

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

**Resistencia mecánica del concreto de ultra alto desempeño
reforzado con fibras de acero (UHPFRC), y agregados locales,
Huamanga - Ayacucho**

Para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. Brayan Flavio ARGUMEDO OCHOA

ASESOR:

Mg. Jose Ernesto ESTRADA CÁRDENAS

AYACUCHO - PERÚ

2024

Resumen

Se presenta una investigación experimental para determinar la resistencia mecánica a flexión, tracción y compresión del concreto UHPFRC dosificado con agregados locales y materiales cementantes complementarios, esto con la finalidad es mejorar la calidad del concreto con el que contamos en nuestra región y país, es así que para este fin se elaboraron 120 muestras de concreto (80 cilíndricas y 40 vigas) para luego determinar en laboratorio la resistencia mecánica a flexión, tracción y compresión promedio. Para ello se estudió cuatro diseños con dosificaciones de 0%, 1%, 1.5% y 2% de añadidura de fibras metálicas de acero. Donde tuvimos como factores controlables a la relación agua cemento, granulometría del agregado, tiempo de curado de la muestra y cantidad de fibra. Los mayores valores de resistencia a la compresión obtenidos fueron 801.57, 1171.31, 1073.84 y 1170.95 kg/cm^2 ; a la tracción fueron 74.97, 123.16, 122.83 y 146.98 kg/cm^2 ; y a la flexión fueron 196.43, 288.98, 255.91 y 432.978 kg/cm^2 . La mezcla está diseñada para ser fabricada mediante procedimientos simples y utiliza materiales como cemento, microsílice, un superplastificante diluido en agua y arena fina, también se añade fibras de acero, estos se incorporan en la parte final de la preparación. Los resultados obtenidos en los ensayos demostraron la proximidad a la meta propuesta, es así que la investigación tiene impacto positivo debido a que este tipo de concreto mejora notablemente las propiedades mecánicas del concreto, sin embargo existen elementos controlables que tienen una participación determinante en la variable de respuesta.

Palabras clave: UHPFRC, UHPC, diseño, resistencia mecánica, compresión, tracción, flexión, concreto.

Abstract

An experimental investigation is presented to determine the mechanical resistance to flexure, tension and compression of UHPFRC concrete dosed with local aggregates. and complementary cementitious materials, whose purpose is to improve the quality of the concrete we have in our region and country, so for this purpose 120 samples of concrete were made. concrete (80 cylindrical and 40 beams) to then determine the average mechanical resistance to compression, tension and bending in the laboratory. For this purpose, four mixture designs with 0% dosages were studied 1%, 1.5% and 2% addition of metallic steel fibers. Where we had as controllable factors the water-cement ratio, granulometry of the aggregate, curing time of the sample and amount of fiber. The highest values ??of compressive strength obtained were 801.57, 1171.31, 1073.84 and 1170.95 kg/cm^2 ; to traction they were 74.97, 123.16, 122.83 and 146.98 kg/cm^2 ; and at flexion they were 196.43, 288.98, 255.91 and 432.978 kg/cm^2 . The mixture is designed to be manufactured using simple procedures and uses materials such as cement, microsilica, superplasticizer diluted in water and fine sand. Steel fibers are also added, these are incorporated in the final part of the preparation. The results obtained in the tests demonstrate the proximity to the proposed goal, thus the research has a positive impact because this type of concrete significantly improves the mechanical properties of the concrete, however there are controllable elements that have a determining perception in the variable of response.

keywords : UHPFRC, UHPC, design, mechanical strength, compression, traction, bending, concrete.

Introducción

Los avances en la investigación desarrollada para crear nuevos materiales de construcción llevaron al nacimiento del concreto de ultra alto rendimiento UHPC (Ultra - High Performance Concrete). Aunque estos hormigones tienen una resistencia a la compresión mayor o igual a 120 MPa según las normas ASTM, pueden ser quebradizos si el contenido de fibra no es el adecuado, dando como resultado el Concreto Reforzado con Fibras de Ultra Alto Rendimiento (UHPFRC). Así, el hormigón tipo UHPC/UHPFRC es un concreto con excelentes características mecánicas y de durabilidad basadas en su muy densa matriz y su porosidad extremadamente baja. Además, las fibras correctas en dosis apropiadas pueden producir excelentes compuestos cementosos que proporcionan elevados valores de resistencia a la tracción uniaxial y a la flexión y exhiben un comportamiento de endurecimiento por deformación pseudoductil con múltiples grietas que se forman antes de la falla. (Chen et al., 2018)

En comparación con el hormigón convencional o de alta resistencia, el UHPC presenta propiedades superiores, principalmente debido a su matriz de cemento en estado seco significativamente más compacto y a su casi ausencia de poros. (Chen et al., 2018)

Otra propiedad común de este hormigón de tecnología avanzada es que su composición consta de una dosificación con agregado muy fino con un tamaño máximo de partícula menor a 1 milímetro. Como resultado, su estructura interna es más notablemente homogénea y compacta que la del hormigón de grano grueso tradicional, lo que proporciona al material una mayor resistencia y cargas más uniformes ejercidas sobre él por fuerzas externas. (Li et al., 2016)

Sin embargo, la falta de estándares y especificaciones de diseño, así como la falta de comprensión de los materiales y las tecnologías de producción, la gran huella de carbono y los altos precios de producción limitan el desarrollo de este importante material más allá de los primeros pasos. (Abellán-García and García-Castaño, 2022)

Otro problema es que por necesitar usar una relación agua-cemento demasiado baja y su alto contenido de cemento, este compuesto a base de cemento es propenso a una contracción autógena significativa y un acelerado fraguado de la

superficie, lo que obliga a realizar un análisis cuidadoso y medidas correctivas en aplicaciones en obra.(Hung et al., 2021)

Por lo tanto, los trabajos más recientes se han concentrado en estudiar estas deficiencias y obstáculos que todavía limitan el uso de este material. Una dirección de investigación elemental es reducir el costo y la emisión de carbono de este concreto reemplazando en parte el cemento, el polvo de sílice, el agregado de cuarzoso artificial y otros ingredientes patentados por otros productos más baratos y menos lesivos con el ecosistema.(Ferdosian et al., 2017)

De esta forma, un gran número de estudios realizados en los últimos años demuestran la factibilidad de obtener dosificaciones de UHPC con menores costes y menor impacto de CO₂ con el uso de ingredientes como desechos metalúrgicos, cáscaras de arroz, residuos de craqueo catalítico o polvo de vidrio reutilizado. o sustituir parcialmente algunos ingredientes típicos (Huang et al., 2017).

Otro desafío es la calidad del cemento utilizado en la producción de UHPC, ya que el cemento de bajo contenido de aluminato tricálcico C3A no es fácil de encontrar en la mayor parte de los estados del mundo en desarrollo, donde el desarrollo de infraestructura es más necesario. (Abellán-García and García-Castaño, 2022)

*A mi madre KETTY CYNTHIA OCHOA RIVERA,
que desde el cielo guía e ilumina cada etapa de mi
carrera profesional, quien me obsequió la herencia
más valiosa que podemos dejar a nuestros hijos , LA
EDUCACIÓN*

AGRADECIMIENTOS

- Al Ing. Jose Ernesto ESTRADA CARDENAS, asesor del presente trabajo de investigación, por su paciencia, apoyo incondicional, críticas y buen temperamento en el desarrollo de este estudio.
- Al Ing. Hemerson LIZARBE ALARCÓN, coasesor de este trabajo de investigación, por su tiempo y disponibilidad a pesar de la carga, buenos consejos y encaminar la investigación durante todo el proceso.
- A los catedráticos de la escuela de ingeniería civil de Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga por la contribución en mis conocimientos profesionales.
- A mi pareja Melanie SANCHEZ CORDERO e hija Mía ARGUMEDO SANCHEZ quienes fueron mi apoyo y soporte en todo el proceso de investigación.
- A mis amigos y hermanos de la vida universitaria por haber estado apoyando y prestos a cualquier duda consultada en este estudio.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	PAG. I
INTRODUCCIÓN	PAG. III
DEDICATORIA	PAG. V
AGRADECIMIENTOS	PAG. VI
LISTA DE FIGURAS	PAG. XI
LISTA DE TABLAS	PAG. XII
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	PAG. 1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Delimitación del problema	2
1.2.1 Espacial(geográfica)	2
1.2.2 Temporal	2
1.2.3 Temática y unidad de análisis.....	2
1.3 Formulación del problema	2
1.3.1 Problema general.....	2
1.3.2 Problemas específicos	2

1.4	Justificación e importancia	3
1.4.1	Justificación social	3
1.4.2	Justificación por su relevancia	3
1.5	Limitaciones de la investigación	3
1.6	Objetivos	4
1.6.1	Objetivo general.....	4
1.6.2	Objetivos específicos	4
2	MARCO TEÓRICO	PAG. 5
2.1	Antecedentes del problema	5
2.1.1	Antecedentes a nivel Internacional:	8
2.1.2	Antecedentes a nivel nacional:	10
2.2	Bases teóricas	10
2.2.1	Concreto de ultra alto performance (UHPC)	10
2.2.2	Concreto de ultra alto performance reforzado con fibras (UHPFRC)	
	10	
2.2.3	Propiedades mecánicas del UHPC	12
2.2.4	Componentes del UHPFRC.	17
2.2.5	Base normativa del UHPC y UHPFRC	21
3	MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN	PAG. 26
3.1	Enfoque	26
3.2	Alcance	26
3.3	Tipo y diseño de investigación	26
3.3.1	Tipo de investigación.....	26
3.3.2	Diseño de investigación.....	27
3.4	Población y muestra	27
3.4.1	población	27

3.4.2	Muestra.....	29
3.5	Hipótesis.	29
3.5.1	Hipótesis general	29
3.5.2	Hipótesis específicas.....	29
3.6	Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional.	29
3.6.1	Variables.....	30
3.6.2	Indicadores.....	30
3.7	Técnicas e instrumentos	31
3.7.1	Técnicas de procesamiento de datos	31
3.7.2	Técnicas de análisis e interpretación de la información.	33
3.7.3	Instrumentos de recolección de datos.....	33
3.8	Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información.	33
3.8.1	Diseño estadístico	33
3.9	Desarrollo del trabajo de tesis	34
3.9.1	Materiales	35
3.9.2	Etapas Experimentales	39
3.9.3	Ensayos.....	44
4	RESULTADOS	PAG. 49
4.1	Resistencia a la Compresión	49
4.1.1	Análisis de la resistencia a compresión	52
4.2	Resistencia a la Tracción	53
4.2.1	Análisis de la resistencia a tracción	55
4.3	Resistencia a la Flexión	55
4.3.1	Análisis de la resistencia a flexión	58

4.4	Contrastación de hipótesis	58
5	CONCLUSIONES	PAG. 77
5.1	Conclusiones	77
5.2	Recomendaciones	78
5.3	Trabajos futuros	78
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	PAG. 79

Índice de figuras

1	<i>Núcleo de hormigón que muestra la evidente diferencia entre los dos materiales.</i>	11
2	<i>Curvas de compresión constitutivas de UHPC con distintas proporciones de fibras.</i>	13
3	<i>Curva constitutiva propuesta por la SETRA AFGC y JSCE.</i>	14
4	<i>tracción directa del UHPFRC.</i>	15
5	<i>Estructura de la composición del UHPFRC.</i>	17
6	<i>Sistema de control AUTOMAX PRO-M</i>	30
7	<i>Balanza digital Ranger 3000</i>	31
8	<i>Molde metálico de para viga</i>	31
9	<i>Molde metálico cilíndrico</i>	31
10	<i>Microsílice</i>	36
11	<i>Agregado fino</i>	36
12	<i>Granulometría el agregado</i>	37
13	<i>Características y propiedades de la fibra de acero</i>	38
14	<i>Esquema del trabajo</i>	39
15	<i>Mezcla de componenetes secos</i>	42
16	<i>Fases del proceso de mezclado</i>	42
17	<i>Probetas ensayadas a compresión</i>	44
18	<i>Probetas ensayadas a tracción indirecta</i>	45
19	<i>Esquema de ensayo a la flexión usado</i>	46
20	<i>Probetas ensayadas a flexión</i>	47
21	<i>Resistencia a la compresión DISEÑO I</i>	49
22	<i>Resistencia a la compresión DISEÑO II</i>	49

23	<i>Resistencia a la compresión DISEÑO III</i>	50
24	<i>Resistencia a la compresión DISEÑO IV</i>	50
25	<i>Resistencia a la tracción DISEÑO I</i>	52
26	<i>Resistencia a la tracción DISEÑO II</i>	52
27	<i>Resistencia a la tracción DISEÑO III</i>	53
28	<i>Resistencia a la tracción DISEÑO IV</i>	53
29	<i>Resistencia a la flexión DISEÑO I</i>	55
30	<i>Resistencia a la flexión DISEÑO II</i>	55
31	<i>Resistencia a la flexión DISEÑO III</i>	56
32	<i>Resistencia a la flexión DISEÑO IV</i>	56
33	<i>Resistencia a la compresión de las dosificaciones</i>	58
34	<i>Diagrama de caja de Resistencia a compresión</i>	61
35	<i>Resistencia a la tracción de las dosificaciones</i>	64
36	<i>Diagrama de caja de Resistencia a compresión</i>	67
37	<i>Resistencia a la flexión de las dosificaciones</i>	70
38	<i>Resistencia a la flexión de las dosificaciones</i>	73

Índice de cuadros

1	Estándars de control del concreto	33
2	Composición química del cemento andino	34
3	Propiedades físicas y químicas	35
4	Propiedades químicas de microsílica Z	35
5	Dosificación utilizada en laboratorio	40
6	Cálculo de volúmenes para $1m^3$ de de UHPFRC	41
7	Dosificación para $1m^3$	41
8	Ensayos de flujo Análisis estadístico	43
9	del ensayo de Resistencia a compresión del concreto adicionando 0 %. de fibras de acero	59
10	Análisis estadístico del ensayo de Resistencia a compresión del concreto adicionando 1 %. de fibras de acero	59
11	Análisis estadístico del ensayo de Resistencia a compresión del concreto adicionando 1.5 %. de fibras de acero	60
12	Análisis estadístico del ensayo de Resistencia a compresión del concreto adicionando 2 %. de fibras de acero	60
13	Cuadro resumen de ensayos de compresión	62
14	Análisis estadístico del ensayo de Resistencia a tracción del concreto adi- cionando 0 %. de fibras de acero	65
15	Análisis estadístico del ensayo de Resistencia a tracción del concreto adi- cionando 1 %. de fibras de acero	65
16	Análisis estadístico del ensayo de Resistencia a tracción del concreto adi- cionando 1.5 %. de fibras de acero	66

17	Análisis estadístico del ensayo de Resistencia a tracción del concreto adicionando 2 %. de fibras de acero	66
18	Cuadro resumen de ensayos de tracción	68
19	Análisis estadístico del ensayo de Resistencia a flexión del concreto adicionando 0 %. de fibras de acero	71
20	Análisis estadístico del ensayo de Resistencia a flexión del concreto adicionando 1 %. de fibras de acero	71
21	Análisis estadístico del ensayo de Resistencia a flexión del concreto adicionando 1.5 %. de fibras de acero	72
22	Análisis estadístico del ensayo de Resistencia a flexión del concreto adicionando 2 %. de fibras de acero	72
23	Cuadro resumen de ensayos de flexión	74

GLOSARIO

1. **Aditivo:** Un compuesto que se agrega al concreto durante el mezclado para mejorar sus características y propiedades.
2. **Espécimen:** La porción de concreto que se considera que exhibe las propiedades de la mezcla.
3. **Granulometría:** Clasificación granulométrica de las piedras o partículas que componen los áridos finos y gruesos.
4. **Mezcladora:** Máquina con motor eléctrico o de gasolina que consta de un cilindro en forma de tambor que se utiliza para mezclar ingredientes del concreto.
5. **Probeta:** Muestra de concreto, de dimensiones determinadas y conservada en condiciones preestablecidas, para posteriormente ser sometida a ensayos.
6. **Asentamiento:** Es una medida de la trabajabilidad del hormigón en estado fresco, que permite observar si el hormigón a verter tiene buena consistencia. Se mide usando un cono de Abraham.
7. **Arena Fina:** Un material con excelentes propiedades que es usado para la elaboración de concreto y a veces puede combinarse con áridos finos naturales o triturados para ayudar a mejorar la granulometría del agregado que ingresa a la dosificación. Proviene de depósitos sedimentarios.
8. **Aluminato tricálcico (C3A):** Compuesto de las mezclas de cemento que tienen la propiedad de liberar calor durante los primeros días de curado y endurecimiento del hormigón. Ayuda con la acumulación temprana de resistencia.
9. **Aire incorporado:** Es técnicamente posible mejorar ciertas propiedades del hormigón, como la trabajabilidad y la bombeabilidad. También es una medida de la durabilidad de una estructura que está expuesta a factores ambientales que pueden afectarla. También se utiliza para la producción de hormigón de baja permeabilidad. Resistencia temprana.
10. **Alabeo:** Deformación de la superficie de una losa respecto a su forma original, los diferenciales de temperatura, la pérdida de humedad son aspectos a tener en cuenta y

causa fundamental para estas reacciones. Se manifiesta generalmente en las esquinas de los elementos, puede existir la posibilidad de que se presente también en muros.

11. **Aire naturalmente atrapado:** Cuando el concreto se encuentra en el proceso de mezclado, es normal que atrape aire dentro de la masa, el cual es posteriormente liberado por los procesos de compactación al que es sometido una vez ha sido vaciado. Sin embargo, es imposible extraer todo al aire y siempre queda un porcentaje dentro de la masa endurecida. El exceso de vibrado puede incrementar los contenidos de aire atrapado.
12. **Agua de Curado:** Este proceso busca garantizar la hidratación del cemento mediante el suministro constante de agua una vez el concreto ha fraguado. Esta agua debe mantener unas condiciones de temperatura adecuadas al sitio y condiciones ambientales para garantizar su correcta función.
13. **Agregado Reactivo:** Material granular que contiene sustancias capaces de reaccionar químicamente con los productos de la solución o hidratación del cemento Portland bajo condiciones normales de exposición, provocando en algunos casos expansión, fisuración o manchas perjudiciales.
14. **Aditivo Superplastificante:** Materia prima dosificada al concreto en estado fresco, que permite mejorar la manejabilidad del mismo sin alterar alguna de las características de diseño del material. Con esta sustancia química, el concreto se mantiene más cohesivo disminuyendo la posibilidad de la segregación.
15. **Agregado:** Material granular conocido como arena, grava, gravilla o roca triturada. Geológicamente tenemos fuentes de tipo aluvial, formación de roca masiva o deposito sedimentario. Se utilizan en la producción de concreto o morteros y sus tamaños son debidamente clasificados.
16. **Aditivo Mineral:** Productos formulados químicamente a partir de materias primas naturales o subproductos industriales triturados. Según sus propiedades físicas o químicas, estos aditivos se clasifican en materiales cementosos, materiales puzolánicos y materiales nominalmente inertes.
17. **Aditivo Acelerante:** Producto químico agregado al concreto o mortero para aumentar la tasa de hidratación del cemento hidráulico y acortar su tiempo de fraguado.

18. **Adherencia:** El efecto de bloqueo creado por la combinación de agua y mortero al unir dos ladrillos.
19. **Absorción:** Proceso por el cual un líquido es atraído hacia un sólido poroso y tiende a llenar los vacíos permeables del mismo; también es el aumento de masa de un sólido poroso que se produce como resultado de la penetración de un líquido en sus poros permeables.
20. **Abrasión:** El flujo continuo o transitorio a través de cierto tipo de fluido afecta aspectos del concreto en su estado endurecido de la misma manera que cambia la fricción que puede existir sobre un miembro. El concreto eventualmente mostrará un desgaste significativo.

