Preparación del diseño de mezcla del concreto – cemento – arena... 67	
4.3.2.1.	Cemento.....	67
4.3.2.2.	Características (Cemento Portland Tipo GU).....	67
4.3.2.3.	Preparación del diseño de mezcla del concreto – cemento – arena.	68
4.3.2.4.	Diseño del concreto cemento – arena, relación a/c = 0.60.....	68
4.4.	Determinar los valores de las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento-arena sin fibra de acero FF1.....	72
4.4.1.	Propiedades del concreto cemento – arena en estado fresco.....	72

4.4.1.1.	Consistencia (NTP 339.035).....	72
4.4.1.2.	Peso Unitario (NTP 339.046).....	74
4.4.2.	Propiedades del concreto cemento – arena en estado endurecido....	75
4.4.2.1.	Resistencia a la compresión (ASTM – C 39).....	75
4.4.2.2.	Resistencia a la tracción por compresión diametral (NTP 339.084)	79
4.4.2.3.	Resistencia a la flexión (ASTM C 78) (NTP 339.078)	82
4.4.2.4.	Módulo Elástico Estático (ASTM C 469) (NTP 339.084)	83
	CAPÍTULO V. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	86
5.1.	Discusión	86
5.2.	Conclusiones	89
5.3.	Recomendaciones	93
	Referencias Bibliográficas	95
	ANEXO: MATRIZ DE CONSISTENCIA	101
	ANEXO B	102
	CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO FINO	103
	ANEXO C	106
	DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO CEMENTO – ARENA.....	107
	ANEXO D	109
	PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO	110
	ANEXO E	140
	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LOS ENSAYOS REALIZADOS	141

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Rango de proporciones para fabricación de concreto con fibras metálicas.....	17
Tabla 2. Requisitos para clasificar agregados gruesos y finos. ASTM C-33.....	24
Tabla 3. Operacionalización de Variables e indicadores	47
Tabla 4. Ensayos de agregados y normativa aplicada	51
Tabla 5. Propiedades del concreto en estado fresco y normativa aplicada	52
Tabla 6. Propiedades del concreto en estado endurecido y normativa aplicada.....	52
Tabla 7. Análisis granulométrico de la muestra N° 01 del agregado fino.	57
Tabla 8. Análisis granulométrico de la muestra N° 02 del agregado fino.	58
Tabla 9. Análisis granulométrico de la muestra N° 03 del agregado fino.	59
Tabla 10. Módulo de fineza del agregado fino.....	60
Tabla 11. Superficie específica de la muestra N° 01 del agregado fino.....	61
Tabla 12. Superficie específica de la muestra N° 02 del agregado fino.....	61
Tabla 13. Superficie específica de la muestra N° 03 del agregado fino.....	62
Tabla 14. Cantidad de material fino que pasa la malla N° 200.....	63
Tabla 15. Peso específico del agregado fino.....	64
Tabla 16. Ensayo de absorción del agregado fino.	64
Tabla 17. Peso unitario suelto del agregado fino.....	65
Tabla 18. Peso unitario compactado del agregado fino	66
Tabla 19. Diseño del concreto cemento – arena.	68
Tabla 20. Peso unitario de producción y contenido de aire del concreto	69
Tabla 21. Ensayo de consistencia.....	73
Tabla 22. Peso unitario del concreto cemento – arena, en su estado fresco.....	74
Tabla 23. Resistencia a la compresión, relación a/c = 0.60, sin fibras de acero.	76
Tabla 24. Resistencia a la compresión, relación a/c = 0.60, con 15 kg/m ³ de fibras de acero.....	77
Tabla 25. Resistencia a la compresión, relación a/c = 0.60, con 25 kg/m ³ de fibras de acero.....	77
Tabla 26. Resistencia a la compresión, relación a/c = 0.60, con 35 kg/m ³ de fibras de acero.....	78

Tabla 27. Resistencia a la tracción, relación $a/c = 0.60$, sin fibras de acero.	79
Tabla 28. Resistencia a la tracción, relación $a/c = 0.60$, con 15 kg/m^3 de fibras de acero.	80
Tabla 29. Resistencia a la tracción, relación $a/c = 0.60$, con 25 kg/m^3 de fibras de acero.	81
Tabla 30. Resistencia a la tracción, relación $a/c = 0.60$, con 35 kg/m^3 de fibras de acero.	81
Tabla 31. Resistencia a la flexión.....	83
Tabla 32. Cuadro de módulo de elasticidad, relación $a/c = 0.60$ sin adición de fibras de acero	84
Tabla 33. Cuadro de módulo de elasticidad, relación $a/c = 0.60$ con 15 kg/m^3 de adición de fibras de acero.	84
Tabla 34. Cuadro de módulo de elasticidad, relación $a/c = 0.60$ con 25 kg/m^3 de adición de fibras de acero.	84
Tabla 35. Cuadro de módulo de elasticidad, relación $a/c = 0.60$ con 35 kg/m^3 de adición de fibras de acero	85

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Agregado fino procedente de la cantera Irina	56
Gráfico 2. Juego de tamices para el ensayo de análisis granulométrico.....	57
Gráfico 3. Curva granulométrica de la muestra N° 01 del agregado fino.....	58
Gráfico 4. Análisis granulométrico de la muestra N° 02 del agregado fino.	58
Gráfico 5. Curva granulométrica de la muestra N° 03 del agregado fino.....	59
Gráfico 6. Ensayo de material que pasa la malla N° 200	62
<i>Gráfico 7. Ensayo de peso específico del agregado fino.</i>	<i>63</i>
Gráfico 8. Ensayo de absorción del agregado fino	64
Gráfico 9. Ensayo del peso unitario suelto	65
Gráfico 10. Ensayo de peso unitario compactado.....	66
Gráfico 11. Cemento Amazónico Tipo GU	67
Gráfico 12. Composición por peso de un metro cúbico de concreto	71
Gráfico 13. Composición por volumen de un metro cúbico de concreto	71
Gráfico 14. Preparación de equipos para el diseño de mezcla.....	72
Gráfico 15. Ensayo de consistencia de la mezcla	73
Gráfico 16. Barras para los asentamientos.....	74
Gráfico 17. Ensayo de peso unitario	75
Gráfico 18. Ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos	76
Gráfico 19. Resistencia a la compresión vs días de curado, relación a/c = 0.60, sin fibras de acero	76
Gráfico 20. Resistencia a la compresión vs días de curado, relación a/c = 0.60, con 15 kg/m ³ fibras de acero.	77
Gráfico 21. Resistencia a la compresión vs días de curado, relación a/c = 0.60, con 25 kg/m ³ de fibras de acero.	78
Gráfico 22. Resistencia a la compresión vs días de curado, relación a/c = 0.60, con 35 kg/m ³ de fibras de acero.	78
Gráfico 23. Resistencia a la compresión por tracción diametral.	79
Gráfico 24. Resistencia a la tracción vs días de curado, relación a/c = 0.60, sin fibras de acero.....	80

Gráfico 25. Resistencia a la tracción vs días de curado, relación $a/c = 0.60$, con 15 kg/m^3 fibras de acero.	80
Gráfico 26. Resistencia a la tracción vs días de curado, relación $a/c = 0.60$, con 25 kg/m^3 de fibras de acero.	81
Gráfico 27. Resistencia a la tracción vs días de curado, relación $a/c = 0.60$, con 35 kg/m^3 de fibras de acero.	82
Gráfico 28. Medición del tercio de la viga del concreto	82
Gráfico 29. Módulo de elasticidad del concreto cemento – arena.....	83

RESUMEN

La presente tesis, es única en su género, es de nivel cuasi experimental; y tiene como finalidad contribuir con la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento –arena, material principal en la construcción, en la ciudad de Iquitos. Para mejorar su comportamiento ante esfuerzos de flexión y efectos de contracción, se utilizó fibras de acero Wirand FF1, por lo que el objetivo principal fue determinar la influencia de la adición de diferentes proporciones de fibras de acero en estas propiedades, para lo cual se realizaron los ensayos en estado fresco y endurecido siguientes: consistencia, peso unitario, resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, resistencia a la flexión y módulo elástico. Se caracterizó el agregado fino, y se hizo el diseño de la mezcla patrón sin fibras de acero y con una relación a/c = 0.60; y, luego las muestras experimentales manteniendo la misma relación a/c = 0.60 y con adiciones de 15, 25 y 35 kg/m³ de fibras de acero Wirand FF1 y con la misma. Para los ensayos de compresión simple y tracción diagonal se elaboraron 64 testigos cilíndricos por cada tipo efectuándose la rotura a los 7 y 28 días de curado; y, para los ensayos de flexión a los 28 días de curado, se elaboraron 12 testigos de vigas; y finalmente para los ensayos de módulo de elasticidad se elaboraron 12 testigos cilíndricos para ser ensayados a los 28 días, de las mismas características que para los ensayos anteriores.

De los resultados se concluye que la adición de las fibras de acero FF1, influyen significativamente en las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento – arena, obteniéndose los mejores resultados con las adiciones de 15 y 25 kg/m³ de fibras de acero, con valores de relación w/c=0.60, quedando confirmada la hipótesis.

Palabras clave: *fibras de acero, concreto cemento – arena, cemento Portland tipo GU, propiedades físicas y mecánicas del concreto.*

ABSTRACT

The present thesis is unique in its kind, it is of quasi-experimental level, and its purpose is to contribute to the improvement of the physical and mechanical properties of cement-sand concrete, it's the main material used in construction in Iquitos city. To improve its behaviour under bending stresses and shrinkage effects, Wirand FF1 steel fibres were used, so the main objective was to determine the influence of the addition of different proportions of steel fibres on these properties, for which the following tests were carried out in the fresh and hardened state: consistency, unit weight, compressive strength, tensile strength, flexural strength and elastic modulus. The fine aggregate was characterised, and the design of the standard mix was made without steel fibres and with a relation $a/c = 0.60$; and then the experimental samples maintaining the same relation $a/c = 0.60$ and with additions of 15, 25 and 35 kg/m³ of Wirand FF1 steel fibres. For the simple compression and diagonal tensile tests, 64 cylindrical cores were prepared for each type, with the breakage at 7 and 28 days of curing; and, for the flexural tests at 28 days of curing, 12 beam cores were prepared; and finally, for the modulus of elasticity tests, 12 cylindrical cores were prepared to be tested at 28 days, with the same characteristics as for the previous tests.

From the results it is concluded that the addition of FF1 steel fibres, significantly influences the physical and mechanical properties of the cement-sand concrete, obtaining the best results with the additions of 15 and 25 kg/m³ of steel fibres, with values of relation a/c ratio=0.60, confirming the hypothesis.

Keywords: steel fibres, cement-sand concrete, Portland cement type GU, physical and mechanical properties of concrete.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes de estudio

Internacional

Usando una metodología combinada, con modo cualitativo, se realizó el “Análisis de la influencia del método de prueba y las propiedades de la adición de fibra de acero sobre el concreto bajo la tracción por flexión de tres puntos”. *“Al realizar el ensayo de tracción y flexión se verificó el comportamiento de slip-softening y slip-hardening, respectivamente, para menores y mayores índices de refuerzo y volúmenes teóricos. Al final se constató que el análisis de varianza del banco de datos indicó mayores valores de resistencia residual para la combinación del método de ensayo (RILEM), consistencia (plástica), especie (hookedend) y camino (colado en peine), cuando se hace la comparación por asociación cuádruple”*(9).

En un trabajo de investigación donde realizaron ensayos mecánicos para determinar la resistencia del concreto adicionándole fibras de acero al 4% y al 6%, las cuales remplazarán un porcentaje del peso del agregado fino de la mezcla, y comprándolo con un concreto convencional, se obtuvieron resultados que permitieron concluir que se percibe “un aumento considerable en la resistencia del concreto medido por cada uno de los ensayos realizados. Adicionalmente, las fibras de acero generaron la propiedad de la ductilidad, lo que permite que al momento de fallar se muestre como una deformación, mas no una falla explosiva” (10)

En su artículo “Propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras metálicas”, Caballero (2017), indica que la *“introducción de las fibras metálicas, ha hecho un gran aporte al concreto mejorando la capacidad deformable en soportes que están sometidos a esfuerzos importantes”* (11).

Citando fuentes en los que se indica rangos de proporciones para fabricación de concreto con fibras metálicas, aporte de otros autores, como:

Tabla 1. Rango de proporciones para fabricación de concreto con fibras metálicas.

Componentes de mezcla		Tamaño máximo de árido (mm)		
		10	20	40
Cemento		350-600	300-530	280-415
Agua/Cemento		0.35-0.45	0.35-0.50	0.35-0.55
Porcentaje de árido fino grueso		45-60	45-55	40-55
Porcentaje del contenido de aire		4-8	4-6	4-5
Porcentaje del contenido de fibras	Fibras deformadas	0.4-1.0	0.3-0.8	0.2-0.7
	Fibras lisas	0.8-2.0	0.6-1.6	0.4-1.4

Fuente: Mármol (2010) (12).

Por otro lado, Carrillo y Silva-Páramo (2016), realizaron “*Ensayos a flexión de losas de concreto sobre terreno reforzadas con fibras de acero*”, lo cual incluyó ensayos a flexión de ocho losas cuadradas de concreto de 600 mm de lado y 100 mm de espesor; seis losas con tres dosificaciones diferentes de fibra de acero (5, 9 y 18 kg/m³, dos losas para cada dosificación), y dos losas de concreto simple. Se realizaron ensayos en compresión, módulo de elasticidad, tensión indirecta y flexión, utilizando 36 especímenes en forma de cilindros y 12 especímenes en forma de vigas. Sus resultados demostraron que, a diferencia de la carga máxima, las deflexiones en las cargas máxima y última, y la tenacidad en la falla de las losas aumentaron significativamente a medida que se incrementó la dosificación de fibras de acero (13).

En ese mismo sentido, otros autores, decidieron “*Analizar el comportamiento del concreto simple y el concreto reforzado con adición de fibras de acero al 12 % y 14%, con el fin de conocer si existe una mejora en la capacidad de carga a la compresión*”. Sus resultados los llevo a comprobar que existe mejora en la resistencia a la compresión de los cilindros con fibra de acero con respecto a los cilindros sin fibra, notándose que la mezcla con adición del 14 % fue la más alta, obteniendo una resistencia promedio 24500 kg-f o de 4324

psi, superando en un 13,65 % la capacidad de resistencia a la compresión de la mezcla de concreto sin adición (14).

Nacional

Al analizar la influencia de la fibra de acero y aditivo plastificante en la resistencia a la compresión de un concreto convencional con dosificaciones de fibra de acero trabajado con 20 kg/m³ y 40 kg/m³, se elaboró el diseño de mezcla considerando los criterios de diseño para una resistencia a esfuerzo de compresión de 210 kg/cm², siguiendo la metodología del método ACI 211. Posteriormente se realizaron los ensayos de resistencia a la compresión, pudiendo así, evaluar y comparar el comportamiento de las distintas dosificaciones de fibra de acero reflejado en esta investigación. *“Determinando que el concreto a la edad de 7 días; tiene resistencia a la compresión promedio de 171.40 kg/cm² para el concreto patrón, una resistencia promedio de 181.00 kg/cm² para el concreto con adición de 20 kg/m³ de fibra de acero; y una resistencia promedio de 184.10 kg/cm² para el concreto con adición de 40 kg/m³ de fibra de acero. Para una edad de curado de 14 días; una resistencia a la compresión promedio de 198.20 kg/cm² para el concreto patrón, una resistencia promedio de 210.70 kg/cm² para el concreto con adición de 20 kg/m³ de fibra de acero; y una resistencia promedio de 211.60 kg/cm² para el concreto con adición de 40 kg/m³ de fibra de acero. Para una edad de curado de 28 días; una resistencia a la compresión promedio de 220.40 kg/cm² para el concreto patrón, una resistencia promedio de 230.60 kg/cm² para el concreto con adición de 20 kg/m³ de fibra de acero; y una resistencia promedio de 238.90 kg/cm² para el concreto con adición de 40 kg/m³ de fibra de acero. Obteniendo así una confianza mayor al 95%. Se concluye que se logró un incremento de la resistencia a la compresión del concreto que asciende en 4.63% (C.P + 20kg/m³) y 8.39% (C.P + 40 kg/m³), consecuentemente expreso una comprobada recomendación para el incremento de la resistencia a la compresión y evitar un concreto con deficiencias en su resistencia”* (15)

En un estudio que constaba con el objetivo de revisar diferentes investigaciones sobre la adición de fibras de acero en el concreto, con proveniencia de acero de neumáticos reciclados, se revisó 80 artículos de diferentes bases de datos. Después de discutir y analizar los resultados, los autores llegaron a la conclusión de que *“las fibras de acero de neumáticos reciclados causan efectos positivos en las características mecánicas del concreto”* (16).

De acuerdo con un estudio realizado en el año 2018 que buscaba determinar cómo influye la incorporación de fibras de acero en la mezcla de concreto. *“Se realizó la adición de fibras de acero en dosificaciones de 0.50%, 1.00% y 2.00% respecto al volumen del concreto, a fin de encontrar la dosificación óptima que mejore sus propiedades. Luego de las pruebas se pudo determinar que la dosificación de 2.00% es la ideal para el concreto usado en pavimentos”* (17).

1.2. Bases Teóricas

1.2.1. El concreto

Concreto, proviene del inglés concrete, (a su vez del latín concrētus, «agregado, condensado») u hormigón (de hormigo 'gachas de harina'), siendo un material compuesto empleado en construcción, formado esencialmente por un aglomerante al que se añade áridos (agregado), agua y aditivos específicos (18).

Mientras que, algunos refieren que el concreto es un material multicomponente (19) , otros hablan de su composición, mencionando que está formado por: agregados y pasta. La pasta, compuesta de cemento portland y agua, une a los agregados (arena y grava o piedra triturada) para formar una masa semejante a una roca (20).

En la Norma E.060 Concreto Armado se define al concreto como Mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos (21).

En este sentido, podemos decir que es una mezcla artificial, la pasta, resultante de la combinación química del material cementante con el agua, está compuesta de cemento portland y agua, una los agregados pétreos (arena: agregado fino y piedra chancada: agregado grueso), los cuales conforman el cuerpo del material, creando una masa que al endurecer forma una roca artificial (Ríos, 2011).

La pasta constituye la fase continua del concreto y los agregados la fase discontinua, pues éstos no se encuentran unidos y en contacto sino, se hallan separados por espesores diferentes de pasta endurecida.

En la actualidad, el concreto es el material de construcción más importante y de frecuente utilización en las grandes construcciones de infraestructura: complejos industriales, vías de comunicación y edificaciones en todo el mundo. Se pueden obtener concretos en un amplio rango de propiedades ajustando apropiadamente las proporciones de los materiales constitutivos, y/o utilizando agregados especiales (diversos agregados ligeros o pesados), aditivos (plastificantes, micro sílice, ceniza volante) (Nilson A.H. ,1999) (22).

1.2.2. El cemento

El cemento es un conglomerante, que su historia remonta a los tiempos del antiguo Egipto, seguido por griegos y romanos [...], aplicándose a todo tipo de producto o mezcla que presenta propiedades adhesivas, compuesto de una o varias sustancias capaces de endurecer al reaccionar con otros productos (agua en el caso de los cementos portland), a corto o largo plazo (23).

Se obtiene de la pulverización del Clinker (producto que es producido por la calcinación y fusión de materiales cálceos y arcillosos. (24). El agregado fino o arena debe ser durable, fuerte, limpio, duro y libre de materias impuras como polvo, limo, pizarra, álcalis y materias orgánicas (6).

1.2.3. Cemento Portland

Diversos autores afirman que el más conocido y el más utilizado de todos los cementos es el cemento portland (23).

Según afirma (25), Rivva López (1992), el cemento portland es el más usado y el más versátil de los materiales de construcción, permitiendo su uso en todo tipo de formas estructurales y en climas variados (25)

La Norma de Estructura, E.060 Concreto Armado – 2009, define al Cemento portland como *“un 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. El cemento por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire”* (21).

Este cemento debe cumplir los requisitos de composición química y propiedades físicas exigidos por la norma ASTM C150, mostrados en la sección 1, requisitos específicos Tabla 2, y opcionales Tabla 3 (26, p. 150). Presenta 8 tipos de designación:

“Tipo I: para cuando no se requieren propiedades especiales del cemento

Tipo II: de uso general con moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación.

Tipo III: de altas resistencias iniciales

Tipo IV: de bajo calor de hidratación

Tipo V de alta resistencia a los sulfatos

Tipos IA, IIA, y IIIA, con los mismos usos que los tipos I, II y III, pero con incorporador de aire” (26, 27).

Por otro lado, los materiales cementantes, los mismos que al ser incorporados al cemento portland (mezclas ternarias) presenta grandes ventajas, debido a que desarrolla excelentes propiedades mecánicas y características de larga durabilidad (6).

Otro autor, menciona que esta es una mezcla de caliza y arcilla artificial con una curva granulométrica de 0-150 μ y homogeneizada, que además tiene una proporción de arcilla al 20% estrictamente dosificada es decir la combinación del CaO. Se calcina a temperatura de Clinkerización comprendida entre los 1400°C y 1650°C (73) (28).

El cemento Portland Puzolánico es el cemento Portland que presenta un porcentaje adicionado de puzolana. (21, p. 60).

1.2.4. Agregados

Aquellos materiales que, aunque poseen resistencia propia y suficiente (resistencia al grano) no perturban ni afectan el proceso de endurecimiento del cemento, son llamados agregados (29).

En este sentido la NTP 400.037 2018 (30), define el agregado para concreto, como conjunto de partículas de origen natural o artificial que pueden ser tratadas o elaboradas y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la presente norma. Establece, además, los requisitos de granulometría y calidad de los agregados finos y gruesos para uso en concreto (30).

El agregado según diámetro de las partículas, se divide en agregados grueso y fino. Así mismo, su muestreo, es una operación fundamental en el proceso de control de calidad, se realiza según la NTP 400.010 (31), concordante con la Norma ASTM 702 (32).

Es preciso mencionar que para efectos de realización de este proyecto, mencionaremos que al no existir agregados grueso en la selva baja para la construcción de estructuras, se utiliza la mezcla de cemento, arena cuarzosa

blanca, (de granulometría uniforme y módulo de finura inferior a 2), agua y opcionalmente aditivos, cuyo material en la academia, para diferenciarlo del mortero de uso universalmente no estructural, se le conoce como “Concreto Cemento Arena” o simplemente “Concreto de Arena”. A sabiendas que el uso de este material para construcción de sistemas y elementos estructurales no está permitido, en las ciudades de Loreto se lo está usando como material estructural y para la determinación de las propiedades de la arena se viene empleando las disposiciones de la Norma Técnica Peruana NTP y Norma ASTM, como también las recomendaciones del ACI y ASOCCEM (33); (34); (35).

La (ASTM C33-03 2015) presenta los requisitos para clasificar los agregados gruesos y finos (36).

Agregado Fino:

La NTP 400.037, define al agregado fino como *“un conjunto de partículas proveniente de agentes naturales o artificiales. Para cumplir la condición de fino, debe pasar por el tamiz normalizado 9.5mm (9/8 pulg), así mismo debe quedar retenido en el tamiz normalizado 74 μ m (N° 200)”* (30).

Sin embargo, al 2004. Rivva L. afirma que puede ser arena natural, arena manufacturada, o una combinación de ambas; precisando como aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas (37), el cual pasa la malla de 3/8” (9.51mm) y cumple con los límites establecidos en la Norma (30, 36, p. 033).

Los agregados finos son materiales que, aunque poseen resistencia propia y suficiente (resistencia al grano) no perturban ni afectan el proceso de endurecimiento del cemento (29). Sin embargo, otras características tienen gran importancia en este material, como la humedad, resaltando que esta influye directamente en el diseño de mezcla (38).

Según, Rivva L. (2007), la granulometría es un elemento fundamental en la preparación del concreto, estando relacionado con la trabajabilidad del concreto

en estado fresco y en las propiedades del concreto endurecido, como la resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad (39).

El muestreo de los agregados es una operación fundamental en el proceso de control de calidad, se realiza según la Norma Técnica NTP 400.010 (31), concordante con la Norma ASTM C 702 (32).

Tabla 2. Requisitos para clasificar agregados gruesos y finos. ASTM C-33

N° A.S.T.M	TAMAÑO NOMINAL	% Que pasa por los tamices normalizados													
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37,5 mm	25 mm	19 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,75 mm	2,36 mm	1,18m m	300 µm
		4"	3 1/2"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº50
1	3 1/2" a 1 1/2"	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5						
2	2 1/2" a 1 1/2"			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5						
3	2" a 1"				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
357	2" a Nº4				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5			
4	1 1/2" a 3/4"					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5				
467	1 1/2" a Nº4					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5			
5	1" a 1/2"						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5				
56	1" a 3/8"						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5			
57	1" a Nº4						100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5		
6	3/4" a 3/8"							100	90 a 10	20 a 55	0 a 15	0 a 5			
67	3/4" a Nº4							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5		
7	1/2" a Nº4								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5		
8	3/8" a Nº8									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	
89	3/8" a Nº16									100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9 ^A	3/8" a Nº8										100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente: ASTM C33-03 (36).

Características del agregado fino:

Peso Unitario o Peso Aparente: (NTP 400.017), (ASTM C – 29).

Es el peso que alcanza un determinado volumen unitario, el cual se expresa en kg/m³. Su valor depende de condiciones intrínsecas de los agregados, tales como su forma, tamaño y granulometría y contenido de humedad; también depende de factores externos como el grado de compactación aplicado, el tamaño máximo del agregado en relación con el volumen del recipiente, la forma de consolidación, etc. Se identifican los dos tipos siguientes:

Peso Unitario Suelto (P.U.S.)

Es el peso unitario que se obtiene al llenar el recipiente en una sola capa y sin ninguna presión.

Peso Unitario Compactado o Varillado (P.U.C.)

Es el peso unitario que se obtiene cuando se ejerce presión (compactación) al llenar el recipiente en tres capas, dando 25 golpes en cada capa con una varilla de 5/8" y 60 cm de longitud y de extremo redondeado.

Peso Específico y Absorción Agregados Finos: (NTP 400.022), (ASTM C-128)

El peso específico, gravedad específica o densidad real es la relación entre el peso del material y su volumen. Su diferencia con el peso unitario está en que este no toma en cuenta el volumen que ocupan los vacíos del material. El peso específico de las arenas varía entre 2.5 y 2.7 g/cm³; las arenas húmedas con igual volumen aparente, pesan menos que las secas debido a que recubren de una película de agua que la hace ocupar mayor volumen. El volumen de huecos de una arena natural oscila entre un mínimo de 26% para las arenas de granos uniformes y hasta de 55% para las de granos finos (Benites, 2011).

Su valor se toma en cuenta para realizar la dosificación de la mezcla, así como para verificar que el agregado corresponda al material de peso normal. Según Ari (2002), en esta definición se toma en cuenta tres relaciones a usar:

- a) **Peso Específico de Masa (PE_{masa}):** Relación entre el peso de la masa del agregado y el volumen total (incluyendo los poros permeables e impermeables, naturales del material).
- b) **Peso Específico de Masa Saturado- Superficialmente Seco (PE_{sse}):** Relación entre el peso de la masa del agregado saturado superficialmente seco y el volumen mismo.
- c) **Peso Específico Aparente ($PE_{aparente}$):** Relación entre el peso de la masa del agregado y el volumen impermeable de la masa del mismo.

Porcentaje de Absorción:

Diferencia en el peso del agregado fino superficialmente seco y el peso del material secado al horno a 100 -110°C por un periodo de 24 horas, dividido entre el peso seco y todo multiplicado por 100.

Físicamente, es la capacidad del agregado fino de absorber el agua en contacto con éste. Al igual que el contenido de humedad, esta propiedad influye en la cantidad de agua para la relación agua/cemento en el concreto.

Contenido de Humedad: (NTP 339.185), (ASTM C-566)

Diferencia entre el peso del agregado fino natural y el peso del agregado secado en horno a 100 - 110 °C por un periodo de 24 horas, multiplicado por 100. Físicamente es la cantidad de agua que contiene el agregado fino.