LISTA DE ACRÓNIMOS

- **A°F°:** Agregado fino.
- **A°G°:** Agregado grueso
- **W%:** Contenido de humedad
- **TM:** Tamaño máximo del agregado.
- **TMN:** Tamaño máximo nominal del agregado.
- **P.U.:** Precio unitario.
- **ACI:** American Concrete Institute.
- **ASTM:** American Society of Testing Materials.
- **NTP:** Norma técnica peruana.
- **AASHTO:** American Association of State Highway and Transportation Officials
- **OPC:** cemento portland ordinario
- **PVC:** cloruro polivinilo
- **RCC:** concreto de cemento reforzado
- **PBFC:** cemento portland de alto horno
- **ggbfs:** escoria de alto horno granulado triturada

LISTA DE SÍMBOLOS

- μ : Media aritmética.
- σ^2 : Varianza.
- σ : Desviación estándar
- H_O : Hipótesis nula.
- H_a : Hipótesis alternativa.
- α : Nivel de significancia.
- Z_O : Estadístico de prueba.
- A : Área.
- D : Tamaño de la partícula
- V_f : Volumen de las fibras
- b : Ancho de la probeta
- d : Altura de la probeta
- f'_c : Diámetro de la fibra
- l_f : Longitud de la fibra
- f_{MOR} : Módulo de rotura
- f_{LOP} : Límite de proporcionalidad
- a/c : Relación agua cemento

Planteamiento del problema

1.1 Descripción del problema

El concreto es uno de los materiales de construcción más utilizados a lo largo de la historia. Más ampliamente distribuido comercialmente en todo el mundo, debido a la diferente composición en comparación con el concreto ordinario o de alta resistencia, estas propiedades del concreto reforzado con fibras de ultra alta resistencia (UHPFRC) no sólo tienen una alta resistencia a la compresión y a la tracción, sino también una alta capacidad de deformación continua por tracción bajo tensión.

El UHPFRC generalmente se proporciona con arena fina, alto contenido de cemento, fibras de acero o sintéticas microsilíce o silica fume, cuarzo y superplastificante. Se añaden estas fibras metálicas para mejorar la ductilidad. En consecuencia, la arena fina se vuelve el equivalente al agregado grueso y el cemento cumple el papel de agregado fino mientras que la microsilíce o silica fume asume el papel del cemento. Cuando se usa en dosis óptimas, el superplastificante reduce el agua a proporción de materiales cementosos así mismo ayuda en la mejor trabajabilidad del concreto. La adición de microsilíce en el concreto UHPFRC cumple la triple función de mejorar las propiedades mecánicas de la pasta al rellenar los huecos (densidad creciente), mejorando la reología (fortaleciendo la zona de transición interfacial entre el cemento matriz y arena) y produciendo hidratos secundarios. La menor relación de agua-material cementicio (w/cm) reduce la porosidad de la pasta de cemento y mejora la durabilidad.

El uso de UHPFRC permite minimizar las dimensiones de la sección estructural, aprovechando el material mejorando propiedades y minimizando el uso y costo de material. Además de las propiedades de resistencia mejoradas, el UHPFRC tiene una permeabilidad muy baja, lo que hace que el material sea resistente a la corrosión y al deterioro que a menudo se asocia con estructuras de concreto armado y acero. Esta resistencia se correlaciona directamente con una vida útil más larga que se puede lograr con el uso de UHPFRC, lo que lo convierte en un material ideal para una serie de aplicaciones estructurales, particularmente

estructuras de puentes y pavimentos.

1.2 Delimitación del problema

1.2.1 Espacial(geográfica)

La investigación se realiza en el distrito de Ayacucho, de la provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho.

1.2.2 Temporal

La presente investigación se realiza en un periodo de 4 meses, desde julio, culminándose a fines de octubre del año 2023.

1.2.3 Temática y unidad de análisis

La investigación se centrará en estudiar las propiedades mecánicas del concreto de ultra alta resistencia reforzado con fibras de acero, teniendo como unidad de análisis al UHPFRC dosificado con agregados locales.

1.3 Formulación del problema

1.3.1 Problema general

¿Cuál es la resistencia mecánica del concreto UHPFRC dosificado con agregados locales y materiales cementantes complementarios?

1.3.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es la resistencia a compresión del concreto UHPFRC dosificado con agregados locales y materiales cementantes complementarios?
- ¿Cuál es la resistencia a tracción del concreto UHPFRC dosificado con agregados locales y materiales cementantes complementarios?
- ¿Cuál es la resistencia a flexión del concreto UHPFRC dosificado con agregados locales y materiales cementantes complementarios?

1.4 Justificación e importancia

1.4.1 Justificación social

El hormigón UHPFRC es un material innovador que se espera encuentre aplicaciones importantes en estructuras especiales de luces largas y en la industria del hormigón para la construcción. Se ha demostrado que el nuevo material tiene tres veces la resistencia mecánica a la compresión y seis veces a la flexión del hormigón de alto rendimiento comúnmente utilizado en las industrias del concreto prefabricado y pretensado.

1.4.2 Justificación por su relevancia

En comparación con el concreto convencional, el UHPFRC permite la construcción de vigas con una sección más delgada bajo la misma carga de servicio y con la misma luz entre apoyos. Además esto reduce la carga sobre la propia estructura y permite diseñar cimientos con una dimensión más pequeña, ahorrando dinero en costos de construcción. Aunque inicialmente el costo parece más alto, las investigaciones han demostrado que los costos laborales totales se reducen entre un 10 y un 15 por ciento. (Fehling et al., 2014)

Adicionalmente el UHPFRC, Como material nuevo, tiene excelentes propiedades de durabilidad, baja porosidad, casi impermeable, casi sin contracción, flujo plástico limitado y una muy buena resistencia al desgaste. en el tiempo actual, se ven muchos ejemplos de aplicaciones en todo el mundo, incluidas estructuras de puentes (carreteras y pasarelas), estructuras de techos con capas gruesas de hormigón. Armaduras de acero reducidas y sin cizallamiento, así como figuras arquitectónicas estructurados de fachada de alta resistencia como tambien monumetos de hormigón. Las normas actuales para el diseño y producción de este tipo de hormigón se desarrollaron por primera vez en Francia en 2002, pero también existen varios planes de desarrollo, normadoy aplicación en países como Suiza, Alemania, Países Bajos, Corea del Sur, Canadá y la mayoría de los demás países. recientemente en EE.UU.

1.5 Limitaciones de la investigación

- En cuanto a sus limitaciones por ser experimental no se podría dar un costo exacto de la producción industrializada del UHPFRC por m^3 .

- Otra limitación con la que contaremos, es que no podremos evaluar la propiedad de durabilidad, esto debido al corto periodo de tiempo con el que contamos para poder realizar el estudio.

1.6 **Objetivos**

1.6.1 **Objetivo general**

Determinar la resistencia mecánica del concreto UHPFRC dosificado con agregados locales y materiales cementantes complementarios.

1.6.2 **Objetivos específicos**

1. Determinar las resistencia a compresión del concreto UHPFRC dosificado con agregados locales y materiales cementantes complementarios.
2. Determinar las resistencia a tracción del concreto UHPFRC dosificado con agregados locales y materiales cementantes complementarios.
3. Determinar las resistencia a flexión del concreto UHPFRC dosificado con agregados locales y materiales cementantes complementarios.

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

El estudio del concreto UHPFRC, ha sido investigado en diferentes partes del mundo es así que a nivel internacional existen trabajos de investigación los cuales tomaremos como antecedentes, esto debido a que nos sirven como base de investigación.

Revisión bibliográfica

De Larrard and Sedran (1994), fue una de las primeras empresas en utilizar el término hormigón de ultra alto rendimiento (UHPC) para indicar morteros fluidos con densidad óptima. Usaron el Modelo de Sólidos Suspendidos o SSM (*Solid Suspension Model*) como modelo de empaquetamiento de partículas. La fracción agua/aglutinante (w/a) que utilizaron osciló entre 0,106 y 0,178. Su resistencia alcanzó 237,90 MPa utilizando una metodología de curado que incluyó un tratamiento térmico a 90 °C durante 4 días y luego a temperatura ambiente.

En los años 90 Richard and Cheyrezy (1995), para obtener un material dúctil de ultra altas prestaciones llamado hormigón en polvo reactivo (RPC), aplicaron algunos diseños comunes con principios conocidos, mezclado y post curado con tratamiento térmico del hormigón. Iniciaron un plan de investigación para elaborar concreto con una resistencia a la compresión de 200 a 800 MPa que aumenta la homogeneidad de la mezcla al eliminar el agregado grueso, aumenta la densidad de compactación al optimizar la mezcla granular y aumenta la densidad de compactación al curar. El tratamiento térmico mejora la microestructura y la flexibilidad se logra agregando fibras cortas de acero a la mezcla, manteniendo el procedimiento de la manera más parecido factible al procedimiento existente.

Rossi et al. (2005), alcanzó una resistencia mecánica a la compresión de 205 MPa utilizando diseños con variables porcentajes y clases de fibras metálicas de acero e incluido un tratamiento térmico durante el proceso de endurecimiento de las probetas.

por otro lado Lim and Nawy (2005), para obtener 121 MPa utilizaron muestras de

hormigón prismáticos con 10 cm de longitud de lado y 1,5% de contenido de fibra, las cuales se almacenaron en un ambiente húmedo para su curado a temperatura ambiente.

Tambien Habel et al. (2006), Utilizando mezclas con fibras cortas de acero, cemento con bajo contenido de C3A y la fracción agua-cemento de 0,18 y alcanzaron 168 MPa.

Graybeal (2007), logró una resistencia a la compresión de 193 MPa después de 28 días utilizando una muestra tratada térmicamente durante el curado. En este caso, la estabilización del valor de resistencia se observó después de 48 horas después del curado. También se probó que una muestra a temperatura ambiente alcanzaba los 126 MPa. En estos casos, se pudo observar que la resistencia seguía aumentando significativamente 56 días después del alta.

Le (2008), realizó un extenso trabajo experimental con la finalidad de analizar el efecto de la fracción agua-cemento, el efecto del tratamiento térmico en el fraguado, los desechos metalúrgicos, el polvo de sílice, las cenizas volantes, la cantidad de fibra, el origen y la granulometría de agregados en la mezcla. La resistencia encontrada oscila entre 185,90 y 182,20 MPa.

Así tambien Yang et al. (2009), en su investigación se centra en reducir los costes de fabricación y utilizar mezclas in situ, en lugar de arena de sílice, utilizaron dos tipos diferentes de áridos. En primer lugar, incluyeron los residuos del vidrio reciclado (RGC) en seguida, utilizaron dos clases de arena local que utilizaron en el proceso de curado. Después del tratamiento térmico, realizaron pruebas en cubos de hormigón comprimido de 5 cm. Finalmente, concluyeron que el uso de vidrio redujo la resistencia en un 20%, mientras que la arena nativa no mostró gran variabilidad en resistencia respecto al empleo de arena de sílice. Utilizando arena local endurecida a 90°C se alcanza de 160 a 180 MPa, a 20°C de 100 a 140 MPa, utilizando RGC endurecida a 90°C se alcanza de 80 a 120 MPa en el proceso de endurecimiento sin a temperatura ambiente. Los autores utilizaron una relación a/a de 0,15 en todos los diseños elaborados

Van Tuan et al. (2011), agregaron ceniza de cáscara de arroz molida o ceniza de cáscara de arroz (RHA) a la mezcla de concreto como sustituto del polvo de sílice. Utilizaron el modelo de empaquetamiento de partículas desarrollado por De Larrard and Sedran (1994), para mejorar el tamaño de partícula de la mezcla. Concluyeron que la resistencia a la compresión disminuye de acuerdo a que aumenta el tamaño promedio de la RHA. Alcanzan los 150 MPa, su tamaño máximo de partícula es de 8mm y este material constituye el 20% del peso del cemento.

En cambio Hassan et al. (2012) elaboraron un método sencillo para determinar la

resistencia a la compresión de muestras de fibrohormigón, que es capaz de medir las deformaciones en las fases elástica e inelástica del ensayo. Después de 28 días, su presión alcanzó 121,32 y 150,56 MPa con y sin fibra, respectivamente, utilizaron la dosificación propuesta por Le (2008), donde aparte del cemento, se incluyen como aglutinantes polvo de sílice y GGBS. La relación a/a utilizada fue 0,17 y la relación a/c fue 0,24. Fueron tratados térmicamente en agua a 90°C durante 2 días y luego a temperatura del entorno hasta el día de su ensayo.

Toledo Filho et al. (2012) obtienen una resistencia de 160 MPa y comprimen al máximo las mezclas de partículas según criterios optimizados de granulometría y empaquetamiento de partículas. Emplearon cemento tipo 3 y microsílice mas Wollastonita como aditivos minerales.

Yu et al. (2014a), utilizando el MEP modificado de Andreasen & Andersen en el diseño, obtuvieron 94,2 y 148,6 MPa a los 28 días sin y con fibras respectivamente en el seno del hormigón.

Wu et al. (2016), usando un 25% de polvo de sílice en el diseño de mezcla, alcanzaron 118 MPa después de 28 días con una fracción agua-cemento de 0,18 y una relación agua-cemento de 0,21.

Al-Osta et al. (2017), ensayaron una probeta cúbica con una longitud de arista de 100 mm. La velocidad de carga fue de 0,0007 mm/s una muestra que contenía un 3% de fibras metálicas en la mezcla y sometida a endurecimiento térmico alcanzó 164 MPa después de 28 días. La muestra se sumergió inicialmente en agua a 90 °C durante tres días y luego a temperatura ambiente.

Liu et al. (2016) a la mezcla de hormigón le añadieron basalto molido sustituyendo al árido grueso con un diámetro de 0.5 a 2 cm y agregado de río con un tamaño máximo de 5 mm, con lo que se logró una resistencia de 99,70 MPa sin el uso de fibras utilizando un 2,5% de acero cardado. Alcanzaron una resistencia a la compresión de 143,6 MPa para una muestra cúbica con una longitud de arista de 100 mm; utilizaron una fracción a/a de 0,18 y cambiaron la cantidad de agregado grueso, superplastificante y fibras de acero.

Kang et al. (2016) estudiaron la resistencia de muestras prismáticas con longitudes de lados de 50 mm utilizando cemento y polvo de sílice de circonio como materiales aglutinantes; también utilizaron aditivos para disminuir la contracción autógena, fibras de acero y fibras híbridas; la más alta resistencia en muestras híbridas se logró combinando 1,5% de fibras de acero con 0,5% de fibras de polietileno, en este diseño se obtuvo 147,49 MPa.

Para Lee et al. (2017) los estudios a compresión se realizaron utilizando muestras

cilíndricas y la resistencia a la tracción se estudió utilizando miembros planos. Utilizaron dos mezclas con y sin fibra y obtuvieron valores de 127,38 MPa sin fibra y 157,46 MPa con fibra.

Le Hoang and Fehling (2017) en su estudio concluyó que no se observaron cambios significativos en la compresión o el módulo de elasticidad debido a la adición de fibras de acero al realizar ensayos de compresión en un cilindro con un diámetro de 150 mm y una altura de 300 mm, contrariamente a la mayoría del estudio. Consulta de conflictos. Los autores obtuvieron 216,66 y 211,69 MPa sin y con un 1,5% de fibra, respectivamente.

Kahanji et al. (2017) observaron que las muestras con 1% de fibra se curaron en agua de 20°C y alcanzaron 97,20 MPa y en agua de 90°C a 154,60 MPa, ambos durante 7 días, después de lo cual todas las muestras se almacenaron a temperatura ambiente.

Wu et al. (2017) con el fin de estudiar las propiedades estáticas y dinámicas del hormigón compactado prepararon un diseño de concreto libre de fibras y 5 mezclas que contienen fibras, las cuales alcanzaron 98,30 y 143,6 MPa, respectivamente.

Alsaman et al. (2017) utilizando materiales comerciales locales, lograron una resistencia última de 118,6 MPa en muestras sin fibras y curados a temperatura ambiente. También probaron muestras que incluyeron tratamiento térmico durante el curado y lograron una resistencia máxima de 127,38 sin fibras. MPa, en presencia de fibra alcanzó 157,46 MPa.

2.1.1 Antecedentes a nivel Internacional:

- **CHINA:** El UHPFRC es estudiado por Wang et al. (2012), quien determina este material así: "concreto con resistencia a la compresión superior a 150 MPa".
- **EMIRATOS ÁRABES:** "El hormigón UHPC se puede reforzar con fibras y tiene propiedades mecánicas y resistencia más altas en comparanza con el hormigón de alto desempeño". (El-Dieb, 2009).

Además, el hormigón UHPC tiene una relación agua-cemento (w/mc) normalmente inferior a 0,2, se vuelve denso y tiene una alta resistencia a la compresión. La adición de fibras mejora las propiedades de este tipo de hormigón, permitiendo diferentes proporciones de mezcla y cantidades de materiales que inciden en las necesidades.

- **MALASIA:** Se ofrecen 3 modelos: modelo 1; alta proporción de fibras cortas, usado en Dinamarca con longitud máxima de 6mm. Según Tayeh et al. (2012), esto muestra un aumento en la resistencia a la tracción sin embargo tiene escaso efecto sobre la ductilidad.

Modelo 2; Los materiales patentados como CERACEM ® y Ductal ® contienen una fracción media de fibras largas con un contenido de fibra del 2% al 3% y una longitud de fibra de 13 a 20 mm. Estas fibras aumentan la resistencia a la tracción y la flexibilidad del hormigón. Modelo 3; un prototipo de este material es CEMTEC Multiscale, que tiene una proporción muy alta de fibras de diferentes longitudes.(Serna-Ros et al., 2012)

La cantidad de fibra de este material podría alcanzar el 11% en volumen y la longitud de la fibra puede variar de 1 mm a 20 mm.

- **ESPAÑA:** No es posible producir hormigón con tales propiedades utilizando tecnologías convencionales, por lo que la mayoría de las aplicaciones se realizan utilizando materiales patentados (BCV®, CEMTEC®, Ductal® o BSI®) y se basan en los resultados de estudios universitarios conjuntos. y la empresa. Este tipo de hormigón ya se utiliza en Japón como piezas estructurales , Estados Unidos y Europa de Occidente, dependiendo de las instrucciones normativa específicas relacionadas con este producto, aumentando la resistencia y perdurabilidad de las elementos estructurales con mantenimientos exigüos.(Serna-Ros et al., 2012)
- **BRASIL:** En la investigación los autores corroboran lo siguiente:

Las variables controlables son: (i) tiempo de curado, (ii) determinación del tamaño de las partículas de escoria, (iii) diseño de la mezcla, (iv) porcentaje de fibra y (iv) método de curación. Los más altos resultados de resistencia hallados fueron 138,12, 132,17 y 155,29 MPa, respectivamente, y la sustitución parcial del cemento por desechos metalúrgicos fue del 35%, 25% y 26%, correspondientemente. La mezcla está diseñada para ser fabricada mediante procedimientos simples y utiliza insumos como cemento, microsilíce, escoria metalúrgico, arena cuarzosa y árido fino producido en el país de estudio. Así mismo se añade un superplastificante diluido en agua, y las fibras se incorporan en la parte final. Los valores obtenidos muestran que todas las variables ajustables tienen un efecto significativo sobre las variables de respuesta, y la posibilidad de que los cambios en la resistencia puedan atribuirse a un error experimental es inferior al 1%.(Rojas de Yepez et al., 2019)

2.1.2 Antecedentes a nivel nacional:

- **LIMA:** se tiene la tesis para optar el título en ingeniería civil: *"Análisis comparativo de concretos con aditivos reductores de agua: complementación utilizando el aditivo Glenium 3030 NS en concretos autonivelantes"* Facultad de Ingeniería Civil Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú, 2005.(Nieto Osorio, 2007)

2.2 Bases teóricas

Se entiende que al tratarse de un tipo de concreto con propiedades especiales, debe existir un estricto control de calidad sobre los materiales, Así como en la cantidad como en mezcla. A continuación se describe los estudios obtenidos donde se analiza el comportamiento del hormigón de ultra altas prestaciones reforzado con fibras, que estudia los materiales utilizados en su elaboración, así como las propiedades mecánicas.