Granulometría del Agregado Fino (NTP 400.012)

Ésta se refiere a la distribución de las partículas de arena. El análisis granulométrico divide la muestra en fracciones de granos de arena del mismo

tamaño, según la abertura de los tamices utilizados: N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200 de la serie Tyler; correspondiendo a la fracción que pasa la N° 200 la que tiene trascendencia entre el agregado y la pasta, por afectar a la resistencia. La granulometría deberá ser preferentemente continua, con valores retenidos en las mallas entre la N° 4 y la 100 de la serie Tyler; y, no debiéndose retener más del 45 % en dos tamices consecutivos cualesquiera.

La calidad del concreto depende básicamente de las propiedades del mortero, especialmente de la granulometría y otras características de la arena; y, como no se puede modificar la granulometría de la arena a diferencia de lo que sucede con el agregado grueso, que se puede cribar y almacenar separadamente sin dificultad, la atención principal, entonces, se dirige al control de su homogeneidad (Ari, 2002). El ensayo de granulometría del agregado fino se efectuará bajo la Norma Técnica NTP 400.012.

Los límites de distribución granulométrica según la Norma Técnica NTP 400.037 y la Norma ASTM C – 33, se muestra en la tabla siguiente:

Malla	Porcentaje que pasa
9.5 mm (3/8 – in)	100
4.75 mm (N° 4)	95 a 100
2.36 mm (N° 8)	80 a 100
1.18mm (N° 16)	50 a 85
600 µm (N° 30)	25 a 60
300 µm (N° 50)	10 a 30
150 µm (N° 100)	2 a 10

Fuente: ASTM C33-03 (36).

Módulo de Finura: (Norma NTP. 400.011)

Índice aproximado que representa el tamaño promedio de las partículas de la muestra de arena; se usa para controlar la uniformidad de los agregados. Según la Norma Técnica NTP.400.011 se calcula como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas: N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 dividido entre 100.

En la interpretación del módulo de finura, se estima que las arenas comprendidas entre los módulos 2.2 y 2.8 producen concretos de buena *trabajabilidad* y reduce segregación y que las que se encuentran entre 2.8 y 3.2 son las más favorables para los concretos de alta resistencia; además, la norma establece que la arena debe tener un Módulo de Finura no menor de 2.35 ni mayor que 3.15 (Ari, 2002). Según la Norma Técnica NTP 400.011, se considera que el módulo de finura de una arena adecuada para producir concreto debe estar entre 2.3 y 3.1, donde un valor menor que 2.0 indica una arena fina, 2.5 una arena de finura media y más de 3.0 una arena gruesa. De acuerdo a la ASOCEM, en la apreciación del módulo de finura, se estiman que las arenas comprendidas entre los módulos 2.2 y 2.8 producen concretos de buena *trabajabilidad* y reducida segregación; y las que se encuentran entre 2.8 y 3.2 son las más favorables para los concretos de alta resistencia (Benites, 2011).

Superficie Específica:

Es la suma de las áreas superficiales de las partículas del agregado fino por unidad de peso; en su determinación se consideran dos supuestos: que todas las partículas son esféricas y que el tamaño medio de las partículas que pasan por un tamiz y quedan retenidas en el otro es igual al promedio de las aberturas.

Material que pasa la malla N° 200: (NTP 400.018), (ASTM C-117)

Material constituido por arcilla y limo que se presenta recubriendo el agregado grueso o en forma de partículas sueltas mezclado con la arena. En el primer caso, afecta la adherencia del agregado y la pasta, en el segundo, incrementa los requerimientos de agua de mezcla; en consecuencia, el ensayo permite determinar, en porcentaje, la cantidad de materiales finos que se pueden presentar en el agregado pétreo.

La ASTM C-33 establece límites para las sustancias perjudiciales; así, por ejemplo, con relación al material más fino que pasa la malla N° 200 indica que éste tiene trascendencia entre el agregado y la pasta, afectando la resistencia; por otro lado, las mezclas requieren una mayor cantidad de agua, por lo que se acostumbra limitarlos entre el 3% al 5%, aunque valores superiores hasta del orden del 7% no necesariamente causarán un efecto pernicioso notable que no pueda contrarrestarse mejorando el diseño de mezclas, bajando la relación agua/cemento y/o optimizando la granulometría (Benites, 2011).

La Norma Técnica NTP 400.018 establece el procedimiento para determinar por vía húmeda el contenido de polvo o material que pasa por el tamiz normalizado de 75 µm (N° 200), en el agregado emplearse en la elaboración de concretos y morteros. Las partículas de arcilla y otras partículas de agregado que son dispersadas por el agua, así como los materiales solubles en agua, serán removidas del agregado durante el ensayo.

$$\% \text{ que pasa la malla N}^{\circ}200 = \frac{\text{peso de la muestra lavada y secada}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

Fibras de acero

En los últimos años se ha incrementado el uso de diferentes tipos de concretos en la búsqueda de obtener una mayor resistencia a tracción y una mejor durabilidad [...] presentándose como alternativa, el uso de fibras de acero en la masa del concreto (11).

Sin embargo, las fibras se vienen empelando como refuerzo, hace ya 4000 años, con el objetivo de mejorar propiedades mecánicas, usado como adición en un concreto(8). El ACI 116R-00, indica que el concreto reforzado con fibras es un conglomerado hidráulico (40).

Características que proporcionan las fibras de acero:

Tal como se menciona en el “Comportamiento de pilares esbeltos de hormigón de resistencia normal reforzado con fibras de acero bajo cargas cíclicas” (41), por Caballero Morrison y Bonet.

- Estas forman puente entre áridos gruesos, permitiendo el control de fisuras, haciendo que el concreto adquiera un comportamiento dúctil después de producirse una fisura inicial, evitando la fractura frágil.
- Aumenta su capacidad portante al mejorar resistencia a la tracción, flexión y corte.
- Proporcionan una capacidad adicional de resistencia, debido a la redistribución del momento plástico en caso de solicitaciones localizadas

1.2.5. Diseño de mezcla

“El Diseño y Control de Mezclas de Concreto es la principal referencia de la tecnología de concreto de la industria de cemento y concreto desde su primera edición en los años 20. En 2002, se ha publicado la decimocuarta edición, totalmente revisada, para reflejar las informaciones más actualizadas sobre normas, especificaciones y métodos de ensayo de la Sociedad Americana de Ensayos y Materiales (ASTM), la Asociación Americana de los Funcionarios de las Autopistas Estatales y del Transporte (AASHTO) y el Instituto Americano del Concreto” (ACI) (20)

El diseño de mezclas incluye, entre otras, la determinación del peso unitario (densidad), rendimiento de materiales y contenido de aire.

Se basa en ciertos criterios en los que intervienen la relación arena / piedra y las relaciones agua/cemento; siendo necesario contar con información de las propiedades de los agregados fino y grueso, siguientes: granulometría, peso específico, contenido de humedad, porcentaje de absorción, peso unitario suelto, peso unitario compactado, módulo de finura, tamaño nominal máximo (del agregado grueso).

Método de mezclado

El proceso de mezclado de los diseños de mezcla será el siguiente:

- Se humedecerá la mezcladora, de capacidad de 40 litros.
- El agua de mezclado se dividirá en dos partes: la primera parte, en un litro y la segunda parte, el agua restante que será añadida al inicio de la mezcla.
- Luego, se incorporará la piedra y en seguida se le dará un número de cinco revoluciones a la mezcladora.
- Seguidamente se añadirá la arena con el cemento, tapando la boca de la mezcladora para evitar pérdida de material, se dejará mezclando los materiales durante un minuto.
- Después del periodo de mezcla de los materiales, se observará la condición de la mezcla resultante, como ésta se encuentra en una condición seca y se le irá añadiendo el agua restante del litro de agua separada inicialmente, incorporándola poco a poco durante el periodo de mezclado.
- El periodo de mezclado comprenderá 5 minutos para todos los diseños de mezcla.

1.2.6. Propiedades del concreto en estado fresco

Peso unitario: (N.T.P. 339.046), (ASTM C – 138)

Es el peso varillado por unidad de volumen de una muestra representativa de concreto. Se expresa en kg/m³. Depende del tipo de agregado empleado, resultando de ello concretos livianos, normales y pesados, cuando el peso unitario está entre 400 a 1700, 1800 a 2500 y mayor de 2500 kg/m³, respectivamente. Se emplea principalmente para comprobar el rendimiento de la mezcla, al comparar el peso unitario del diseño con el real de obra.

El ensayo del peso unitario determina el grado de densidad del concreto. El peso unitario de una mezcla depende del tipo de agregado empleado, si se utilizan agregados gruesos se alcanzan valores de peso unitario de hasta 5200 kg/m³.

Consistencia: (NTP 339.035), (ASTM C - 143)

La consistencia del concreto fresco es la capacidad de la masa de concreto para adaptarse al encofrado o molde con facilidad, manteniéndose homogéneo con un mínimo de vacíos. La consistencia se modifica fundamentalmente por la variación del contenido de agua en la mezcla.

En los concretos bien proporcionados, el contenido de agua necesario para producir un asentamiento determinado depende de varios factores; se requiere más agua con agregados de forma angular y textura rugosa, reduciéndose su contenido al incrementarse el tamaño máximo del agregado.

El ensayo para medir la consistencia del concreto se denomina ensayo slump y consiste en consolidar una muestra de concreto fresco en un molde troncocónico (Cono de Abrams), midiendo el asentamiento de la mezcla luego de desmoldado (Ari, 2002).

Contenido de Aire: (NTP 339.046)

El ensayo de contenido de aire se realiza para determinar qué cantidad de vacíos tiene internamente el concreto en toda su masa. Cuanto más aire tenga internamente la resistencia del concreto en la compresión disminuye.

Exudación (NTP 339.077)

Es la propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y sube hacia la superficie del concreto. El fenómeno está gobernado por las leyes físicas del flujo, de un líquido en un sistema capilar, antes que el efecto

de la viscosidad y la diferencia de densidades del agua y la masa plástica del concreto.

La exudación se produce inevitablemente en el concreto, pues es una propiedad inherente a su estructura, luego la importancia es evaluarla y controlarla en cuanto a los efectos negativos que pudiera tener. Se expresa en porcentaje.

Está influenciada por la cantidad de finos en los agregados y la finura del cemento, por lo que cuanto más fino es la moliendo de éste y mayor sea el porcentaje de material menor que la malla N° 100 la exudación será menor, pues retiene el agua de mezcla (Ari, 2002).

1.2.7. Propiedades del concreto endurecido

Resistencia a la Compresión: (NTP 339.034)

Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos de compresión; depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, expresada en términos de relación agua /cemento en peso.

A esta característica mecánica afectan además los mismos factores que influyen en las características resistentes de la pasta, como son la temperatura y el tiempo, aunados a un elemento adicional constituido por la calidad de los agregados, que constituyen complemento de la estructura del concreto; y, el curado que es el complemento del proceso de hidratación, permite el desarrollo o alcance de las características del concreto.

Resistencia a la flexión en viga (ASTM C 78)

La resistencia a la flexión en viga es una forma de medida de la resistencia a la tracción del concreto. Mide la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada. Se mide mediante la aplicación de cargas a vigas de concreto de 6x6 pulgadas (150 x 150 mm) de sección transversal y con luz como mínimo tres veces el espesor.

La resistencia a la flexión, se expresa como el Módulo de Rotura (MR) en este caso se expresa en libras por pulgada cuadrada (MPa) y es determinada mediante los métodos de ensayo ASTM C78 (cargada en los puntos tercios) o ASTM C293 (cargada en el punto medio); siendo menores hasta en un 15% los valores determinados cuando la viga es cargada en los puntos tercios que cuando se determina cargada en el punto medio (National Ready Mixed Concrete Association, 2016).

Módulo de Elasticidad Estático (Norma ASTM C 469-94)

El módulo elástico es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente. Definida como la relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente, para esfuerzos de tracción o compresión menores que el límite de proporcionalidad del concreto. Se emplea en el cálculo de la rigidez de los elementos estructurales.

El concreto no es un material elástico, no tiene un comportamiento lineal en ningún tramo de su diagrama de carga Vs deformación en compresión; sin embargo, convencionalmente se acostumbra definir un “Modulo de Elasticidad Estático” del Concreto, mediante una recta tangente a la parte inicial del diagrama o una recta secante que une el origen del diagrama con un punto establecido, que normalmente es un porcentaje de la tensión última.

Los valores de **E** normalmente oscilan entre 280 000 a 350 000 kg/cm² y están en relación directa con la resistencia en compresión del concreto y a la relación agua/cemento, pero siempre las mezclas más ricas en cemento tienen modelos de elasticidad mayores y también mayor capacidad de deformación.

En general a mayor resistencia del concreto y mayor densidad se tiende a obtener mayor módulo de elasticidad, sin embargo, dependiendo de los componentes y dosificación del concreto o mortero los valores pueden diferir de manera apreciable (Quimbay, 2014).

Entre las características que influyen en la respuesta sísmica de una estructura están: el peso volumétrico del concreto, el módulo de elasticidad (que es determinante en la rigidez lateral de la estructura y en su periodo natural de vibración), la forma de la curva esfuerzo - deformación del concreto, la ductilidad del comportamiento y la forma de los lazos de histéresis (define el amortiguamiento inelástico con que puede contarse) (Bazán y Meli, 2001).

Resistencia a la Tracción por compresión diametral (NTP 339.084)

Este ensayo consiste en aplicar la fuerza de compresión a lo largo de un espécimen cilíndrico de concreto hasta que este falle por la longitud de su diámetro. Esta carga induce esfuerzos de tensión en el plano donde se aplica y esfuerzos a la compresión en el área donde la carga es aplicada. Por lo tanto, la falla de tracción ocurre antes que la falla de compresión debido a que las áreas de aplicación de la carga se encuentran en un estado de compresión triaxial a lo largo de todo el espécimen de concreto, permitiendo de esta manera resistir al espécimen de concreto mucho mayor esfuerzo a la compresión que el obtenido por un esfuerzo a la compresión uniaxial dando paso a la falla por tracción a lo largo del espécimen de concreto.

$$T = \frac{2P}{\pi * L * D} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$$

donde:

T = Resistencia a la tracción por compresión diametral (kg/cm²)

P = Carga registrada (KN)-convertida en Kg-f

L = Longitud de la probeta (cm)

D = Diámetro de la probeta (cm)

1.3. Definición de términos básicos

CONCRETO REFORZADO CON FIBRA (FRC): Concreto que incluyen en su composición fibras cortas, discretas y aleatoriamente distribuidas en su masa.

DISEÑO FACTORIAL GENERAL: Los diseños factoriales se utilizan para "cribar" o tamizar el proceso, esto es, determinar por primera vez que factores de los que hemos incluido en el diseño, son relevantes para el proceso. Dentro de los arreglos factoriales, existen varios tipos (Reyes, 1997):

- El factorial general
- El factorial 3^k
- El factorial 2^k
- El Central Compuesto
- Diseños Plackett-Burman
- Diseños Box-Behnken

CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Descripción de Problema

La síntesis de este trabajo se remarca en la necesidad de mejora en la construcción, en unos de los materiales principales y más utilizados, como lo resalta Mobasher (2014), *“El concreto es el material de construcción más utilizado en todo el mundo; por lo tanto, existe una demanda asombrosa para su utilización”* (1,p.73).

Algunos investigadores, tratan de ser más discretos sobre la importancia del concreto en la industria de la construcción, como Jaimes, García y Rondón (2020, (2)), quienes indican que *“Es fácil suponer que el concreto es tan básico como cualquier cosa, pero en un análisis más a detalle se podrá evidenciar que el concreto es un compuesto con el cual se puede jugar y experimentar para cumplir diferentes tareas y objetivos”*. (2, p.1).

En este sentido, Solano Ortega (2012), indica que *“Un alto porcentaje del peso y volumen del concreto lo constituyen los agregados (75-80%), elementos que influyen en la calidad y costo del concreto”* (3, p.7).

En un reporte de ASOCEM el año 2018, indican que el *“Perú se encuentra ocupando, desde el 2015, el puesto 35 en el consumo mundial de cemento. En el 2013, alcanzó a ocupar el puesto 33 y en el 2014, el puesto 34”*.(4, p.8), sin embargo *“En mayo 2022 la producción de cemento aumentó 7% y se estima que el despacho nacional de cemento creció 5% respecto a mayo 2021”*(5, p.3).

La historia nos comprueba que el hombre ha ido modificando los elementos y materiales que logren contribuir a la mejora de su condición de vida. Si cronológicamente analizamos su historia, desde su primera aplicación en Roma

(6), evidenciamos la evolución de la fabricación del concreto hasta la actualidad con innovaciones que lo hacen un material de investigación constante.

A los años 1878, el asbesto fue aplicado en diversas industrias, *“su baja conductividad térmica y eléctrica, su inercia química, su alta resistencia a la tensión y su completa afinidad al cemento, determinaran su extensa gama de aplicaciones industriales”* (7, p.2).

En tiempos recientes, las industrias de la producción de materiales de construcción optaron por usar fibras en los diversos productos como cerámicos, plásticos, cementos y otros, con el fin de mejorar las propiedades tales como la resistencia a la tracción, a la compresión, mejor comportamiento ante el impacto, control de fisuras entre otros. Este proceso no fue ajeno al concreto, por lo que se viene investigando los valores obtenidos y efectos en sus propiedades, aunque *“Las fibras como refuerzo se vienen empleando hace ya 4000 años como adición para mejorar propiedades mecánicas”* (8).

Por esta razón, como contribución a estas investigaciones, se desarrolla este proyecto, con la finalidad de aportar a conocer sus propiedades si se elabora concreto con arena de la ciudad de Iquitos, los cuales cuentan con los valores mínimos de módulos de fineza y su adición de fibras de acero, a desarrollarse en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la Universidad Científica del Perú, Sede Iquitos.

2.2. Formulación del Problema.

2.2.1. Problema general

¿Cómo influye la adición de fibras de acero wirand FF1 en las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento – arena?

2.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el diseño de mezcla de concreto cemento – arena, sin la adición de fibras de acero, para lograr un concreto patrón de resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$?
- ¿Cuáles son los valores de las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento-arena, sin la adición de fibras de acero, para lograr un concreto patrón de resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$?
- ¿Qué relación existe entre las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento – arena, con la adición de fibras de acero, para lograr una resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$?
- ¿Qué diferencia existe entre la relación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento – arena patrón (sin fibras metálicas) y con fibras de acero, con resistencia a la compresión de diseño $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$?

2.3. Objetivos

2.3.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la adición de fibras de acero wirand FF1 en las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento – arena.

2.3.2. Objetivos específicos

- Determinar los valores de diseño de mezcla de concreto cemento – arena, sin la adición de fibras de acero, para lograr un concreto patrón de resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- Determinar los valores de las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento-arena, sin la adición de fibras de acero, para lograr un concreto patrón de resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- Analizar la relación que existe entre las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento – arena, con la adición de fibras de acero, para lograr una resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Evaluar la diferencia que existe entre la relación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento – arena patrón (sin fibras metálicas) y con fibras de acero, fabricados para resistencia a la compresión de diseño $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

2.4. Justificación de la Investigación

La investigación ha quedado justificada desde puntos de vista tecnológico, económico, social y ambiental, como se describe a continuación:

Todo proceso de construcción de infraestructura requiere, entre otros aspectos, un riguroso control de la calidad de los materiales utilizados para garantizar que las resistencias y los comportamientos del material considerados en el diseño sean los que se mantengan en la obra.

Durante el colocado del concreto en obra se verifica las propiedades físicas del concreto fresco en relación con la capacidad a alcanzar que se previó en el diseño, para lo cual se fabrican, durante la preparación del concreto, especímenes cilíndricos y prismáticos según la Norma ASTM C31 con el fin de obtener la resistencia a compresión y el módulo de ruptura del concreto utilizado.

De acuerdo con los lineamientos que establece el Instituto Americano del Concreto (Comité ACI 318-05), en la Sección 5.6.5, en caso que se confirme algún comportamiento inadecuado del material en cuanto a los parámetros mencionados anteriormente, se procede entonces a realizar pruebas en el sitio por medio de la extracción de núcleos de concreto (ASTM C42) para asegurarse que no se pone en peligro la capacidad de carga de la estructura (Moya y Navas, 2007).

La problemática que envuelve estos procedimientos de control en obra, corresponde al hecho de que no existe en nuestro país una norma que regule el diseño de mezclas de concreto cemento – arena que comúnmente se lo denominaría “mortero estructural”, tampoco existen estudios que permitan establecer una correlación, sustentada en pruebas de laboratorio, entre los resultados obtenidos de cilindros patrón y núcleos de concreto cemento – arena que se podrían extraer directamente del concreto endurecido de una obra, concreto – éste-, que en algunos casos no alcanza la resistencia del diseño y en otras veces sobrepasa la resistencia a la compresión de 210kg/cm² que va en contra de su desempeño.

Por otro lado, la necesidad de conocer el módulo de ruptura de un concreto ya endurecido en obra requiere de pruebas a flexión de vigas aserradas en el sitio, esto es en algunos casos imposible, debido a la presencia de barras de acero o espesores insuficientes de losas que impiden extraer un espécimen que permita reproducir las condiciones de falla de vigas patrón (ASTM C42)”; situaciones semejantes, en el caso de Costa Rica, indujeron a Moya y Navas (2007) para resolver esta problemática plantearse el objetivo general siguiente: “Establecer, mediante pruebas de laboratorio, correlaciones de resistencia a la compresión y módulo de ruptura de distintas mezclas de concreto, comparando cilindros y vigas patrón con ensayos en núcleos y vigas extraídas en campo” (Moya y Navas, 2007).

Tomando en cuenta que, en la Selva Baja peruana no existe piedra natural para obtener agregado grueso (piedra chancada), el diseño de mezclas de concreto cemento – arena al cual comúnmente se le conoce como “mortero estructural”, que es forzado con el mayor uso de cemento para alcanzar una resistencia mínima de $f'c = 210\text{kg/cm}^2$, no toma en cuenta los efectos del mayor consumo de cemento y el uso solamente de arena en las mezclas afecta otras propiedades mecánicas fundamentales del concreto, como el Módulo Elástico (E_c) y el Módulo de Ruptura (M_r), los que se utilizan por la mayoría de métodos de diseño de pavimentos de concreto hidráulico para obtener los espesores de la estructura del pavimento; y, como tampoco existen estudios que permitan establecer una relación, sustentada en pruebas de laboratorio, entre estos dos módulos se ha tomado a bien el estudio amplio y detallado de estos factores, con el objetivo de generar mayor confianza y economía al emplear concreto cemento – arena y así obtener la relación matemática local que vincule sus módulos de ruptura y de elasticidad, pues, actualmente, para el diseño estructural de pavimentos la relación E_c - M_r se fundamenta en documentos extranjeros como: La Asociación Americana de Transporte y Carreteras Oficiales (ASSHTO, publicación de 1993), Asociación del Cemento Pórtland (PCA) y el

Instituto Americano del Cemento (ACI), auxiliándose de las Normas Americanas para Pruebas de Materiales (conocida por sus siglas en inglés como ASTM), entre otras (Mendoza, Molina y Moya, 2004). Para obtener dicha relación, se llevarán a cabo pruebas de laboratorios en especímenes elaborados con proporciones de mezcla de agua, cemento y solamente arena agregándose cierta dosificación de fibras metálicas FF1.

En nuestro país, según nuestros reglamentos, para la construcción de pistas y calles urbanas se ha previsto el uso de concreto tradicional mínimo de 210 kg/cm² de resistencia a la compresión (concreto elaborado utilizando piedra chancada y arena de módulo de fineza muy superior al de nuestras arenas), la cual en la Amazonía, por la inexistencia de agregado grueso y el uso solamente de la arena, se alcanza al utilizar en promedio un consumo de cemento de aproximadamente 13 bolsas/m³, aunque vaya en detrimento de otras propiedades mecánicas e incremente los costos por m³ al emplear cinco (5) bolsas de cemento adicional en su preparación. Este mayor uso de cemento/m³, asimismo, contribuye negativamente en el deterioro ambiental, pues porque el concreto usado es más frágil, las obras tienen menor duración.

Los resultados de la investigación podrán ser tomadas en cuenta por las autoridades regional y locales para elaborar un Plan de Explotación Sostenible de las canteras de arena cuarzosa blanca del área de influencia de la carretera Iquitos – Nauta, por ello, consideramos de gran importancia realizarla, y así obtener resultados aproximados y/o exactos, a partir de datos reales de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales, para elaborar los proyectos futuros, pues actualmente los proyectistas elaboran sus diseños utilizando los valores referenciales, entre otras, del módulo elástico del concreto, del módulo de ruptura, señaladas en el Reglamento Nacional de Edificaciones que

son propias del concreto elaborado con agregado grueso y agregado fino de distinta procedencia.

En la ciudad de Iquitos y otras ciudades capitales de provincia y distrito, las calles presentan patologías cuyo origen a investigarse dependen de las características mecánicas y calidad del concreto cemento – arena usado; por lo que se hace necesaria la intervención de la Academia, para determinar con certeza esa etiología. Es por esto que, siguiendo las líneas de investigación de la Universidad Científica del Perú – Programa de Ingeniería Civil, en el Área de Construcción, Línea de Tecnología de los Materiales de Construcción, se decidió incursionar en esta investigación, en la cual se estudiarán las propiedades físicas y mecánicas y el comportamiento de un concreto elaborado a base de cemento, arena blanca cuarzosa de Iquitos y cierta dosificación de fibras metálicas wirand FF1, proyectándonos alcanzar resistencias no menores a los 210kg/cm², sin usar piedra chancada como agregado grueso.

2.5. Alcances y Limitaciones

Temática: la investigación se circunscribe al estudio del concreto y los agregados como componentes de la mezcla y los ensayos de laboratorio para determinar las propiedades físicas y mecánicas, específicamente en la elaboración de un diseño de mezcla de concreto experimental donde se sustituye la totalidad de piedra chancada por arena cuarzosa blanca de la cantera Irina, carretera Iquitos – Nauta (concreto cemento – arena) al cual se le agrega dosificaciones de fibra de acero wirand FF1 (15kg/m³, 25kg/m³ y 35kg/m³), buscando optimizar las propiedades físicas y mecánicas de este tipo de concreto en estado blando y estado endurecido, respectivamente, para su uso en la construcción de pavimentos rígidos, en los que se requiere mejorar su comportamiento frente a esfuerzos y deformaciones provenientes de sollicitaciones de flexotracción.

Geografía: el lugar de estudio se circunscribe a la ciudad Metropolitana de Iquitos, donde se construye con concreto cemento-arena, por no existir agregado grueso. Es decir, se usa solamente arena fina, proveniente de las canteras del área de influencia de la carretera Iquitos- Nauta, distrito de San Juan Bautista de donde procede la arena cuarzosa blanca a utilizarse; y, los ensayos se realizarán en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayos de Materiales de la Universidad Científica del Perú. Sede Iquitos.

Limitaciones: El concreto cemento- arena, se trabajará con tres dosificaciones de fibra de acero wirand FF1 15kg/m³, 25kg/m³ y 35kg/m³, (ensayos experimentales previos para determinar la cantidad óptima de fibras y la intervención también óptima de adición de aditivos: incorporador de aire y superplastificante, ya que la efectividad de estos componentes al combinarse con arena fina en ausencia total de agregado grueso y adición de fibras metálicas es desconocida), para alcanzar el diseño óptimo del concreto cemento-arena SFRC ante la sustitución total del agregado grueso por arena cuarzosa blanca de la cantera Irina, carretera Iquitos – Nauta. Los ensayos de rotura para la determinación de la resistencia a la compresión y a la tracción se efectuarán a los siete (7) y veintiocho (días); el ensayo a la flexión en viga y el módulo elástico se efectuarán cuando la edad del concreto cemento – arena cumpla veintiocho (28) días.

Para el diseño del concreto tradicional (agregado grueso, agregado fino, cemento, agua) al que se le va a reforzar con fibras, se tiene la Norma ACI-544. En consecuencia, para el diseño se tomará en cuenta el procedimiento del ACI-211 y se lo reajustará considerando las cantidades señaladas en los rangos del ACI- 544.

Los ensayos de laboratorio se realizarán en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayos de Materiales de la Universidad Científica del Perú. Sede Iquitos.

2.6. Hipótesis de trabajo

“La inclusión de fibras metálicas Wirand® FF1 en la elaboración del concreto cemento-arena influyen significativamente en las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento-arena”.

Para la prueba estadística de la Hipótesis se plantea:

- **Hipótesis Nula (Ho):** El empleo de fibras de acero Wirand® FF1 no influye significativamente en el comportamiento del concreto cemento-arena elaborado con arena de la cantera Irina, carretera Iquitos – Nauta, en el distrito de San Juan Bautista.
- **Hipótesis Alterna (H1):** El empleo de fibras de acero Wirand® FF1 influye significativamente en el comportamiento del concreto cemento-arena elaborado con arena de la cantera Irina, carretera Iquitos – Nauta, en el distrito de San Juan Bautista.

2.7. Variables

2.7.1. Identificación de variables

Variable independiente:

X₁: Adición en diferentes proporciones de fibra de acero Wirand® FF1

Variable dependiente:

Y₁: Propiedades en estado fresco y endurecido de Concreto cemento arena

2.7.2. Operacionalización de Variables e Indicadores

Tabla 3. Operacionalización de Variables e indicadores

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Indicadores
X ₁	Fibras de acero Wirand FF1	Fibras de acero Wirand FF1: elemento de adición al concreto hidráulico.	Adición de fibra Diseño óptimo de mezcla de concreto cemento-arena patrón (dosificación sin fibras metálicas). Diseño óptimo de mezcla de concreto cemento-arena reforzado con fibras de acero (SFRC).
Y ₁	Arena fina.	Árido de tamaño máximo de partícula 3mm, granulometría y forma determinadas.	Peso específico, Absorción, Módulo de finura, Peso volumétrico suelto, Peso volumétrico varillado.
	Cemento Portland Tipo I	Cemento Amazónico: características propias.	
	Agua	Dosificación óptima de agua y cemento.	Relación agua/cemento
Y ₁	Propiedades físicas óptimas del concreto cemento-arena	Concreto cemento - arena patrón en estado fresco.	Ensayos de concreto cemento - arena patrón en estado fresco.
		Concreto cemento - arena con fibras de acero (SFRC) en estado fresco.	Ensayos de concreto cemento - arena con fibras de acero en estado fresco.
	Mejora de comportamiento mecánico del concreto cemento-arena.	Mejora del comportamiento mecánico del concreto cemento-arena: Resultado obtenido generando un comportamiento mecánico del concreto cemento-arena más favorable y satisfactorio para esfuerzos y deformaciones a flexión.	Estudio del concreto patrón (dosificación sin fibras metálicas) y concreto reforzado con fibras de acero (SFRC): - Ensayos de resistencia a la compresión axial (f _c). - Ensayos de resistencia estática a la flexión o módulo de rotura (m _r). - Módulo elástico. - Ensayo de resistencia a la Tracción.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de la investigación

3.1.1. Tipo de Investigación

El presente proyecto de investigación es de tipo experimental, porque será utilizada para descubrir las propiedades físicas y mecánicas de concreto cemento - arena, con adición de fibras metálicas Wirand® FF1 FF1.

3.1.2. Diseño de la Investigación

La investigación pertenece al diseño Diseñó de post prueba únicamente y grupo de control. Grupos Aleatorios. Esquema

G_E	X	O_1
G_C	-	O_2

Donde:

G_E : Grupo experimental

G_C : Grupo control

X : Experimentos o tratamientos en la V.I. (G_E)

O_1 : Medición a Grupo Experimental G_E (V.D.)

O_2 : Medición a Grupo de Control G_C (V.D.)

3.2. Población y Muestra

- **Población:** Para nuestra investigación la población estará constituida por el concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sin la adición de fibra metálica Wirand® FF1 y el concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de la fibra metálica Wirand® FF1 de obras en ejecución denominadas "Construcción de pistas en la ciudad metropolitana de Iquitos".
- **Muestra:** Subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible.

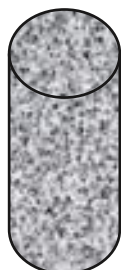
En nuestro caso la muestra estuvo conformada por probetas cilíndricas y prismáticas de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, 140 especímenes cilíndricos

incluyendo concreto patrón (dosificación sin fibra metálicas) y 12 especímenes tipo viga, como se detalla a continuación en la relación de los ensayos correspondientes.

Para la investigación experimental (confección de especímenes, desarrollo del ensayo experimental y la recopilación de datos) se utilizaron las metodologías de ensayo: ASTM C39 "método de ensayo normalizado para resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto" y ASTM C78 (cargada en los puntos tercios) que consiste en ensayar una probeta de sección prismática de 15 cm. x 15 cm. x 50 cm., apoyándola sobre dos soportes rotulados separados 45 cm. y aplicando carga a los tercios de la luz libre (a 15 cm. de cada extremo) falladas a flexión. En ambos casos serán ensayados a diferentes edades en días 7 y 28 respectivamente.

Muestra:

Muestra patrón: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$



Unidad: 15x.15x.50

Muestra Patrón		
Dosificación	Unidad	Días
Sin fibra	9	7
	9	14
	9	28
Total	27	

Muestra Patrón- R. Compresión		
Dosificación	Unidad	Días
Con fibra	9	7
	9	14
	9	28
Total	27	

Muestra Patrón- R. Flexión		
Dosificación	Unidad	Días
Con fibra	9	7
	9	14
	9	28
Total	27	

Muestra Patrón- M. Elasticidad Estático		
Dosificación	Unidad	Días
Con fibra	9	7
	9	14
	9	28
Total	27	

Total, de muestras: 140 probetas.

3.3. Técnicas, Instrumentos y Procedimientos de Recolección de Datos-

Técnicas:

Las principales técnicas que se emplearán en esta investigación para la recolección de los datos serán: la observación, tanto para la toma de muestras y la lectura de los resultados de los ensayos de probetas cilíndricas y viguetas con

y sin adición de fibras de acero de laboratorio, y el análisis de documentos de investigaciones existentes.

Para iniciar con los trabajos en laboratorio, se trasladó la arena desde la cantera Irina ubicada en el km 17+100 carretera Iquitos – Nauta. Seguidamente se procedió a realizar los ensayos respectivos para determinar las propiedades de este material. Se caracterizó el agregado fino de la cantera indicada; y, la adición de fibras metálicas en la elaboración de concreto cemento arena; para lo cual se revisó y sistematizó la información secundaria proporcionada por las instituciones encargadas, lo cual fue validado con el trabajo de campo correspondiente; se seleccionó y aplicaron los métodos de trabajo adecuados a los procesos de identificación, caracterización y determinación de sus propiedades físicas y mecánicas de este agregado fino (arena y fibras metálicas); se efectuó diseños de mezclas y una serie de ensayos para la determinación de propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento-arena elaborado con arena fina; enfatizándose su sustitución total del agregado grueso por arena de módulo de finura inferior a 1.8.

Tabla 4. Ensayos de agregados y normativa aplicada

ENSAYO	NTP	Norma Técnica ASTM
Muestreo de los agregados	NTP 400.010	ASTM C 702 ASTM D-75
Límites de gradación del agregado fino	NTP 400.037	ASTM C-33
Peso unitario o peso aparente del agregado fino: Peso Unitario Suelto (P.U.S.) y Peso Unitario Compactado o varillado (P.U.C.)	NTP 400.017	ASTM C -29
Gravedad específica o densidad real; y, absorción de agregados finos	NTP 400.022	ASTM C-128
Granulometría del agregado fino	NTP 400.012	
Módulo de finura	NTP 400.011	ASTM C-125
Material fino que pasa la malla N° 200 (o sustancias perjudiciales)	NTP 400.018	ASTM C-117

Fuente: Adaptación de los autores (2022).

ENSAYO DE PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

Tabla 5. Propiedades del concreto en estado fresco y normativa aplicada

Ensayo	Norma Técnica Peruana: NTP	Norma Técnica ASTM: ASTM
Peso unitario	NTP 339.046	ASTM C-138
Consistencia (Asentamiento)	NTP 339.035	ASTM C- 143
Contenido de aire	NTP 339.046	ASTM C-231
Exudación	NTP 339.077	

Fuente: Adaptación de los autores (2022).

3.3.1. ENSAYO DE PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

Tabla 6. Propiedades del concreto en estado endurecido y normativa aplicada

Ensayo	Norma Técnica Peruana: NTP	Norma Técnica ASTM: ASTM
Resistencia a la compresión	NTP 339.034	ASTM C-39
Resistencia a la flexión en viga		ASTM C293 ASTM C-78
Módulo de elasticidad estático		ASTM C 469 - 94
Resistencia a la tracción por compresión diametral	NTP 339.084	

Fuente: Adaptación de los autores (2022).

Instrumentos:

- La Guía de Observación para recolección de datos (formatos de ensayos de laboratorio y otros).
- Instrumentos del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la Universidad Científica del Perú.

Procedimientos de recolección de datos:

- Implementar la investigación con los insumos e instrumentos adecuados
- Elaboración del instrumento de recolección de datos.
- Recoger la información.
- Procesamiento de la información.
- Análisis e interpretación de la información.
- Elaboración del informe final de tesis.
- Presentación del informe final de tesis.
- Sustentación y Defensa de la tesis

La recolección de datos de la investigación se realizó en forma directa: la primera etapa a través del muestro para luego llevarlos al laboratorio y la segunda etapa a partir de los diseños y ensayos, anotándolos en los formatos respectivos de acuerdo a los procedimientos técnicos y normativos establecidos y en cumplimiento del cronograma establecido de desarrollo de la tesis; así como las fechas de obtención de las probetas cilíndricas y prismáticas, y las fechas correspondientes de los respectivos ensayos de resistencia a la compresión axial ASTM C39 y de resistencia a la flexión o módulo de rotura ASTM C78 y módulo elástico.

3.4. Procesamiento de la Información y análisis de datos

3.4.1. Técnicas de Procesamiento y Análisis de datos la Información

El procesamiento de la información se realizó tanto de forma mecánica/computarizada.

Tomando en cuenta que los datos obtenidos corresponden a variables cuantitativas y cualitativas, para el procesamiento y análisis se utilizaron equipos

de laboratorio, programas de ingeniería y hoja de cálculo de Microsoft Office Excel 2019.

3.4.2. Técnicas de Procesamiento

Para la investigación experimental (confección de especímenes, ejecución de ensayos experimentales y la recopilación de datos) se utilizaron las normas y procedimientos de ensayo: ASTM C39 "método de ensayo normalizado para resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto" y ASTM C78 (cargada en los puntos tercios) que consiste en ensayar una probeta de sección prismática de 15 cm. x 15 cm. x 50 cm., apoyándola sobre dos soportes rotulados separados 45 cm. y aplicando carga a los tercios de la luz libre (a 15 cm. de cada extremo) falladas a flexión.

Se utilizaron los Formatos correspondientes del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales del Laboratorio de la Universidad Científica del Perú.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

Para resolver la problemática que da origen a esta investigación, se plantearon objetivos que se describieron en el apartado correspondiente, con su respectivo desarrollo y resultados como sustento de la solución al problema descrito en el Capítulo II, 2.1.

Este capítulo comprende dos secciones, la parte descriptiva de los materiales y los resultados de laboratorio, compartidos entre el logro del objetivo principal del proyecto, como la determinación de la influencia de la adición de fibras de acero en las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento – arena, y los objetivos específicos que se alcanzaron para su cumplimiento.

4.1. Ubicación del proyecto:

Del proyecto:

El proyecto de investigación se desarrolla en la ciudad de Iquitos, provincia de Maynas, departamento de Loreto. Las pruebas de Laboratorio fueron realizadas en las instalaciones del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la Universidad Científica del Perú.

De los Agregados:

Los agregados finos fueron extraídos de la cantera Irina, ubicada en el km 17+100 de la carretera Iquitos – Nauta.

4.2. Materiales empleados:

Los materiales empleados fueron:

- Agregado fino
- Cemento Amazónico Tipo GU.
- Fibra de acero Wirand FF1 Macaferri

4.3. Determinación de la influencia de la adición de fibras de acero en las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento – arena.

4.3.1. Determinar los valores de diseño de mezcla de concreto cemento – arena, con la adición de fibras de acero, para lograr un concreto patrón de resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

4.3.1. Caracterización del agregado fino

Para iniciar con los trabajos en laboratorio, en primera instancia se realizó la extracción del agregado fino, en la cantera Irina, ubicada en el km 17 + 100 ubicada en la carretera Iquitos a Nauta, para posteriormente ser trasladado al Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la Universidad Científica del Perú.

Se realizaron los ensayos básicos del agregado fino, con el fin de efectuar posteriormente los diseños de mezcla.

El agregado fino corresponde a arena de color blanco (Ver Anexo B, caracterización del agregado fino).

Gráfico 1. Agregado fino procedente de la cantera Irina



4.3.1.1. Análisis granulométrico (NTP 400.037)

El análisis granulométrico por tamizado del agregado fino se realizó según la norma NTP 400.037. En el presente cuadro se pueden observar los resultados obtenidos

Sin embargo, es preciso mencionar que este ensayo comprende la distribución de los tamaños de las partículas de los agregados. Con fines de presentar un mejor análisis se expresa en porcentaje, en peso con respecto al peso total. Esto se logra separando el material por los tamices estandarizados (Ver **Gráfico 2**)

Gráfico 2. Juego de tamices para el ensayo de análisis granulométrico



Tabla 7. Análisis granulométrico de la muestra N° 01 del agregado fino.

Tamices ASTM	Abertura mm.	Peso Retenido	%Retenido		% Que Pasa	OBSERVACIONES
			Parcial	Acumulado		
3"	76.000					
2 1/2"	63.300					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350					
N°04	4.760					
N°08	2.380	0.10	0.03	0.03	99.97	
N°16	1.190	0.81	0.25	0.29	99.71	MÓDULO DE FINEZA: 1.09 SUPERFICIE ESPECÍFICA: 70.40
N°30	0.590	7.55	2.37	2.66	97.34	
N°50	0.297	69.03	21.68	24.34	75.66	
N°100	0.149	183.32	57.59	81.93	18.07	
N°200	0.074	40.03	12.57	94.50	5.50	
Pasa N°200		17.50	5.50			

Gráfico 3. Curva granulométrica de la muestra N° 01 del agregado fino.

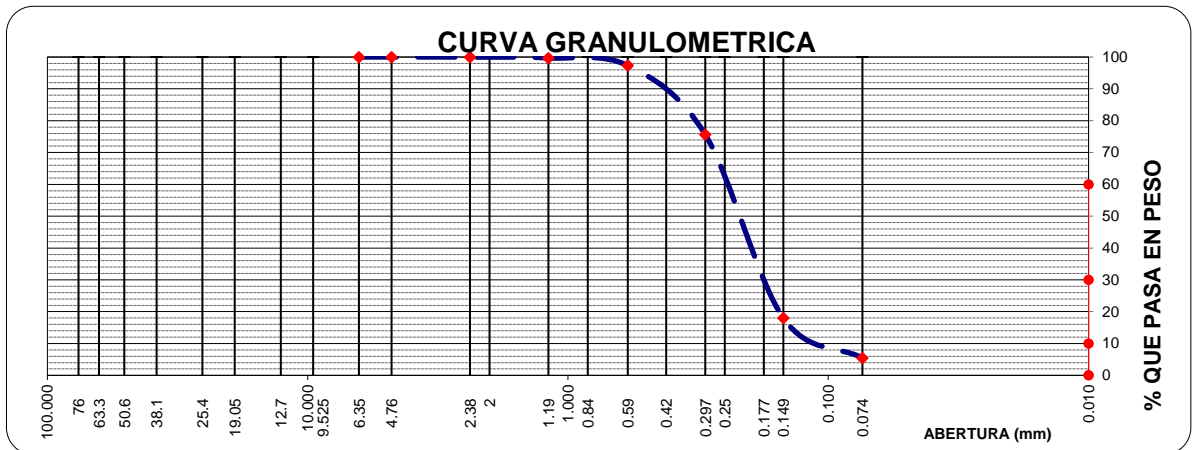


Tabla 8. Análisis granulométrico de la muestra N° 02 del agregado fino.

Tamices ASTM	Abertura mm.	Peso Retenido	%Retenido		% Que Pasa	OBSERVACIONES
			Parcial	Acumulado		
3"	76.000					
2 1/2"	63.300					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350					
N°04	4.760					
N°08	2.380				99.97	
N°16	1.190	0.70	0.20	0.23	99.77	
N°30	0.590	8.58	2.45	2.68	97.32	
N°50	0.297	72.46	20.70	23.38	76.62	
N°100	0.149	208.45	59.55	82.94	17.06	
N°200	0.074	41.40	11.83	94.76	5.24	
Pasa N°200		18.33	5.24			
						MÓDULO DE FINEZA: 1.09 SUPERFICIE ESPECÍFICA: 71.91

Gráfico 4. Análisis granulométrico de la muestra N° 02 del agregado fino.

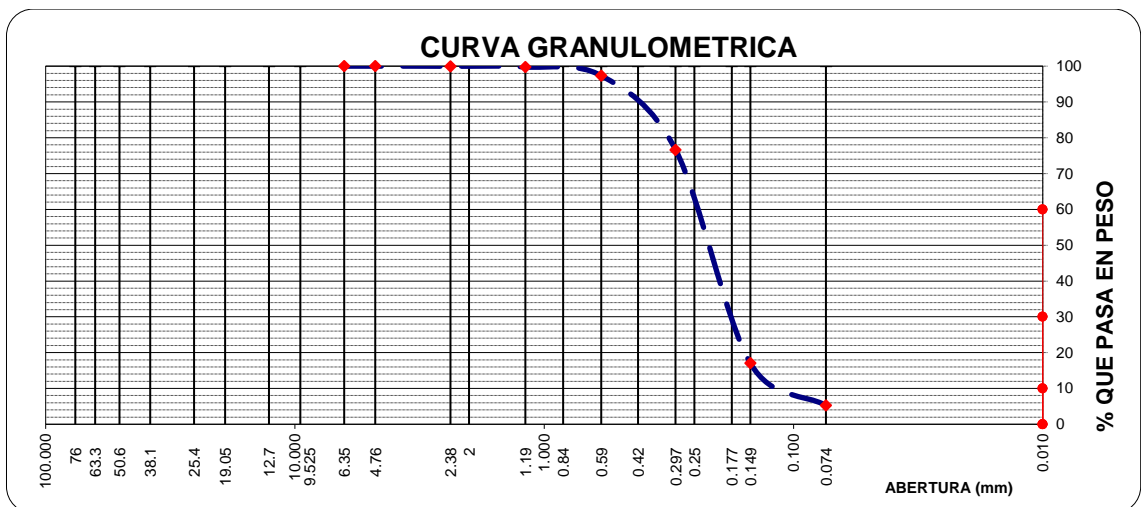
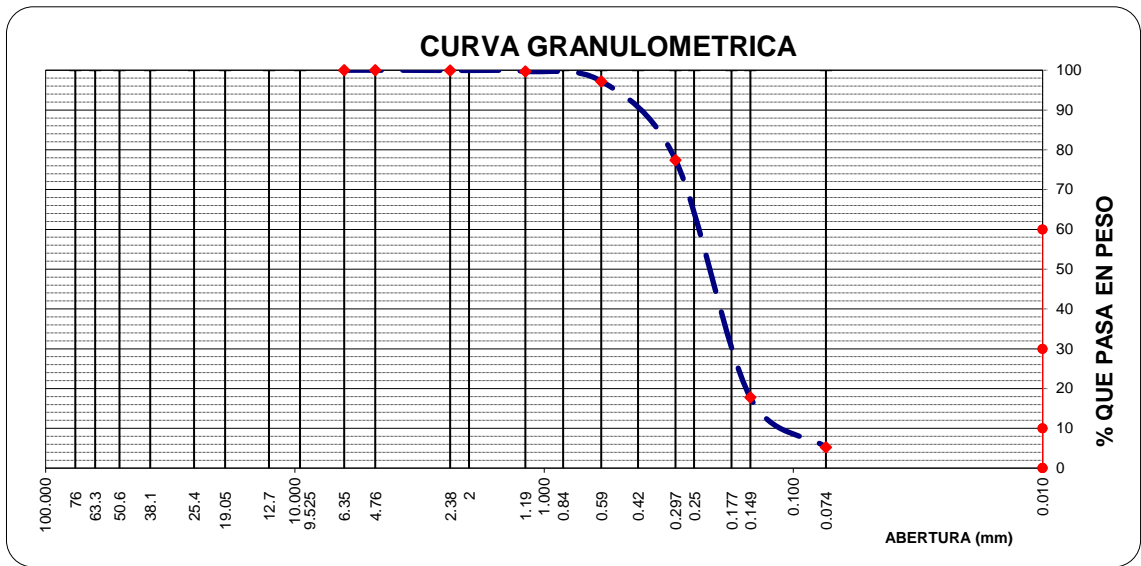


Tabla 9. Análisis granulométrico de la muestra N° 03 del agregado fino.

Tamices ASTM	Abertura mm.	Peso Retenido	%Retenido		% Que Pasa	OBSERVACIONES
			Parcial	Acumulado		
3"	76.000					
2 1/2"	63.300					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350					
N°04	4.760				100.00	
N°08	2.380	0.22	0.06	0.06	99.94	
N°16	1.190	0.75	0.21	0.28	99.72	MÓDULO DE FINEZA: 1.08
N°30	0.590	8.77	2.49	2.76	97.24	
N°50	0.297	69.75	19.79	22.55	77.45	SUPERFICIE ESPECÍFICA: 71.57
N°100	0.149	210.31	59.66	82.21	17.79	
N°200	0.074	44.06	12.50	94.71	5.29	
Pasa N°200		18.65	5.29			

Gráfico 5. Curva granulométrica de la muestra N° 03 del agregado fino



4.3.1.2. Módulo de fineza (NTP400.011)

El análisis de módulo de fineza del agregado fino se realizó conforme la norma ASTM C-33 y NTP 400.011. En el presente cuadro se pueden observar los resultados de las pruebas realizadas:

El módulo de finura es un número adimensional que representa el tamaño promedio de las partículas de los agregados, el cual fue establecido por Duff Abrams en el año 1925. El módulo de finura nos indica qué tan fino es un agregado.

Tabla 10. Módulo de fineza del agregado fino

MÓDULO DE FINEZA POR TAMIZADO						
SEGÚN NORMA ASTM C - 33						
Tamices ASTM	M-1		M-2		M-3	
	%Retenido	% Ret. Acumulado	%Retenido	% Ret. Acumulado	%Retenido	% Ret. Acumulado
3/8"						
N°04						
N°08	0.03	0.03	0.03	0.03	0.06	0.06
N°16	0.25	0.29	0.2	0.23	0.21	0.28
N°30	2.37	2.66	2.45	2.68	2.49	2.76
N°50	21.68	24.34	20.7	23.38	19.79	22.55
N°100	57.59	81.93	59.55	82.94	59.66	82.21
TOTAL		1.09		1.09		1.08
MOD. FINEZA	1.09		1.09		1.08	
PROMEDIO	1.09					

Resultado: El promedio de módulo de fineza del agregado fino es 1.09

4.3.1.3. Superficie específica (NTP 400.012)

La finura se define como la medida, tamaño o cantidad de área expuesta al contacto con el agua en una determinada masa de cemento; se expresa en [cm²/g] a la cual llamamos superficie de contacto o superficie específica; esto se refleja en el proceso de hidratación del cemento ya que a mayor superficie de contacto mejor y más rápido es el tiempo de fraguado.

El análisis de superficie específica del agregado fino se realizó conforme la norma NTP 400.012. En el presente cuadro se pueden observar los resultados de las pruebas realizadas:

Tabla 11. Superficie específica de la muestra N° 01 del agregado fino

SUPERFICIE ESPECÍFICA (M-1)				
Tamices ASTM	Abertura mm.	Di (cm)	Pi (%)	Pi/di
N°04	4.76	0.7125		
N°08	2.38	0.3555	0.03	0.08
N°16	1.19	0.177	0.25	1.40
N°30	0.59	0.0885	2.37	26.63
N°50	0.297	0.0442	21.68	488.29
N°100	0.149	0.0221	57.59	2582.51
FONDO		0.0111	12.57	1122.32
TOTAL				3098.91

$$Se = \frac{0.06}{2.641} * 3098.91 = 70.40 \text{ cm}^2/\text{g}$$

Tabla 12. Superficie específica de la muestra N° 02 del agregado fino

SUPERFICIE ESPECÍFICA (M-2)				
Tamices ASTM	Abertura mm.	Di (cm)	Pi (%)	Pi/di
N°04	4.76	0.7125		
N°08	2.38	0.3555	0.03	0.08
N°16	1.19	0.177	0.20	1.12
N°30	0.59	0.0885	2.45	27.53
N°50	0.297	0.0442	20.70	466.22
N°100	0.149	0.0221	59.55	2670.4
FONDO		0.0111	11.83	1056.25
TOTAL				3165.35

$$Se = \frac{0.06}{2.641} * 3165.35 = 71.91 \text{ cm}^2/\text{g}$$

Tabla 13. Superficie específica de la muestra N° 03 del agregado fino

SUPERFICIE ESPECÍFICA (M-3)				
Tamices ASTM	Abertura mm.	Di (cm)	Pi (%)	Pi/di
N°04	4.76	0.7125		
N°08	2.38	0.3555	0.06	0.17
N°16	1.19	0.177	0.21	1.18
N°30	0.59	0.0885	2.49	27.98
N°50	0.297	0.0442	19.79	445.72
N°100	0.149	0.0221	59.66	2675.34
FONDO		0.0111	12.5	1116.07
TOTAL				3150.38

$$Se = \frac{0.06}{2.641} * 3150.38 = 71.57 \text{ cm}^2/g$$

4.3.1.4. Material que pasa el tamiz N° 200 (NTP 400.018)

La Norma Técnica NTP 400.018 establece el procedimiento para determinar por vía húmeda el contenido de polvo o material que pasa por el tamiz normalizado de 75 µm (N° 200), en el agregado emplearse en la elaboración de concretos y morteros. Las partículas de arcilla y otras partículas de agregado que son dispersadas por el agua, así como los materiales solubles en agua, serán removidas del agregado durante el ensayo.

Gráfico 6. Ensayo de material que pasa la malla N° 200



El ensayo de cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200 se desarrolló según la norma ASTM C-117 y NTP 400.018. En el presente cuadro se pueden observar los resultados de las pruebas realizadas:

Tabla 14. Cantidad de material fino que pasa la malla N° 200

CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N° 200 SEGÚN NORMA ASTM C - 117			
DESCRIPCIÓN	M-1	M-2	M-3
% que pasa la malla N° 200	5.89	5.52	5.33
Promedio (%)	5.58		

Resultado: El promedio del % que pasa la malla N° 200 del agregado fino es 5.58 %.

4.3.1.5. Peso específico (NTP 400.022)

El peso específico de los agregados está dado por el cociente entre el peso de las partículas y el volumen de las mismas, sin considerar los vacíos entre ellas. Esta propiedad física de los agregados se utiliza para el diseño de mezclas y también como un indicador de la calidad del agregado.

Gráfico 7. Ensayo de peso específico del agregado fino.



Tabla 15. Peso específico del agregado fino

PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO SEGÚN NORMA ASTM C - 128				
DESCRIPCIÓN	M-1	M-2	M-3	PROMEDIO
Peso Específico de Masa (Base Seca)	2.628	2.608	2.687	2.641
Peso Específico de Masa (S.S.S)	2.635	2.615	2.693	2.648
Peso Específico Aparente	2.646	2.625	2.705	2.659

Resultado: El peso específico del agregado fino es 2.641 gr/cm³

4.3.1.6. Absorción (NTP 400.022)

Se entiende por absorción, como la capacidad de los agregados para llenar con agua los vacíos internos en las partículas. El fenómeno se produce por capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados pues siempre queda aire atrapado.

Gráfico 8. Ensayo de absorción del agregado fino



El ensayo de absorción se realizó conforme la norma ASTM C-128 y la NTP 400.037. En la **Tabla 16** se pueden observar los resultados de las pruebas realizadas:

Tabla 16. Ensayo de absorción del agregado fino.

ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO SEGÚN NORMA ASTM C - 128			
DESCRIPCIÓN	M-1	M-2	M-3
% de Absorción	0.26	0.25	0.26
PROMEDIO (%)	0.26		

Resultado: El % de absorción del agregado fino es 0.43 %

4.3.1.7. Peso unitario suelto (PUS), (NTP 400.017)

El ensayo de P.U.S. busca determinar el peso del agregado que debe llenar un recipiente de volumen unitario. Para la realización del ensayo, se debe dejar caer suavemente el agregado dentro del recipiente hasta que se encuentre lleno, luego se procede a enrasarlo.