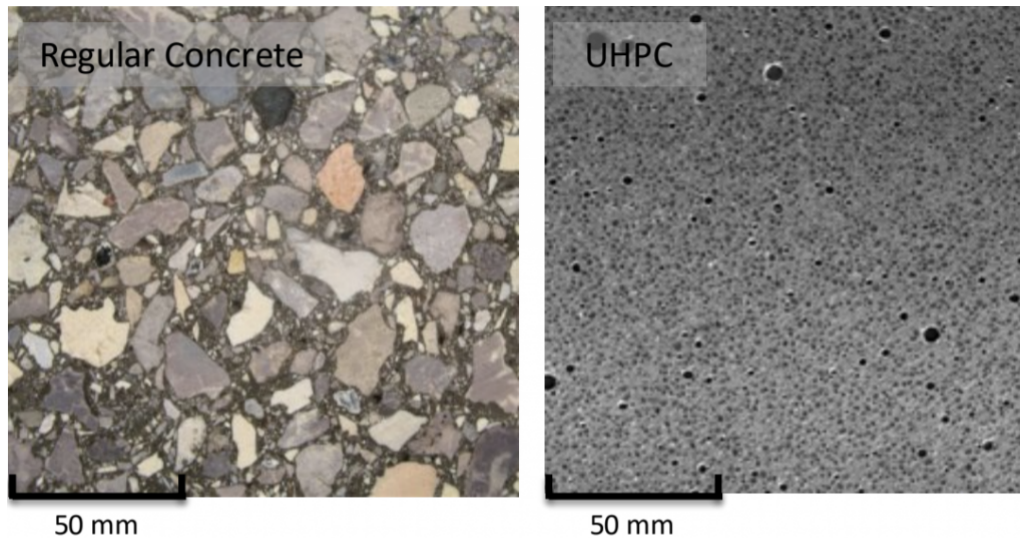
2.2.1 Concreto de ultra alto performance (UHPC)

El concreto de ultra alto rendimiento (UHPC) es un material cuya composición es a base de cemento y que tiene la peculiaridad de contar con una resistencia a la compresión superior a 150 MPa (1530 kg/cm^2), a la tracción superior a 7 MPa (70 kg/cm^2) y casi sin poros. A causa de mejorar la homogeneidad de la composición que se obtiene al sustituir el árido grueso por arena muy fina y cuarzo molido, presenta propiedades suficientes en cuanto a durabilidad y propiedades mecánicas. La mezcla también se caracteriza por el uso de microsilíce; cemento en proporciones mucho mayores a los que usamos en los concretos convencionales; mínimo valor de relaciones agua-material cementicio (w/mc), y la incorporación de aditivos superplastificantes. En este tipo de composición, el microsilíce se usa para incrementar la cantidad de CSH y como micro - relleno de vacíos para disminuir la cantidad de poros.(Magureanu et al., 2012)

2.2.2 Concreto de ultra alto performance reforzado con fibras (UH-PFRC)

La elaboración de UHPFRC al más alto nivel requiere materias primas únicas (fibras de alto rendimiento, aditivos avanzados, agregados seleccionados de pequeño diámetro), equipos y procesos no convencionales (alta energía de producción, curado con vapor, control estricto

Figure 1: *Núcleo de hormigón que muestra la evidente diferencia entre los dos materiales.*



Fuente: (Brühwiler, 2016)

de la humedad) y geometrías. Utilizado para la producción de componentes muy finos.

Para cumplir con las consideraciones anteriores, la cantidad de microsilíce debe oscilar entre de 25 a 30 por ciento de la cantidad de cemento. La cantidad elevada de aglutinante (cemento + microsilíce) en el UHPC provoca fragilidad y es propenso a microfisuras debido a la alta contracción autógena. Por tanto, se necesitan fibras de acero para el control de estas debilidades en la elaboración de mezclas de hormigón.(Magureanu et al., 2012)

En señal de lo anterior, diversos científicos de distintas nacionalidades han elaborado dosificaciones que pueden alcanzar una resistencia a la compresión de 176 MPa a 278 días y 183 MPa a 365 días utilizando materiales disponibles y métodos de mezcla comunes para lograr la resistencia de los diseños UHPC. (Wang et al., 2012)

El valor de esta clase de materiales en el ámbito de la ingeniería e infraestructuras queda claramente demostrada no sólo en la elaboración y producción de mezclas en laboratorio, sino también en cuanto a su procesamiento y bombeo, utilizando superplastificantes y retardantes que permiten al procesamiento determinar su ubicación. También se dice que el UHPC tiene baja relación agua-cemento, normalmente menor a 0,3. (Wang et al., 2012)

Dado que la medida de cemento utilizada en alcanzar una alta resistencia es grande en comparación con la medida de agua en la estructura, entonces presenta un desafío importante al abordar reacciones químicas basadas en cómo reacciona el cemento cuando interacciona

con este fluido para alcanzar más resistencia.

Por último, como estrategia para disponer tensiones y disminuir el agrietamiento en hormigones de ultra altas prestaciones, el uso de fibras metálicas, comercializadas en diversas formas, se ha convertido en un elemento de diseño imprescindible, es decir. Vienen en diferentes diámetros, longitudes y tamaños. Teniendo en cuenta la diversidad de necesidades de la industria de la construcción, se puede aumentar la variedad de hormigón ofrecido para diferentes trabajos.(El-Dieb, 2009)

La propiedad de aguantar satisfactoriamente las diferentes solicitaciones de uso a las que se ve sometido, como la intemperie, la exposición a elementos químicos y el desgaste por uso, se conoce como durabilidad del hormigón, el hormigón debe poder soportar las condiciones en las que se coloca, especialmente las duras condiciones ambientales y ambientales, en el concreto de ultra alto rendimiento, la estabilidad de la mezcla muestra buenas propiedades, considerando que los huecos en la matriz son muy bajos en comparación con el concreto ordinario, lo que permite lograr resultados significativos en términos de protección estructural y reducción de costos y preservación de estructuras.(Müller et al., 2014)

Incluso, la ingeniería civil busca enfoques medioambientales y sostenibles encaminados a reducir el consumo de energía y materiales, por este motivo, las estructuras construidas con hormigón pueden resultar más efectivas en términos de resistencia y durabilidad durante el servicio.

Además, la ingeniería civil busca enfoques medioambientales y sostenibles encaminados a reducir el consumo de energía y materiales, por este motivo, las estructuras construidas con hormigón pueden resultar más efectivas en términos de resistencia y durabilidad durante el servicio.

2.2.3 Propiedades mecánicas del UHPC

Corroborando lo mencionado anteriormente, las resistencias del concreto UHPC y UHPFRC a la compresión y a la flexión son muy altas comparándolos con el concreto ordinario. Ahora se describen brevemente sus propiedades.

Resistencia a la compresión

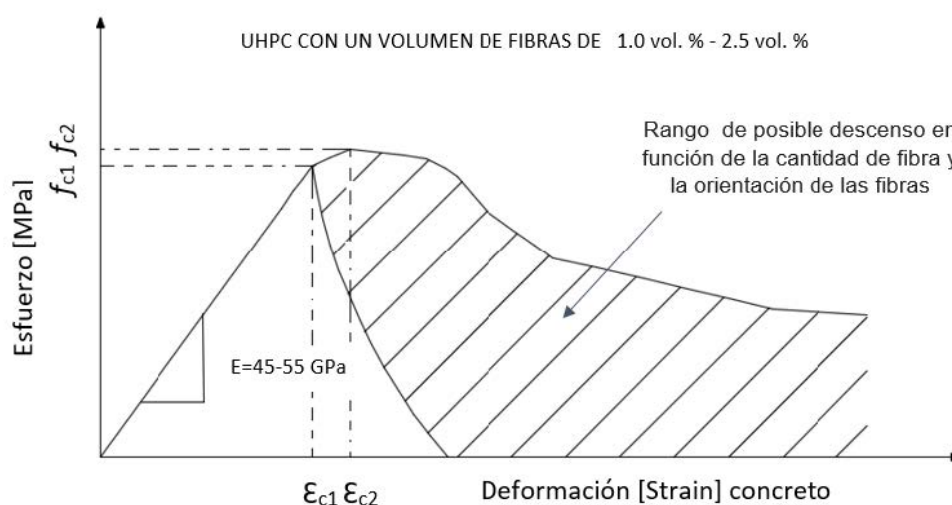
Una de las características mecánicas más importantes del concreto es la resistencia a la compresión, los factores que afectan la resistencia incluyen el contenido de cemento, la relación agua-cemento, la cohesión entre la lechada y el agregado, el contenido de aire y el tamaño del agregado.

El proceso de obtención de resistencia comienza con el endurecimiento final del hormigón y aumenta con el tiempo, en general, según las normativas mundiales, se supone que la resistencia a la compresión se mide después de 28 días.

La resistencia normal a la compresión del hormigón es de aprox. 28 a 55 MPa; para hormigón de alta resistencia (HAR), este valor aumenta a un rango de 83 a 124 MPa. En el caso del UHPFRC, el rango de resistencia es de 150 a 220 MPa con grandes variaciones que dependen no sólo de la dosis (como se mencionó anteriormente) sino también de su tratamiento de curado y porcentaje de fibra. (López Martínez, 2013)

Las ramas de compresión elásticas retienen entre el 70 y el 80% de la carga máxima. En la Figura 2.2 se puede ver un gráfico típico de compresión de UHPC y su ductilidad en función del número de fibras. (López Martínez, 2013)

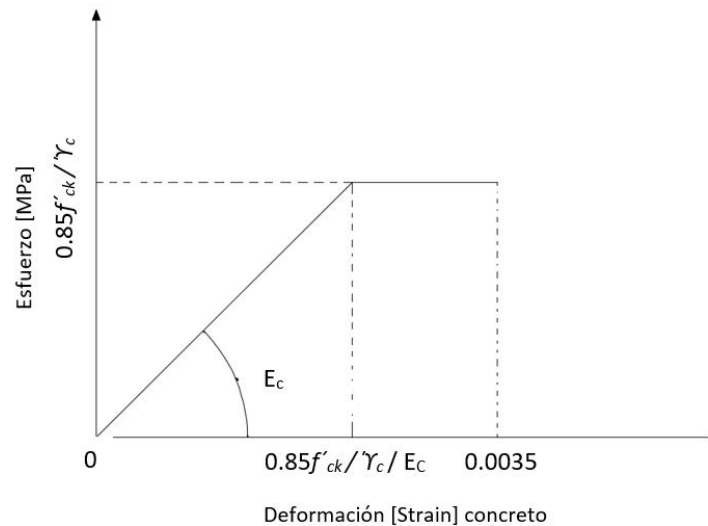
Figure 2: *Curvas de compresión constitutivas de UHPC con distintas proporciones de fibras.*



Fuente: (López Martínez, 2013)

La deformación máxima puede alcanzar el nivel de 3,5 - 5 por mil Los cálculos franceses y japoneses recomiendan limitar el nivel máximo de deformación a 3,5 ppm. Propusieron un cuadro constitutivo plástico elástico perfecto en el que los extremos de las ramas lineales están al 85% de la resistencia máxima a la compresión. (Ver Figura 2.3) (López Martínez, 2013)

Figure 3: *Curva constitutiva propuesta por la SETRA AFGC y JSCE.*



Fuente: (López Martínez, 2013)

Módulo elástico

Al igual que la resistencia a la compresión, el módulo de elasticidad también depende del material y su cantidad, ya que sigue la estructura de los áridos de cemento. En el caso del UHPC, la microestructura, especialmente la interfaz fibra-matriz, determina principalmente el módulo de elasticidad; porque aquí se transfieren fuerzas de tracción, lo que permite una mayor deformación del material

Resistencia a flexión

Dado que las propiedades mecánicas del concreto muestran resultados inferiores en términos de esfuerzos estructurales, no se consideran como un aporte de esfuerzos de tracción en el diseño. Por tanto, en las estructuras de hormigón, el material que soporta estas fuerzas es el acero.

La introducción de fibras de acero, fibras de vidrio, polímeros de diferentes longitudes y otras formas aumenta la resistencia a la flexión del hormigón; En el caso del UHPC, las

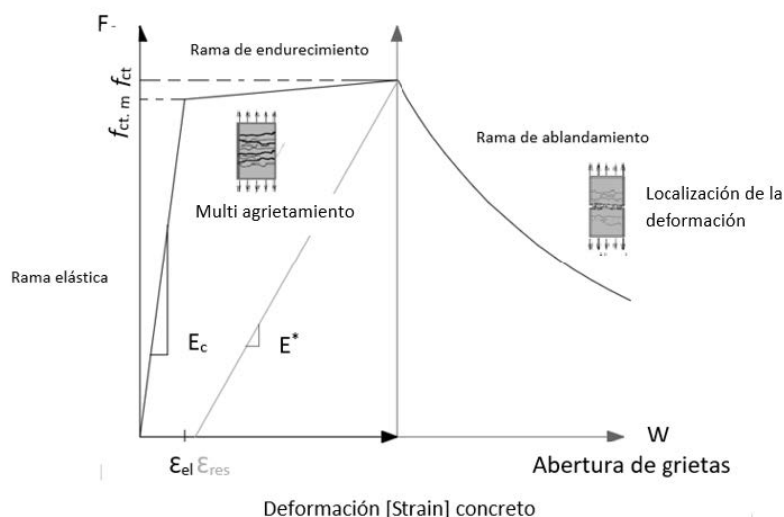
tensiones de tracción se transfieren de una parte de la matriz de cemento a otra debido a la adhesión de las fibras a la misma. Cree más deformación y evite daños a los componentes frágiles.

Resistencia a tracción

Las pruebas de flexión se utilizan a menudo en lugar de las pruebas de tracción para caracterizar materiales de tracción porque son más fáciles de realizar estos análisis de flexión utilizan un análisis inverso, que supone el comportamiento del material y simula pruebas de carga-desplazamiento realizadas mediante cálculos numéricos, al cambiar los parámetros de la ley constitutiva, el modelo numérico se puede ajustar para una prueba verdadera. (López Martínez, 2013)

Para pruebas de tracción directa de UHPFRC con un contenido de fibra del 2%, se obtuvieron resultados de 10-12 MPa. Sin embargo, la matriz sin las fibras que la acompañan es extremadamente frágil. En la Fig. 2.4 se muestra un comportamiento constitutivo típico de tracción directa del UHPC reforzado con suficiente fibra para lograr el endurecimiento posterior a la falla de la matriz. Se puede dividir en 3 etapas claramente diferenciadas, por ejemplo: rama flexible tras fractura, rama endurecida y rama ablandada. (López Martínez, 2013).

Figure 4: *tracción directa del UHPFRC.*



Fuente: (López Martínez, 2013)

Rama elástica

La tensión última obtenida por esta propiedad se ajusta con la rotura de la matriz $f_{ct,m}$. Además la apariencia de la grieta numero uno casi no es afectada gracias a la incorporación de fibras. El mayor porcentaje de la tensión última de tracción se obtiene en el modo lineal, y solo con pequeñas deformaciones $\varepsilon_{el} \ll \varepsilon_u$, así se visualiza en la Figura 2.4. No se producen alteraciones microestructurales en el transcurso de esta deformación y el material podría considerarse elástico - lineal en función del módulo de elasticidad. (López Martínez (2013)).

Rama de endurecimiento por deformación

La parte terminal del estado elástico se ajusta con el surgimiento de las primeras microfisuras en la sección de resistencia inferior. A medida que la deformación aumenta sobrepasando el nivel elástico, la fuerza de tracción incrementa a un nivel menos alto que la rama elástica, o todavía permanece invariable sin ningún endurecimiento significativo ($f_{ct} \geq f_{ct,m}$). El gran aumento de deformación característico de esta fase se debe a la formación de un gran número de microfisuras. El proceso de microfisura consiste en una gran cantidad de grietas muy densas que se unen con fibras. (López Martínez, 2013)

En un UHPC estándar, la deformidad máxima ε_u previo al inicio del ablandamiento cuando se llega f_{ct} podría adoptar un valor de $2 - 3.5\%mil.$, lo que afecta la cantidad de fibras, la longitud delgada y tipo, estableciendo estos parámetros (López Martínez, 2013).

Cuando se utiliza UHPC con piezas compuestas, la etapa de curado es esencial en el diseño del ELS (estado límite de servicio) del componente. Para cuando el UHPC obtiene la deformación producto de la tensión última ε_u (unas tres milésimas), el refuerzo B500SD comienza el proceso de plastificación. La naturaleza de múltiples fisuras del UHPC significa que no aparecen grietas visibles en el material hasta el nivel de deformación, por lo que las grietas no comienzan a abrirse hasta que el refuerzo se ha ablandado. Por lo tanto, el uso de UHPC puede acercar el ELS (estado límite de servicio) al ELU (estado límite último). (López Martínez, 2013).

Rama de ablandamiento

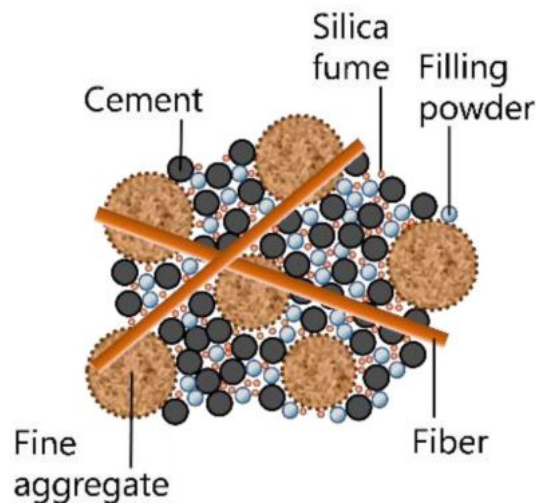
La parte final del templado se ajusta al momento en el que la sección no consigue soportar más capacidad de carga, es decir al momento que la energía requerida para generar una nueva grieta es mayor que la energía requerida para seguir ampliando una sola grieta.

La relación tensión/apertura de grieta se utiliza para caracterizar las ramas ablandadas. La pendiente de esta rama descendente depende nuevamente de la medida, espesor y tipo de fibra usada. (López Martínez, 2013).

2.2.4 Componentes del UHPFRC.

Los ingredientes típicos del concreto reforzado con fibra de rendimiento ultra alto son cemento, polvo de microsilíce, polvo de cuarzo, agregado fino, superplastificante, fibra y agua. En la Figura 2.5 se muestra un esquema de las partículas que comprenden UHPFRC.

Figure 5: *Estructura de la composición del UHPFRC.*



Fuente: (Park et al., 2015)

Cemento.

El cemento es un material industrial con propiedades inorgánicas y excelente finura, debido a su diversa composición de materias primas y al proceso de reacción con otras sustancias, tiene propiedades de endurecimiento de corto tiempo, por lo que se le denomina conglomerante. El cemento Portland se compone principalmente de materiales arcillosos combinados con materiales calcáreos como óxido de calcio (CaO) y yeso (SO_3), y dióxido de silicio (SiO_2) y aluminio (Al_2O_3). (Sanjuán Barbudo et al., 2014)

Varios de estos componenetes son elementos importantes a la hora de proporcionar al hormigón estándar propiedades de endurecimiento y unión entre partículas. Es así que, la interacción con el agua durante la formación del hormigón lo convierte en un conglomerante

hidráulico, haciendo que la mezcla sea estable con el aire como con el agua. (Sanjuán Barbudo et al., 2014).

El componente esencial que se constituye durante el proceso de producción del cemento es el clínker, que consta de 4 componentes elementales: C4AF (ferrita), C2S (belita), C3A (diatomita) y C3S (alita). (Betancur-Granados et al., 2018).

La fase de silicato de calcio, C3S y C2S tienen la mayor influencia en las propiedades mecánicas del hormigón, mientras que la fase de aluminato, tierra de diatomeas y ferrita contribuyen al tiempo de fraguado y a la resistencia del hormigón. (Betancur-Granados et al., 2018).

Desde un punto de vista diferente, en el campo especial de las mezclas UHPC, el cemento Portland modificado se utiliza principalmente en hormigones de ultra altas prestaciones donde se busca mejorar propiedades especiales. Uno de ellos son las clases de cemento con rápida obtención de resistencia inicial, porque aceleran el proceso de consecución de dichas propiedades mecánicas en un menor tiempo. (Abellán-García, 2021).

Pero, hay autores de investigaciones que asignan el cemento Portland común como insumo fundamental para dosificaciones de ultra alto desempeño (Yu et al., 2014b).

Humo de sílice.

El polvo de sílice (SF), también conocido como polvo de microsílice, es un subproducto inorgánico que se obtiene de la reducción de cuarzo con carbono en la producción de silicio metálico y ferrosilicio en hornos de arco eléctrico. En cuanto a la composición del sílice SiO_2 como partículas esféricas amorfas, oscila entre el 85% y el 98% (DE SÍLICE, 2007)

Además, el humo de sílice se utiliza a menudo como material cementoso adicional en el hormigón UHPC/UHPFRC porque su tamaño promedio de partícula ($d_{50} = 0,15\mu_m$) puede aumentar significativamente la densidad de partículas de estos materiales. (Soliman and Tagnit-Hamou, 2017)

Por otro lado, cuando el cemento está en proceso de curado, libera hidróxido de calcio, también conocido como hidroxalita o CH, que reacciona con productos amorfos ricos en sílice para formar compuestos secundarios como el silicato de calcio hidratado (CSH). Contribuye a las propiedades mecánicas del hormigón. Una dosis típica de harina de sílice en concreto UHPC varía del 10 al 30 por ciento en peso de cemento.

Sin embargo, altas cantidades de polvo de sílice en el hormigón pueden afectar negati-

vamente a las propiedades reológicas y la contracción del material. Además, cabe mencionar que el polvo de sílica es un producto bastante caro y no se utiliza bastante en el mercado de la ingeniería. (Soliman and Tagnit-Hamou, 2017)

Superplastificante a base de éter de policarboxilato.

La ciencia actual del hormigón incluye varios tipos de aditivos diseñados para mejorar el desempeño del concreto tanto en condiciones frescas como endurecidas. (Arend et al., 2016)

Los aditivos reductores de agua a base de policarboxilato proporcionan una alta reducción de agua en el hormigón y se utilizan ampliamente en el hormigón UHPC. De hecho, sólo este tipo de superplastificante puede reducir el agua lo suficiente para que el hormigón alcance la consistencia requerida en estado fresco y la resistencia requerida en estado endurecido. (Abellán et al., 2018)

El uso de un superplastificante reduce la macroporosidad del hormigón estándar, lo que resulta en una reducción de la relación agua-cemento, al tiempo que mejora la trabajabilidad y compactación de la mezcla. (Wang et al., 2015)

Un exceso de este aditivo, por otro lado, crea una mezcla demasiado viscosa que impide el escape del aire atrapado, lo que aumenta la cantidad de huecos en la mezcla, lo que aumenta la porosidad y reduce la resistencia mecánica del hormigón. Por lo tanto, la cantidad de este aditivo en las mezclas de concreto convencionales se estima entre 0,15% y 0,8% del peso del material cementante, lo que está directamente relacionado con el coeficiente de permeabilidad del concreto estándar, que mide cerca de 0,0015 mm²/s. durante 98 días. De esta forma, la mezcla formada por aditivos superplastificantes reduce el valor de este coeficiente a 0,0005 mm²/s a la edad de 98 días debido a la baja porosidad de su estructura y a la baja permeabilidad de este tipo de hormigón. (Wang et al., 2015)

Sin embargo, para producir UHPC, debido al mayor contenido de cemento de estos hormigones, es necesario proporcionar un superplastificante en el rango de 1,7 a 2,7 por ciento en volumen de la mezcla. (Abellán et al., 2018)

El compuesto de reducción de agua de alto rendimiento es el componente más complejo del UHPC. La longitud de su cadena y la posición de los radicales libres influyen en gran medida en la interacción entre los superplastificantes y los agentes gelificantes. (Arend et al., 2016)

De hecho, la incompatibilidad de los superplastificantes con el cemento y/o los agentes

gelificantes es un avance. Factores clave para el hormigón UHPC/UHPFRC. Por lo tanto, es muy importante elegir un reductor de agua altamente eficaz. (Arend et al., 2016)

Fibras

El comportamiento de las matrices UHPC es muy frágil, para evitar esto, el UHPC tiene que agregar fibras que componen el UHPFRC. (Wille et al., 2014)

hay en el mercado diferentes tipos de fibras, las cuales tienen diferentes tamaños, materiales, formas, etc. Sus propiedades son diferentes, pero su finalidad es siempre la misma, que es aumentar la flexibilidad del material aumentando su comportamiento postfisuración ante una determinada carga (compresión, flexión, tensión, etc.)(Park et al., 2012)

Inicialmente, se esperaba que las fibras contribuyeran directamente a mejorar el rendimiento al prevenir las microfisuras en el hormigón. Sin embargo, estudios posteriores demostraron que la adición de fibras no evitaba el agrietamiento. Sin embargo, la adición de fibras al hormigón aumenta la tensión necesaria para crear grietas, especialmente para sellarlas cuando ocurren. Si las fibras están conectadas adecuadamente y tienen las propiedades necesarias, podrán sellar la grieta, haciéndola capaz de absorber incluso aumentos de carga que excedan la tensión que creó la grieta misma.(Mehta and Monteiro, 2014)

Este efecto se puede observar en la Figura 1-7, donde se presenta una clasificación de concretos de alto rendimiento en función de su respuesta a la flexión, propuesta por Wille et al. (2014), De todos modos, su inclusión implica consideraciones de diseño como su efecto negativo en la trabajabilidad o problemas derivados de su estado de retención en la matriz del cemento. En este sentido, cabe destacar que si bien deberían tener fisuras máximamente perpendiculares para ser más efectivos, su disposición en la matriz tiene un alto componente aleatorio, lo que reduce la efectividad del refuerzo de fibras.

De acuerdo con Abellán-García (2020), Para que un sistema reforzado con fibras alcance suficientes parámetros de elasticidad, las propiedades más importantes son: la fracción total de fibras ($V_t\%$), la resistencia mecánica del material de la fibra (σ_{fu}) y la longitud de la fibra. fibra (l_f) y el diámetro de fibra correspondiente (d_f) . Otros parámetros importantes derivados de los parámetros anteriores son la esbeltez de la fibra, que se calcula como la longitud dividida por el diámetro, o el factor de la fibra, que se calcula multiplicando la esbeltez por la fracción de volumen utilizada. Finalmente, debido a su uso generalizado en los textos científicos, es necesario aclarar la clasificación de las microfibras y macrofibras, basándose

únicamente en el diámetro equivalente de la fibra. En este sentido, las fibras con un diámetro equivalente igual o superior a 0,3 mm se clasifican como macrofibras, mientras que las fibras con un diámetro inferior a 0,3 mm se clasifican como microfibras.(Neira Medina et al., 2022)

Fibras metálicas.

Las fibras metálicas se utilizan más ampliamente para la dosificación de UHPFRC debido a su resistencia a la tracción directa en el rango de 1600 MPa a 2700 MPa, donde el comportamiento dúctil resulta de las propiedades de los mismos materiales con los que están hechas. Los sistemas de refuerzo con coeficientes de fibras metálicas adecuados proporcionan una enorme capacidad para absorber energía de tracción directa, alcanzando en muchos casos valores superiores a 50 kJ/m³ y hasta más de 250 kJ/m³ en ciertas mezclas.(Yoo and Kim, 2019)

Además de las microfibras metálicas de acero rectas de alta resistencia más típicas utilizadas en UHPFRC, también existen en el mercado varios tipos de fibras metálicas de formas irregulares para mejorar la unión entre las fibras y la matriz. Por ello, se pueden encontrar en el mercado fibras de acero con terminaciones en forma de gancho, en varias longitudes y espesores, o incluso recubiertas con otros materiales para evitar la corrosión.(Yoo and Kim, 2019)

El principal dilema de las fibras aceradas es su costo relativamente alto. Investigaciones actuales en el país de los países(Colombia) han demostrado que únicamente el 2% en volumen de fibras metálicas representa casi el 40% del costo total de las mezclas de UHPCFR. Por tanto, es muy importante estudiar la factibilidad de utilizar otra clase de fibras como fibras plásticas o fibras recicladas esto con el fin de conducir la viabilidad económica de UHPFRC.

2.2.5 Base normativa del UHPC y UHPFRC

Dado que la normativa peruana no aborda el uso del UHPC, se debemos acudir a recomendaciones internacionales que brinde estándares para caracterizar sus propiedades mecánicas y de diseño.

Hasta hoy en día, no existen estándares reconocidos a nivel mundial para aplicaciones UHPC. no obstante, existen varias recomendaciones internacionales que proporcionan estándares de propiedad computacional y criterios de diseño para la caracterización de UHPC. Estas recomendaciones son según López Martínez (2013):

- SETRA-AFGC Recommendations provisoires, 2002, Francia.
- DAfStB Sachstandbericht UHPC, Alemania.
- JSCE Recommendations UHSFRC, 2004, Japón.
- Univ. NSW Design Guide RPS, Australia.
- General Recommendation for all fibre concrete types in Model Code 2010.
- Recomendaciones de acuerdo con el fib TG 8.6.

De este listado podemos afirmar que, sólo la recomendación SETRA-AFGC está disponible públicamente y es fácil de encontrar. En la propuesta japonesa sólo se encontró un esbozo de su contenido, mientras que en Australia y Alemania las leyes y reglamentos pueden entenderse haciendo estudio de otras investigaciones. (López Martínez, 2013).

Recomendación Francesa SETRA-AFGC

La edición 1 la cual proporcionó recomendaciones para la producción de componentes UHPC fueron las Recomendaciones provisionales de SETRA-AFGC publicadas en el año 2002. Las sugerencias de SETRA-AFGC se subdividen en 3 apartados. (Russell et al., 2013):

- La primera parte hace mayor énfasis a la caracterización del UHPC.
- El segundo apartado describe las metodologías de diseño de elementos y el cálculo y la comprobación de los Estado límite de servicio (ELS) y Estado límite último (ELU).
- El tercer apartado hace referencia a la durabilidad de elementos de UHPC.

Las sugerencias se basan en la respuesta de las primeras construcciones industriales y 10 años de investigación científica. El objetivo de esta propuesta es proporcionar documentación básica de diseño para el posible uso de este material en ingeniería civil. (López Martínez, 2013)

La Parte I proporciona datos de dosificaciones para resistencia a la tracción, a la compresión, módulo elástico, relación de Poisson, coeficiente de expansión térmica, contracción, fluencia y resistencia a la carga dinámica. Diseño de mezclas, procedimientos de mezcla, prácticas de colocación y procedimientos de prueba. (Russell et al., 2013)

El enfoque del segundo apartado de recomendaciones se basa en elementos pretensado siguiendo los códigos franceses, pero tiene en consideración la resistencia de las fibras. Estas sugerencias incluyen la consideración de factores de guía para la alineación de las fibras las cuales ocurren mientras se da el despliegue. Así mismo se exige un contenido menor de fibra y una prueba de irrompibilidad. Las resistencias en el ELS se operan de igual manera que para las estructuras convencionales armadas o pretensadas. Cuando no se dispone de armadura pretensada o sin armadura pretensada, se utiliza el criterio del ancho de fisura. (Russell et al., 2013).

En el modo de falla límite de servicio, la recomendación del código francés es utilizar un límite de esfuerzo cortante. La resistencia a corte se obtiene realizando la adición de la resistencia a la tracción del hormigón, el acero y las fibras. (Russell et al., 2013)

Los componentes de la Parte III incluyen el contenido de vacíos del material y la permeabilidad al aire, la difusión de iones cloruro, la estabilidad de la mezcla, la hidratación retardada, la corrosión de las fibras de acero y la resistencia del polímero. (Russell et al., 2013)

Recomendación Japonesa

[JSCE] proporciona un resumen de las "Recomendaciones para el diseño y construcción de estructuras de hormigón reforzado con fibras de resistencia ultraalta" publicadas por el Comité de Concreto de la Sociedad Japonesa de Ingenieros Civiles (JSCE). Estas recomendaciones proporcionan procedimientos para evaluar estados límite de servicio y estados límite de falla, considerando la resistencia a la tracción proporcionada por las fibras UHPC. Además, señalaron que la vida útil del material en condiciones ambientales normales es de 100 años, e indicaron que no son necesarios estudios profundos de la durabilidad del material. (López Martínez, 2013)

brindan fundamentos básicos para el diseño de mezcla y la construcción utilizando UHPC. El estudio incluye información sobre resistencia a la compresión, resistencia a la primera grieta, resistencia a la tracción, relación tensión-deformación, módulo de elasticidad, relación de Poisson, propiedades térmicas, contracción, fluencia y fatiga. (Russell et al., 2013)

Otros apartados que tratan de seguridad estructural (diseño de resistencia), capacidad de servicio, resistencia a la fatiga, detalles estructurales, concreto pretensado, resistencia,

construcción (materiales y proporciones que componen la mezcla, transporte y pruebas) se recomiendan con base en el código estándar reforzado. Una estructura de ingeniería japonesa de hormigón desarrollada por la empresa. (Russell et al., 2013).

Se recomienda utilizar curvas de tensión-deformación en lugar de bloques de tensión equivalentes para el diseño a flexión. No se requiere una cantidad mínima de acero debido al efecto de unión de las fibras, lo que proporciona resistencia post-fisura. (Russell et al., 2013)

La resistencia al corte se calcula como la suma de las resistencias al corte proporcionadas por la matriz de cemento, las fibras de refuerzo y la componente vertical de tensión o la resistencia al corte en ausencia de compresión diagonal. No se recomienda el refuerzo de corte. El diseño torsional se basa en estándares sociales y proporciona fórmulas para calcular la resistencia al corte por disparo. (Russell et al., 2013)

Verifique los factores de control del servicio monitoreando la tensión, el desplazamiento, la deformación, la vibración y otros parámetros requeridos. Las pruebas de resistencia a la fatiga se basan en las disposiciones de las especificaciones estándar. (Russell et al., 2013)

Recomendación Australiana

Australia ha desarrollado directrices para el diseño de vigas de hormigón pretensado fabricadas con Ductal. El desarrollo del programa se basa en los principios de mecánica estructural, propiedades de materiales y comportamiento de materiales documentados en la literatura. Proporciona pautas de diseño para resistencia, capacidad de servicio y durabilidad. (Russell et al., 2013).

Las capacidades de flexión teóricas se basan en el equilibrio de fuerzas y la compatibilidad utilizando curvas tensión-deformación ideales para la compresión y tensión de UHPC. Para secciones con acero adherido, use un factor de reducción de resistencia de 0,80, para secciones sin acero adherido, use un factor de reducción de resistencia de 0,70. (Russell et al., 2013)

La resistencia al corte del UHPC en vigas se basa en limitar la tensión de tracción primaria en el centro de gravedad o en la conexión del ala de la tira a un valor máximo basado en la sección de grieta no flexionada. (Russell et al., 2013)

MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque

Las metodologías cuantitativas son continuos y probados. Cada etapa antecede al subsecuente por lo que no es factible "saltarnos" ni obviar etapas. La secuencia es exacta, aunque ciertamente podríamos determinar ciertas etapas. Empieza con un concepto limitado y una vez determinada, deriva alcances e interrogantes del estudio, revisa la bibliografía y establece un plano o enfoque teórico. En base al enigma se plantean hipótesis y se asocian factores; luego se elabora un programa para su contrastación (ensayo); los factores intervinientes se valoran en estados específicos; las mediciones obtenidas se interpretan mediante metodologías estadísticas y se obtienen numerosas conclusiones.(Hernández Sampieri et al., 2018)

3.2 Alcance

El propósito de esta investigación experimental descriptiva es identificar las propiedades, características y perfil de un proceso, objeto u otros fenómenos intervinientes en el estudio. En otras palabras, únicamente tienen la intención de valorar o reunir datos sobre los alcances o factores a los que hacen referencia, de manera aislada o en conjunto, por tanto, no es su intención mostrar cómo se relacionan dichos conceptos o variables entre sí.

3.3 Tipo y diseño de investigación

3.3.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación que se desarrolla en esta tesis será experimental aplicada, de carácter descriptivo.

De acuerdo con, Hernández Sampieri et al. (2018), La investigación es experimental cuando aplicamos el conocimiento científico existente a situaciones de la vida real donde los

investigadores manipulan variables que interfieren con el estudio y lo aplican.

El nivel de la investigación es aplicativa.

3.3.2 Diseño de investigación

1. Investigación Experimental

Esta tesis pertenece al diseño experimental porque define una situación de control en la que las variables independientes se manipulan deliberadamente para que se pueda analizar la influencia de la resistencia mecánica de la muestra de prueba sobre las variables dependientes.

2. El estudio es transversal, con el manejo de una variable.

3.4 Población y muestra

El desarrollo de la investigación consistirá en diseñar distintos tipos de mezclas de concreto UHPFRC, diseñados utilizando los parámetros anteriores que se utilizarán para preparar las muestras para el análisis de información sobre pruebas de compresión., ensayo de tracción y ensayo de flexión, para cada tipo de diseño de mezcla de concreto.

Se desarrollarán cuatro (04) tipos de dosificaciones de mezclas de concreto UHPC, empleando agregado local de ayacucho y el cemento andino tipo 1; que unidos con la microsilíce, puzolana, aditivo superplastificante y agua, y la fibra en diferentes proporciones, generarán el tipo de mezclas a estudiar, orientado en coseguir una dosificación de consistencia de media trabajabilidad.

Además, a medida que los diseños de concreto evolucionen, se establecerán metodologías, estándares y procesos para lograr objetivos de mezcla específicos.

3.4.1 población

Para obtener la resistencia mecánica a la compresión y a la tracción, se fabricarán 20 probetas en forma de cilindros de diámetro 10 cm y altura de 20 cm , para obtener la resistencia a la flexión se fabricarán 10 probetas prismáticas de 150x150x500mm; todo esto por cada tipo de diseño de mezcla variando la cantidad de la fibra de acero, y se mantendrán con hidratación constante en la cámara de curado del laboratorio.

El tamaño muestral de acuerdo al Reglamento de Edificaciones RNE en la Norma E-060 art. 5.3.3.1 en la que dice:... "Se aceptan anotaciones de pruebas de menos de 30, más no menos de 10 pruebas consecutivas."

Probetas de UHPC sin fibras de acero, será el concreto patrón

- 10 muestras ensayadas a compresión a los 28 días de edad.
- 10 muestras ensayadas a tracción a los 28 días de edad.
- 10 muestras ensayadas a flexión a los 28 días de edad.

Probetas de UHPFRC con 1% de fibras de acero

- 10 muestras ensayadas a compresión a los 28 días de edad.
- 10 muestras ensayadas a tracción a los 28 días de edad.
- 10 muestras ensayadas a flexión a los 28 días de edad.

Probetas de UHPFRC con 1.5% de fibras de acero

- 10 muestras ensayadas a compresión a los 28 días de edad.
- 10 muestras ensayadas a tracción a los 28 días de edad.
- 10 muestras ensayadas a flexión a los 28 días de edad.

Probetas de UHPFRC con 2% de fibras de acero

- 10 muestras ensayadas a compresión a los 28 días de edad.
- 10 muestras ensayadas a tracción a los 28 días de edad.
- 10 muestras ensayadas a flexión a los 28 días de edad.

Entonces, se tendrá como muestra a 120 probetas de 4 dosificaciones

3.4.2 Muestra

De lo anterior, se realizará para el total de las muestras especificadas en el apartado anterior, las cuales corresponden al tipo de mezcla analizados para la edad de 28 días, permitiendo la interpretación de respuesta de la resistencia a compresión, a la tracción y a la flexión. Su ambiente es el previsto en la cámara de curado de la cual se extraerán las muestras únicamente para fines de ensayo, el resto del tiempo se encontrarán en este ambiente.

En resumen se elaborará las siguientes cantidades de probetas:

- 80 probetas cilíndricas
- 40 probetas prismáticas

El tipo de muestreo será no probabilístico por conveniencia.

3.5 Hipótesis.

3.5.1 Hipótesis general

Un diseño de mezcla de concreto UHPFRC dosificado con agregados locales y materiales cementantes complementarios mejoraría su resistencia mecánica.