Gráfico 9. Ensayo del peso unitario suelto



El ensayo de peso unitario suelto se realizó conforme la norma ASTM C-29 y la NTP 400.017. En el presente cuadro se pueden observar los resultados de las pruebas realizadas:

Tabla 17. Peso unitario suelto del agregado fino

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO SEGÚN NORMA ASTM C - 29			
Descripción	M-1	M-2	M-3
Peso unitario (gr/cm ³)	1.401	1.418	1.422
Promedio peso unitario (Kg/m ³)	1,414		

Resultado: El promedio del Peso Unitario Suelto del agregado fino es 1,414 kg/m³

4.3.1.8. Peso unitario compactado (PUC), (NTP 400.017)

Es la relación entre el peso del material compactado y el volumen del recipiente en donde está contenido. Este ensayo permite determinar el grado de compactación que puede presentar los materiales en su estado natural.

Gráfico 10. Ensayo de peso unitario compactado



El ensayo de peso unitario compactado se realizó conforme la norma ASTM C-29 y la NTP 400.017. En el presente cuadro se pueden observar los resultados de las pruebas realizadas:

Tabla 18. Peso unitario compactado del agregado fino

PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO SEGÚN NORMA ASTM C - 29			
Descripción	M-1	M-2	M-3
Peso unitario (gr/cm ³)	1.623	1.623	1.625
Promedio peso unitario (Kg/m ³)	1,624		

Resultado: El promedio del Peso Unitario Suelto del agregado fino es 1,624 kg/m³

4.3.2. Preparación del diseño de mezcla del concreto – cemento – arena.

4.3.2.1. Cemento

Es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, de manera de obtener un polvo muy fino que en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes.

4.3.2.2. Características (Cemento Portland Tipo GU)

El Cemento Portland Tipo GU (Amazónico) cumple con los requisitos de la norma ASTM C-1157. Esta especificación clasifica los cementos por tipo con base en los requisitos específicos para uso general, alta resistencia inicial, desarrollo lento de resistencia, resistencia al ataque de sulfatos y calor de hidratación. Se indican requisitos opcionales para la propiedad de baja reactividad álcali-sílice con agregados reactivos, para el color blanco y para el cemento con aire incorporado.

Gráfico 11. Cemento Amazónico Tipo GU



4.3.2.3. Preparación del diseño de mezcla del concreto – cemento – arena.

El diseño de mezcla que se usó, fue aquel que, a través de una dosificación óptima, cumplió las siguientes condiciones: trabajabilidad y resistencia. El diseño de mezcla del concreto consiste en una mezcla de arena, cemento, fibra de acero Wirand FF1 y agua para la relación a/c de 0.60, con adiciones de fibra de acero de 15, 25 y 35 kg/m³, siguiendo el método especificado. Para mayor detalle de la información ver Anexo C.

4.3.2.4. Diseño del concreto cemento – arena, relación a/c = 0.60

Tabla 19. Diseño del concreto cemento – arena.

VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS POR HUMEDAD				
Cemento		566.70		Kg/m ³
Agua		253.50		Lts/m ³
Agregado Fino		1128.00		Kg/m ³
PROPORCIÓN EN PESO (KG)				
Cemento	566.70	/	566.00	= 1.00
Agregado Fino	1127.98	/	566.70	= 1.99
Agua	0.45	x	42.50	= 19.13
DOSIFICACIÓN EN PESO	C	AF	Agua	
	1	1.99	19.13	Lt/m ³
PROPORCIÓN EN VOLUMEN Pie ³				
Peso Unitario Suelto Humedo A. fino			1554.95	Kg/m ³
DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN	C	AF	Agua	
	1	1.90	19.13	Lt/m ³
DOSIFICACIÓN POR BOLSA DE CEMENTO				
Cemento		42.50		Kg
Agregado Fino		84.60		Kg
Agua Efectiva		19.10		Lts

Tabla 20. Peso unitario de producción y contenido de aire del concreto

PESO UNITARIO DE PRODUCCION Y CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO

ASTM C-138

Relación agua/cemento: 0.60

DOSIFICACIÓN POR METRO CÚBICO DEL CONCRETO

		PESO		VOLUMEN ABSOLUTO	
CEMENTO	:	566.70	kg	0.18163	m ³
AGREGADO FINO (ESTADO S.S.S*)	:	1041.50	kg	0.39338	m ³
AGUA	:	340.00	kg	0.34000	m ³
TOTAL DE MATERIALES		1948.20	kg	0.915	m³

S.S.S.* - saturado superficialmente seco

PESO UNITARIO TEÓRICO DE CONCRETO (SUPONIENDO LA NO PRESENCIA DE AIRE ATRAPADO)

$$T = \frac{1948}{0.915} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 2229.15 \text{ kg/m}^3$$

PESO UNITARIO DEL CONCRETO

(A) PESO DE MUESTRA + MOLDE (g)	17650	17644	17623
(B) PESO DE MOLDE (g)	3346	3346	3346
(C=A-B) PESO DE MUESTRA (g)	14304	14298	14277
(D) VOLUMEN DE MOLDE (cm3)	7074	7074	7074
(D/C) PESO UNITARIO (g/cm3)	2.022	2.021	2.018
PESO UNITARIO PROMEDIO (g/cm3)	2.02163		
PESO UNITARIO PROMEDIO (kg/m3)	2021.63		

RENDIMIENTO	=	$\frac{1948.20}{2021.63}$	=	$\frac{0.96368}{1m^3}$	=	m^3	0.964	
RENDIMIENTO RELATIVO	=	$\frac{0.96368}{1m^3}$	=	$\frac{588.06}{0.96368}$	=	kg/m^3	0.987	
CONTENIDO DE CEMENTO REAL	=	$\frac{566.70}{0.96368}$	=	$\frac{588.06}{0.96368}$	=	kg/m^3	12.35	$= bls/m^3$
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO		5.05	%					Método gravimétrico
TEMPERATURA DE LA MEZCLA		32.4	°C					

COMPOSICIÓN DE UN METRO CÚBICO DEL CONCRETO FRESCO CORREGIDO POR CAMBIO DE AIRE ATRAPADO

		<u>REAL</u>			VOLUMEN ABSOLUTO	
		PESO				
CEMENTO	:	588.06	kg	0.188	m^3	
AGREGADO FINO (ESTADO S.S.S*)	:	1080.75	kg	0.408	m^3	
AGUA	:	352.81	lts.	0.353	m^3	
AIRE ATRAPADO		0.00		0.051	m^3	
TOTAL	:	2046.84	kg	1.0000	m^3	

Gráfico 12. Composición por peso de un metro cúbico de concreto

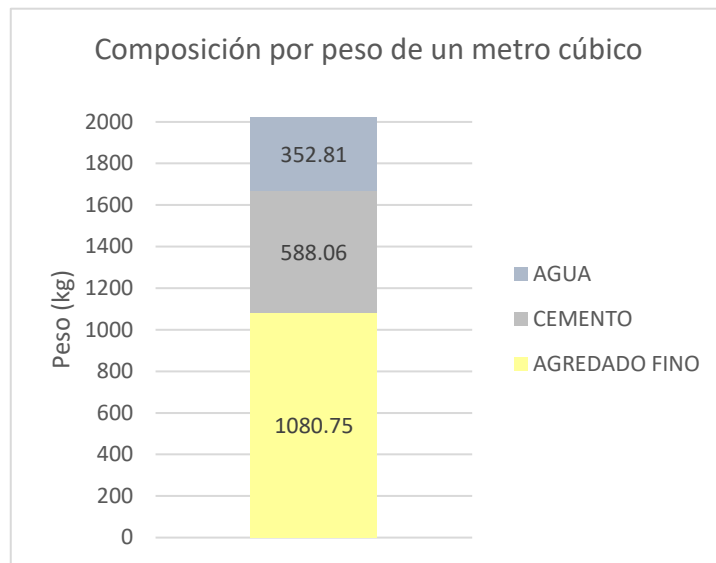
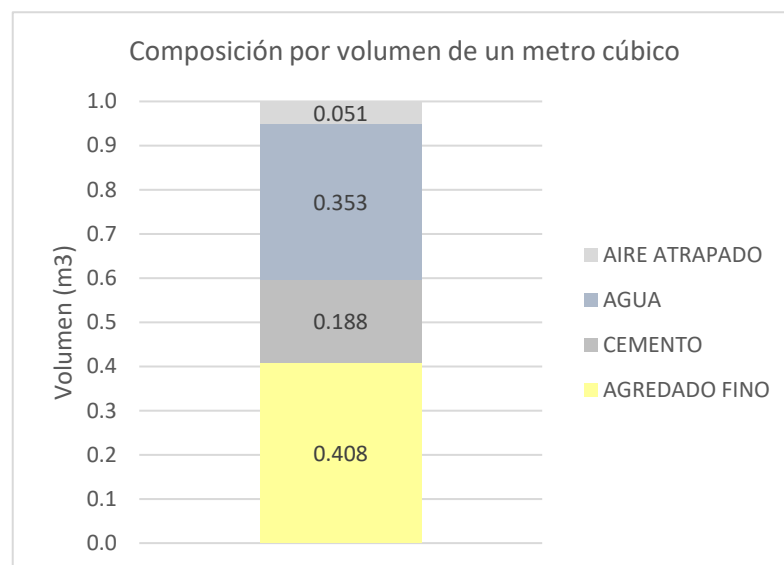


Gráfico 13. Composición por volumen de un metro cúbico de concreto



4.4. Determinar los valores de las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento-arena sin fibra de acero FF1.

4.4.1. Propiedades del concreto cemento – arena en estado fresco

Los ensayos que se realizaron para el concreto cemento – arena en su estado fresco fueron: Consistencia, Peso Unitario, Contenido de Aire método gravimétrico, Temperatura del concreto y Rendimiento.

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos en estado fresco del concreto cemento – arena, los ensayos se realizaron según las respectivas normas, haciendo un uso estricto de ellas para la realización de la investigación. Para mayor detalle de la información ver Anexo D, propiedades del concreto fresco.

Gráfico 14. Preparación de equipos para el diseño de mezcla



4.4.1.1. Consistencia (NTP 339.035)

Es la propiedad que tiene toda mezcla de concreto para mantenerse homogénea en un estado determinado en función del tiempo, también determina la facilidad del concreto para compactarse. La consistencia se modifica fundamentalmente por variaciones del contenido de agua en la mezcla.

Este ensayo se mide el cono de Abrams, el cual consiste en compactar la mezcla de concreto en tres capas en un molde troncocónico para luego ser retirado y medir con la ayuda de una varilla lisa de 5/8" el asentamiento

Gráfico 15. Ensayo de consistencia de la mezcla

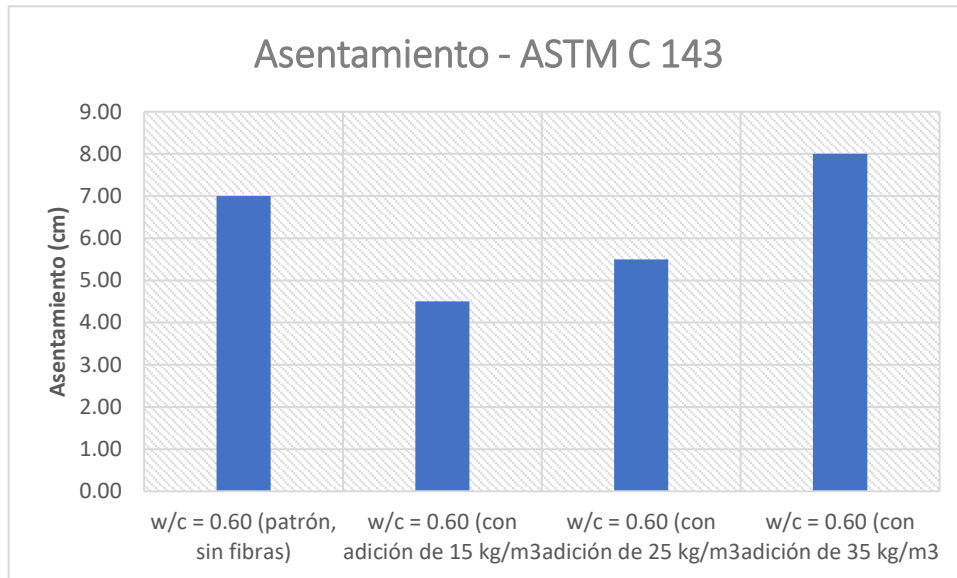


El ensayo de asentamiento se realizó conforme la norma ASTM C-143 y la NTP 339.035. En los presentes cuadros se observarán los resultados de las pruebas realizadas:

Tabla 21. Ensayo de consistencia

ENSAYO DE ASENTAMIENTO SEGÚN NORMA ASTM C - 143	
DESCRIPCIÓN	ASENTAMIENTO (cm)
w/c = 0.60 (patrón, sin fibras)	7.00
w/c = 0.60 (con adición de 15 kg/m ³)	4.50
w/c = 0.60 (con adición de 25 kg/m ³)	5.50
w/c = 0.60 (con adición de 35 kg/m ³)	8.00

Gráfico 16. Barras para los asentamientos



4.4.1.2. Peso Unitario (NTP 339.046)

El peso unitario se refiere al peso que tiene el concreto en un determinado volumen. Consiste en compactar una muestra de concreto en un recipiente normado, el cual se pesará para luego dividir entre el volumen ocupado.

Sirve para poder compararlo con otros concretos y verificar que las proporciones de los componentes son los correctos.

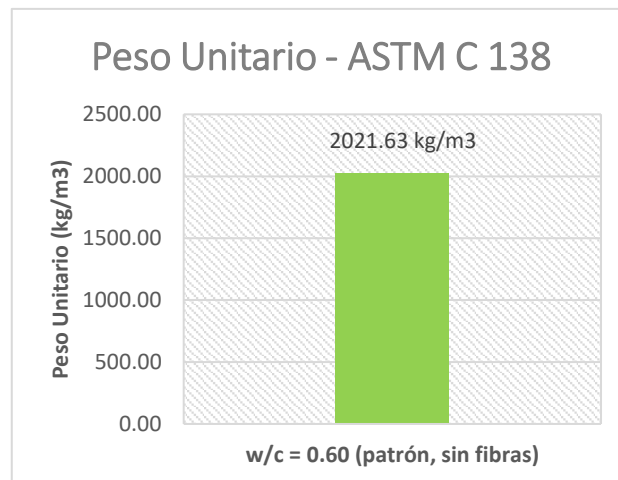
El ensayo de peso unitario se realizó conforme la norma ASTM C- 138 y la NTP 339.046.

Tabla 22. Peso unitario del concreto cemento – arena, en su estado fresco.

ENSAYO SEGÚN NORMA ASTM C – 138 y NTP 339.046	
DESCRIPCIÓN	PESO UNITARIO (kg/m ³)

w/c = 0.60 (patrón, sin fibras)	2021.63
---------------------------------	---------

Gráfico 17. Ensayo de peso unitario



4.4.2. Propiedades del concreto cemento – arena en estado endurecido

En este punto se exponen todos los resultados experimentales que se obtuvieron del concreto endurecido. Se analizarán los ensayos por las diferentes relaciones de agua/cemento que se fueron variando en el diseño, para así obtener diferentes resistencias. Para mayor detalle de la información ver Anexo D, propiedades del concreto endurecido.

4.4.2.1. Resistencia a la compresión (ASTM – C 39)

La resistencia a la compresión es considerada como la característica más importante del concreto, aunque en otros casos son otras; la resistencia a la compresión da un panorama general de la calidad del concreto, ya que está relacionado directamente con la estructura de la pasta de cemento.

Este ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a los cilindros moldeados o núcleos a una velocidad que se encuentra dentro de un rango prescrito hasta que ocurra la falla. La resistencia a la compresión de un espécimen se calcula dividiendo la carga máxima alcanzada durante el ensayo por el área de la sección transversal del espécimen.

Los ensayos de resistencia a la compresión se realizaron de acuerdo a la norma ASTM C-39 y la NTP 339.034 con la muestra de 08 testigos por cada edad de 7 y 28 días.

Gráfico 18. Ensayo de resistencia la compresión de testigos cilíndricos



Tabla 23. Resistencia a la compresión, relación a/c = 0.60, sin fibras de acero.

Resistencia a la Compresión		
Tiempo (días)	Resistencia (kg/cm ²)	f'c (%)
7	203	78.00
28	259	100.00

Gráfico 19. Resistencia a la compresión vs días de curado, relación a/c = 0.60, sin fibras de acero

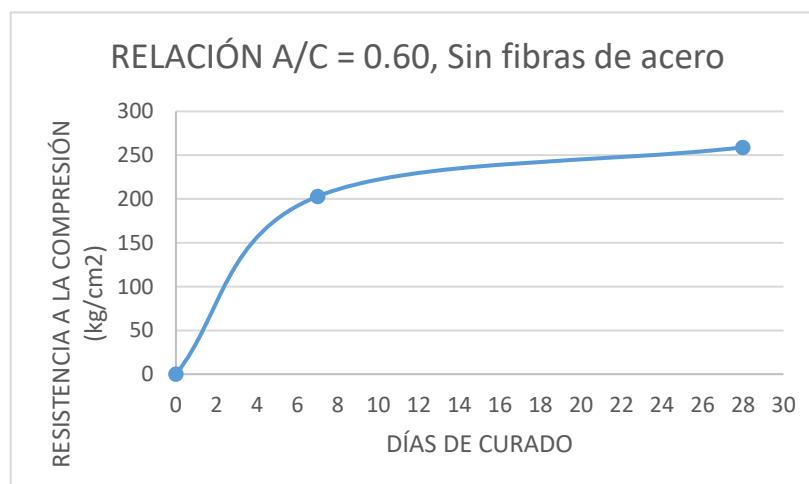


Tabla 24. Resistencia a la compresión, relación a/c = 0.60, con 15 kg/m3 de fibras de acero.

Resistencia a la Compresión		
Tiempo (días)	Resistencia (kg/cm ²)	f'c (%)
7	214	80.00
28	269	100.00

Gráfico 20. Resistencia a la compresión vs días de curado, relación a/c = 0.60, con 15 kg/m3 fibras de acero.

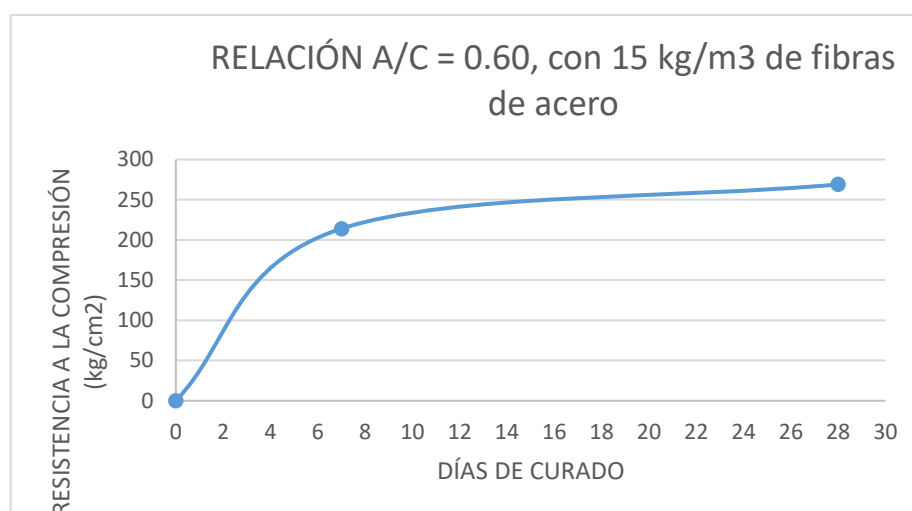


Tabla 25. Resistencia a la compresión, relación a/c = 0.60, con 25 kg/m3 de fibras de acero.

Resistencia a la Compresión		
Tiempo (días)	Resistencia (kg/cm ²)	f'c (%)
7	207	78.00
28	267	100.00

Gráfico 21. Resistencia a la compresión vs días de curado, relación a/c = 0.60, con 25 kg/m3 de fibras de acero.

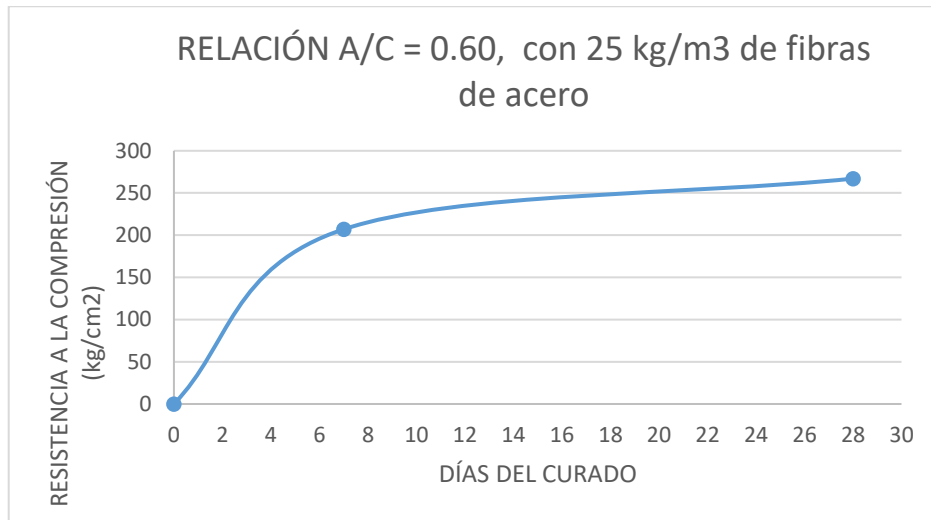
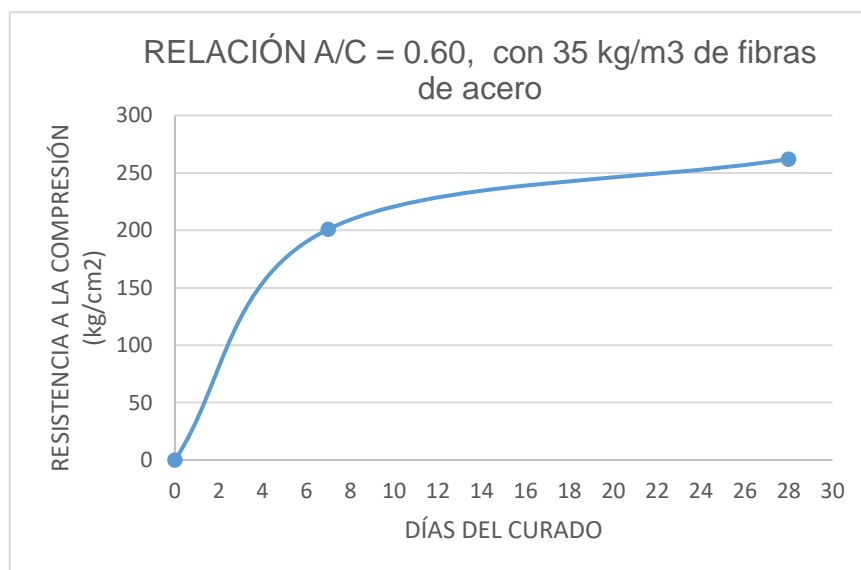


Tabla 26. Resistencia a la compresión, relación a/c = 0.60, con 35 kg/m3 de fibras de acero.

Resistencia a la Compresión		
Tiempo (días)	Resistencia (kg/cm²)	f'c (%)
7	201	77.00
28	262	100.00

Gráfico 22. Resistencia a la compresión vs días de curado, relación a/c = 0.60, con 35 kg/m3 de fibras de acero.



4.4.2.2. Resistencia a la tracción por compresión diametral (NTP 339.084)

Este ensayo consiste en aplicar la fuerza de compresión a lo largo de un espécimen cilíndrico de concreto hasta que este falle por la longitud de su diámetro. Esta carga induce esfuerzos de tensión en el plano donde se aplica y esfuerzos a la compresión en el área donde la carga es aplicada.

Gráfico 23. Resistencia a la compresión por tracción diametral.



Los ensayos de resistencia a la tracción por compresión diametral se realizaron de acuerdo a la norma ASTM C-496 y la NTP 339.084 con la muestra de 08 testigos por cada edad de 7 y 28 días.

Tabla 27. Resistencia a la tracción, relación a/c = 0.60, sin fibras de acero.

Resistencia a la tracción		
Tiempo (días)	Resistencia (kg/cm ²)	f'c (%)
7	16.40	73.00
28	22.60	100.00

Gráfico 24. Resistencia a la tracción vs días de curado, relación a/c = 0.60, sin fibras de acero.

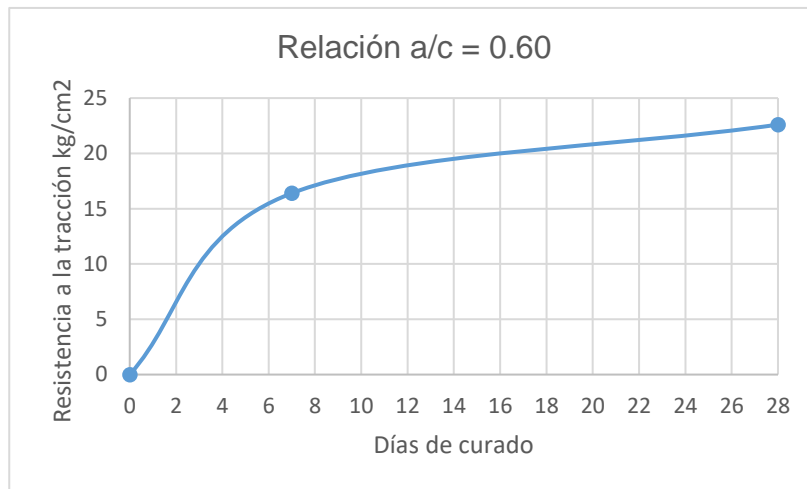


Tabla 28. Resistencia a la tracción, relación a/c = 0.60, con 15 kg/m3 de fibras de acero.

Resistencia a la tracción		
Tiempo (días)	Resistencia (kg/cm ²)	f'c (%)
7	21.50	83.00
28	25.90	100.00

Gráfico 25. Resistencia a la tracción vs días de curado, relación a/c = 0.60, con 15 kg/m3 fibras de acero.

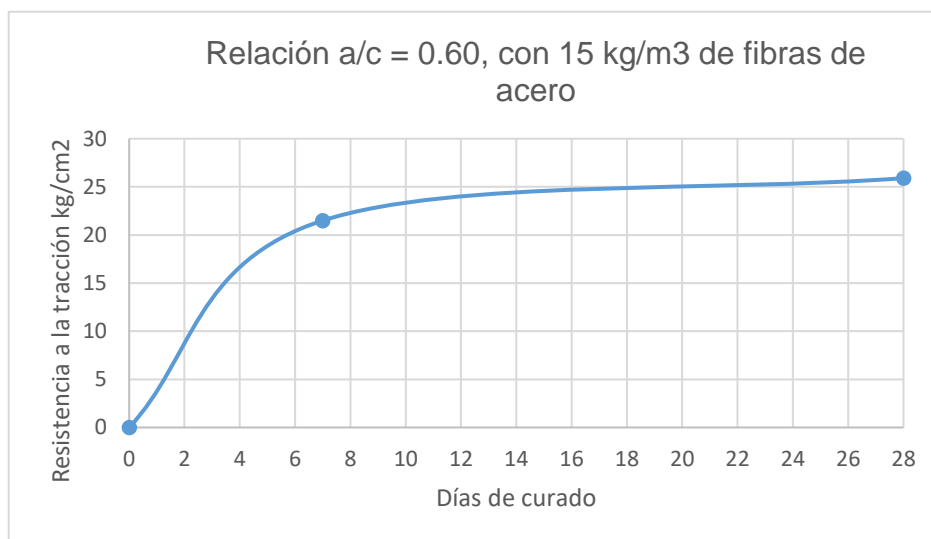


Tabla 29. Resistencia a la tracción, relación a/c = 0.60, con 25 kg/m³ de fibras de acero.

Resistencia a la tracción		
Tiempo (días)	Resistencia (kg/cm ²)	f'c (%)
7	22.00	81.00
28	27.00	100.00

Gráfico 26. Resistencia a la tracción vs días de curado, relación a/c = 0.60, con 25 kg/m³ de fibras de acero.