3.5.2 Hipótesis específicas

- H_1 : un diseño de mezcla de concreto UHPFRC dosificado con agregados locales y materiales cementantes complementarios mejoraría su resistencia a la compresión.
- H_2 : un diseño de mezcla de concreto UHPFRC dosificado con agregados locales y materiales cementantes complementarios mejoraría su resistencia a la tracción.
- H_3 : : un diseño de mezcla de concreto UHPFRC dosificado con agregados locales y materiales cementantes complementarios mejoraría su resistencia a la flexión.

3.6 Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional.

3.6.1 Variables

- **Variable 1.** DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO UHPFRC

Definición conceptual

Para obtener en el concreto propiedades necesarias en estado fresco y endurecido para aplicaciones particulares.

Definición operacional

Se preparará cuatro mezclas en proporciones diferentes para obtener el óptimo concreto UHPFRC.

- **Variable 2.** PROPIEDADES MECÁNICAS

Definición conceptual

Permite analizar el comportamiento mecánico del material, teniendo en cuenta la edad, tamaño y forma de probeta, condiciones de carga para el cálculo de f'_c , el módulo de Poisson y el de elasticidad. *Definición operacional*

Se procederá a fibras de acero en dosis de 15, 25, 35 y 45 kg/m^3 . Se realizará ensayos de compresión a las probetas de concreto para determinar las propiedades mecánicas y elásticas.

3.6.2 Indicadores

Indicadores para la variable 1.

- Cantidad de cemento portland (tipo I).
- Cantidad de material cementicio (microsílice).
- Relación w / mc .
- Cantidad de fibra de acero.
- Cantidad de aditivo superplastificante.
- Cantidad de arena cuarzosa.

Indicadores para la variable 2.

- Resistencia mecánica a la compresión.

- Resistencia mecánica a la tracción.
- Resistencia mecánica a la flexión.

3.7 Técnicas e instrumentos

3.7.1 Técnicas de procesamiento de datos

Los ensayos experimentales se realizarán con los equipos disponibles del laboratorio concreto de la UNSCH y son los siguientes:

1. Máquina universal de compresión AUTOMAX PRO-M, digital y de capacidad máxima de 300 Tn.

Figure 6: *Sistema de control AUTOMAX PRO-M*



Fuente: Ficha Técnica AUTOMAX PRO-M

2. Máquina de flexión AUTOMAX PRO-M, digital y capacidad máxima 300 Ton.
3. Báscula de mesa compactas y multiusos para aplicaciones de pesaje industrial de capacidad de 30kg.

Figure 7: *Balanza digital Ranger 3000*



Fuente: (OHAUS, 2023)

Figure 8: *Molde metálico de para viga*



Fuente: (OHAUS, 2023)

Figure 9: *Molde metálico cilíndrico*



Fuente: (OHAUS, 2023)

4. Moldes metálicos de probetas, viguetas y prismas.
5. Mezcladora de concreto tipo tambor
6. vibrador
7. Hornos de laboratorio, termómetros, tanque de curado y otros.

3.7.2 Técnicas de análisis e interpretación de la información.

El propósito de esta sección es describir los recursos utilizados para realizar el análisis y resultados de datos de cada prueba durante el proceso de desarrollo investigación.

El plan elaborado se basará en el desarrollo de lineamientos para determinar el rendimiento y las propiedades mecánicas de los materiales.

La prueba se preparará con la guía de las directrices técnicas de la norma nacional, en este caso la norma técnica peruana NTP, también las normas ASTM y ACI se utilizarán como referencias y pautas para proporcionar parámetros y pautas para realizar cada una de las pruebas que se describen a continuación, sin embargo no se serán la normativa de base en este estudio, debido a que no contemplan este tipo de concretos.

3.7.3 Instrumentos de recolección de datos.

Los resultados se procesarán en medios digitales a través de softwares , tablas estadísticas, gráficas, conclusiones y recomendaciones finales.

3.8 Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información.

3.8.1 Diseño estadístico

Dado que el concreto es un material heterogéneo, su composición cambia y se produce una mayor dispersión debido a las técnicas de producción, transporte, vaciado y curado.

Las técnicas estadísticas se basarán al reglamento del ACI, ASTM C39 y demás recomendaciones nacionales e internacionales.

Promedio: Resistencia promedio de todas las pruebas individuales realizadas

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} \quad (8.1)$$

Desviación estándar: Una medida de dispersión comúnmente aceptada es el valor promedio de la desviación de la resistencia del valor medio. Esto también se llama desviación estándar de mezcla a mezcla.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum Xi^2 - \frac{(\sum Xi)^2}{n}}{n - 1}} \quad (8.2)$$

Coefficiente de variación: Esto es el valor de expresar la desviación estándar como un porcentaje de la resistencia promedio

$$V = \frac{\sigma}{X} * 100 \quad (8.3)$$

Table 1: Estándars de control del concreto

Clase de operaciones	Coef de variación para los diferentes estándares de control			
	excelente	bueno	medio	pobre
construc en general	menor a 10	10 a 15	15 a 20	mayor a 20
control laboratorio	menor a 5	5 a 7	7 a 10	mayor a 10

Fuente: ACI Committee 214

Rango: El rango es la función estadística que se obtiene realizando la sustracción del valor más alto menos el valor más bajo de un conjunto de valores. El rango dentro del ensayo se calcula restando la resistencia menor de la resistencia mayor del total de probetas de la misma dosificación. El rango dentro del ensayo es útil en el cálculo de la desviación estándar.

$$R = X_{mx} - X_{mn} \quad (8.4)$$

Anova: El análisis de varianza (ANOVA) prueba la hipótesis de que las medias de dos o más poblaciones son iguales. El análisis de varianza evalúa la importancia de uno o más factores comparando variables de respuesta en diferentes niveles de factores. La hipótesis nula establece que todas las medias poblacionales (medias a nivel de factor) son iguales, mientras que la hipótesis alternativa establece que al menos una es diferente.

3.9 Desarrollo del trabajo de tesis

Los compuestos de la dosificación de UHPFRC utilizada en esta investigación es la siguiente: cemento tipo 1, arena fina(arena cuarzosa), microsílice, agua, superplastificante y

fibras de acero.

3.9.1 Materiales

Para la investigación usaremos los materiales mostrados a continuación:

Cemento

En este estudio se utilizó el cemento andino tipo 1 elaborado en la fábrica industrial de Condorcocha, distrito de La Unión - Leticia, provincia de Tarma, departamento de Junín por UNACEM S.A.A. la composición química se muestra en la imagen mostrada.

Table 2: Composición química del cemento andino

Compuesto	Nº CAS	Abreviatura	Fórmula Química
Silicato Tricálcico	12168-85-3	C3S	$3CaO.SiO_2$
Silicato Dicálcico	10034-77-2	C2S	$2CaO.SiO_2$
Aluminato Tricálcico	12042-78-3	C3A	$3CaO.Al_2O_3$
Ferroaluminato tetra cálcico	12068-35-8	C4AF	$4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$
Sulfato de Calcio dihidrato	13397-24-5		$CaSO_4.H_2O$
Carbonato de Calcio	1317-65-3		$CaCO_3$

Fuente: Ficha Técnica Cemento andino

Este cemento cumple con la Norma Técnica Peruana NTP - 334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150. A continuación se muestra sus propiedades físicas y químicas.

Table 3: Propiedades físicas y químicas

PARÁMETRO	UNIDAD	CEMENTO ANDINO	REQUISITOS NTP 334.009/ ASTM C-150
Contenido de aire	%	6	Máximo 12
Expnsión autoclave	%	0.03	Máximo 0.80
Superficie específica	m^2/kg	386	Mínimo 260
Densidad	g/cm^3	3.18	No especifica

Fuente: Ficha Técnica Cemento andino

Microsílice

En este proyecto se eligió usar la microsílíce producida y vendida por Z ADITIVOS con la denominación comercial de Microsílica-Z que viene en bolsas de 20 Kg. La hoja de datos del producto describe Microsílica-Z como un aditivo en polvo denso de materiales ultrafinos rellenos de microestructuras porosas. ASTM C 204. El concreto sufre una reacción química para formar más gel de silicato de calcio para aumentar la resistencia y la impermeabilidad del concreto físicamente, llena los huecos entre las partículas de cemento, creando un concreto ultraimpermeable.

Table 4: Propiedades químicas de microsílíce Z

SiO%	98	287/11
Densidad (g/ml) Máx	160	287/11
PH(5G100MLH2O)%	6.0 - 7.0	787/9
Absorción de aceite D.B.P	280-300	ASTM/D2414/65T
Residuo sobre malla 325 Mesh	(%Máx)5	787/7
Pérdidas por ignición 1050 C		3262/17
Pérdidas por humedad a 105 C		

Ficha Técnica Microsílica Z

Figure 10: *Microsílice*



Fuente propia

Agregado fino

En esta investigación se usó agregado fino del valle de pampas, que fue extraído de la rivera del propio río de manera manual en sacos de 50 kilos para su posterior traslado hacia la ciudad universitaria, fue extraído específicamente de Pomabamba, capital del distrito de María Parado de Bellido, provincia Cangallo, departamento de Ayacucho cuyas coordenadas UTM son 8495864 582618 18L. con TMN de $400\mu\text{m}$ y una densidad de $2.6\text{g}/\text{cm}^3$, el cual se muestra en la figura 11

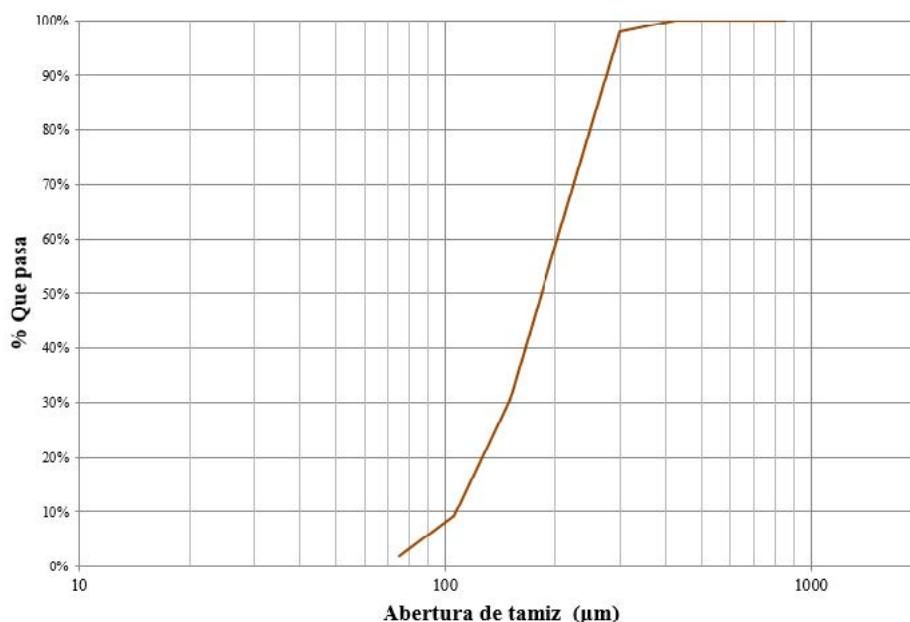
Figure 11: *Agregado fino*



Fuente propia

A este agregado fino se le realizó estudios previos como su granulometría y caracterización, los mismos que se detallan a continuación en la figura:

Figure 12: *Granulometría el agregado*



Fuente propia

Aditivo Superplastificante

Como aditivo superplastificante se decidió el uso del aditivo Z FLUIDIZANTE SR-1000 comercializado por Z aditivos. Según la ficha es un aditivo superplastificante basado en policarboxilatos de última generación para la producción de concreto que requiere un rápido desarrollo temprano de resistencia, alta reducción de agua y excelente trabajabilidad. Cumple con las normas ASTM C494, Tipo A, Tipo F. No contiene cloruros, no es tóxico ni inflamable.

Debido a que el superplastificante tiene una densidad diferente a la del agua y es una suspensión de la sustancia activa en agua, se requieren modificaciones en el agua de mezcla para mantener la relación agua/cemento acordado.

Fibras

En este proyecto se utilizó un tipo de fibra para lograr buenas propiedades como alta resistencia y alta flexibilidad. Los productos utilizados corresponden FIBRA METÁLICA Z

comercializado por Z aditivos en presentación de bolsas de papel por 20 Kg, Según la hoja de datos, las fibras de acero gruesas se producen con un bajo contenido de carbono, se estiran y se unen. Diseñado para mejorar la resistencia mecánica de las estructuras de hormigón frente a flexión, flexión y tensiones residuales. Cumple con las especificaciones ASTM A820 y ASTM C1116.

Figure 13: *Características y propiedades de la fibra de acero*

Forma	
Longitud	60mm
Diámetro	0.75mm
Relación. Longitud/Diámetro	80
Resistencia a la tracción	1100 Mpa
Elongación de rotura	4%

Fuente: Ficha Técnica Fibra metálica Z

Agua

Respecto al agua como material de construcción, según la norma técnica peruana N.T.P. 399.088 se utiliza agua potable en la preparación de la mezcla de concreto, en caso contrario se debe utilizar agua consumible por humanos. Para este proyecto se utilizó agua potable de la UNSCH

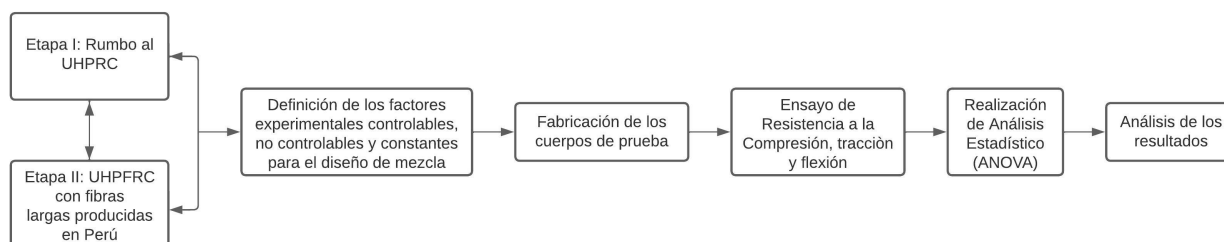
3.9.2 Etapa Experimental

Diseño de mezclas

La investigación experimental detallado en este estudio fue elaborado en el laboratorio de concreto de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Es una investigación paso a paso, y los hallazgos sirven como base para la toma de decisiones en fases posteriores. 3.11. La Figura 1 muestra dos fases de trabajo experimental, en cada una de las cuales se desarrollaron estructuras de mezcla para la producción de hormigón de ultra alta resistencia. Se definen los factores controlables, sus niveles y sus combinaciones.

Las mezclas utilizadas, se dividieron en 4 tipos, siendo todas consideradas como una mezclas autocompactables, Esto permite que fluya libremente hacia la forma y se adapte de

Figure 14: *Esquema del trabajo*



Fuente propia

forma óptima. Esta mezcla está destinada a aplicaciones de fundición, ya que sus propiedades autocompactantes facilitarán el proceso constructivo. Las propiedades de la mezcla autocompactante se midieron mediante tablas de flujo estáticas y dinámicas con un asentamiento de 40 mm. recomienda utilizar el flujo para describir la trabajabilidad de las mezclas. Sugirió que la reología y trabajabilidad de los diseños usados utilizadas en el estudio se basaron en la aplicación de la normativa ASTM C1437, que recomienda retirar un cono mini deslizante de la mesa con el objetivo de hallar el ancho (diámetro) de la argamasa de concreto en condiciones estáticas. Extiende la mezcla sobre la superficie y haz 20 pasadas en 20 segundos. El diámetro alcanzado luego de este paso será el caudal dinámico. La primera dosis es una mezcla estándar que no contiene ningún tipo de fibra. Los otros tres tienen distintas proporciones de fibras de acero.

Para la homogeneización de parámetros y considerando que el hormigón de ultra altas prestaciones tiene una relación agua-cemento inferior a 0,3, se optó por una relación A/C de 0,20 y una relación (agente reductor de agua + agua)/cemento de 0,25. Si la formación de aditivos está limitada por la presencia de agua, los componentes necesarios para provocar la reacción del cemento y la posterior unión determinarán la resistencia última del hormigón y, por tanto, influirán fuertemente en la trabajabilidad de la mezcla.

Dosificación

Para preparar las dosis se predeterminaron 4 dosis; éstas son:

- Dosificación D1 al cual llamaremos como patrón o la de control
- Dosificación D2 con la misma relación a/c, pero con fibras de acero en un 1%

- Dosificación D2 con la misma relación a/c, pero con fibras de acero en un 1.5%
- Dosificación D2 con la misma relación a/c, pero con fibras de acero en un 2%

Table 5: Dosificación utilizada en laboratorio

Material (kg/m ³)	Diseño I	Diseño II	Diseño III	Diseño IV
Cemento	900	900	900	900
Microsílice	238	238	238	238
Agregado Fino	1051	1051	1051	1051
Superplastificante	40	40	40	40
Agua	180	180	180	180
Fibra de Acero	0%	78	117	156

Fuente Propia

Procedimiento de mezclado

Una vez determinada las proporciones de los componentes de cada una de las dosificaciones antes mencionadas, se preparan las dosificaciones tomando en cuenta la cantidad de probetas a romper dependiendo del tipo de moldes y método de producción. Posteriormente se realizaron los ensayos de trabajabilidad en estado fresco del concreto, consecuentemente se procedió con el vaciado de las muestras en los moldes, luego de 36 horas se retiraron del molde e inmediatamente inició el curado en agua. Por último, se plasmó la fecha de elaboración y el número de muestra en cada probeta, esto para su poestetoir ensayo en estado endurecido a la edad de 28 días. El proceso detallado fue de la siguiente manera:

El procedimiento de dosificación se basa de conforme a las investigaciones realizadas por autores que fueron citados en los aptados anteriores.

Para empezar los componentes secos son medidos en peso y ubicados en la mezcladora tipo tambor descrita con anterioridad para homogenizar siguiendo el siguiente orden: microsílice, cemento y arena fina. Mezclar estos ingredientes secos durante aprox. 5 minutos, luego agregue superplastificante mezclado con agua. Ahora todos los materiales son mezclados entre 15 a 18 min. más, hasta poder observar una homogenea argamasa de concreto. En este término la

Table 6: Cálculo de volúmenes para $1m^3$ de de UHPFRC

Material	Masa (kg)	Densidad (kg/l)	Volumen (l)
Agua	173.340	1	180.00
Cemento	866.700	3.18	272.55
Microsílice	229.194	2.2	104.18
Arena	1012.113	2.6	389.27
Aditivo	38.520	1.12	34.39
Subtotal			980.39
Aire 2%			19.61
Total con aire			1000.00

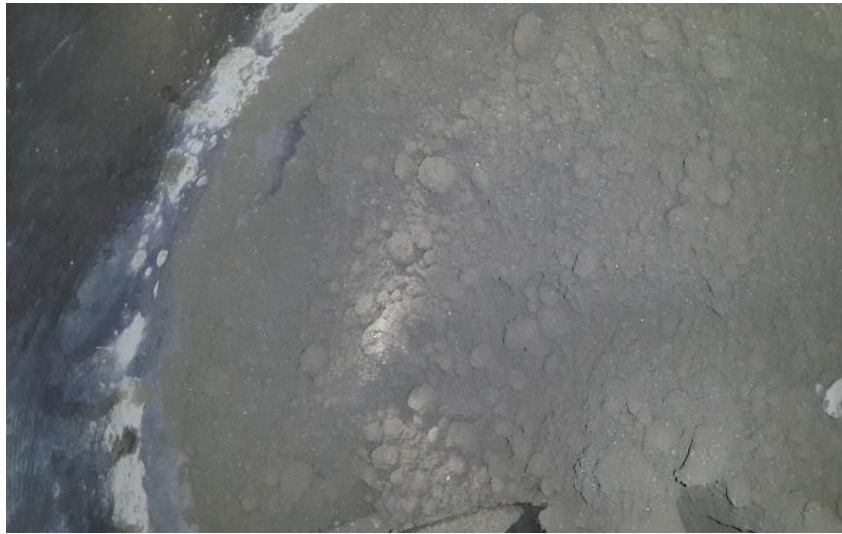
Fuente Propia

Table 7: Dosificación para $1m^3$

Material (kg/m3)	Diseño I	Diseño II	Diseño III	Diseño IV
Cemento	866.700	866.700	866.700	866.700
Microsílice	229.194	229.194	229.194	229.194
Agregado Fino	1012.113	1012.113	1012.113	1012.113
Superplastificante	38.520	38.520	38.520	38.520
Agua	173.340	173.340	173.340	173.340
Fibra de Acero	0%	78	117	156

Fuente Propia

Figure 15: *Mezcla de componenetes secos*



Fuente propia

Figure 16: *Fases del proceso de mezclado*



Fuente propia

mezcla casi se encuentra terminada y consecuente a ello se adicionan las fibras y se continua mezclando todo por 2 minutos más. Se procede luego con el vaciado de la argamasa de concreto dentro de los moldes tubulares y rectangulares, así mismo son compactados con un vibrador de mano. por último las probetas vaciadas fueron almacenados y cubiertos con plástico por 36 horas

3.9.3 Ensayos

Ensayos en estado fresco

Ensayo de flujo:

La fluidez de la mezcla en estado fresco se mide inmediatamente después de completar el proceso de mezclado determinando la fluidez promedio en cuatro diámetros sin golpes según el método estándar ASTM C1437.

Para medir el flujo, el cono deslizante se llena con el lote e inmediatamente se retira de manera lenta con la finalidad de permitir que la mezcla fluya suavemente a través de la mesa de flujo y se calculan cuatro diámetros. Se completaron las pruebas y el lote se vertió en moldes cilíndricos dentro de los primeros 20 minutos para probar más las propiedades mecánicas y la resistencia del hormigón endurecido.

Table 8: Ensayos de flujo

Flujo de mezcla de cemento	
Dosificación	Promedio (mm)
DISEÑO I	264
DISEÑO II	261
DISEÑO III	255
DISEÑO IV	252

Ensayos en estado endurecido

Para ver y analizar la influencia de los componentes, el modo de producción y el tratamiento de curado en las propiedades mecánicas del UHPFRC, se realizan tres tipos de

pruebas: Resistencia a mecánica a compresión, Resistencia a mecánica a tracción y Resistencia a mecánica a flexión. Todos estos valores reportados por la Máquina universal de compresión AUTOMAX PRO-M de cada tipo de ensayo se muestran a continuación en el capítulo de resultados.

Ensayo de Resistencia a la Compresión:

Esta propiedad se midió sobre probetas cilíndricas de 100mm de diámetro y 200mm de altura, siguiendo los parámetros indicados en la ASTM C109.

Esta propiedad mecánica se evaluó sobre probetas cilíndricas, se elaboraron diez muestras para cada tipo de dosificación (D1, D2, D3, D4); para ensayarse a 28 días, esto se ensayó siguiendo también los lineamientos de la norma ASTM C109/C109M

Las dimensiones de diámetro y altura fueron en promedio 100cm y 20 cm respectivamente. Los cilindros están dispuestos de manera que las superficies más regulares entren en contacto con la mesa y el cabezal. Se tomaron tres medidas para cada una de sus caras, y el promedio se utilizó para calcular su resistencia mecánica a la compresión. La disposición de carga y la disposición de prueba de referencia permanecieron sin cambios para todas las pruebas.

Figure 17: *Probetas ensayadas a compresión*



Fuente propia

Ensayo de Resistencia a la tracción:

Esta propiedad se midió mediante la tracción indirecta con el metodo brasileño en muestras cilíndricas de 200mm de altura y 100mm de diámetro.

La prueba de tracción indirecta es una metodología sencilla y característico para simular el comportamiento de un concreto flexible y calcular la carga última que el diseño puede soportar previo a su rotura.(Elisabet, 2008)

hoy en día es un test muy usado para calcular la resistencia a la tracción de diseños asfálticos. También es un método bastante sencillo y se encuentra plasmado en la normativa NLT-346/90 “Resistencia a la compresión radial de diseños asfálticas (ensayo de Brasil)”.(Elisabet, 2008)

Esta prueba implica comprimir diametralmente una muestra cilíndrica, similar a la realizada en la prueba Marshall, administrando uniformemente la carga en el curso de dos líneas o generadores opuestos hasta que se alcanza la falla. Esta disposición de carga produce tensiones de tracción aproximadamente uniformes a lo largo del espeaor del marco de aplicación vertical, y esta fuerza de tracción puede agotar la muestra y causar falla en el plano diametral.(Elisabet, 2008) Se ensayó un total de 10 probetas por cada tipo de diseño, haciendo un total de 40 probetas cilíndricas ensayadas.

Figure 18: *Probetas ensayadas a tracción indirecta*



Fuente propia

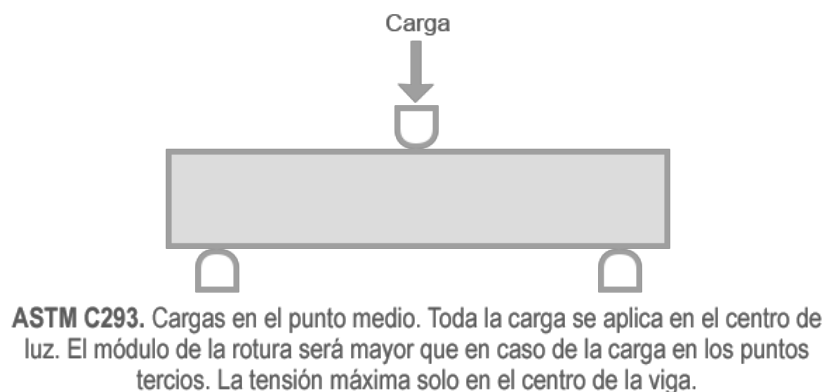
Ensayo de Resistencia a la flexión:

La resistencia a flexión es la capacidad de las vigas o losas de hormigón armado o de hormigón no armado para resistir momentos flectores. podemos hallarlo administrando una carga a una viga de concreto de 15 x 15cm de sección transversal con una distancia entre apoyos de al menos el triple de su sección transversal. Ahora para hallar la resistencia se podrá reflejar como módulo de ruptura (MR) en (MPa) y se determina por medio de el método de prueba ASTM C293 (centro de carga) o ASTM C78 (puntos tercios de carga)(Ozyildirim and Carino, 2006)

El módulo de falla es de aprox. 10% a 20% de la compresión esto dependerá de la clase, volumen y forma del material grueso usado; sin embargo, la más conveniente estimación en un diseño particular lo obtendremos mediante pruebas de laboratorio de un diseño híbrido de material específico. El módulo de rotura determinado a partir de vigas cargadas en el tercer punto es menor que el determinado a partir de vigas cargadas en el punto medio, a veces hasta en un 15%.(Ozyildirim and Carino, 2006)

El módulo de falla también se utiliza para la inspección en obra y la aprobación de cobertura. Rara vez se utilizan ensayos de flexión en hormigón estructural.

Figure 19: *Esquema de ensayo a la flexión usado*



Fuente propia

En la siguiente imagen se muestra el montaje, la aplicación de la carga y la rotura del elemento ensayado.

Figure 20: *Probetas ensayadas a flexión*



Fuente propia

RESULTADOS

Se realizaron 120 pruebas de laboratorio para evaluar el desempeño de los diseños de mezcla de ultra alta resistencia elaborado con agregados de la región. De acuerdo con los requisitos del proyecto experimental de esta investigación, la totalidad de probetas se preparan según sea necesario y cumplen con los estándares. Además, los testigos se curan en un entorno controlado a 19 grados Celsius y $95\% \pm 5\%$ de humedad correspondiente hasta el final del tiempo de prueba de 28 días según la orden de producción. Por tanto, los resultados del experimento se dividen en tres apartados generales. En la primera parte se analizó la resistencia mecánica de 4 dosificaciones a compresión, se ensayaron un total de 40 muestras cilíndricas y se obtuvieron los datos correspondientes del análisis específico. La segunda sección se analiza la resistencia mecánica a la tracción de las 4 dosificaciones, con el cual pudimos obtener resultados con información relevante para el análisis e interpretación teniendo un total de 40 probetas cilíndricas ensayadas. Y por último se analiza la resistencia mecánica a flexión de las 4 dosificaciones, en donde se consiguió obtener resultados con información relevante para su interpretación, teniendo un total de 40 probetas rectangulares ensayadas.

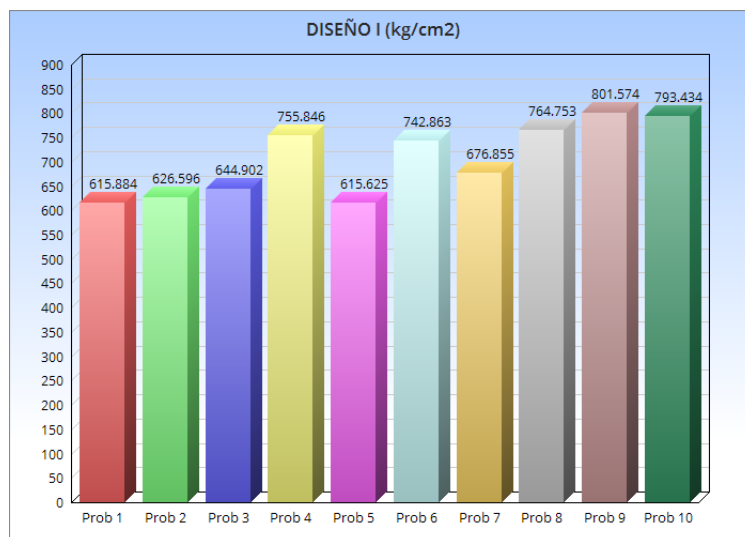
4.1 Resistencia a la Compresión

Los ensayos de compresión a probetas fabricadas en moldes metálicos de 100mm por 200mm, se analizaron a la edad de 28 días. El procedimiento anterior se realizó para los cuatro tipos de mezclas reportadas en este estudio. es relevante destacar que las probetas evaluadas en los distintos ensayos fueron elaboradas a partir de la misma dosificación a la que pertenecen, basándose en la normalización y consistencia del análisis de los resultados, lo cual es necesario para la correlación del comportamiento mecánico.

DISEÑO I:

Con un promedio de $703.833\text{kg}/\text{cm}^2$ y una resistencia pico de $801.574\text{kg}/\text{cm}^2$

Figure 21: Resistencia a la compresión DISEÑO I

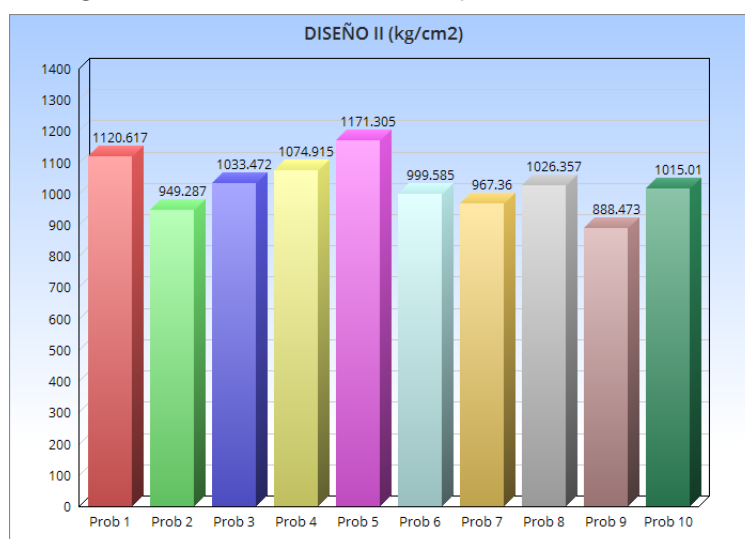


Fuente propia

DISEÑO II

Con un promedio de $1024.638\text{kg}/\text{cm}^2$ y una resistencia pico de $1171.305\text{kg}/\text{cm}^2$

Figure 22: Resistencia a la compresión DISEÑO II

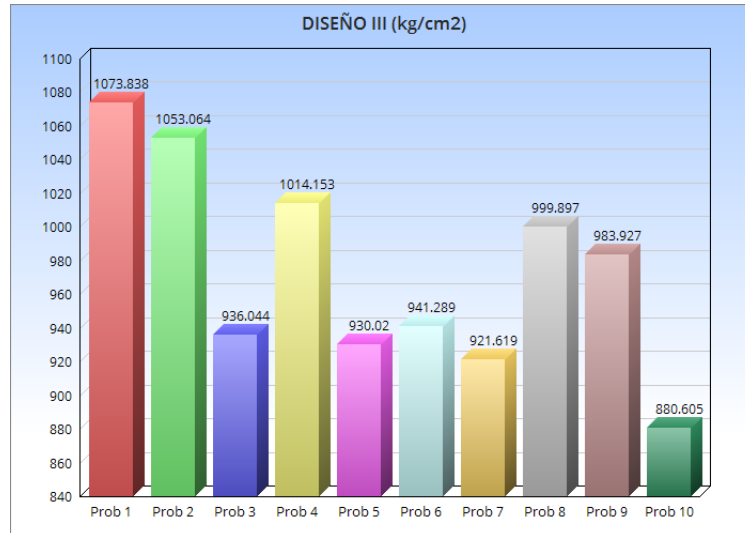


Fuente propia

DISEÑO III

Con un promedio de 973.446 kg/cm^2 y una resistencia pico de 1073.838 kg/cm^2

Figure 23: Resistencia a la compresión DISEÑO III

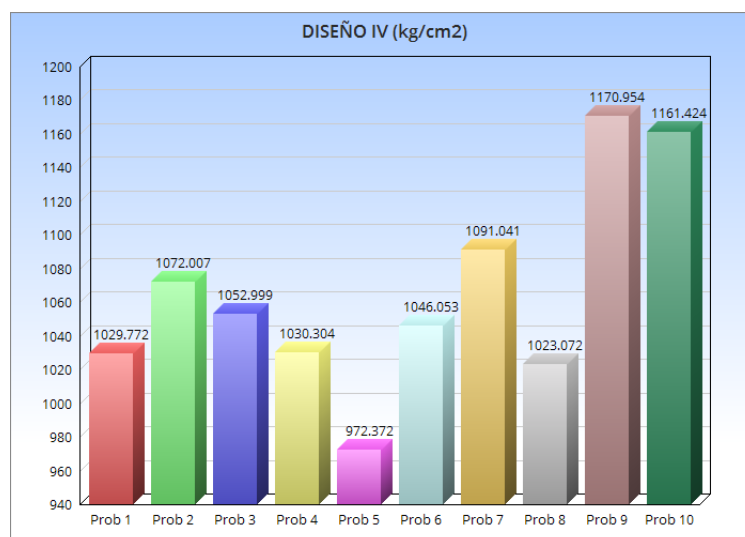


Fuente propia

DISEÑO IV

Con un promedio de 1065.000 kg/cm^2 y una resistencia pico de 1170.954 kg/cm^2

Figure 24: Resistencia a la compresión DISEÑO IV



Fuente propia

4.1.1 Análisis de la resistencia a compresión

En todas las pruebas realizadas a compresión, observamos que las mezclas que fueron dosificadas con fibras de acero, presenta mayores resistencias que la mezcla carente de estas fibras, siendo este factor, el predominante en todas las pruebas realizadas, además al realizar las comparaciones pertinentes respecto a estudios y artículos realizados en temas similares en otros países. obtuvimos en resultados concordantes, y es así que esto nos permite el análisis correcto de los resultados, y así gestar conclusiones adecuadas.

El UHPC tiene mejores propiedades a medida que aumentan los parámetros mecánicos porque es sensible a los cambios de componentes, la dispersión del material, los procedimientos de mezcla y su mantenimiento adecuado. (Maca et al., 2013)

En este estudio, los autores demostraron que el material ofrece propiedades mecánicas propias de los ensayos de compresión, alcanzando una resistencia de 150 MPa después de 28 días, estimación que lo distingue como un hormigón de ultra altas prestaciones.

Asimismo Abbas et al. (2015), encontraron que, lograr una alta resistencia en esta clase de concreto corresponde a la inclusión de fibras, las cuales se evaluaron variando su medida y volumen en la mezcla de UHPC para definir el alcance del efecto sobre el comportamiento mecánico y de resistencia. En las pruebas de compresión, aumentar el número de fibras mejora su rendimiento, pero su tamaño no afecta significativamente los resultados.

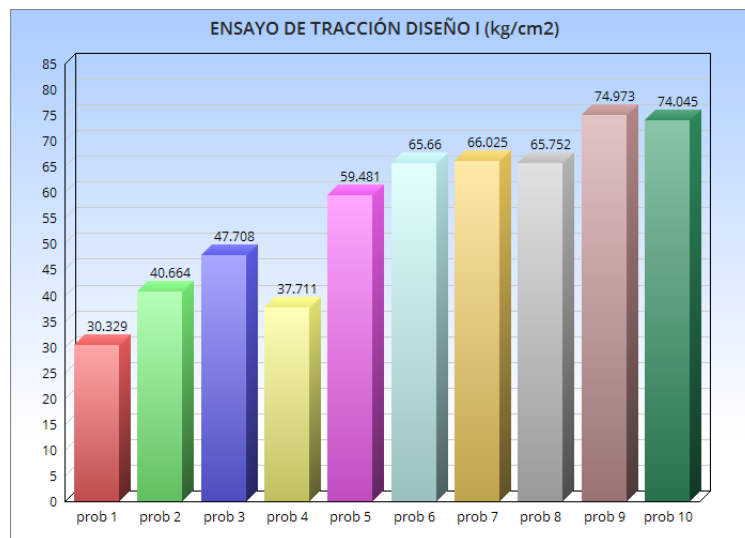
Recalcar que, las respuestas halladas en las investigaciones que tomamos como referencia contienen factores específicos que en nuestro estudio se realizan por metodologías semejantes, sin embargo NO iguales. En el proceso de la investigación, los valores a compresión en probetas cilíndricas arrojaron resistencias a compresión de 80 MPa a los 28 días para el DISEÑO I (sin fibras de acero), y de 117 MPa para el DISEÑO II (con 1% de fibras de acero), así como también se obtuvo 107 MPa para el DISEÑO III (con 1.5% de fibras de acero), y 117 MPa para el DISEÑO IV (con 2% de fibras de acero). No obstante, Yu et al. (2015), propuso el uso de cubos sometidos a carga de compresión y se encontró que la resistencia a la compresión a la edad de 28 días fue de 150 MPa y con un contenido de fibra metálica del 2,5% en peso de la mezcla. Por tanto, podemos concluir que las pruebas realizadas sobre muestras cúbicas dan resultados más favorables.