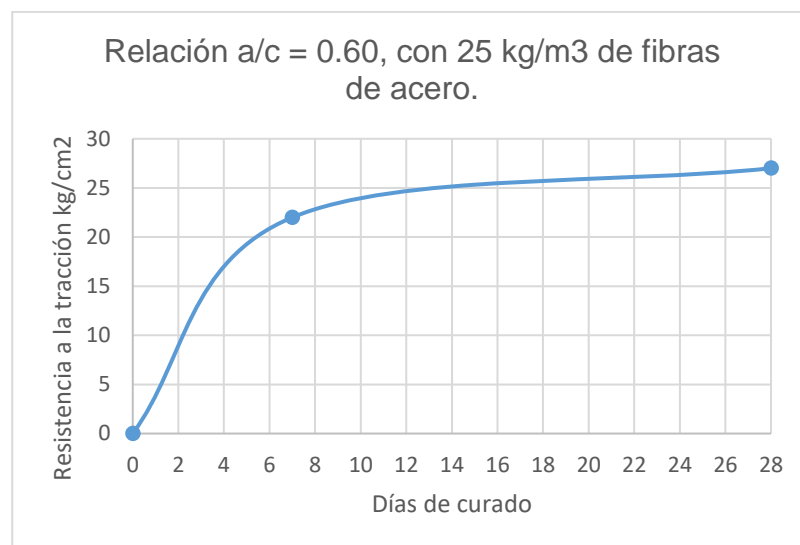
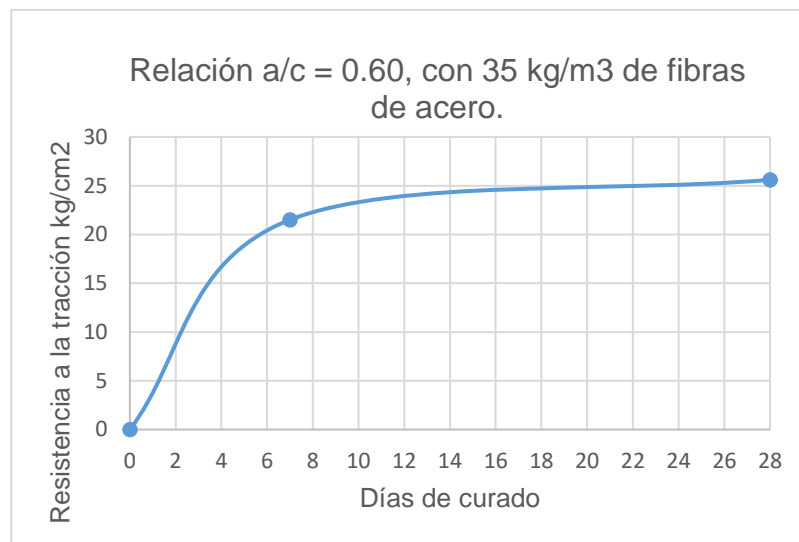


Tabla 30. Resistencia a la tracción, relación a/c = 0.60, con 35 kg/m³ de fibras de acero.

Resistencia a la tracción		
Tiempo (días)	Resistencia (kg/cm ²)	f'c (%)
7	21.50	84.00
28	25.60	100.00

Gráfico 27. Resistencia a la tracción vs días de curado, relación a/c = 0.60, con 35 kg/m³ de fibras de acero.



4.4.2.3. Resistencia a la flexión (ASTM C 78) (NTP 339.078)

El ensayo de resistencia a la flexión del concreto se realizó de acuerdo a la norma ASTM C – 293 y NTP 339.078 con la muestra de vigas de concreto y fueron ensayadas a los 28 días. En el siguiente cuadro se mostrarán los resultados de las pruebas realizadas.

Gráfico 28. Medición del tercio de la viga del concreto



Tabla 31. Resistencia a la flexión

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN SEGÚN NORMA ASTM C - 293	
DESCRIPCIÓN	Módulo de rotura (kg/cm ²)
w/c = 0.60 (patrón, sin fibras)	41.00
w/c = 0.60 (con adición de 15 kg/m ³)	40.00
w/c = 0.60 (con adición de 25 kg/m ³)	42.00
w/c = 0.60 (con adición de 35 kg/m ³)	41.00

4.4.2.4. Módulo Elástico Estático (ASTM C 469) (NTP 339.084)

También conocido como módulo de Young, tiene como objetivo obtener una relación de esfuerzo-deformación llamado módulo de elástico. Para esto se somete la probeta de concreto a cargas de compresión que van incrementando y generan deformaciones para rangos elásticos e inelásticos. El concreto como la mayoría de materiales, tiene propiedades elásticas en cierto grado, por lo que se afirma que el concreto no tiene un comportamiento perfectamente elástico.

Gráfico 29. Módulo de elasticidad del concreto cemento – arena.



Los ensayos de módulo de elasticidad se realizaron de acuerdo a la NTP 339.084 con la muestra de 03 testigos a la edad de 28 días por cada adición de fibras de acero. En los siguientes cuadros se mostrarán los resultados de las pruebas realizadas.

Tabla 32. Cuadro de módulo de elasticidad, relación a/c = 0.60 sin adición de fibras de acero

MÓDULO DE ELASTICIDAD			
RELACIÓN W/C = 0.60, sin adición de fibras de acero.			
PROBETA (N°)	EDAD (días)	M. ELASTICIDAD (kg/cm ²)	M. ELASTICIDAD PROMEDIO
1	28	210615.00	202058.00
2	28	201923.00	
3	28	193636.00	

Tabla 33. Cuadro de módulo de elasticidad, relación a/c = 0.60 con 15 kg/m³ de adición de fibras de acero.

MÓDULO DE ELASTICIDAD			
RELACIÓN W/C = 0.60, con 15 kg/m ³ de adición de fibras de acero.			
PROBETA (N°)	EDAD (días)	M. ELASTICIDAD (kg/cm ²)	M. ELASTICIDAD PROMEDIO
1	28	226654.00	231105.00
2	28	216430.00	
3	28	250231.00	

Tabla 34. Cuadro de módulo de elasticidad, relación a/c = 0.60 con 25 kg/m³ de adición de fibras de acero.

MÓDULO DE ELASTICIDAD			
RELACIÓN W/C = 0.60, con 25 kg/m ³ de adición de fibras de acero.			
PROBETA (N°)	EDAD (días)	M. ELASTICIDAD (kg/cm ²)	M. ELASTICIDAD PROMEDIO
1	28	211276.00	217548.00
2	28	211432.00	
3	28	229936.00	

Tabla 35. Cuadro de módulo de elasticidad, relación a/c = 0.60 con 35 kg/m3 de adición de fibras de acero

MÓDULO DE ELASTICIDAD			
RELACIÓN W/C = 0.60, con 35 kg/m3 de adición de fibras de acero.			
PROBETA (N°)	EDAD (días)	M. ELASTICIDAD (kg/cm ²)	M. ELASTICIDAD PROMEDIO
1	28	207123.00	218900.00
2	28	219640.00	
3	28	234115.00	

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo presentamos las conclusiones a las que llegamos en este trabajo de investigación, así mismo, recomendaciones en base a la experiencia desarrollada en la misma por su gran singularidad, entre otros alcances desarrollados respecto a temas en el mismo sentido y con similar desarrollo de investigación.

5.1. Discusión

Esta investigación da respuestas a una problemática incipiente en la ciudad de Iquitos, ha encontrado resultados favorecedores en cuanto a mejoramiento de un material tan utilizado como el concreto, así mismo, los puntos comparativos en cuanto a resultados son meramente referenciales comparados con otros estudios, por la composición misma del material que integra una relación cemento - arena, el cual se elabora únicamente en la Región Loreto, debido a la falta y poca disponibilidad de mercado del agregado grueso.

En este sentido, no pretendemos comparar resultados si no, buscamos demostrar, que el concreto elaborado con cemento-arena, con adición de las fibras de acero FF1, puede ser utilizado en la construcción, pues alcanzan valores similares al concreto convencional, tradicionalmente elaborado con agregado grueso, arena, cemento y agua.

Estudios referenciales sobre la influencia de la adición de fibras de acero al concreto, como los de SARTA-FORERO, Helo Nickolas y SILVA-RODRÍGUEZ, José Luis. "Análisis comparativo entre el concreto simple y el concreto con adición de fibra de acero al 4% y 6%.2017", perciben "un aumento considerable en la resistencia del concreto", en concordancia con Caballero (2017), que también indica que la "introducción de las fibras metálicas, ha hecho un gran aporte al concreto mejorando la capacidad deformable en soportes que están sometidos a esfuerzos importantes", reforzando lo encontrado por QUINTANA-CRUZ, Cristián Darío and VALENCIA-CASTRO, Plinio Andrés, en su "Análisis comparativo entre el concreto simple y el concreto con adición de fibra de acero

al 12% y 14%, 2016, donde concluye que existe mejoras en la resistencia a la compresión de los cilindros con fibra de acero con respecto a los cilindros sin fibra, notándose que la mezcla con adición del 14 % fue la más alta, obteniendo una resistencia promedio 24500 kg-f o de 4324 psi, superando en un 13,65 % la capacidad de resistencia a la compresión de la mezcla de concreto sin adición (14).

Sin embargo, en este estudio, coincidimos con las investigaciones antes mencionadas, pues se demuestra, que las fibras de acero mejoran la resistencia a la compresión significativamente, puesto que la mayor resistencia a la compresión que se obtuvo para esta investigación, fue con la relación w/c de 0.60, con 35 kg/m³ de fibras de acero respectivamente para los 7, y 28 días, con resultados de 201 y 262 Kg/cm².

Si bien estos valores se alcanzan en otros estudios a la edad de 7 días; con resistencia a la compresión promedio de 171.40 kg/cm² para el concreto patrón, y una resistencia promedio de 181.00 kg/cm² para el concreto con adición de 20 kg/m³ de fibra de acero; y una resistencia promedio de 184.10 kg/cm² para el concreto con adición de 40 kg/m³ de fibra de acero. Para una edad de curado de 14 días; una resistencia a la compresión promedio de 198.20 kg/cm² para el concreto patrón, una resistencia promedio de 210.70 kg/cm² para el concreto con adición de 20 kg/m³ de fibra de acero; y una resistencia promedio de 211.60 kg/cm² para el concreto con adición de 40 kg/m³ de fibra de acero, como el de CASTAÑEDA MUÑOZ, Raúl Exgardo, en la "Influencia de la adición de fibra de acero y plastificante en la resistencia a la compresión del concreto convencional, Trujillo-2018", en nuestro caso a los 7 y 28 días obtuvimos resistencias que están dentro del rango aceptable aun cuando la composición básica es concreto cemento-arena.

Encontrándose las ganancias de resistencia de 77.00% y 100.00% según los días ensayados, además la composición de cemento –arena, mejora su estructura con esta adición de fibras. Si bien, la resistencia a la compresión es menor respecto a un concreto elaborado tal como lo menciona la norma E. 0.60, Concreto Armado, en cuanto a la producción se observa que podemos obtener

valores aceptables dentro de determinados límites. Respecto a la compresión de los testigos cilíndricos el resultado más óptimo se obtuvo con 15 kg/m³ de fibras de acero, obteniéndose valores confiables que pasen los diseños de mezclas convencionales en nuestra zona.

Por otro lado, si referenciamos los valores de un concreto de elaboración según normativa, en nuestros resultados, evidenciamos que en la propiedad mecánica de resistencia a la compresión, la adición de fibra de acero no tiene mayor influencia en el aumento de la f_c , pues el incremento es muy despreciable.

Así mismo, coincidimos con Caballero (2017), al afirmar que las fibras de acero son un factor relevante en el aumento del módulo elástico del concreto cemento – arena. Sin embargo, los valores siempre se encuentran en aumento respecto al diseño sin adición de fibras de acero. Para lograr esto, se observó que la relación $w/c = 0.60$, con 25 kg/m³ de fibras de acero, obtuvo un resultado de 217548.00 Kg/cm². En la relación $w/c = 0.60$, con 35 kg/m³ de fibras de acero se obtuvo un resultado de 218900.00 Kg/cm². Se observa que a En la relación $w/c = 0.60$, con 15 kg/m³ de fibras de acero se un obtuvo mejor M.E.

Por otro lado, la resistencia a la flexión muestra ligeros incrementos que podrían pasar desapercibidos. Pero teniendo en cuenta estos valores se obtienen resultados favorables respecto a los diseños convencionales de concreto cemento – arena.

Donde se encontraron ganancias significativas, es en la resistencia a la tracción, con porcentajes de 84.00% y 100.00% según los días ensayados. Según los resultados obtenidos podemos notar un incremento a la resistencia a la tracción de la relación $w/c = 0.60$, con 25 kg/m³ de fibras de acero, siendo esto el más óptimo en cuanto a resistencia a la tracción respecto al diseño sin fibra y las otras adicciones.

5.2. Conclusiones

Tal como lo señala la sección de objetivos de esta investigación, se logró determinar la influencia de la adición de fibras de acero en las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento – arena, con valores mínimos y significativos de una composición que conforman un material básico usado en la zona, como material de construcción.

Se concluye lo siguiente:

- La adición de las fibras de acero FF1, incrementan y afectan significativamente en las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento – arena, los mejores resultados se encuentran entre las adiciones de 15 y 25 kg/m³ de fibras de acero, con valores de relación $w/c=0.60$.
- En el estado fresco del concreto, existe una tendencia al incremento del asentamiento respecto a las adiciones de fibra de acero FF1, encontrando que la mezcla respecto a sus asentamientos fue trabajable, dentro del rango previsto y pretendido para el diseño. Se hallaron resultados de 4.50, 5.50 y 8.00 cm respecto de las adiciones de fibra de cemento de 15, 25 y 35 kg/m³ respectivamente.
- El Asentamiento para el diseño de relación $a/c = 0.60$, obtuvo una consistencia de 7.00 cm estando dentro del rango plástico. Mientras que, con las diferentes adiciones de fibra de acero de 15, 25 y 35 kg/m³, existe una tendencia al incremento del asentamiento con relación en el mismo sentido del incremento de la cantidad de fibras; asimismo, al mayor porcentaje de adición de fibras, encontramos que la mezclas más trabajables según sus correspondientes mayores asentamientos, además, se encuentran dentro del rango previsto y pretendido para el diseño. Se hallaron resultados de 4.50,

5.50 y 8.00 cm respecto de las adiciones de fibra de cemento de 15, 25 y 35 kg/m³ respectivamente.

- El Peso unitario para un diseño de relación a/c = 0.60, sin adición de fibras de cemento logró 2021.63 kg/m³. Según esto podemos afirmar que se encuentra dentro del rango de peso unitario en concreto cemento – arena.
- El contenido de aire tiene un valor de 5.05%, encontrado en el laboratorio por el método gravimétrico.
- La temperatura no tuvo efecto significativo, esto debido a que las fibras de acero ocupan porcentajes mínimos en el volumen del concreto. Es preciso mencionar que el almacenaje influyó en esta propiedad, pues se mantuvieron y almacenaron en zona fresca. La relación w/c = 0.60, sin adición de fibra de acero se obtuvo como resultado 32.40°C. En la investigación la temperatura del concreto no originó ningún problema en los resultados de resistencia.
- La resistencia a la compresión tiene tendencia de incremento de a los 28 días de los testigos, según lo obtenido con la relación w/c de 0.60, sin adición de fibras de acero respectivamente para los 7, y 28 días resultaron las siguientes: 203 y 259 Kg/cm². Encontrándose las ganancias de resistencia de 78.00% y 100.00% según los días ensayados. La resistencia a la compresión obtenida para la relación w/c de 0.60, con 15 kg/m³ de fibras de acero respectivamente para los 7, y 28 días resultaron las siguientes: 214 y 269 Kg/cm². Encontrándose las ganancias de resistencia de 77.00% y 100.00% según los días ensayados. Es decir, a mayor relación w/c, la resistencia a la compresión serán menores. Sin embargo, siendo el agregado fino de condición marginal, se obtuvieron resultados favorables. Así también, en cuanto a la producción se observa que podemos obtener agregados aceptables dentro de determinados

límites. Respecto a la compresión de los testigos cilíndricos el resultado más óptimo se obtuvo con 15 kg/m³ de fibras de acero, obteniéndose valores confiables que pasen los diseños de mezclas convencionales en nuestra zona.

De manera tal que, en la propiedad mecánica de resistencia a la compresión, la adición de fibra de acero no tiene mayor influencia en el aumento de la f'_c , pues el incremento es muy despreciable. Concluyendo que al no presentar mayor incremento a la resistencia a la compresión evitan que esta tenga una falla frágil, notándose ductilidad en el compuesto (testigos cilíndricos ensayados).

- La resistencia a la tracción por compresión diametral presenta ganancias de resistencia de 73.00% y 100.00% según los días ensayados.

Según los ensayos, la resistencia a la tracción por compresión diametral obtenida para la relación $w/c = 0.60$, sin fibras de acero respectivamente para los 7, y 28 días resultaron las siguientes: 16.40 y 22.60 Kg/cm². Encontrándose las ganancias de resistencia de 73.00% y 100.00% según los días ensayados. La resistencia a la tracción por compresión diametral obtenida para la relación $w/c = 0.60$, con 15 kg/m³ de fibras de acero respectivamente para los 7, y 28 días resultaron las siguientes: 21.50 y 25.90 Kg/cm². Encontrándose las ganancias de resistencia de 83.00% y 100.00% según los días ensayados. La resistencia a la tracción por compresión diametral obtenida para la relación $w/c = 0.60$, con 25 kg/m³ de fibras de acero respectivamente para los 7, y 28 días resultaron las siguientes: 22.00 y 27.00 Kg/cm². Encontrándose las ganancias de resistencia de 81.00% y 100.00% según los días ensayados. La resistencia a la tracción por compresión diametral obtenida para la relación $w/c = 0.60$, con 35 kg/m³ de fibras de acero respectivamente para los 7, y 28 días resultaron las siguientes: 21.50

y 25.60 Kg/cm². Encontrándose las ganancias de resistencia de 84.00% y 100.00% según los días ensayados. Según los resultados obtenidos podemos notar un incremento a la resistencia a la tracción de la relación w/c = 0.60, con 25 kg/m³ de fibras de acero, siendo esto el más óptimo en cuanto a resistencia a la tracción respecto al diseño sin fibra y las otras adicciones.

- La resistencia a la flexión tiene ligeros incrementos que podrían pasar desapercibidos. Pero teniendo en cuenta estos valores se obtienen resultados favorables respecto a los diseños convencionales de concreto cemento – arena.

La resistencia a la flexión obtenida para la relación w/c = 0.60, sin fibras de acero respectivamente para los 28 días resultaron lo siguiente: 41.00 Kg/cm². La resistencia a la flexión obtenida para la relación w/c = 0.60, con 15 kg/m³ de fibras de acero respectivamente para los 28 días resultaron lo siguiente: 40.00 Kg/cm². La resistencia a la flexión obtenida para la relación w/c = 0.60, con 25 kg/m³ de fibras de acero respectivamente para los 28 días resultaron lo siguiente: 42.00 Kg/cm². La resistencia a la flexión obtenida para la relación w/c = 0.60, con 35 kg/m³ de fibras de acero respectivamente para los 28 días resultaron lo siguiente: 41.00 Kg/cm². Se puede notar claramente que los resultados obtenidos no difieren en cuanto a la resistencia a la flexión, existen ligeros incrementos que podrían pasar desapercibidos. Pero teniendo en cuenta estos valores se obtienen resultados favorables respecto a los diseños convencionales de concreto cemento – arena.

- El Módulo de elasticidad muestra tendencia de incremento despreciable del módulo elástico.

Aunque las fibras de acero son un factor relevante en el aumento del módulo elástico del concreto cemento – arena. Los valores siempre

se encuentran en aumento respecto al diseño sin adición de fibras de acero.

Para este ensayo, los resultados de la relación $w/c = 0.60$, sin adición de fibras de acero a los 28 días, obtuvieron valores de 202058.00 Kg/cm^2 respectivamente. En la relación $w/c = 0.60$, con 15 kg/m^3 de fibras de acero se un obtuvo un resultado de 231105.00 Kg/cm^2 . En la relación $w/c = 0.60$, con 25 kg/m^3 de fibras de acero se un obtuvo un resultado de 217548.00 Kg/cm^2 . En la relación $w/c = 0.60$, con 35 kg/m^3 de fibras de acero se obtuvo un resultado de 218900.00 Kg/cm^2 . Se observa que a En la relación $w/c = 0.60$, con 15 kg/m^3 de fibras de acero se un obtuvo mejor M.E. respecto a las otras adicciones.

5.3. Recomendaciones

A la luz de los resultados se recomienda:

- Realizar estudios relacionados al tema con fibras de acero de mayor diámetro y con relaciones w/c similares y otros. Así también, trabajar con aditivos plastificantes para mejorar la trabajabilidad del concreto. Realizar más diseños con relaciones de a/c mayores o menores a la investigada en esta tesis, ayuda a obtener mayores tabulaciones y la obtención del valor más óptimo de adición de fibras de acero y también, mayor información respecto al comportamiento del concreto cemento – arena con adicciones de fibras de acero.
- No añadir nunca las fibras como primer componente en la mezcladora, sino introducirlas junto con los agregados o se puede añadir al final.
- Un adecuado control de calidad es primordial, por lo que se recomienda esta gestión durante el proceso de elaboración del concreto y la cantidad de fibras de acero que será introducida en la

mezcla, puesto que respetar la dosificación establecida, ayuda a una mejor trabajabilidad del concreto y llegar a las consideraciones solicitadas.

- Proteger las fibras contra la lluvia y el medio ambiente, ya que puede causar oxidación en las fibras e influir en sus propiedades. Debido a que las fibras de acero como parte integrante del concreto cemento - arena, producen cambios favorables en su comportamiento (según resultados obtenidos), se advierte que los mayores beneficios se obtienen en el aumento de la resistencia a la flexión del concreto.
- Realizar ensayos para adiciones mayores a 35 kg/m³ de fibras de acero a fin de comprobar el comportamiento del concreto frente al ensayo de flexión; y sobre evaluar cuál es la resistencia máxima que puede alcanzar el concreto con adición de fibras de acero y por ende ver la óptima adición de fibra que se le puede agregar al concreto cemento - arena.
- Para el ensayo de compresión, no debe usarse una gran cantidad de fibras de acero, debido que en este estado el concreto absorbe la mayor cantidad de esfuerzo y las fibras la menor cantidad.
- Investigar a las arenas de río como agregado fino marginal respecto a los diseños con adiciones de fibras de acero, para así poder tener un registro más amplio en el tema de las propiedades físicas y mecánicas en el concreto cemento – arena, ya que en la investigación realizada se trabajó con el agregado fino de las canteras presentes en nuestra ciudad.

Referencias Bibliográficas

1. MOBASHER, Barzin. USA-CONCRETE CONSTRUCTION INDUSTRY-CEMENT BASED MATERIALS AND CIVIL INFRASTRUCTURE (CBM & CI).
2. JAIMES ESTUPIÑAN, Diego Fernando, GARCÍA CABALLERO, Jhonatan Javier García and RONDÓN PEÑARANDA, Juan José. Importancia del concreto en el campo de la construcción. *Formación Estratégica*. 2020. Vol. 2, no. 1, p. 1–13.
3. SOLANO-ORTEGA, Mario Alberto. Diseño de mezclas de concreto con agregado grueso del tajo Chopo. . 2012.
4. ASOCEM, Asociación de Productores de Cemento. Panorama Mundial de la Industria del Cemento. . 2018. P. 10.
5. ASOCEM, Asociación de Productores de Cemento. Reporte Estadístico Mensual: Industria del cemento en Perú. . May 2022. P. 17.
6. HARMSEN, Teodoro E. *Diseño de estructuras de concreto armado*. . Fondo editorial PUCP, 2005.
7. SUÁREZ HERNÁNDEZ, Pamela. *La problemática del asbesto en Chile*. . PhD Thesis. Universidad Academia de Humanismo Cristiano, 2000.
8. CÓRDOVA, Marlon Farfán, DÍAZ, Diana Isabel Pinedo, NOVOA, Josué Araujo and ALAYO, Jhilson Orbegoso. Fibras de acero en la resistencia a la compresión del concreto. *Gaceta Técnica*. Online. 2019. Vol. 20, no. 2, p. 4–13..
9. BARBOSA DE OLIVEIRA, Marco Antonio, RODRIGUES DA CUNHA, Rodrigo, DE SOUZA PICANÇO, Marcelo, CARVALHO DE OLIVEIRA, Dénio Ramam, LEAL SOARES RAMOS, Edson Marcos and PEREIRA-DA-

- SILVA, Mike. Análisis de la influencia del método de prueba y las propiedades de la adición de fibra de acero sobre el concreto bajo la tracción por flexión de tres puntos. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*. 2020. Vol. 28, no. 3, p. 373–382.
10. SARTA-FORERO, Helo Nickolas and SILVA-RODRÍGUEZ, José Luis. Análisis comparativo entre el concreto simple y el concreto con adición de fibra de acero al 4% y 6%. . 2017.
 11. CABALLERO, Karen. Propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras metálicas. *Revista Prisma Tecnológico-Universidad Tecnológica de Panamá-Facultad de Ingeniería Civil*. 2017. P. 18–23.
 12. MÁRMOL SALAZAR, Patricia Cristina. *Hormigones con fibras de acero características mecánicas*. . PhD Thesis. Caminos, 2010.
 13. CARRILLO, Julián and SILVA-PÁRAMO, Diego. Ensayos a flexión de losas de concreto sobre terreno reforzadas con fibras de acero. *Ingeniería, investigación y tecnología*. 2016. Vol. 17, no. 3, p. 317–330.
 14. QUINTANA-CRUZ, Cristián Darío and VALENCIA-CASTRO, Plinio Andrés. Análisis comparativo entre el concreto simple y el concreto con adición de fibra de acero al 12% y 14%. . 2016.
 15. CASTAÑEDA MUÑOZ, Raúl Exgardo. Influencia de la adición de fibra de acero y plastificante en la resistencia a la compresión del concreto convencional, Trujillo-2018. . 2018.
 16. PEREZ, Socrates Pedro Muñoz, CARRASCO, Jorge Alberto Nunton and BUSTAMANTE, Jean Pool Portocarrero. Una revisión del comportamiento mecánico del concreto con adición de fibras de acero de neumáticos reciclados. *INGENIERÍA Y COMPETITIVIDAD*. 2022. Vol. 24, no. 02, p. 18–18.