4.2 Resistencia a la Tracción

DISEÑO I:

Con un promedio de $56.235\text{kg}/\text{cm}^2$ y una resistencia pico de $74.973\text{kg}/\text{cm}^2$

Figure 25: Resistencia a la tracción DISEÑO I

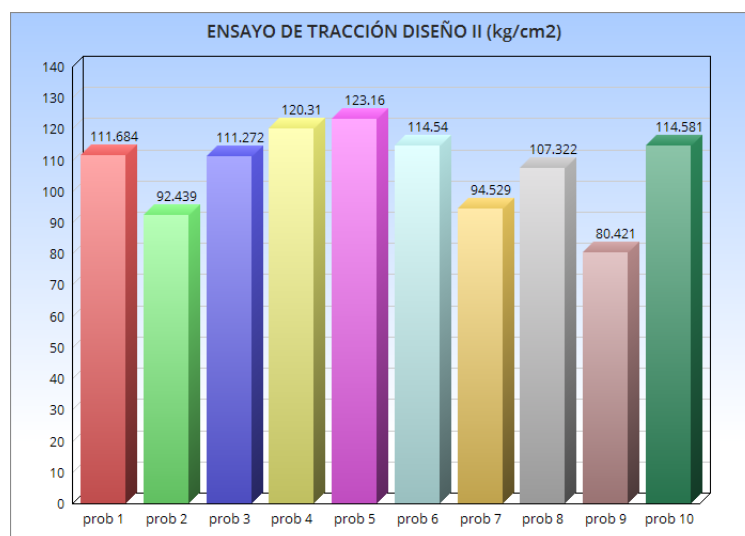


Fuente propia

DISEÑO II

Con un promedio de $107.026\text{kg}/\text{cm}^2$ y una resistencia pico de $123.160\text{kg}/\text{cm}^2$

Figure 26: Resistencia a la tracción DISEÑO II

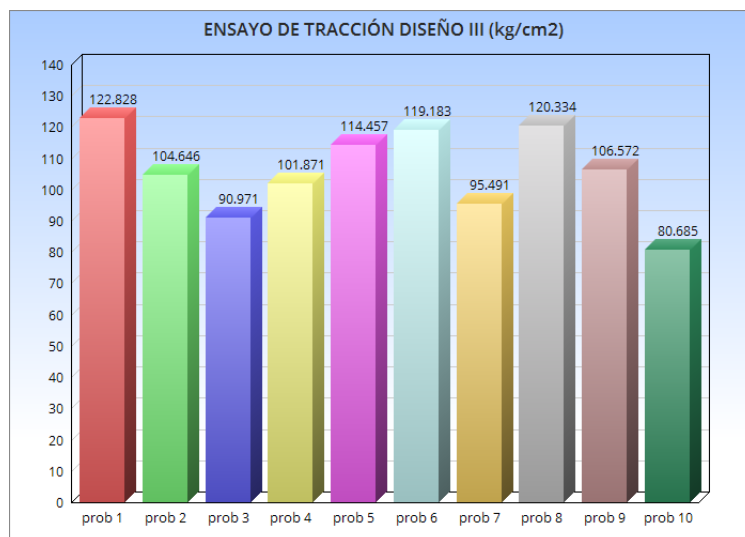


Fuente propia

DISEÑO III

Con un promedio de $105.704\text{kg}/\text{cm}^2$ y una resistencia pico de $122.828\text{kg}/\text{cm}^2$

Figure 27: Resistencia a la tracción DISEÑO III

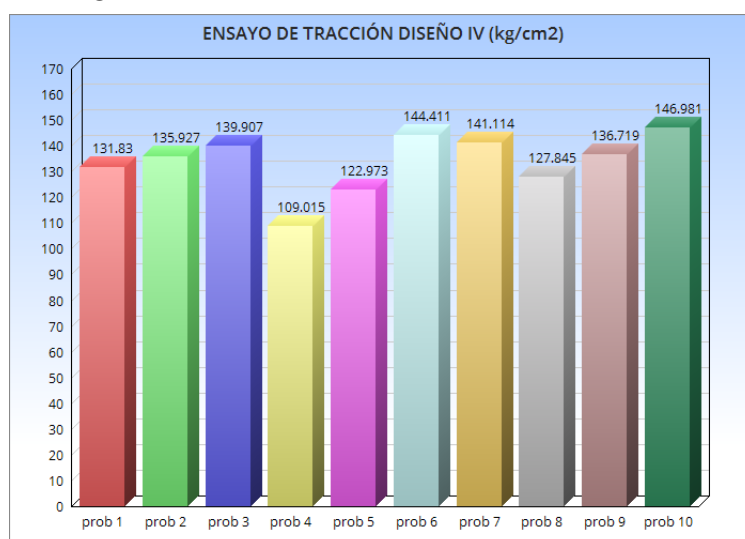


Fuente propia

DISEÑO IV

Con un promedio de $133.672\text{kg}/\text{cm}^2$ y una resistencia pico de $146.981\text{kg}/\text{cm}^2$

Figure 28: Resistencia a la tracción DISEÑO IV



Fuente propia

4.2.1 Análisis de la resistencia a tracción

Por otro lado en los ensayos realizados a tracción, también vemos que las mezclas que fueron dosificadas con fibras de acero, presenta mayores resistencias que la mezcla carente de estas fibras, siendo también este factor, el determinante en todas las pruebas realizadas, sin embargo estos resultados obtenidos en los ensayos a tracción no fueron comparados con otras investigaciones por ser una propiedad mecánica de este tipo de concretos muy poco estudiada, opuesto a la propiedad de compresión que cuenta con múltiples investigaciones a nivel internacional.

Entonces, al comparar estos resultados con resistencias entre $21 - 25 \text{ kg/cm}^2$ a la que llega un concreto tradicional de $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, o como lo asegura Lozano Sanchez (2023) en su estudio, la resistencia a la tracción del concreto patrón para $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ es 2.08 Mpa, entonces afirmamos que los resultados a tracción en probetas cilíndricas realizados por el método brasileño, evidenciaron resistencias a tracción a los 28 días de 7.4 MPa para el DISEÑO I (sin fibras de acero), y de 12.3 MPa para el DISEÑO II (con 1% de fibras de acero), así como también se obtuvo 12.2 MPa para el DISEÑO III (con 1.5% de fibras de acero), y 14.6 MPa para el DISEÑO IV (con 2% de fibras de acero), mencionar que los valores obtenidos en este apartado, reflejan el buen comportamiento de las fibras de acero en sus diferentes proporciones, es decir que la adición de fibras de acero al concreto dosificado con agregados locales mejorará esta resistencia mecánica a traccional.

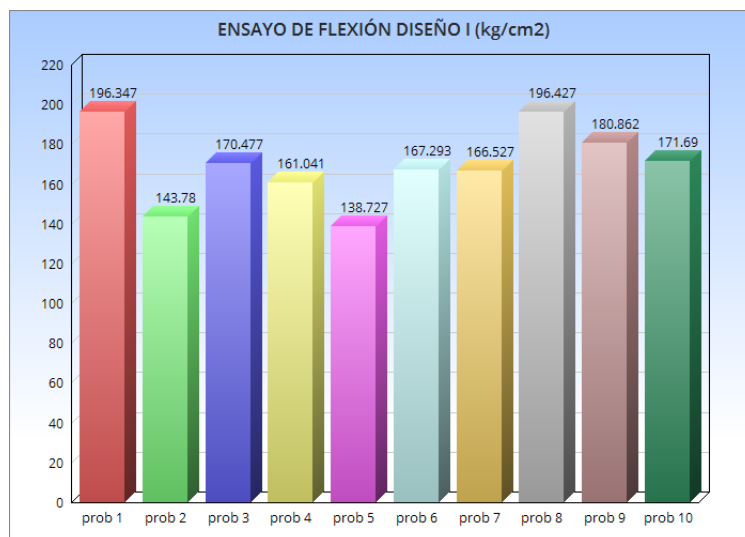
4.3 Resistencia a la Flexión

Con la necesidad de obtener resultados de ensayos de flexión se ensayaron probetas fabricadas en moldes metálicos prismáticos de 150mm por 150mm por 500mm, y se ensayaron a la edad de 28 días en su totalidad. Este proceso se realizó para los cuatro tipos de diseños propuestas en este estudio. La resistencia a la flexión es encontrada conforme con la normativa ASTM C293. La carga máxima P lo obtenemos de los datos que registra el procesador de la prensa universal AUTOMAX. Una vez alcanzada la carga, se calculó el módulo de ruptura para cada muestra.

DISEÑO I:

Con un promedio de $169.317\text{kg}/\text{cm}^2$ y una resistencia pico de $196.427\text{kg}/\text{cm}^2$

Figure 29: Resistencia a la flexión DISEÑO I

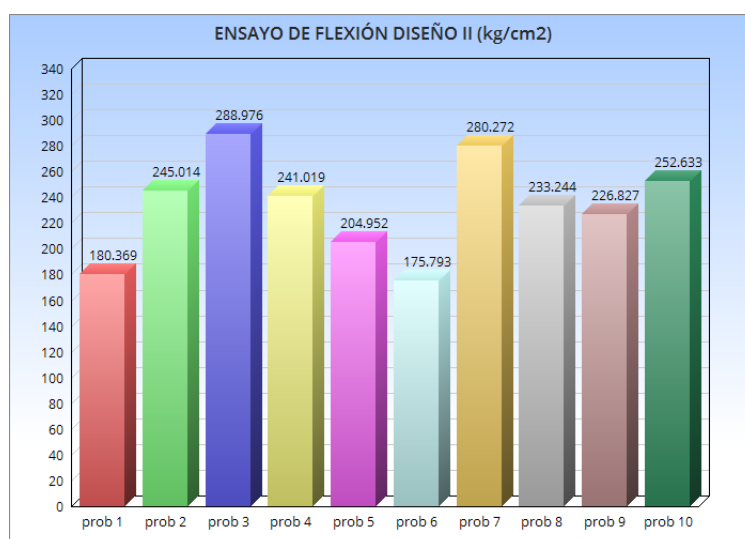


Fuente propia

DISEÑO II

Con un promedio de $232.910\text{kg}/\text{cm}^2$ y una resistencia pico de $288.976\text{kg}/\text{cm}^2$

Figure 30: Resistencia a la flexión DISEÑO II

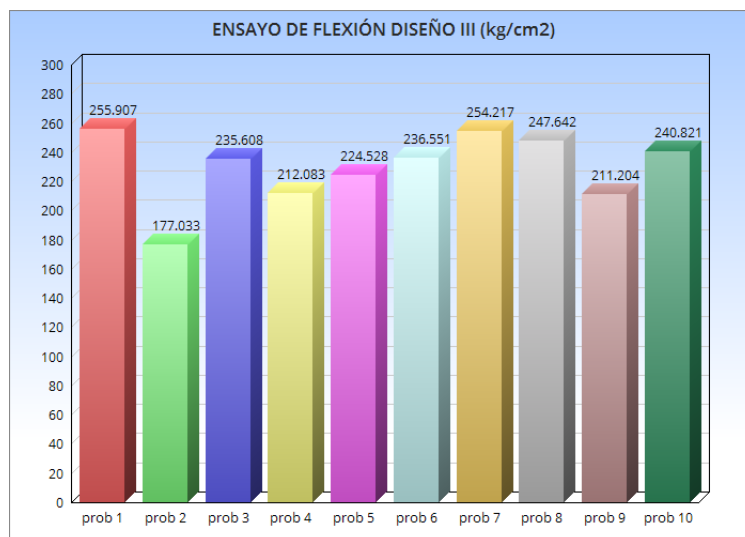


Fuente propia

DISEÑO III

Con un promedio de $229.559\text{kg}/\text{cm}^2$ y una resistencia pico de $255.907\text{kg}/\text{cm}^2$

Figure 31: Resistencia a la flexión DISEÑO III

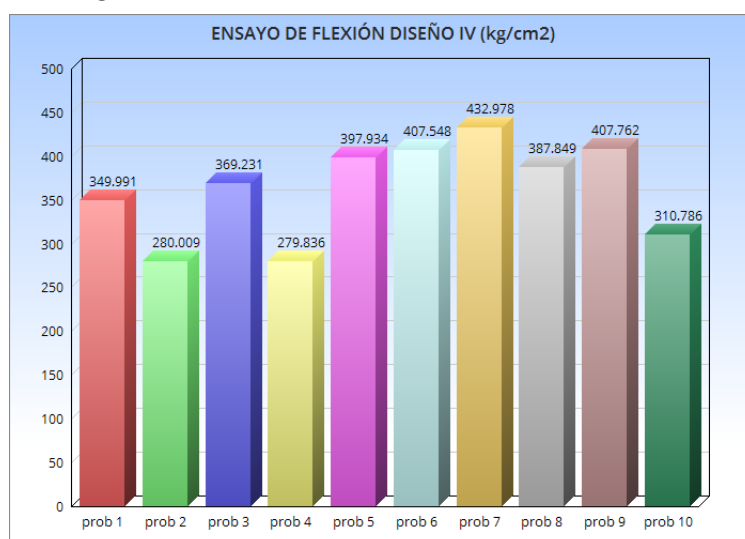


Fuente propia

DISEÑO IV

Con un promedio de $362.392\text{kg}/\text{cm}^2$ y una resistencia pico de $432.978\text{kg}/\text{cm}^2$

Figure 32: Resistencia a la flexión DISEÑO IV



Fuente propia

4.3.1 Análisis de la resistencia a flexión

El análisis de los resultados de las pruebas de flexión del concreto UHPFRC mostró mejoras significativas utilizando fibras de acero en contraste con el concreto tradicional. La resistencia de flexión se incrementa analizando el comportamiento de distintas clases de estructuras. En las pruebas desarrolladas se consiguió el contenido óptimo de 2% de fibras de acero en el diseño de hormigón utilizando fibras de gancho. Esta propiedad de las fibras genera una mayor adherencia del concreto aumentando así la ductilidad y resistencia del diseño.

En consecuencia, la añadidura de fibras de acero aumenta significativamente el valor de la resistencia a la flexión del material y la disposición de soportar la carga luego del surgimiento de grietas, evidenciando la buena fluidez y elasticidad del material con el mejor efecto cuando el contenido de fibra es del 2%, por tanto este estudio fue exitoso.

Debido a la información obtenida del comportamiento de los diseños de ultra alta resistencia, se evidencia que la cantidad de fibras y la conexión que surge entre las estas y la pasta de concreto son factores relevantes, pues esto nos permitirá asegurar que no exista pérdida de la resistencia a flexión.

Es así que obtuvimos, los resultados a flexión en probetas rectangulares realizados, determinaron resistencias a flexión a los 28 días de 19.6 MPa para el DISEÑO I (sin fibras de acero), y de 28.8 MPa para el DISEÑO II (con 1% de fibras de acero), así como también se obtuvo 25.5 MPa para el DISEÑO III (con 1.5% de fibras de acero), y 43.2 MPa para el DISEÑO IV (con 2% de fibras de acero), estos valores, reflejan el buen comportamiento de las fibras de acero en sus diferentes diseños, es decir que la adición de fibras de acero al concreto dosificado con agregados locales mejoran la resistencia mecánica a flexión.

4.4 Contrastación de hipótesis

Hipótesis general:

Un diseño de mezcla de concreto UHPFRC dosificado con agregados locales y materiales cementantes complementarios mejoraría su resistencia mecánica.

En esta hipótesis se quiere analizar que efecto tendrá la elaboración de un diseño UHPFRC, esto quiere decir si será beneficioso para las propiedades mecánicas o ocurrirá el caso adverso. Entonces podemos afirmar con los resultados obtenidos en los ensayos que,

la hipótesis general es verdadera; conforme a los resultados obtenidos en los respectivos ensayos de flexión, tracción y compresión, podemos afirmar que la resistencia mecánica y sus propiedades del concreto UHPFRC mejoran si se dosifica con agregados locales y materiales cementantes. Por lo tanto esta hipótesis es verdadera.

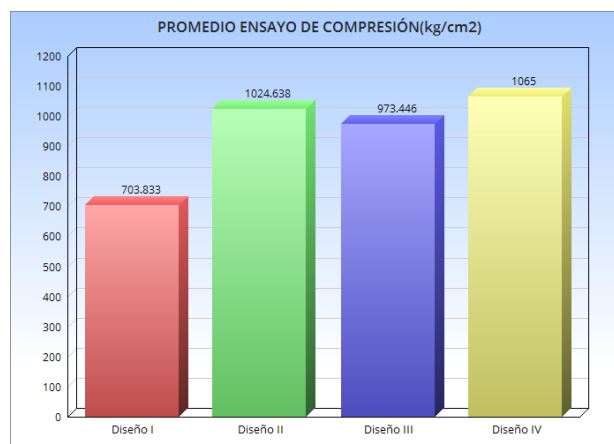
Hipótesis específicas:

- H_1 : *un diseño de mezcla de concreto UHPFRC dosificado con agregados locales y materiales cementantes complementarios mejoraría su resistencia a la compresión.*
- H_0 : *un diseño de mezcla de concreto UHPFRC dosificado con agregados locales y materiales cementantes complementarios NO mejoraría su resistencia a la compresión.*

En esta hipótesis observando el gráfico de barras de las 4 dosificaciones, donde tenemos resistencias a la compresión mayores a 1000kg/cm^2 en los casos donde se adicionaron fibras de acero, podemos afirmar que también es verdadera debido a que el concreto diseñado en sus cuatro dosificaciones arrojó datos positivos y mucho mayores, respecto al concreto tradicional, es decir que al diseñar un concreto UHPFRC con agregados locales de ayacucho la resistencia a la compresión mejoró significativamente, creando un nuevo material con aplicaciones más allá de las estructuras convencionales, por lo tanto la primera hipótesis específica fue confirmada científicamente, entonces es verdadera.

Análisis estadístico

Figure 33: *Resistencia a la compresión de las dosificaciones*



Fuente propia

Table 9: Análisis estadístico del ensayo de Resistencia a compresión del concreto adicionando 0%. de fibras de acero

PROBETA	EDAD (dias)	RESISTENCIA (kg/cm2)	PROMEDIO (kg/cm2)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEF. DE VARIACIÓN
1	28	615.884	703.833	71.557	10.167
2	28	626.596			
3	28	644.902			
4	28	755.846			
5	28	615.625			
6	28	742.863			
7	28	676.855			
8	28	764.753			
9	28	801.574			
10	28	793.434			

Elaboración propia

Table 10: Análisis estadístico del ensayo de Resistencia a compresión del concreto adicionando 1%. de fibras de acero

PROBETA	EDAD (dias)	RESISTENCIA (kg/cm2)	PROMEDIO (kg/cm2)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEF. DE VARIACIÓN
1	28	1120.617	1024.638	78.455	7.657
2	28	949.287			
3	28	1033.472			
4	28	1074.915			
5	28	1171.305			
6	28	999.585			
7	28	967.360			
8	28	1026.357			
9	28	888.473			
10	28	1015.010			

Elaboración propia

Table 11: Análisis estadístico del ensayo de Resistencia a compresión del concreto adicionando 1.5%. de fibras de acero

PROBETA	EDAD (dias)	RESISTENCIA (kg/cm2)	PROMEDIO (kg/cm2)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEF. DE VARIACIÓN
1	28	1073.838	973.446	58.744	6.035
2	28	1053.064			
3	28	936.044			
4	28	1014.153			
5	28	930.020			
6	28	941.289			
7	28	921.619			
8	28	999.897			
9	28	983.927			
10	28	880.605			

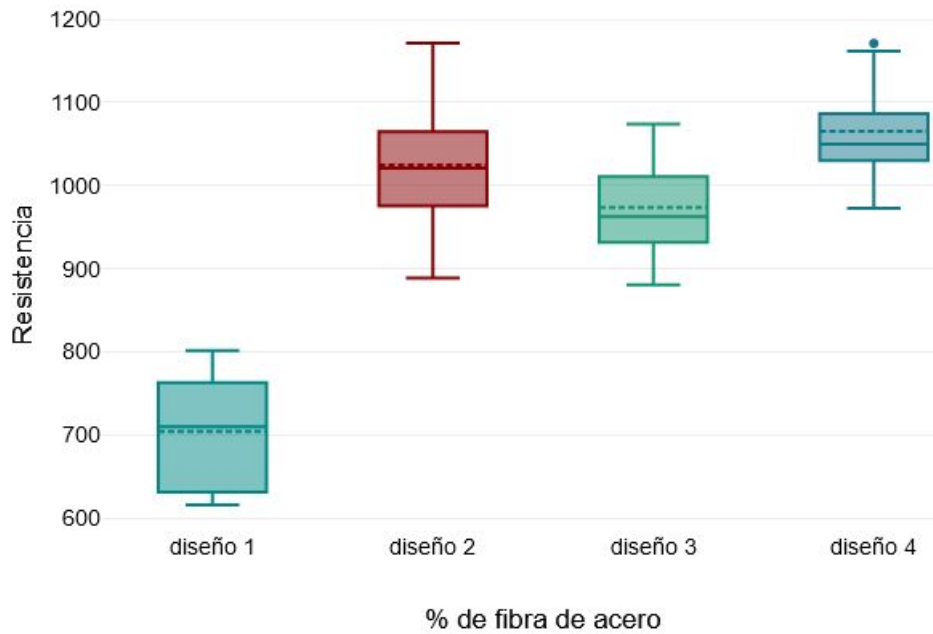
Elaboración propia

Table 12: Análisis estadístico del ensayo de Resistencia a compresión del concreto adicionando 2%. de fibras de acero