17. FLORES UTOS, Emanuel Oswaldo. Mejoramiento de la resistencia del concreto adicionando fibras de acero en la Av. Túpac Amaru, distrito de Independencia, Lima-2018. . 2018.
18. MEHTA, P. K. and MONTEIRO, Paulo J. M. *Concrete: Structure, Properties, and Materials*. . Englewood Cliffs, N.J, 1992. ISBN 978-0-13-175621-2.
19. KJELLEN, Knut O. and JUSTNES, Harald. Revisiting the microstructure of hydrated tricalcium silicate—a comparison to Portland cement. *Cement and Concrete Composites*. Online. November 2004. Vol. 26, no. 8, p. 947–956. [Accessed 2 July 2021]. DOI 10.1016/j.cemconcomp.2004.02.030.
20. KOSMATKA, Steven H., PANARESE, William C. and BRINGAS, Manuel Santiago. *Diseño y control de mezclas de concreto*. . Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1992.
21. NORMA E. 060. *CONCRETO ARMADO*. 2009. NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN.
22. NILSON, Arthur H. and DARWIN, David. *Diseño de estructuras de concreto*. . McGraw-Hill Colombia, 1999.
23. SANJUÁN BARBUDO, Miguel Ángel and CHINCHÓN YEPES, Servando. *Introducción a la fabricación y normalización del cemento portland*. . Universidad de Alicante, 2014.
24. MCCORMAC, Jack C. and BROWN, Russell. *Diseño de concreto reforzado*. . Alfaomega Grupo Editor, 2011.
25. RIVVA L., Enrique. *Diseño de Mezclas*. Online. Mlraflores, Lima-Perú, 1992. [Accessed 2 July 2021]. Available from: <https://es.slideshare.net/FredrafuEnrifer/disenodemezclasenrriquerivvalopez>
26. ASTM C150. Especificación Normalizada para Cemento Portland| Designación C 150 07. Online. 2007. [Accessed 12 July 2022]. Available from: https://www.academia.edu/30877688/ASTM_C150

27. BAQUERIZO, Luis G., MATSCHEI, Thomas, SCRIVENER, Karen L., SAEIDPOUR, Mahsa, THORELL, Alva and WADSÖ, Lars. Methods to determine hydration states of minerals and cement hydrates. *Cement and Concrete Research*. Online. November 2014. Vol. 65, p. 85–95. DOI 10.1016/j.cemconres.2014.07.009.
28. GOMÁ, F. *El cemento Portland y otros aglomerantes*. . Reverte, 1979. ISBN 978-84-7146-192-6. Google-Books-ID: XDTMOk4Ggd0C
29. GUZMAN, Diego Sanchez de. *TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO*. . Pontificia Universidad Javeriana, 2001. ISBN 978-958-9247-04-4.
30. NTP 400.037. Agregados de Concreto. In : *NORMA TÉCNICA PERUANA*. Online. 2018.. Available from: <https://es.scribd.com/doc/315424056/NTP-400-037-2002-AGREGADOS-DE-CONCRETO>
31. NTP 400.010. GREGADOS. Extracción y preparación de las muestras. In : *NORMA TÉCNICA PERUANA*. Online. 2016. Available from: <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=22882>
32. ASTM C 702. Ensayos y trabajos de investigación. In : Online. 2015. Available from: <https://www.buenastareas.com/materias/astm-c-702/0>
33. NEVILLE, Adam M. and BROOKS, Jeffrey John. *Concrete technology*. . Longman Scientific & Technical England, 1987.
34. DARWIN, David, DOLAN, Charles William and NILSON, Arthur H. *Design of concrete structures*. . McGraw-Hill Education New York, NY, USA:, 2016.
35. NILSON, Arthur H. *Design of prestressed concrete*. 1978.
36. ASTM C33-03. Especificación Normalizada de Agregados para Concreto. In : Online. 2015. Available from: <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/C33-03-SP.htm>

37. RIVVA LÓPEZ, Enrique. *Supervisión del concreto en obra*. . Fondo Editorial del Instituto de la Construcción y Gerencia. Perú, 2004.
38. JIMÉNEZ, P., GARCÍA, A. and MORÁN, F. Hormigón armado. *Barcelona: Gustavo Gili*. 2000.
39. RIVVA LÓPEZ, Enrique. *Diseño de mezclas*. Lima. Perú. 2007.
40. ACI 116R-00. 116R-00 Cement and Concrete Terminology. . P. 73.
41. CABALLERO-MORRISON, Karen E., BONET, José L., NAVARRO-GREGORI, Juan and MARTÍ-VARGAS, José Rocío. Behaviour of steel-fibre-reinforced normal-strength concrete slender columns under cyclic loading. *Engineering Structures*. 2012. Vol. 39, p. 162–175.

ANEXO A

- Matriz de consistencia

ANEXO: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO CEMENTO – ARENA, IQUITOS, PERÚ - 2022"					
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Metodología
<p>Problema General: ¿Cómo influye la adición de fibras de acero en las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento – arena, Iquitos, Perú -2022?</p> <p>Problemas Específicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Cuál es el diseño de mezcla de concreto cemento – arena, con la adición de fibras de acero, para lograr un concreto patrón de resistencia a la compresión $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$? 2. ¿Cuáles son los valores de las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento-arena, con la adición de fibras de acero, para lograr un concreto patrón de resistencia a la compresión $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$? 3. ¿Qué relación existe entre las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento – arena, con la adición de fibras de acero, y resistencia a la compresión $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$? 4. ¿Qué diferencia existe entre la relación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento – arena patrón (sin fibras metálicas) y con fibras de acero, con resistencia a la compresión de diseño $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$? 	<p>Objetivo General: Determinar la influencia de la adición de fibras de acero en las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento – arena, Iquitos, Perú -2022.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Determinar los valores de diseño de mezcla de concreto cemento – arena, con la adición de fibras de acero, para lograr un concreto patrón de resistencia a la compresión $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$. 2. Determinar los valores de las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento-arena, con la adición de fibras de acero, para lograr un concreto patrón de resistencia a la compresión $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$. 3. Analizar la relación que existe entre las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento – arena, con la adición de fibras de acero, y resistencia a la compresión $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$. 4. Evaluar la diferencia que existe entre la relación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento – arena patrón (sin fibras metálicas) y con fibras de acero, fabricados para resistencia a la compresión de diseño $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$. 	<p style="text-align: center;">H₀:</p> <p>“La inclusión de fibras metálicas en la elaboración del concreto cemento-arena influyen significativamente en las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento-arena”.</p> <p>• Hipótesis Nula (H₀): El empleo de fibras de acero Wirand® FF1 no influye significativamente en el comportamiento del concreto cemento-arena elaborado con arena de la cantera Irina, carretera Iquitos – Nauta, en el distrito de San Juan Bautista.</p> <p>• Hipótesis Alterna (H₁): El empleo de fibras de acero Wirand® FF1 influye significativamente en el comportamiento del concreto cemento-arena elaborado con arena de la cantera Irina, carretera Iquitos – Nauta, en el distrito de San Juan Bautista.</p>	<p>Independiente:</p> <p>Adición de fibra de acero</p> <p>Dependiente:</p> <p>Propiedades de Concreto cemento arena</p>	<p>Adición de fibra en kg/m^3</p> <p>Diseño óptimo de mezcla de concreto cemento-arena patrón (dosificación sin fibras metálicas).</p> <p>Diseño óptimo de mezcla de concreto cemento-arena reforzada con fibras de acero (SFRC).</p> <p>Peso específico, Absorción, Módulo de finura, Peso volumétrico suelto, Peso volumétrico varillado</p> <p>Relación agua/cemento</p> <p>Ensayos de concreto cemento- arena patrón en estado fresco.</p> <p>Ensayos de concreto cemento- arena con fibras de acero en estado fresco</p> <p>Estudio del concreto patrón (dosificación sin fibras metálicas) y concreto reforzado con fibras de acero (SFRC):</p> <p>Ensayos del concreto endurecido:</p> <p>Ensayos de resistencia a la compresión axial (f_c).</p> <p>Ensayos de resistencia estática a la flexión o módulo de rotura (m_r).</p> <p>Módulo elástico</p>	<p>El presente proyecto de investigación es de tipo descriptivo.</p> <div style="text-align: center;"> <pre> graph TD M --> Ox[Diseño: Ox] M --> Oy[Trabajo de Gabinete: Oy] </pre> </div> <p>Trabajo de Campo.</p> <p>Trabajo de Gabinete.</p>

ANEXO B

- Caracterización del agregado fino

CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO FINO

AGREGADO FINO

Procedencia: Cantera Irina, ubicada en la carretera Iquitos – Nauta km

- Peso unitario seco suelto (PUSS)

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO ASTM C – 29

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	6867	6915	6927
PESO DE MOLDE (gr.)	2906	2906	2906
PESO DE MUESTRA	3961	4009	4021
VOLUMEN DE MOLDE	2827	2827	2827
PESO UNITARIO	1.401	1.418	1.422
PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m3)	1,414		

ESPECIFICACIONES : El ensayo de Peso Unitario Suelto del agregado fino se desarrolló según las Normas ASTM C 29 y N.T.P. 400.017.

OBSERVACIONES : El material empleado en este ensayo, corresponde a arena de color blanco, trasladada al Laboratorio por los tesistas.

RESULTADOS : El promedio del Peso Unitario Suelto del agregado fino es 1414 Kg/m3.

- Peso unitario seco compactado (PUSC)

PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO ASTM C - 29

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	7493	7495	7500
PESO DE MOLDE (gr.)	2906	2906	2906
PESO DE MUESTRA	4587	4589	4594
VOLUMEN DE MOLDE	2827	2827	2827
PESO UNITARIO	1.623	1.623	1.625
PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m3)	1,624		

ESPECIFICACIONES : El ensayo de Peso Unitario Compactado del agregado fino se desarrolló según las Normas ASTM C 29 y N.T.P. 400.017.

OBSERVACIONES : El material empleado en este ensayo, corresponde a arena de color blanco, trasladada al Laboratorio por los tesistas.

RESULTADOS : El promedio del Peso Unitario Compactado del agregado fino es 1624 Kg/m3.

- **Peso específico y absorción del agregado fino.**

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO
ASTM C - 128
Agregado Fino**

N° DE ENSAYOS		1	2	3	PROMEDIO
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire)	225.41	221.74	235.75	
B	Peso Frasco + H2O	707.46	676.32	719.23	
C	Peso Frasco + H2O + A = (A+B)	932.87	898.06	954.98	
D	Peso de Mat. + H2O en el Frasco	847.32	813.25	867.45	
E	Vol. Masa + Vol. de Vacío = (C-D)	85.55	84.81	87.53	
F	Peso de Mat. Seco en Estufa (105°C)	224.82	221.18	235.15	
G	Vol. Masa = (E-A+F)	84.96	84.25	86.93	
Peso Específico Bulk (Base Seca)= (F/E)		2.628	2.608	2.687	2.641
Peso Específico Bulk (Base Saturada)= (A/E)		2.635	2.615	2.693	2.648
Peso Específico Aparente (Base Seca)=(F/G)		2.646	2.625	2.705	2.659
% de Absorción = ((A-F)/F)*100		0.26	0.25	0.26	0.26

ESPECIFICACIONES : El ensayo Gravedad Específica y Absorción del agregado fino se desarrolló según las Normas ASTM C 128 y N.T.P. 400.022.

OBSERVACIONES : El material empleado en este ensayo, corresponde a arena de color blanco, trasladada al Laboratorio por los tesisas.

RESULTADOS : El promedio del Peso Específico del agregado fino es 2.659 gr/cc.
El promedio del % de Absorción del agregado fino es 0.26%.

- **Cantidad de material fino que pasa el tamiz N°200**

**CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N°200
ASTM C - 117**

N° DE ENSAYOS		1	2	3
PESO DE MUESTRA + TARA (gr)		589.79	555.45	582.07
PESO DE MUESTRA LAVADA + TARA (gr)		561.10	533.85	559.70
PESO DE TARA (gr)		103.06	164.32	162.56
% QUE PASA LA MALLA N°200		5.89	5.52	5.33
PROMEDIO DE % QUE PASA MALLA N°200		5.58		

ESPECIFICACIONES : El ensayo de Cantidad de Material Fino que Pasa por el Tamiz N°200 se desarrolló según la Norma ASTM C 117.

OBSERVACIONES : El material empleado en este ensayo, corresponde a arena de color blanco, trasladada al laboratorio por los tesisas.

RESULTADOS : El promedio del porcentaje que pasa la malla N°200 del agregado fino es 5.58 %.

ANEXO C

- Diseño de mezcla del concreto cemento – arena, de relación $a/c = 0.60$, sin adición de fibras de acero.

DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO CEMENTO – ARENA

- Diseño patrón de relación a/c = 0.60, sin adición de fibras de acero.

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO CEMENTO - ARENA

INFORMACION

A. MATERIALES

1. CEMENTO

Marca y Tipo	:	Amazónico Tipo GU
Peso Específico	:	3.12 gr/cc
Peso Unitario	:	1500 kg/m ³

2. AGREGADOS

AGREGADO FINO

Peso Específico	:	2.641 gr/cc
Porcentaje de Absorción	:	0.26 %
Peso Unitario Suelto	:	1,432 Kg/m ³
Peso Unitario Compactado	:	1,643 Kg/m ³
Modulo de Fineza	:	1.62
Humedad para Diseño	:	8.59 %

B. CARACTERISTICAS

3. DATOS PARA LA DOSIFICACIÓN

Asentamiento Slump	:	2 1/2"
Estimación de Agua	:	340 Lts/m ³
Relacion Agua/Cemento (A/C)	:	0.60
Factor Cemento	:	C=A/Rac 340.00 / 0.6 = 566.7 = 13.33 Bls./m ³
Contenido de Aire Atrapado	:	8.50 %

C. CALCULO

4. CALCULO DE VOLÚMENES ABSOLUTO DE LA MEZCLA

Cemento	:	566.7 / 3120	=	0.182 m ³
Agua	:	340.00 / 1000	=	0.340 m ³
Aire Atrapado	:	8.50 / 100	=	0.085 m ³
				<u>0.607 m³</u>
Volumen Absoluto de los agregados	:	1.000 - 0.607	=	0.393 m ³
Peso del Agregado Fino	:	0.393 x 2641	=	1038.8 kg

5. VALORES DE DISEÑO

Cemento	:	566.7 Kg/m ³
Agua	:	340.0 Lts/m ³
Agregado Fino	:	1038.8 Kg/m ³

6. CORRECIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Peso Humedo del A. Fino	:	1038.80×1.0859	=	1127.98 Kg/m ³
Humedad Superficial A. Fino	:	$8.59 - 0.26$	=	8.33 %
Aporte de Humedad A. Fino	:	1038.80×0.083256	=	86.4861 Lts.
Agua Efectiva de Diseño	:	$340.00 - 86.49$	=	253.51 Lts.

7. VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento	:	566.7 Kg/m ³
Agua	:	253.5 Lts/m ³
Agregado Fino	:	1128.0 Kg/m ³

8. PROPORCIÓN EN PESO (Kg)

Cemento	:	$566.70 / 566.70$	=	1.00
Agregado Fino	:	$1127.98 / 566.70$	=	1.99
Agua	:	0.45×42.50	=	19.13

DOSIFICACIÓN EN PESO	:	<table border="1"><tr><td>C</td><td>AF</td><td>Agua</td></tr><tr><td>1</td><td>: 1.99</td><td>: 19.13</td></tr></table>	C	AF	Agua	1	: 1.99	: 19.13	Lts/m ³
C	AF	Agua							
1	: 1.99	: 19.13							

9. PROPORCIÓN EN VOLUMEN (Pie³)

Peso Unitario Suelto Humedo A. fino	:	1554.95 Kg/m ³
-------------------------------------	---	---------------------------

DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN	:	<table border="1"><tr><td>C</td><td>AF</td><td>Agua</td></tr><tr><td>1</td><td>: 1.90</td><td>: 19.13</td></tr></table>	C	AF	Agua	1	: 1.90	: 19.13	Lts/m ³
C	AF	Agua							
1	: 1.90	: 19.13							

10. DOSIFICACIÓN POR BOLSA DE CEMENTO

Cemento	:	42.5 Kg
Agregado Fino	:	84.6 Kg
Agua Efectiva	:	19.1 lts.

ANEXO D

- Propiedades del concreto fresco.
- Propiedades del concreto endurecido.

PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO

- **Peso unitario del concreto fresco, relación a/c = 0.60, sin adición de fibras de acero.**

PESO UNITARIO DEL CONCRETO

(A) PESO DE MUESTRA + MOLDE (g)	17650	17644	17623
(B) PESO DE MOLDE (g)	3346	3346	3346
(C=A-B) PESO DE MUESTRA (g)	14304	14298	14277
(D) VOLUMEN DE MOLDE (cm ³)	7074	7074	7074
(D/C) PESO UNITARIO (g/cm ³)	2.02205	2.02120	2.01824
PESO UNITARIO PROMEDIO (g/cm³)	2.02163		
PESO UNITARIO PROMEDIO (kg/m³)	2021.63		

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

- **Resistencia a la compresión a los 7 días, relación a/c = 0.60, sin adición de fibras de acero.**

ENSAYO DE COMPRESIÓN

SEGÚN NORMA ASTM C - 39

Relación agua/cemento: **0.60** Cantidad de fibra por m³: 0 kg 7 días de curado

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm ²)	Res. Obt. (Kg/cm ²)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	16/01/2023	23/01/2023	7	10.04	154.1	15,714	79.091	199	203
2	TESTIGO	16/01/2023	23/01/2023	7	9.93	145.2	14,810	77.366	191	
3	TESTIGO	16/01/2023	23/01/2023	7	10.03	153.9	15,688	78.933	199	
4	TESTIGO	16/01/2023	23/01/2023	7	10.03	183.7	18,732	79.012	237	
5	TESTIGO	16/01/2023	23/01/2023	7	9.94	160.7	16,387	77.6	211	
6	TESTIGO	16/01/2023	23/01/2023	7	10.02	152.2	15,519	78.854	197	
7	TESTIGO	16/01/2023	23/01/2023	7	10.03	153.4	15,642	79.012	198	
8	TESTIGO	16/01/2023	23/01/2023	7	9.96	148.2	15,116	77.835	194	

DESVIACIÓN ESTANDAR
14.82

VARIANZA
219.64

COEF. DE VARIACION
7.30

- Resistencia a la compresión a los 28 días, relación a/c = 0.60, sin adición de fibras de acero.

ENSAYO DE COMPRESIÓN

SEGÚN NORMA ASTM C - 39

Relación agua/cemento:

0.60

Cantidad de fibra por m3: 0 kg

28 días de curado

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm2)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	16/01/2023	13/02/2023	28	9.93	195.8	19,964	77.444	258	259
2	TESTIGO	16/01/2023	13/02/2023	28	9.96	196.2	20,003	77.913	257	
3	TESTIGO	16/01/2023	13/02/2023	28	9.95	201.8	20,577	77.678	265	
4	TESTIGO	16/01/2023	13/02/2023	28	9.95	208.8	21,287	77.756	274	
5	TESTIGO	16/01/2023	13/02/2023	28	10.06	188.1	19,176	79.485	241	
6	TESTIGO	16/01/2023	13/02/2023	28	10.04	189.2	19,289	79.169	244	
7	TESTIGO	16/01/2023	13/02/2023	28	10.01	213.2	21,741	78.697	276	
8	TESTIGO	16/01/2023	13/02/2023	28	10.01	201.6	20,560	79	260	

DESVIACIÓN ESTANDAR
12.56

VARIANZA
157.70

COEF. DE VARIACION
4.85

- Resistencia a la compresión a los 7 días, relación a/c = 0.60, con 15 kg/m3 de adición de fibras de acero.

ENSAYO DE COMPRESIÓN

SEGÚN NORMA ASTM C - 39

Relación agua/cemento: **0.60** Cantidad de fibra por m3: 15 kg 7 días de curado

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm2)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	17/01/2023	24/01/2023	7	9.95	183.3	18,688	77.678	241	214
2	TESTIGO	17/01/2023	24/01/2023	7	9.95	163.9	16,709	77.678	215	
3	TESTIGO	17/01/2023	24/01/2023	7	10.02	151.7	15,467	78.854	196	
4	TESTIGO	17/01/2023	24/01/2023	7	10.03	147.1	15,001	78.933	190	
5	TESTIGO	17/01/2023	24/01/2023	7	10.03	165.2	16,850	79.012	213	
6	TESTIGO	17/01/2023	24/01/2023	7	10.02	174.2	17,761	78.854	225	
7	TESTIGO	17/01/2023	24/01/2023	7	9.95	157.5	16,058	77.678	207	
8	TESTIGO	17/01/2023	24/01/2023	7	9.96	174.0	17,747	77.835	228	

DESVIACIÓN ESTANDAR
16.89

VARIANZA
285.13

COEF. DE VARIACION
7.89

- Resistencia a la compresión a los 28 días, relación a/c = 0.60, con 15 kg/m3 de adición de fibras de acero.

ENSAYO DE COMPRESIÓN

SEGÚN NORMA ASTM C - 39

Relación agua/cemento: **0.60** Cantidad de fibra por m3: 15 kg 28 días de curado

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm2)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	17/01/2023	14/02/2023	28	10.06	215.9	22,013	79.406	277	269
2	TESTIGO	17/01/2023	14/02/2023	28	9.99	215.8	22,002	78.383	281	
3	TESTIGO	17/01/2023	14/02/2023	28	10.01	207.8	21,191	78.697	269	
4	TESTIGO	17/01/2023	14/02/2023	28	10.05	205.9	20,994	79.248	265	
5	TESTIGO	17/01/2023	14/02/2023	28	9.98	219.9	22,418	78.226	287	
6	TESTIGO	17/01/2023	14/02/2023	28	10.04	212.2	21,634	79.169	273	
7	TESTIGO	17/01/2023	14/02/2023	28	10.08	184.0	18,767	79.722	235	
8	TESTIGO	17/01/2023	14/02/2023	28	10.04	202.0	20,593	79	261	

DESVIACIÓN ESTANDAR
15.96

VARIANZA
254.57

COEF. DE VARIACION
5.93

- Resistencia a la compresión a los 7 días, relación a/c = 0.60, con 25 kg/m3 de adición de fibras de acero.

ENSAYO DE COMPRESIÓN

SEGÚN NORMA ASTM C - 39

Relación agua/cemento: **0.60** Cantidad de fibra por m3: 15 kg 7 días de curado

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm2)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	18/01/2023	25/01/2023	7	9.99	164.3	16,752	78.304	214	207
2	TESTIGO	18/01/2023	25/01/2023	7	10.00	157.5	16,062	78.461	205	
3	TESTIGO	18/01/2023	25/01/2023	7	9.95	152.8	15,584	77.756	200	
4	TESTIGO	18/01/2023	25/01/2023	7	9.92	159.4	16,252	77.21	210	
5	TESTIGO	18/01/2023	25/01/2023	7	10.00	161.8	16,495	78.461	210	
6	TESTIGO	18/01/2023	25/01/2023	7	10.04	156.2	15,928	79.169	201	
7	TESTIGO	18/01/2023	25/01/2023	7	10.04	169.1	17,241	79.091	218	
8	TESTIGO	18/01/2023	25/01/2023	7	10.03	152.6	15,563	78.933	197	

DESVIACIÓN ESTANDAR
7.34

VARIANZA
53.84

COEF. DE VARIACION
3.54

- Resistencia a la compresión a los 28 días, relación a/c = 0.60, con 25 kg/m3 de adición de fibras de acero.

ENSAYO DE COMPRESIÓN

SEGÚN NORMA ASTM C - 39

Relación agua/cemento: **0.60** Cantidad de fibra por m3: 25 kg 28 días de curado

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm2)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	18/01/2023	15/02/2023	28	10.03	218.3	22,255	79.012	282	267
2	TESTIGO	18/01/2023	15/02/2023	28	10.03	191.8	19,559	79.012	248	
3	TESTIGO	18/01/2023	15/02/2023	28	9.98	201.3	20,531	78.148	263	
4	TESTIGO	18/01/2023	15/02/2023	28	10.04	207.6	21,172	79.091	268	
5	TESTIGO	18/01/2023	15/02/2023	28	10.03	201.4	20,539	78.933	260	
6	TESTIGO	18/01/2023	15/02/2023	28	10.05	207.2	21,124	79.248	267	
7	TESTIGO	18/01/2023	15/02/2023	28	10.06	206.4	21,046	79.485	265	
8	TESTIGO	18/01/2023	15/02/2023	28	10.01	220.3	22,467	79	284	

DESVIACIÓN ESTANDAR
11.62

VARIANZA
134.98

COEF. DE VARIACION
4.35

- Resistencia a la compresión a los 7 días, relación a/c = 0.60, con 35 kg/m3 de adición de fibras de acero.

ENSAYO DE COMPRESIÓN

SEGÚN NORMA ASTM C - 39

Relación agua/cemento: **0.60** Cantidad de fibra por m3: 35 kg 7 días de curado

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm2)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	19/01/2023	26/01/2023	7	10.03	155.9	15,893	78.933	201	201
2	TESTIGO	19/01/2023	26/01/2023	7	10.04	165.7	16,894	79.091	214	
3	TESTIGO	19/01/2023	26/01/2023	7	9.95	155.6	15,863	77.678	204	
4	TESTIGO	19/01/2023	26/01/2023	7	9.94	161.4	16,460	77.6	212	
5	TESTIGO	19/01/2023	26/01/2023	7	10.03	154.7	15,778	79.012	200	
6	TESTIGO	19/01/2023	26/01/2023	7	10.03	150.9	15,384	78.933	195	
7	TESTIGO	19/01/2023	26/01/2023	7	9.93	155.0	15,808	77.366	204	
8	TESTIGO	19/01/2023	26/01/2023	7	10.04	140.4	14,313	79.091	181	

DESVIACIÓN ESTANDAR
10.31

VARIANZA
106.27

COEF. DE VARIACION
5.13

- Resistencia a la compresión a los 28 días, relación a/c = 0.60, con 35 kg/m3 de adición de fibras de acero.

ENSAYO DE COMPRESIÓN

SEGÚN NORMA ASTM C - 39

Relación agua/cemento: **0.60** Cantidad de fibra por m3: 35 kg 28 días de curado

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm2)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	19/01/2023	16/02/2023	28	10.03	199.1	20,304	79.012	257	262
2	TESTIGO	19/01/2023	16/02/2023	28	9.97	203.2	20,719	77.991	266	
3	TESTIGO	19/01/2023	16/02/2023	28	10.05	217.4	22,164	79.327	279	
4	TESTIGO	19/01/2023	16/02/2023	28	10.00	207.3	21,141	78.461	269	
5	TESTIGO	19/01/2023	16/02/2023	28	10.03	195.3	19,917	78.933	252	
6	TESTIGO	19/01/2023	16/02/2023	28	9.96	205.2	20,919	77.835	269	
7	TESTIGO	19/01/2023	16/02/2023	28	10.03	201.8	20,581	78.933	261	
8	TESTIGO	19/01/2023	16/02/2023	28	9.98	188.5	19,222	78	246	

DESVIACIÓN ESTANDAR
10.58

VARIANZA
111.98

COEF. DE VARIACION
4.04

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL

- Resistencia a la tracción a los 7 días, relación a/c = 0.60, sin adición de fibras de acero.

ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA SEGÚN NORMA ASTM C - 496

Relación agua/cemento: **0.60** Cantidad de fibra por m3: 0 kg

Nº Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Long. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm2)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	16/01/2023	23/01/2023	7	10.00	21.07	53.9	5,491	78.461	16.6	16.4
2	TESTIGO	16/01/2023	23/01/2023	7	10.03	19.89	44.6	4,545	78.933	14.5	
3	TESTIGO	16/01/2023	23/01/2023	7	10.09	20.18	41.8	4,258	79.96	13.3	
4	TESTIGO	16/01/2023	23/01/2023	7	9.90	19.95	58.4	5,953	76.977	19.2	
5	TESTIGO	16/01/2023	23/01/2023	7	9.99	20.31	41.7	4,247	78.383	13.3	
6	TESTIGO	16/01/2023	23/01/2023	7	10.00	20.48	71.9	7,328	78.54	22.8	
7	TESTIGO	16/01/2023	23/01/2023	7	10.02	20.28	45.2	4,611	78.776	14.5	
8	TESTIGO	16/01/2023	23/01/2023	7	10.09	20.47	54.2	5,524	79.96	17.0	

DESVIACIÓN ESTANDAR
3.54

VARIANZA
12.54

COEF. DE VARIACION
21.59

- Resistencia a la tracción a los 28 días, relación a/c = 0.60, sin adición de fibras de acero.

ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

SEGÚN NORMA ASTM C - 496

Relación agua/cemento: **0.60** Cantidad de fibra por m3: 0 kg

Nº Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Long. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm2)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	16/01/2023	13/02/2023	28	9.95	20.29	69.6	7,097	77.678	22.4	22.6
2	TESTIGO	16/01/2023	13/02/2023	28	10.01	20.13	53.3	5,439	78.697	17.2	
3	TESTIGO	16/01/2023	13/02/2023	28	9.92	20.70	85.9	8,756	77.21	27.2	
4	TESTIGO	16/01/2023	13/02/2023	28	10.00	20.57	75.9	7,744	78.54	24.0	
5	TESTIGO	16/01/2023	13/02/2023	28	10.01	20.51	67.1	6,843	78.618	21.2	
6	TESTIGO	16/01/2023	13/02/2023	28	9.99	20.68	75.5	7,696	78.304	23.7	
7	TESTIGO	16/01/2023	13/02/2023	28	9.97	20.28	65.9	6,716	78.069	21.1	
8	TESTIGO	16/01/2023	13/02/2023	28	9.93	20.85	76.8	7,833	77.444	24.1	

DESVIACIÓN ESTANDAR
3.09

VARIANZA
9.58

COEF. DE VARIACION
13.69

- Resistencia a la tracción a los 7 días, relación a/c = 0.60, con 15 kg/m³ de adición de fibras de acero.

ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

SEGÚN NORMA ASTM C - 496

Relación agua/cemento: **0.60** Cantidad de fibra por m³: 15 kg

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Long. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm ²)	Res. Obt. (Kg/cm ²)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	17/02/2023	24/02/2023	7	10.01	20.31	59.5	6,071	78.618	19.0	21.5
2	TESTIGO	17/02/2023	24/02/2023	7	10.03	20.67	65.1	6,636	79.012	20.4	
3	TESTIGO	17/02/2023	24/02/2023	7	10.02	20.39	68.7	7,000	78.776	21.8	
4	TESTIGO	17/02/2023	24/02/2023	7	9.98	20.76	68.9	7,026	78.148	21.6	
5	TESTIGO	17/02/2023	24/02/2023	7	10.04	20.69	67.8	6,913	79.169	21.2	
6	TESTIGO	17/02/2023	24/02/2023	7	10.01	20.47	78.9	8,044	78.697	25.0	
7	TESTIGO	17/02/2023	24/02/2023	7	10.11	20.36	71.1	7,251	80.198	22.4	
8	TESTIGO	17/02/2023	24/02/2023	7	10.01	20.37	63.9	6,519	78.618	20.4	

DESVIACIÓN ESTANDAR
1.85

VARIANZA
3.43

COEF. DE VARIACION
8.62

- Resistencia a la tracción a los 28 días, relación a/c = 0.60, con 15 kg/m3 de adición de fibras de acero.

ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

SEGÚN NORMA ASTM C - 496

Relación agua/cemento: **0.60** Cantidad de fibra por m3: 15 kg

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Long. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm2)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	17/02/2023	17/03/2023	28	9.97	20.89	99.7	10,162	77.991	31.1	25.9
2	TESTIGO	17/02/2023	17/03/2023	28	10.02	20.47	73.2	7,468	78.776	23.2	
3	TESTIGO	17/02/2023	17/03/2023	28	10.03	20.42	84.2	8,589	78.933	26.7	
4	TESTIGO	17/02/2023	17/03/2023	28	10.02	20.39	69.5	7,086	78.854	22.1	
5	TESTIGO	17/02/2023	17/03/2023	28	9.96	20.40	82.0	8,365	77.913	26.2	
6	TESTIGO	17/02/2023	17/03/2023	28	10.11	20.69	84.4	8,607	80.198	26.2	
7	TESTIGO	17/02/2023	17/03/2023	28	9.96	20.62	77.1	7,858	77.835	24.4	
8	TESTIGO	17/02/2023	17/03/2023	28	9.98	20.73	87.9	8,967	78.148	27.6	

DESVIACIÓN ESTANDAR
2.93

VARIANZA
8.59

COEF. DE VARIACION
11.32

- Resistencia a la tracción a los 7 días, relación a/c = 0.60, con 25 kg/m³ de adición de fibras de acero.

ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

SEGÚN NORMA ASTM C - 496

Relación agua/cemento: **0.60** Cantidad de fibra por m³: 25 kg

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Long. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm ²)	Res. Obt. (Kg/cm ²)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	18/02/2023	25/02/2023	7	9.98	20.52	58.3	5,947	78.226	18.5	22.0
2	TESTIGO	18/02/2023	25/02/2023	7	10.02	20.22	81.6	8,318	78.854	26.1	
3	TESTIGO	18/02/2023	25/02/2023	7	9.99	20.51	54.8	5,586	78.304	17.4	
4	TESTIGO	18/02/2023	25/02/2023	7	9.96	20.45	65.6	6,690	77.835	20.9	
5	TESTIGO	18/02/2023	25/02/2023	7	10.04	20.50	72.4	7,386	79.169	22.8	
6	TESTIGO	18/02/2023	25/02/2023	7	9.99	20.67	74.1	7,558	78.383	23.3	
7	TESTIGO	18/02/2023	25/02/2023	7	9.98	20.30	72.6	7,406	78.226	23.3	
8	TESTIGO	18/02/2023	25/02/2023	7	9.99	20.71	74.5	7,601	78.383	23.4	

DESVIACIÓN ESTANDAR
3.03

VARIANZA
9.17

COEF. DE VARIACION
13.77

- Resistencia a la tracción a los 28 días, relación a/c = 0.60, con 25 kg/m3 de adición de fibras de acero.

ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

SEGÚN NORMA ASTM C - 496

Relación agua/cemento: **0.60** Cantidad de fibra por m3: 25 kg

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Long. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm2)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	18/02/2023	18/03/2023	28	9.98	20.39	73.0	7,439	78.226	23.3	27.0
2	TESTIGO	18/02/2023	18/03/2023	28	9.95	20.37	84.9	8,656	77.678	27.2	
3	TESTIGO	18/02/2023	18/03/2023	28	9.99	20.71	81.1	8,268	78.304	25.5	
4	TESTIGO	18/02/2023	18/03/2023	28	9.91	20.64	94.8	9,664	77.133	30.1	
5	TESTIGO	18/02/2023	18/03/2023	28	10.00	20.16	81.4	8,305	78.54	26.2	
6	TESTIGO	18/02/2023	18/03/2023	28	9.93	20.73	88.3	9,002	77.366	27.9	
7	TESTIGO	18/02/2023	18/03/2023	28	9.95	20.65	90.0	9,181	77.678	28.5	
8	TESTIGO	18/02/2023	18/03/2023	28	9.93	20.87	86.0	8,769	77.366	26.9	

DESVIACIÓN ESTANDAR
2.21

VARIANZA
4.88

COEF. DE VARIACION
8.18

- Resistencia a la tracción a los 7 días, relación a/c = 0.60, con 35 kg/m³ de adición de fibras de acero.

ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

SEGÚN NORMA ASTM C - 496

Relación agua/cemento: **0.60** Cantidad de fibra por m³: 35 kg

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Long. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm ²)	Res. Obt. (Kg/cm ²)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	19/02/2023	26/02/2023	7	9.99	20.70	64.2	6,544	78.383	20.1	21.5
2	TESTIGO	19/02/2023	26/02/2023	7	9.96	20.48	73.3	7,471	77.835	23.3	
3	TESTIGO	19/02/2023	26/02/2023	7	9.99	20.25	66.2	6,748	78.304	21.3	
4	TESTIGO	19/02/2023	26/02/2023	7	9.99	20.64	68.7	7,006	78.304	21.6	
5	TESTIGO	19/02/2023	26/02/2023	7	9.95	20.67	75.3	7,678	77.756	23.8	
6	TESTIGO	19/02/2023	26/02/2023	7	10.45	20.46	60.3	6,148	85.767	18.3	
7	TESTIGO	19/02/2023	26/02/2023	7	10.05	20.38	64.7	6,601	79.248	20.5	
8	TESTIGO	19/02/2023	26/02/2023	7	9.99	20.30	71.2	7,255	78.304	22.8	

DESVIACIÓN ESTANDAR
1.89

VARIANZA
3.57

COEF. DE VARIACION
8.79

- Resistencia a la tracción a los 28 días, relación a/c = 0.60, con 35 kg/m3 de adición de fibras de acero.

ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

SEGÚN NORMA ASTM C - 496

Relación agua/cemento: **0.60** Cantidad de fibra por m3: 35 kg

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Long. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm2)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	19/02/2023	19/03/2023	28	9.96	20.24	77.7	7,926	77.913	25.0	25.6
2	TESTIGO	19/02/2023	19/03/2023	28	10.00	20.19	90.9	9,266	78.54	29.2	
3	TESTIGO	19/02/2023	19/03/2023	28	9.96	20.64	79.5	8,102	77.835	25.1	
4	TESTIGO	19/02/2023	19/03/2023	28	9.99	20.29	73.4	7,489	78.304	23.5	
5	TESTIGO	19/02/2023	19/03/2023	28	9.98	20.47	84.0	8,565	78.148	26.7	
6	TESTIGO	19/02/2023	19/03/2023	28	9.99	20.44	73.0	7,447	78.383	23.2	
7	TESTIGO	19/02/2023	19/03/2023	28	9.95	20.13	75.8	7,724	77.756	24.6	
8	TESTIGO	19/02/2023	19/03/2023	28	9.95	20.64	87.3	8,902	77.678	27.6	

DESVIACIÓN ESTANDAR
2.06

VARIANZA
4.24

COEF. DE VARIACION
8.04

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO CEMENTO – ARENA

- Resistencia a la flexión a los 28 días, relación a/c = 0.60, sin adición de fibras de acero.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION DE CONCRETO

DE VIGA SIMPLE CON CARGA AL TERCIO MEDIO DE LA LUZ
ASTM C - 78

Cantera: **Irina** Relación agua/cemento: **0.60** 0 kg de fibra por m3

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Ancho Prom.	Alto Prom.	Luz Prom.	Carga Max. (KN)	Carga Max. (Kgf)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Prom.
1	TESTIGO VIGA	16/01/2023	13/02/2023	28	15.53	15.51	46.50	30.2	3,083	38	41
2	TESTIGO VIGA	16/01/2023	13/02/2023	28	15.79	15.48	46.50	34.4	3,502	43	
3	TESTIGO VIGA	16/01/2023	13/02/2023	28	15.42	15.47	46.50	32.2	3,286	41	

DESVIACIÓN ESTANDAR
2.52

VARIANZA
6.33

COEF. DE VARIACION
6.14

- Resistencia a la flexión a los 28 días, relación a/c = 0.60, con 15 kg/m3 de adición de fibras de acero.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION DE CONCRETO

DE VIGA SIMPLE CON CARGA AL TERCIO MEDIO DE LA LUZ
ASTM C - 78

Cantera: **Irina** Relación agua/cemento: **0.60** 15 kg de fibra por m3

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Ancho Prom.	Alto Prom.	Luz Prom.	Carga Max. (KN)	Carga Max. (Kgf)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Prom.
1	TESTIGO VIGA	17/01/2023	14/02/2023	28	15.58	15.46	46.50	34.0	3,462	43	40
2	TESTIGO VIGA	17/01/2023	14/02/2023	28	15.74	15.47	46.50	29.3	2,990	37	
3	TESTIGO VIGA	17/01/2023	14/02/2023	28	15.63	15.46	46.50	31.9	3,248	40	

DESVIACIÓN ESTANDAR
3.00

VARIANZA
9.00

COEF. DE VARIACION
7.50

- Resistencia a la flexión a los 28 días, relación a/c = 0.60, con 25 kg/m³ de adición de fibras de acero.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION DE CONCRETO

DE VIGA SIMPLE CON CARGA AL TERCIO MEDIO DE LA LUZ

ASTM C - 78

Cantera: **Irina** Relación agua/cemento: **0.60** 25 kg de fibra por m³

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Ancho Prom.	Alto Prom.	Luz Prom.	Carga Max. (KN)	Carga Max. (Kgf)	Res. Obt. (Kg/cm ²)	Resist. Prom.
1	TESTIGO VIGA	18/01/2023	15/02/2023	28	15.60	15.40	46.50	31.8	3,246	41	42
2	TESTIGO VIGA	18/01/2023	15/02/2023	28	15.84	15.45	46.50	36.0	3,671	45	
3	TESTIGO VIGA	18/01/2023	15/02/2023	28	15.76	15.44	46.50	30.6	3,120	39	

DESVIACIÓN ESTANDAR
3.06

VARIANZA
9.33

COEF. DE VARIACION
7.27

- Resistencia a la flexión a los 28 días, relación a/c = 0.60, con 35 kg/m³ de adición de fibras de acero.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION DE CONCRETO

DE VIGA SIMPLE CON CARGA AL TERCIO MEDIO DE LA LUZ

ASTM C - 78

Cantera: **Irina** Relación agua/cemento: **0.60** 35 kg de fibra por m³

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Ancho Prom.	Alto Prom.	Luz Prom.	Carga Max. (KN)	Carga Max. (Kgf)	Res. Obt. (Kg/cm ²)	Resist. Prom.
1	TESTIGO VIGA	18/01/2023	15/02/2023	28	15.44	15.52	46.50	30.3	3,086	39	41
2	TESTIGO VIGA	18/01/2023	15/02/2023	28	15.63	15.49	46.50	35.5	3,615	45	
3	TESTIGO VIGA	18/01/2023	15/02/2023	28	15.94	15.41	46.50	30.5	3,110	38	

DESVIACIÓN ESTANDAR
3.79

VARIANZA
14.33

COEF. DE VARIACION
9.23

MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO

- Módulo de elasticidad a los 28 días, relación a/c = 0.60, sin adición de fibras de acero.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD
ESTÁTICO DE CONCRETO A COMPRESIÓN
ASTM C - 469

1	TESTIGO - 0.60 0 kg de fibra por metro cúbico de concreto
---	---

DATOS DE PROBET :

Diametro (cm) : 9.97
Área (cm²) : 78.07
Fecha de vaciado : 16/01/2023
Fecha de ensayo : 13/02/2023

ESFUERZO MÁXIMO (KG/CM ²)	259
---------------------------------------	-----

LONGITUD DE MEDICIÓN- anillos (mm)	135
DIÁMETRO DE MEDICIÓN- anillos (mm)	99.7

CARGA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL (mm)	DEFORMACIÓN TRANSVERSAL (mm)	DEFORMACIÓN UNITARIA LONGITUDINAL	DEFORMACIÓN UNITARIA TRANSVERSAL
1000	12.81	0.0050000	0.0013170	0.0000370	0.0000132
2000	25.62	0.0140000	0.0030730	0.0001037	0.0000308
3000	38.43	0.0210000	0.0048290	0.0001556	0.0000484
4000	51.24	0.0280000	0.0065850	0.0002074	0.0000660
5000	64.05	0.0360000	0.0079020	0.0002667	0.0000793
6000	76.85	0.0445000	0.0100970	0.0003296	0.0001013
7000	89.66	0.0530000	0.0118530	0.0003926	0.0001189
8000	102.47	0.0625000	0.0140480	0.0004630	0.0001409
9000	115.28	0.0720000	0.0162430	0.0005333	0.0001629
10000					
11000					
12000					
13000					
14000					

INTERPOLACION PARA S1 Y e2

12.81	0.0000370	X	15.31	s1
X	0.0000500			
25.62	0.0001037			

102.47	0.0004630	Y	0.0004692	e2
103.60	Y			
115.28	0.0005333			

INTERPOLACION PARA et1' para S1

12.81	0.0000132	Y	0.0000166	et1
15.31	Y			
25.62	0.0000308			

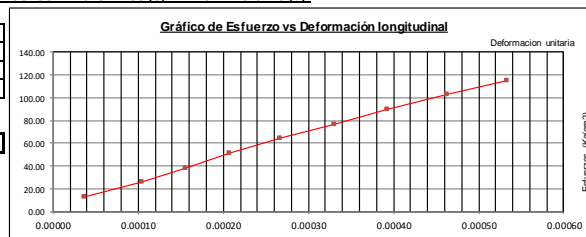
INTERPOLACION PARA et2' para S2

102.47	0.0001409	Y	0.0001428	et2
103.60	Y			
115.28	0.0001629			

CALCULOS DE ESFUERZOS (S) Y DEFORMACIONES (e).

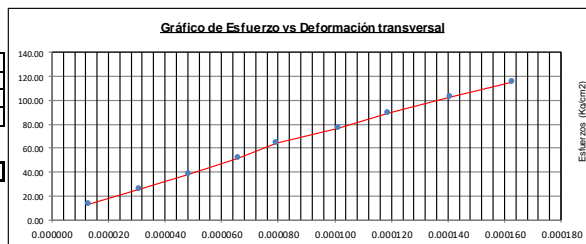
S1 (Esfuerzo a 0.00005)	15.31
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
S2 (40% Esfuerzo máx.)	103.60
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0004692

MÓDULO ELÁSTICO	210,615
-----------------	---------



et1 (Esfuerzo a 0.00005)	0.0000166
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
et2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0001428
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0004692

MÓDULO DE POISSON	0.301
-------------------	-------



- Módulo de elasticidad a los 28 días, relación a/c = 0.60, sin adición de fibras de acero.

**DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD
ESTÁTICO DE CONCRETO A COMPRESIÓN
ASTM C - 469**

2	TESTIGO - 0.60 0 kg de fibra por metro cúbico de concreto
---	---

DATOS DE PROBET :

Diametro (cm) : 10.04
 Área (cm²) : 79.09
 Fecha de vaciado : 16/01/2023
 Fecha de ensayo : 13/02/2023

ESFUERZO MAXIMO (KG/CM2)	259
LONGITUD DE MEDICIÓN- anillos (mm)	135
DIÁMETRO DE MEDICIÓN- anillos (mm)	100.35

CARGA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL (mm)	DEFORMACIÓN TRANSVERSAL (mm)	DEFORMACIÓN UNITARIA LONGITUDINAL	DEFORMACIÓN UNITARIA TRANSVERSAL
1000	12.64	0.0070000	0.0017560	0.0000519	0.0000175
2000	25.29	0.0150000	0.0039510	0.0001111	0.0000394
3000	37.93	0.0225000	0.0057070	0.0001667	0.0000569
4000	50.58	0.0310000	0.0070240	0.0002296	0.0000700
5000	63.22	0.0395000	0.0087800	0.0002926	0.0000875
6000	75.86	0.0480000	0.0105360	0.0003556	0.0001050
7000	88.51	0.0565000	0.0122920	0.0004185	0.0001225
8000	101.15	0.0660000	0.0140480	0.0004889	0.0001400
9000	113.79	0.0755000	0.0158040	0.0005593	0.0001575
10000					
11000					
12000					
13000					
14000					

INTERPOLACION PARA S1 Y e2

12.64	0.0000519				
X	0.0000500	X	12.23	s1	
25.29	0.0001111				

101.15	0.0004889				
Y	0.0005025	Y	0.0005025	e2	
113.79	0.0005593				

INTERPOLACION PARA et1' para S1

12.64	0.0000175				
12.23	Y	Y	0.0000168	et1	
25.29	0.0000394				

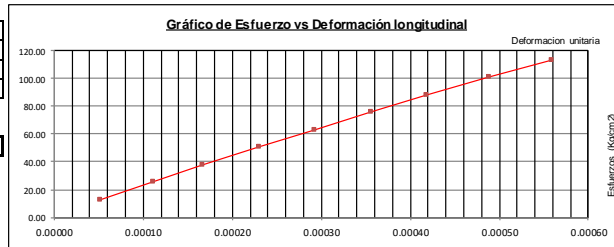
INTERPOLACION PARA et2' para S2

101.15	0.0001400				
103.60	Y	Y	0.0001434	et2	
113.79	0.0001575				

CALCULOS DE ESFUERZOS (S) Y DEFORMACIONES (e)

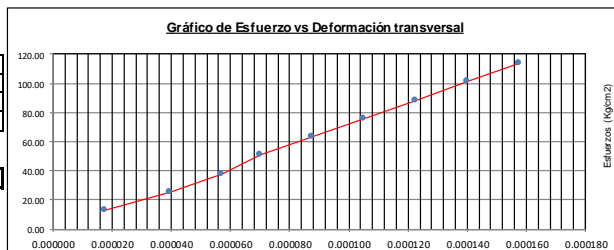
S1 (Esfuerzo a 0.00005)	12.23
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
S2 (40% Esfuerzo máx.)	103.60
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0005025

MODULO ELASTICO	201.923
------------------------	----------------



et1 (Esfuerzo a 0.00005)	0.0000168
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
et2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0001434
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0005025

MODULO DE POISSON	0.280
--------------------------	--------------



- Módulo de elasticidad a los 28 días, relación a/c = 0.60, sin adición de fibras de acero.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD
ESTÁTICO DE CONCRETO A COMPRESIÓN
ASTM C - 469

3	TESTIGO - 0.60 0 kg de fibra por metro cúbico de concreto
---	---

DATOS DE PROBE:

Diametro (cm) : 9.96
 Área (cm²) : 77.91
 Fecha de vaciado : 16/01/2023
 Fecha de ensayo : 13/02/2023

ESFUERZO MÁXIMO (KG/CM ²)	259
LONGITUD DE MEDICIÓN- anillos (mm)	135
DIÁMETRO DE MEDICIÓN- anillos (mm)	99.6

CARGA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL (mm)	DEFORMACIÓN TRANSVERSAL (mm)	DEFORMACIÓN UNITARIA LONGITUDINAL	DEFORMACIÓN UNITARIA TRANSVERSAL
1000	12.84	0.0065000	0.0017560	0.0000481	0.0000176
2000	25.67	0.0150000	0.0035120	0.0001111	0.0000353
3000	38.51	0.0225000	0.0052680	0.0001667	0.0000529
4000	51.34	0.0315000	0.0065850	0.0002333	0.0000661
5000	64.18	0.0405000	0.0083410	0.0003000	0.0000837
6000	77.01	0.0500000	0.0100970	0.0003704	0.0001014
7000	89.85	0.0585000	0.0122920	0.0004333	0.0001234
8000	102.68	0.0690000	0.0140480	0.0005111	0.0001410
9000	115.52	0.0795000	0.0158040	0.0005889	0.0001587
10000					
11000					
12000					
13000					
14000					

INTERPOLACION PARA S1 Y e2

12.84	0.0000481	X	13.23	s1
X	0.0000500			
25.67	0.0001111			

102.68	0.0005111	Y	0.0005167	e2
103.60	Y			
115.52	0.0005889			

INTERPOLACION PARA et1' para S1

12.84	0.0000176	Y	0.0000181	et1
13.23	Y			
25.67	0.0000353			

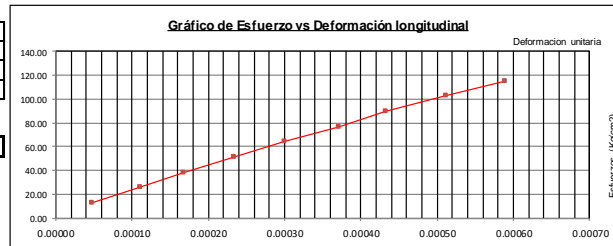
INTERPOLACION PARA et2' para S2

102.68	0.0001410	Y	0.0001423	et2
103.60	Y			
115.52	0.0001587			

CALCULOS DE ESFUERZOS (S) Y DEFORMACIONES (e).

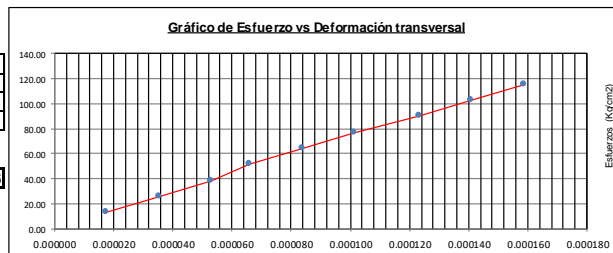
S1 (Esfuerzo a 0.00005)	13.23
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
S2 (40% Esfuerzo máx.)	103.60
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0005167

MODULO ELASTICO	193,636
------------------------	----------------



et1 (Esfuerzo a 0.00005)	0.0000181
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
et2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0001423
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0005167

MODULO DE POISSON	0.266
--------------------------	--------------



- Módulo de elasticidad a los 28 días, relación a/c = 0.60, con 15 kg/m³ de adición de fibras de acero.

**DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD
ESTÁTICO DE CONCRETO A COMPRESIÓN
ASTM C - 469**

1	TESTIGO - 0.60 15 kg de fibra por metro cúbico de concreto
---	--

DATOS DE PROBET :

Diametro (cm) : 10.03
 Área (cm²) : 79.01
 Fecha de vaciado : 17/01/2023
 Fecha de ensayo : 14/02/2023

ESFUERZO MÁXIMO (KG/CM ²)	269
LONGITUD DE MEDICIÓN- anillos (mm)	135
DIÁMETRO DE MEDICIÓN- anillos (mm)	100.3

CARGA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL (mm)	DEFORMACIÓN TRANSVERSAL (mm)	DEFORMACIÓN UNITARIA LONGITUDINAL	DEFORMACIÓN UNITARIA TRANSVERSAL
1000	12.66	0.0060000	0.0013170	0.000444	0.000131
2000	25.31	0.0115000	0.0030730	0.000852	0.000306
3000	37.97	0.0190000	0.0043900	0.001407	0.000438
4000	50.63	0.0275000	0.0061460	0.002037	0.000613
5000	63.28	0.0340000	0.0074630	0.002519	0.000744
6000	75.94	0.0430000	0.0096580	0.003185	0.000963
7000	88.60	0.0495000	0.0109750	0.003667	0.001094
8000	101.25	0.0580000	0.0122920	0.004296	0.001226
9000	113.91	0.0665000	0.0136090	0.004926	0.001357
10000					
11000					
12000					
13000					
14000					

INTERPOLACION PARA S1 Y e2

12.66	0.000444	X	14.40	s1
X	0.000500			
25.31	0.000852			

101.25	0.0004296	Y	0.0004612	e2
107.60	Y			
113.91	0.0004926			

INTERPOLACION PARA et1' para S1

12.66	0.000131	Y	0.0000155	et1
14.40	Y			
25.31	0.000306			

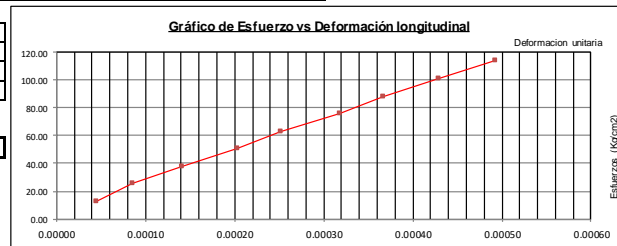
INTERPOLACION PARA et2' para S2

101.25	0.0001226	Y	0.0001292	et2
107.60	Y			
113.91	0.0001357			

CALCULOS DE ESFUERZOS (S) Y DEFORMACIONES (e)

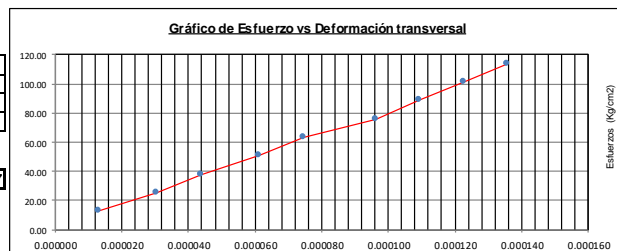
S1 (Esfuerzo a 0.00005)	14.40
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
S2 (40% Esfuerzo máx.)	107.60
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0004612

MODULO ELASTICO	226,654
------------------------	----------------



et1 (Esfuerzo a 0.00005)	0.0000155
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
et2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0001292
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0004612

MODULO DE POISSON	0.277
--------------------------	--------------



- Módulo de elasticidad a los 28 días, relación a/c = 0.60, con 15 kg/m³ de adición de fibras de acero.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD
ESTÁTICO DE CONCRETO A COMPRESIÓN
ASTM C - 469

2	TESTIGO - 0.60 15 kg de fibra por metro cúbico de concreto
---	--

DATOS DE PROBET :

Diametro (cm) : 10.04
 Área (cm²) : 79.09
 Fecha de vaciado : 17/01/2023
 Fecha de ensayo : 14/02/2023

ESFUERZO MÁXIMO (KG/CM ²)	269
LONGITUD DE MEDICIÓN- anillos (mm)	135
DIÁMETRO DE MEDICIÓN- anillos (mm)	100.35

CARGA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL (mm)	DEFORMACIÓN TRANSVERSAL (mm)	DEFORMACIÓN UNITARIA LONGITUDINAL	DEFORMACIÓN UNITARIA TRANSVERSAL
1000	12.64	0.0125000	0.0021950	0.0000926	0.000219
2000	25.29	0.0160000	0.0035120	0.0001185	0.0000350
3000	37.93	0.0190000	0.0048290	0.0001407	0.0000481
4000	50.58	0.0275000	0.0065850	0.0002037	0.0000656
5000	63.22	0.0355000	0.0087800	0.0002630	0.0000875
6000	75.86	0.0455000	0.0096580	0.0003370	0.0000962
7000	88.51	0.0560000	0.0118530	0.0004148	0.0001181
8000	101.15	0.0645000	0.0136090	0.0004778	0.0001356
9000	113.79	0.0745000	0.0153650	0.0005519	0.0001531
10000					
11000					
12000					
13000					
14000					

INTERPOLACION PARA S1 Y e2

0.00	0.0000000	X	6.83	s1
X	0.0000500			
12.64	0.0000926			

101.15	0.0004778	Y	0.0005156	e2
107.60	Y			
113.79	0.0005519			

INTERPOLACION PARA et1' para S1

0.00	0.0000000	Y	0.0000118	et1
6.83	Y			
12.64	0.0000219			

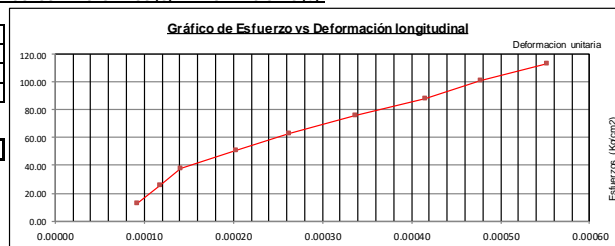
INTERPOLACION PARA et2' para S2

101.15	0.0001356	Y	0.0001445	et2
107.60	Y			
113.79	0.0001531			

CALCULOS DE ESFUERZOS (S) Y DEFORMACIONES (e).

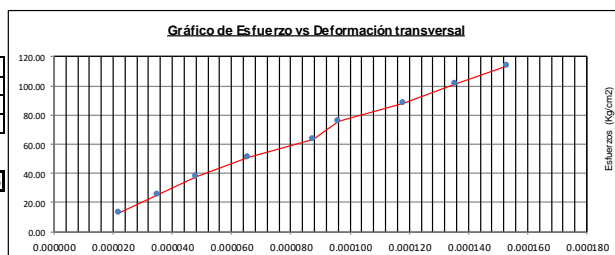
S1 (Esfuerzo a 0.00005)	6.83
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
S2 (40% Esfuerzo máx.)	107.60
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0005156

MODULO ELASTICO	216,430
------------------------	----------------



et1 (Esfuerzo a 0.00005)	0.0000118
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
et2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0001445
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0005156

MODULO DE POISSON	0.285
--------------------------	--------------



- **Módulo de elasticidad a los 28 días, relación a/c = 0.60, con 15 kg/m³ de adición de fibras de acero.**

**DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD
ESTÁTICO DE CONCRETO A COMPRESIÓN
ASTM C - 469**

3	TESTIGO - 0.60 15 kg de fibra por metro cúbico de concreto
---	--

DATOS DE PROBET :

Diametro (cm) : 10.04
 Área (cm²) : 79.09
 Fecha de vaciado : 17/01/2023
 Fecha de ensayo : 14/02/2023

ESFUERZO MÁXIMO (KG/CM ²)	269
LONGITUD DE MEDICIÓN- anillos (mm)	135
DIÁMETRO DE MEDICIÓN- anillos (mm)	100.35

CARGA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL (mm)	DEFORMACIÓN TRANSVERSAL (mm)	DEFORMACIÓN UNITARIA LONGITUDINAL	DEFORMACIÓN UNITARIA TRANSVERSAL
1000	12.64	0.0060000	0.0017560	0.000444	0.000175
2000	25.29	0.0105000	0.0030730	0.000778	0.000306
3000	37.93	0.0160000	0.0043900	0.001185	0.000437
4000	50.58	0.0225000	0.0057070	0.001667	0.000569
5000	63.22	0.0290000	0.0070240	0.002148	0.000700
6000	75.86	0.0360000	0.0083410	0.002667	0.000831
7000	88.51	0.0430000	0.0100970	0.003185	0.001006
8000	101.15	0.0490000	0.0118530	0.003630	0.001181
9000	113.79	0.0580000	0.0131700	0.004296	0.001312
10000					
11000					
12000					
13000					
14000					

INTERPOLACION PARA S1 Y e2

12.64	0.0000000	X	20.77	s1
X	0.0000500			
25.29	0.0000778			

101.15	0.0003630	Y	0.0003970	e2
107.60	Y			
113.79	0.0004296			

INTERPOLACION PARA et1' para S1

12.64	0.0000175	Y	0.0000259	et1
20.77	Y			
25.29	0.0000306			

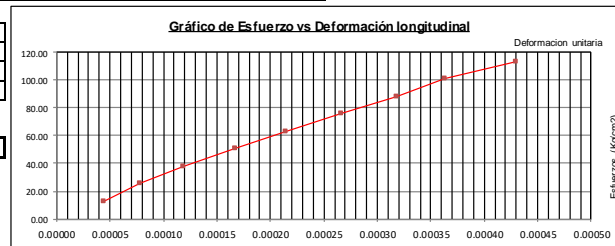
INTERPOLACION PARA et2' para S2

101.15	0.0001181	Y	0.0001248	et2
107.60	Y			
113.79	0.0001312			

CALCULOS DE ESFUERZOS (S) Y DEFORMACIONES (e)

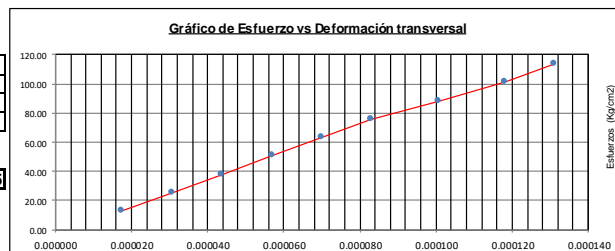
S1 (Esfuerzo a 0.00005)	20.77
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
S2 (40% Esfuerzo máx.)	107.60
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0003970

MODULO ELASTICO	250,231
------------------------	----------------



et1 (Esfuerzo a 0.00005)	0.0000259
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
et2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0001248
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0003970

MODULO DE POISSON	0.285
--------------------------	--------------



- Módulo de elasticidad a los 28 días, relación a/c = 0.60, con 25 kg/m³ de adición de fibras de acero.

**DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD
ESTÁTICO DE CONCRETO A COMPRESIÓN
ASTM C - 469**

1	TESTIGO - 0.60 25 kg de fibra por metro cúbico de concreto
---	--

DATOS DE PROBET :

Diametro (cm) : 10.03
 Área (cm²) : 78.93
 Fecha de vaciado : 18/01/2023
 Fecha de ensayo : 15/02/2023

ESFUERZO MÁXIMO (KG/CM ²)	267
---------------------------------------	-----

LONGITUD DE MEDICIÓN-anillos (mm)	135
DIÁMETRO DE MEDICIÓN-anillos (mm)	100.25

CARGA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL (mm)	DEFORMACIÓN TRANSVERSAL (mm)	DEFORMACIÓN UNITARIA LONGITUDINAL	DEFORMACIÓN UNITARIA TRANSVERSAL
1000	12.67	0.0035000	0.0013170	0.000259	0.000131
2000	25.34	0.0105000	0.0026340	0.000778	0.000263
3000	38.01	0.0190000	0.0043900	0.001407	0.000438
4000	50.68	0.0270000	0.0065850	0.002000	0.000657
5000	63.35	0.0355000	0.0083410	0.002630	0.000832
6000	76.02	0.0430000	0.0105360	0.003185	0.001051
7000	88.69	0.0525000	0.0122920	0.003889	0.001226
8000	101.36	0.0595000	0.0140480	0.004407	0.001401
9000	114.03	0.0680000	0.0158040	0.005037	0.001576
10000					
11000					
12000					
13000					
14000					

INTERPOLACION PARA S1 Y e2

12.67	0.0000259				
X	0.0000500	X	18.55	s1	
25.34	0.0000778				

101.36	0.0004407				
106.80	Y	Y	0.0004677	e2	
114.03	0.0005037				

INTERPOLACION PARA et1' para S1

12.67	0.0000131				
18.55	Y	Y	0.0000192	et1	
25.34	0.0000263				

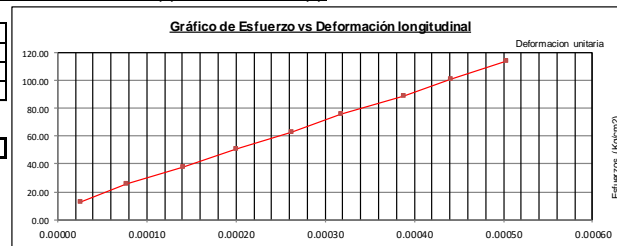
INTERPOLACION PARA et2' para S2

101.36	0.0001401				
106.80	Y	Y	0.0001476	et2	
114.03	0.0001576				

CALCULOS DE ESFUERZOS (S) Y DEFORMACIONES (e).

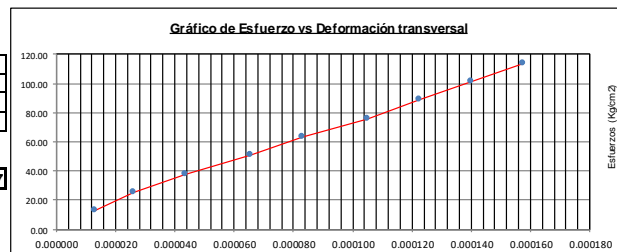
S1 (Esfuerzo a 0.00005)	18.55
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
S2 (40% Esfuerzo máx.)	106.80
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0004677

MODULO ELÁSTICO	211.276
------------------------	----------------



et1 (Esfuerzo a 0.00005)	0.0000192
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
et2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0001476
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0004677

MODULO DE POISSON	0.307
--------------------------	--------------



- Módulo de elasticidad a los 28 días, relación a/c = 0.60, con 25 kg/m³ de adición de fibras de acero.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD
ESTÁTICO DE CONCRETO A COMPRESIÓN
ASTM C - 469

2	TESTIGO - 0.60 25 kg de fibra por metro cúbico de concreto
---	--

DATOS DE PROBET :

Diametro (cm) : 9.99
 Área (cm²) : 78.38
 Fecha de vaciado : 18/01/2023
 Fecha de ensayo : 15/02/2023

ESFUERZO MÁXIMO (KG/CM ²)	267
LONGITUD DE MEDICIÓN- anillos (mm)	135
DIÁMETRO DE MEDICIÓN- anillos (mm)	99.9

CARGA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL (mm)	DEFORMACIÓN TRANSVERSAL (mm)	DEFORMACIÓN UNITARIA LONGITUDINAL	DEFORMACIÓN UNITARIA TRANSVERSAL
1000	12.76	0.0060000	0.0013170	0.0000444	0.0000132
2000	25.52	0.0140000	0.0026340	0.0001037	0.0000264
3000	38.28	0.0200000	0.0035120	0.0001481	0.0000352
4000	51.03	0.0290000	0.0048290	0.0002148	0.0000483
5000	63.79	0.0365000	0.0061460	0.0002704	0.0000615
6000	76.55	0.0445000	0.0074630	0.0003296	0.0000747
7000	89.31	0.0535000	0.0087800	0.0003963	0.0000879
8000	102.07	0.0625000	0.0100970	0.0004630	0.0001011
9000	114.83	0.0720000	0.0118530	0.0005333	0.0001186
10000					
11000					
12000					
13000					
14000					

INTERPOLACION PARA S1 Y e2

12.76	0.0000444				
X	0.0000500		X	13.96	s1
25.52	0.0001037				

102.07	0.0004630				
106.80	Y		Y	0.0004891	e2
114.83	0.0005333				

INTERPOLACION PARA et1' para S1

12.76	0.0000132				
13.96	Y		Y	0.0000144	et1
25.52	0.0000264				

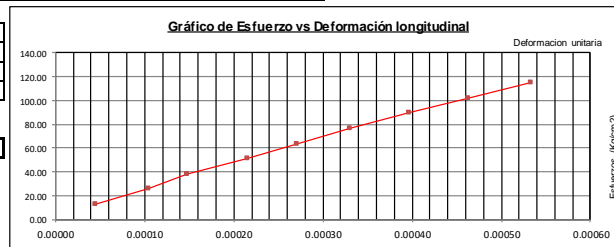
INTERPOLACION PARA et2' para S2

102.07	0.0001011				
106.80	Y		Y	0.0001076	et2
114.83	0.0001186				

CALCULOS DE ESFUERZOS (S) Y DEFORMACIONES (e)

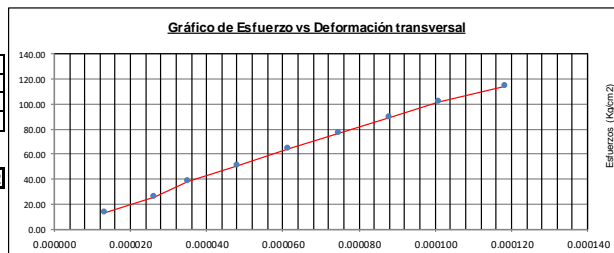
S1 (Esfuerzo a 0.00005)	13.96
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
S2 (40% Esfuerzo máx.)	106.80
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0004891

MODULO ELASTICO	211.432
-----------------	---------



et1 (Esfuerzo a 0.00005)	0.0000144
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
et2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0001076
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0004891

MODULO DE POISSON	0.212
-------------------	-------



- Módulo de elasticidad a los 28 días, relación a/c = 0.60, con 25 kg/m³ de adición de fibras de acero.

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD
ESTÁTICO DE CONCRETO A COMPRESIÓN
ASTM C - 469

3	TESTIGO - 0.60 25 kg de fibra por metro cúbico de concreto
---	--

DATOS DE PROBET :

Diametro (cm) : 10.03
 Área (cm²) : 78.93
 Fecha de vaciado : 18/01/2023
 Fecha de ensayo : 15/02/2023

ESFUERZO MÁXIMO (KG/CM ²)	267
LONGITUD DE MEDICIÓN- anillos (mm)	135
DIÁMETRO DE MEDICIÓN- anillos (mm)	100.25

CARGA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL (mm)	DEFORMACIÓN TRANSVERSAL (mm)	DEFORMACIÓN UNITARIA LONGITUDINAL	DEFORMACIÓN UNITARIA TRANSVERSAL
1000	12.67	0.0065000	0.0013170	0.0000481	0.0000131
2000	25.34	0.0130000	0.0026340	0.0000963	0.0000263
3000	38.01	0.0200000	0.0043900	0.0001481	0.0000438
4000	50.68	0.0280000	0.0065850	0.0002074	0.0000657
5000	63.35	0.0355000	0.0079020	0.0002630	0.0000788
6000	76.02	0.0440000	0.0096580	0.0003259	0.0000963
7000	88.69	0.0520000	0.0114140	0.0003852	0.0001139
8000	101.36	0.0615000	0.0131700	0.0004556	0.0001314
9000	114.03	0.0620000	0.0188770	0.0004593	0.0001883
10000					
11000					
12000					
13000					
14000					

INTERPOLACION PARA S1 Y e2

12.67	0.0000481				
X	0.0000500	X	13.17	s1	
25.34	0.0000963				
101.36	0.0004556	Y	0.0004572	e2	
106.80	Y				
114.03	0.0004593				

INTERPOLACION PARA et1' para S1

12.67	0.0000131				
13.17	Y	Y	0.0000136	et1	
25.34	0.0000263				

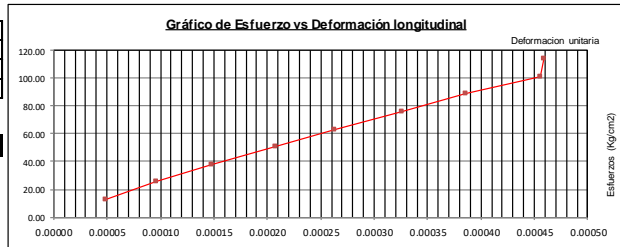
INTERPOLACION PARA et2' para S2

101.36	0.0001314				
106.80	Y	Y	0.0001558	et2	
114.03	0.0001883				

CALCULOS DE ESFUERZOS (S) Y DEFORMACIONES (e)

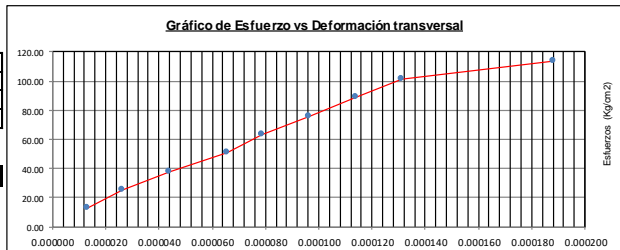
S1 (Esfuerzo a 0.00005)	13.17
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
S2 (40% Esfuerzo máx.)	106.80
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0004572

MODULO ELASTICO	229,936
------------------------	----------------



et1 (Esfuerzo a 0.00005)	0.0000136
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
et2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0001558
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0004572

MODULO DE POISSON	0.349
--------------------------	--------------



- Módulo de elasticidad a los 28 días, relación a/c = 0.60, con 35 kg/m³ de adición de fibras de acero.

**DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD
ESTÁTICO DE CONCRETO A COMPRESIÓN
ASTM C - 469**

1	TESTIGO - 0.60 25 kg de fibra por metro cúbico de concreto
---	---

DATOS DE PROBET :

Diametro (cm) : 10.04
 Área (cm²) : 79.17
 Fecha de vaciado : 19/01/2023
 Fecha de ensayo : 16/02/2023

ESFUERZO MÁXIMO (KG/CM ²)	262
---------------------------------------	------------

LONGITUD DE MEDICIÓN- anillos (mm)	135
DIÁMETRO DE MEDICIÓN- anillos (mm)	100.4

CARGA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL (mm)	DEFORMACIÓN TRANSVERSAL (mm)	DEFORMACIÓN UNITARIA LONGITUDINAL	DEFORMACIÓN UNITARIA TRANSVERSAL
1000	12.63	0.0045000	0.0013170	0.0003333	0.000131
2000	25.26	0.0115000	0.0030730	0.000852	0.000306
3000	37.89	0.0200000	0.0048290	0.001481	0.000481
4000	50.52	0.0285000	0.0070240	0.002111	0.000700
5000	63.16	0.0365000	0.0083410	0.002704	0.000831
6000	75.79	0.0440000	0.0100970	0.003259	0.001006
7000	88.42	0.0530000	0.0118530	0.003926	0.001181
8000	101.05	0.0615000	0.0136090	0.004556	0.001355
9000	113.68	0.0705000	0.0158040	0.005222	0.001574
10000					
11000					
12000					
13000					
14000					

INTERPOLACION PARA S1 Y e2

12.63	0.000333	X	16.69	s1
X	0.000500			
25.26	0.000852			

101.05	0.004556	Y	0.0004754	e2
104.80	Y			
113.68	0.005222			

INTERPOLACION PARA et1' para S1

12.63	0.000131	Y	0.0000187	et1
16.69	Y			
25.26	0.000306			

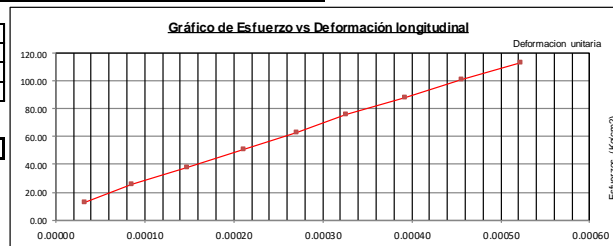
INTERPOLACION PARA et2' para S2

101.05	0.001355	Y	0.0001420	et2
104.80	Y			
113.68	0.001574			

CALCULOS DE ESFUERZOS (S) Y DEFORMACIONES (e)

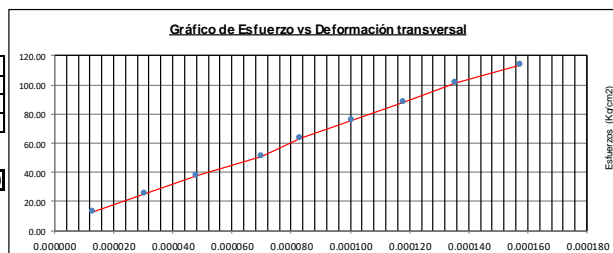
S1 (Esfuerzo a 0.00005)	16.69
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
S2 (40% Esfuerzo máx.)	104.80
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0004754

MODULO ELASTICO	207,123
------------------------	----------------



et1 (Esfuerzo a 0.00005)	0.0000187
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
et2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0001420
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0004754

MODULO DE POISSON	0.290
--------------------------	--------------



- **Módulo de elasticidad a los 28 días, relación a/c = 0.60, con 35 kg/m3 de adición de fibras de acero.**

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD
ESTÁTICO DE CONCRETO A COMPRESIÓN
ASTM C - 469

2	TESTIGO - 0.60 25 kg de fibra por metro cúbico de concreto
---	--

DATOS DE PROBET :

Diametro (cm) :	9.98
Área (cm ²) :	78.23
Fecha de vaciado :	19/01/2023
Fecha de ensayo :	16/02/2023

ESFUERZO MÁXIMO (KG/CM ²)	262
---------------------------------------	-----

LONGITUD DE MEDICIÓN- anillos (mm)	135
DIÁMETRO DE MEDICIÓN- anillos (mm)	99.8

CARGA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL (mm)	DEFORMACIÓN TRANSVERSAL (mm)	DEFORMACIÓN UNITARIA LONGITUDINAL	DEFORMACIÓN UNITARIA TRANSVERSAL
1000	12.78	0.0045000	0.0008780	0.000333	0.000088
2000	25.57	0.0115000	0.0021950	0.000852	0.000220
3000	38.35	0.0175000	0.0039510	0.001296	0.000396
4000	51.13	0.0245000	0.0052680	0.001815	0.000528
5000	63.91	0.0325000	0.0070240	0.002407	0.000704
6000	76.70	0.0410000	0.0087800	0.003037	0.000880
7000	89.48	0.0510000	0.0105360	0.003778	0.001056
8000	102.26	0.0590000	0.0122920	0.004370	0.001232
9000	115.05	0.0680000	0.0140480	0.005037	0.001408
10000					
11000					
12000					
13000					
14000					

INTERPOLACION PARA S1 Y e2

12.78	0.000333								
X	0.000500						X	16.90	s1
25.57	0.000852								

102.26	0.0004370								
104.80	Y						Y	0.0004502	e2
115.05	0.0005037								

INTERPOLACION PARA et1 para S1

12.78	0.000088								
16.90	Y						Y	0.0000131	et1
25.57	0.000220								

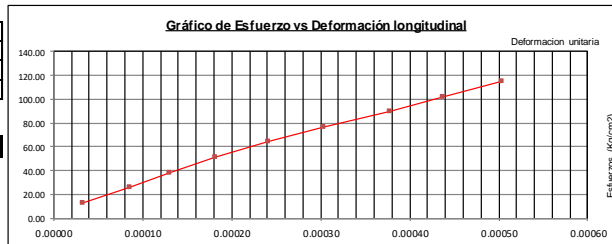
INTERPOLACION PARA et2 para S2

102.26	0.0001232								
104.80	Y						Y	0.0001267	et2
115.05	0.0001408								

CALCULOS DE ESFUERZOS (S) Y DEFORMACIONES (e).

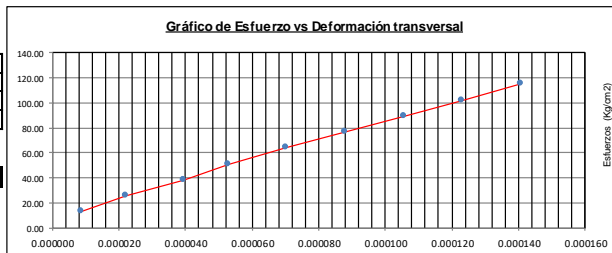
S1 (Esfuerzo a 0.00005)	16.90
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
S2 (40% Esfuerzo máx.)	104.80
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0004502

MODULO ELASTICO	219,640
------------------------	----------------



et1 (Esfuerzo a 0.00005)	0.0000131
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
et2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0001267
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0004502

MODULO DE POISSON	0.284
--------------------------	--------------



- Módulo de elasticidad a los 28 días, relación a/c = 0.60, con 35 kg/m³ de adición de fibras de acero.

**DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD
ESTÁTICO DE CONCRETO A COMPRESIÓN
ASTM C - 469**

3	TESTIGO - 0.60 25 kg de fibra por metro cúbico de concreto
----------	---

DATOS DE PROBET:

Diametro (cm) : 10.06
 Área (cm²) : 79.49
 Fecha de vaciado : 19/01/2023
 Fecha de ensayo : 16/02/2023

ESFUERZO MÁXIMO (KG/CM ²)	262
LONGITUD DE MEDICIÓN-anillos (mm)	135
DIÁMETRO DE MEDICIÓN-anillos (mm)	100.6

CARGA (kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL (mm)	DEFORMACIÓN TRANSVERSAL (mm)	DEFORMACIÓN UNITARIA LONGITUDINAL	DEFORMACIÓN UNITARIA TRANSVERSAL
1000	12.58	0.0060000	0.0008780	0.0000444	0.0000087
2000	25.16	0.0130000	0.0021950	0.0000963	0.0000218
3000	37.74	0.0200000	0.0035120	0.0001481	0.0000349
4000	50.32	0.0265000	0.0052680	0.0001963	0.0000524
5000	62.90	0.0330000	0.0065850	0.0002444	0.0000655
6000	75.48	0.0405000	0.0079020	0.0003000	0.0000785
7000	88.06	0.0490000	0.0092190	0.0003630	0.0000916
8000	100.64	0.0565000	0.0105360	0.0004185	0.0001047
9000	113.22	0.0645000	0.0118530	0.0004778	0.0001178
10000					
11000					
12000					
13000					
14000					

INTERPOLACION PARA S1 Y e2

12.58	0.0000444	
X	0.0000500	<input type="text" value="X"/> <input type="text" value="13.94"/> s1
25.16	0.0000963	

100.64	0.0004185	
104.80	Y	<input type="text" value="Y"/> <input type="text" value="0.0004381"/> e2
113.22	0.0004778	

INTERPOLACION PARA et1 para S1

12.58	0.0000087	
13.94	Y	<input type="text" value="Y"/> <input type="text" value="0.0000101"/> et1
25.16	0.0000218	

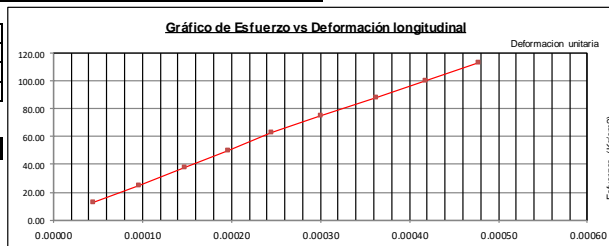
INTERPOLACION PARA et2 para S2

100.64	0.0001047	
104.80	Y	<input type="text" value="Y"/> <input type="text" value="0.0001090"/> et2
113.22	0.0001178	

CALCULOS DE ESFUERZOS (S) Y DEFORMACIONES (e)

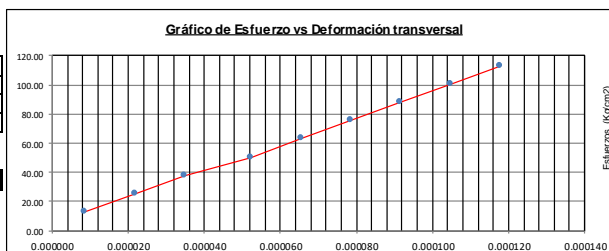
S1 (Esfuerzo a 0.00005)	13.94
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
S2 (40% Esfuerzo máx.)	104.80
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0004381

MODULO ELASTICO	234,115
------------------------	----------------



et1 (Esfuerzo a 0.00005)	0.0000101
e1 (Deformación a 0.00005)	0.0000500
et2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0001090
e2 (40% Esfuerzo máx.)	0.0004381

MODULO DE POISSON	0.255
--------------------------	--------------



ANEXO E

- Panel fotográfico.

REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

- Almacenamiento del cemento Amazónico Tipo Gu.



- Preparación del agregado fino para ser utilizado en los diseños de mezcla



- Fibras de acero Wirand FF1.



- Secado de muestra para encontrar el contenido de humedad del agregado fino para el diseño de mezcla.



- Preparación de muestra para el peso específico y absorción del agregado fino.



- Absorción del agregado fino.



- Preparación de muestras para el análisis granulométrico y juego de tamices.



- Secado y lavado de muestras para el ensayo de pasante el tamiz N° 200.



- Peso unitario suelto y compactado del agregado fino.



- Preparación de moldes de 4 x 8 pulg. para el vaciado de las mezclas de concreto cemento – arena.



- Ejecución del diseño de mezclas.



- Vaciado de la mezcla de concreto en los moldes cilíndricos de 4 x 8 pulg.



- Ensayo de la consistencia del concreto cemento – arena.



- Testigos cilíndricos y vigas para los ensayos del concreto en su estado endurecido.



- Curado de los testigos con sus diferentes adiciones de fibra de acero.



- Medición del diámetro y en ensayo de compresión de los testigos cilíndricos.



- Ensayo de tracción por compresión diametral.



- Ensayo de flexión de las vigas de concreto cemento – arena.



- Ensayo de Módulo Elástico del concreto cemento – arena.