PROBETA	EDAD (dias)	RESISTENCIA (kg/cm2)	PROMEDIO (kg/cm2)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEF. DE VARIACIÓN
1	28	1029.772	1065.000	58.768	5.518
2	28	1072.007			
3	28	1052.999			
4	28	1030.304			
5	28	972.372			
6	28	1046.053			
7	28	1091.041			
8	28	1023.072			
9	28	1170.954			
10	28	1161.424			

Elaboración propia

Figure 34: *Diagrama de caja de Resistencia a compresión*



Elaboración propia

Análisis de varianza (ANOVA)

- El tamaño total de la muestra es $N = 40$. Por tanto, los grados de libertad totales son:

$$df_{total} = 40 - 1 = 39$$

- Además, los grados de libertad entre grupos son $df_{entre} = 4 - 1 = 3$, y los grados de libertad dentro de los grupos son:

$$df_{dentro} = df_{total} - df_{entre} = 39 - 3 = 36$$

- Primero, necesitamos calcular la suma total de valores y la gran media. Se obtiene lo siguiente

$$\sum Xi = 7038.332 + 10246.381 + 9734.456 + 10649.998 = 37669.167$$

- Además, la suma de los valores al cuadrado es

$$\begin{aligned} \sum Xi^2 &= 5005015.223252 + 10560384.109195 + 9510471.79673 + \\ &11376782.5504 = 36452653.679577 \end{aligned}$$

- Según los cálculos anteriores, la suma total de los cuadrados se calcula de la siguiente manera

Table 13: Cuadro resumen de ensayos de compresión

	DISEÑO 1	DISEÑO 2	DISEÑO 3	DISEÑO 4
	615.884	1120.617	1073.838	1029.772
	626.596	949.287	1053.064	1072.007
	644.902	1033.472	936.044	1052.999
	755.846	1074.915	1014.153	1030.304
	615.625	1171.305	930.02	972.372
	742.863	999.585	941.289	1046.053
	676.855	967.36	921.619	1091.041
	764.753	1026.357	999.897	1023.072
	801.574	888.473	983.927	1170.954
	793.434	1015.01	880.605	1161.424
Suma =	7038.332	10246.381	9734.456	10649.998
Promedio =	703.833	1024.638	973.446	1065
$\sum Xi^2 =$	5005015.22	10560384.1	9510471.8	11376782.6
St. Dev. =	75.427	82.699	61.921	61.947
SS =	51203.489	61551.749	34508.435	34536.81
n =	10	10	10	10

$$SS_{total} = \sum Xi^2 - \frac{1}{N}(\sum Xi)^2 = 36452653.679577 - \frac{37669.167^2}{40} = 978500.118$$

- La suma interna de cuadrados se calcula como se muestra en el siguiente cálculo:

$$SS_{dentro} = \sum SS_{dentrogrupo} = 51203.489 + 61551.749 + 34508.435 + 34536.81 = 181800.483$$

- La suma de cuadrados entre ellos se calcula directamente como se muestra en el siguiente cálculo:

$$SS_{entre} = SS_{total} - SS_{dentro} = 978500.118 - 181800.483 = 796699.635$$

- Ahora que se calcula la suma de los cuadrados, podemos proceder a calcular la suma media de los cuadrados:

$$MS_{entre} = \frac{SS_{entre}}{df_{entre}} = \frac{796699.635}{3} = 265566.545$$

$$MS_{dentro} = \frac{SS_{dentro}}{df_{dentro}} = \frac{181800.483}{36} = 5050.013$$

- Finalmente, habiendo ya calculado la suma media de los cuadrados, el estadístico F se calcula de la siguiente manera:

$$F = \frac{MS_{entre}}{MS_{dentro}} = \frac{265566.545}{5050.013} = 52.587$$

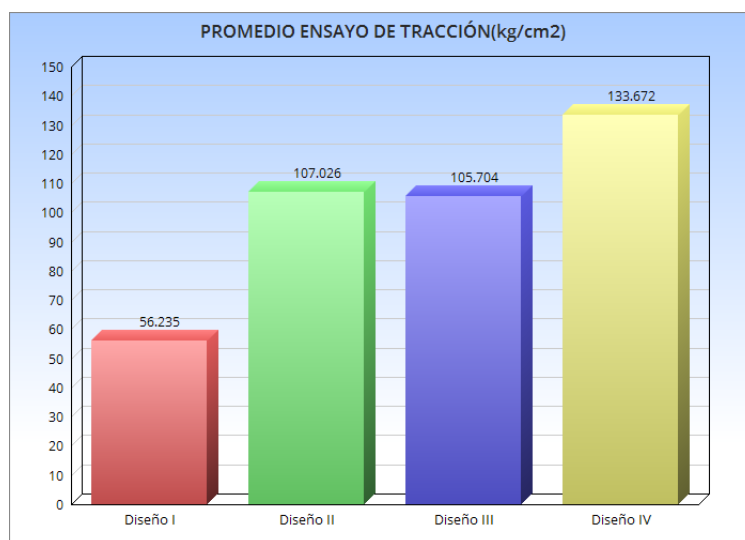
- Consideramos que el nivel de significación es $\alpha = 0.05$, y los grados de libertad son $df_1 = 3$ y $df_2 = 36$, por lo tanto, la región de rechazo para esta prueba F es $R = F : F > 2.866$.
- Dado que de la información de la muestra obtenemos que $F = 52.587 > F_c = 2.866$, se concluye que la hipótesis nula es rechazada.
- **Por tanto podemos afirmar que la hipótesis específica 1 es verdadera**

- H_2 : *un diseño de mezcla de concreto UHPFRC dosificado con agregados locales y materiales cementantes complementarios mejoraría su resistencia a la tracción.*
- H_0 : *un diseño de mezcla de concreto UHPFRC dosificado con agregados locales y materiales cementantes complementarios NO mejoraría su resistencia a la tracción.*

Por otro lado la segunda hipótesis específica es verdadera por haberse demostrado en laboratorio con los ensayos de tracción, que el diseño de UHPFRC con agregados locales de la región, presentó una mejora relativamente alta a la resistencia a la tracción, en referencia a concretos convencionales, llegando a multiplicar el valor de la resistencia a tracción, especialmente en los diseños donde se dosificaron con fibras de acero, entonces generalizando, todas las dosificaciones ejecutadas aseveran científicamente lo planteado en la segunda hipótesis específica

Análisis estadístico

Figure 35: *Resistencia a la tracción de las dosificaciones*



Fuente propia

Table 14: Análisis estadístico del ensayo de Resistencia a tracción del concreto adicionando 0%. de fibras de acero

PROBETA	EDAD (dias)	RESISTENCIA (kg/cm2)	PROMEDIO (kg/cm2)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEF. DE VARIACIÓN
1	28	30.329	56.235	15.111	26.872
2	28	40.664			
3	28	47.708			
4	28	37.711			
5	28	59.481			
6	28	65.660			
7	28	66.025			
8	28	65.752			
9	28	74.973			
10	28	74.045			

Elaboración propia

Table 15: Análisis estadístico del ensayo de Resistencia a tracción del concreto adicionando 1%. de fibras de acero

PROBETA	EDAD (dias)	RESISTENCIA (kg/cm2)	PROMEDIO (kg/cm2)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEF. DE VARIACIÓN
1	28	111.684	107.026	12.911	12.063
2	28	92.439			
3	28	111.272			
4	28	120.310			
5	28	123.160			
6	28	114.540			
7	28	94.529			
8	28	107.322			
9	28	80.421			
10	28	114.581			

Elaboración propia

Table 16: Análisis estadístico del ensayo de Resistencia a tracción del concreto adicionando 1.5%. de fibras de acero

PROBETA	EDAD (dias)	RESISTENCIA (kg/cm2)	PROMEDIO (kg/cm2)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEF. DE VARIACIÓN
1	28	122.828	105.704	13.151	12.441
2	28	104.646			
3	28	90.971			
4	28	101.871			
5	28	114.457			
6	28	119.183			
7	28	95.491			
8	28	120.334			
9	28	106.572			
10	28	80.685			

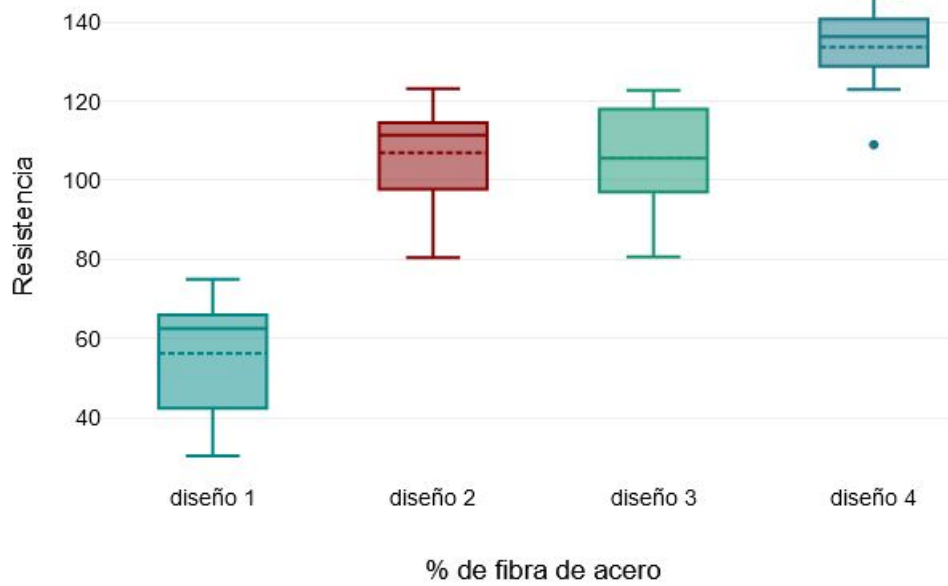
Elaboración propia

Table 17: Análisis estadístico del ensayo de Resistencia a tracción del concreto adicionando 2%. de fibras de acero

PROBETA	EDAD (dias)	RESISTENCIA (kg/cm2)	PROMEDIO (kg/cm2)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEF. DE VARIACIÓN
1	28	131.830	133.672	10.774	8.060
2	28	135.927			
3	28	139.907			
4	28	109.015			
5	28	122.973			
6	28	144.411			
7	28	141.114			
8	28	127.845			
9	28	136.719			
10	28	146.981			

Elaboración propia

Figure 36: Diagrama de caja de Resistencia a compresión



Elaboración propia

Análisis de varianza (ANOVA)

- El tamaño total de la muestra es $N = 40$. Por tanto, los grados de libertad totales son:

$$df_{total} = 40 - 1 = 39$$

- Además, los grados de libertad entre grupos son $df_{entre} = 4 - 1 = 3$, y los grados de libertad dentro de los grupos son:

$$df_{dentro} = df_{total} - df_{entre} = 39 - 3 = 36$$

- Primero, necesitamos calcular la suma total de valores y la gran media. Se obtiene lo siguiente

$$\sum Xi = 562.348 + 1070.258 + 1057.038 + 1336.722 = 4026.366$$

- Además, la suma de los valores al cuadrado es

$$\sum Xi^2 = 33907.045766 + 116212.122188 + 113462.381766 + 179843.437096 = 443424.986816$$

- Según los cálculos anteriores, la suma total de los cuadrados se calcula de la siguiente manera

$$SS_{total} = \sum Xi^2 - \frac{1}{N}(\sum Xi)^2 = 443424.986816 - \frac{4026.366^2}{40} = 38134.408$$

Table 18: Cuadro resumen de ensayos de tracción

	DISEÑO 1	DISEÑO 2	DISEÑO 3	DISEÑO 4
	30.329	111.684	122.828	131.83
	40.664	92.439	104.646	135.927
	47.708	111.272	90.971	139.907
	37.711	120.31	101.871	109.015
	59.481	123.16	114.457	122.973
	65.66	114.54	119.183	144.411
	66.025	94.529	95.491	141.114
	65.752	107.322	120.334	127.845
	74.973	80.421	106.572	136.719
	74.045	114.581	80.685	146.981
Suma =	562.348	1070.258	1057.038	1336.722
Promedio =	56.235	107.026	105.704	133.672
$\sum Xi^2 =$	33907.0458	116212.122	113462.382	179843.437
St. Dev. =	15.929	13.609	13.862	11.357
SS =	2283.518	1666.904	1729.448	1160.867
n =	10	10	10	10

- La suma interna de cuadrados se calcula como se muestra en el siguiente cálculo:

$$SS_{dentro} = \Sigma SS_{dentrogrupo} = 283.518 + 1666.904 + 1729.448 + 1160.867 = 6840.737$$

- La suma de cuadrados entre ellos se calcula directamente como se muestra en el siguiente cálculo:

$$SS_{entre} = SS_{total} - SS_{dentro} = 38134.408 - 6840.737 = 31293.671$$

- Ahora que se calcula la suma de los cuadrados, podemos proceder a calcular la suma media de los cuadrados:

$$MS_{entre} = \frac{SS_{entre}}{df_{entre}} = \frac{31293.671}{3} = 10431.224$$

$$MS_{dentro} = \frac{SS_{dentro}}{df_{dentro}} = \frac{6840.737}{36} = 190.02$$

- Finalmente, habiendo ya calculado la suma media de los cuadrados, el estadístico F se calcula de la siguiente manera:

$$F = \frac{MS_{entre}}{MS_{dentro}} = \frac{10431.224}{190.02} = 54.895$$

- Consideramos que el nivel de significación es $\alpha = 0.05$, y los grados de libertad son $df_1 = 3$ y $df_2 = 3$, por lo tanto, la región de rechazo para esta prueba F es $R = F : F > 2.866$.

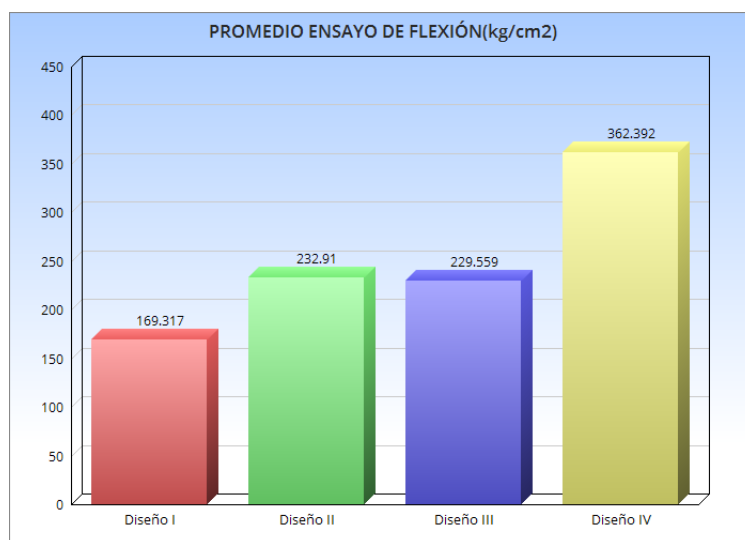
- Dado que de la información de la muestra obtenemos que $F = 54.895 > F_c = 2.866$, se concluye que la hipótesis nula es rechazada.

- **Por tanto podemos afirmar que la hipótesis específica 2 es verdadera**

- H_3 : *un diseño de mezcla de concreto UHPFRC dosificado con agregados locales y materiales cementantes complementarios mejoraría su resistencia a la flexión.*
- H_0 : *un diseño de mezcla de concreto UHPFRC dosificado con agregados locales y materiales cementantes complementarios NO mejoraría su resistencia a la flexión.*

Finalmente nuestra tercera hipótesis busca confirmar o negar, el incremento de la resistencia a la flexión que tendrá nuestros diseños de mezcla. Llegando a contrastar que nuestra tercera hipótesis específica es correcta, por haberse demostrado en laboratorio mediante ensayos para cada diseño planteado, por tanto podemos afirmar que la resistencia a la flexión mejora si elaboramos diseños de mezcla de UHPFRC, mejorando en mayor proporción esta propiedad mecánica aquel diseño que contó con la incorporación de del 2% de fibras metálicas de acero, así lo podemos observar en el gráfico de barras mostrado.

Figure 37: *Resistencia a la flexión de las dosificaciones*



Fuente propia

Table 19: Análisis estadístico del ensayo de Resistencia a flexión del concreto adicionando 0%. de fibras de acero

PROBETA	EDAD (dias)	RESISTENCIA (kg/cm2)	PROMEDIO (kg/cm2)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEF. DE VARIACIÓN
1	28	196.347	169.317	18.095	10.687
2	28	143.780			
3	28	170.477			
4	28	161.041			
5	28	138.727			
6	28	167.293			
7	28	166.527			
8	28	196.427			
9	28	180.862			
10	28	171.690			

Elaboración propia

Table 20: Análisis estadístico del ensayo de Resistencia a flexión del concreto adicionando 1%. de fibras de acero

PROBETA	EDAD (dias)	RESISTENCIA (kg/cm2)	PROMEDIO (kg/cm2)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEF. DE VARIACIÓN
1	28	180.369	232.910	35.818	15.379
2	28	245.014			
3	28	288.976			
4	28	241.019			
5	28	204.952			
6	28	175.793			
7	28	280.272			
8	28	233.244			
9	28	226.827			
10	28	252.633			

Elaboración propia

Table 21: Análisis estadístico del ensayo de Resistencia a flexión del concreto adicionando 1.5%. de fibras de acero

PROBETA	EDAD (dias)	RESISTENCIA (kg/cm2)	PROMEDIO (kg/cm2)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEF. DE VARIACIÓN
1	28	255.907	229.559	22.953	9.999
2	28	177.033			
3	28	235.608			
4	28	212.083			
5	28	224.528			
6	28	236.551			
7	28	254.217			
8	28	247.642			
9	28	211.204			
10	28	240.821			

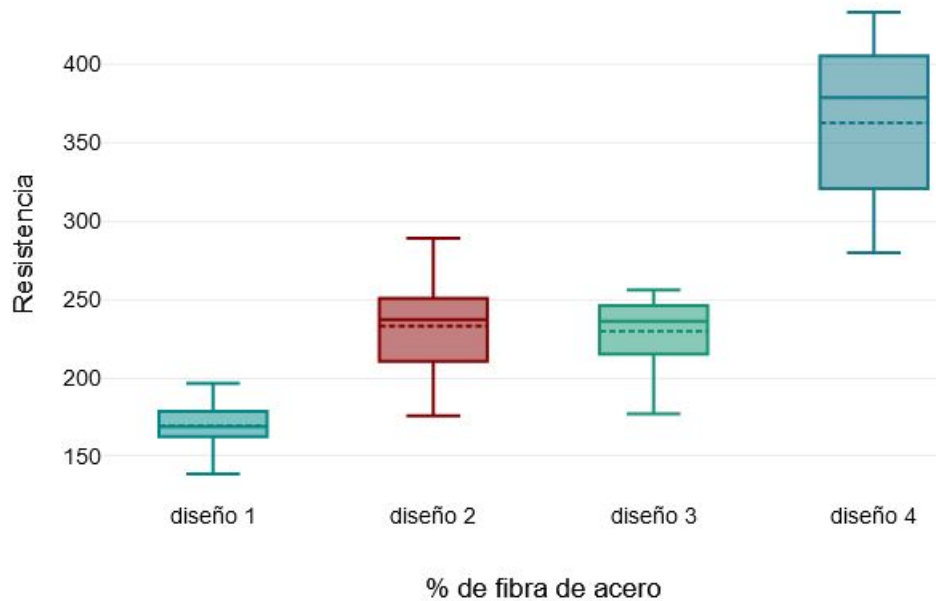
Elaboración propia

Table 22: Análisis estadístico del ensayo de Resistencia a flexión del concreto adicionando 2%. de fibras de acero

PROBETA	EDAD (dias)	RESISTENCIA (kg/cm2)	PROMEDIO (kg/cm2)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEF. DE VARIACIÓN
1	28	349.991	362.392	52.400	14.459
2	28	280.009			
3	28	369.231			
4	28	279.836			
5	28	397.934			
6	28	407.548			
7	28	432.978			
8	28	387.849			
9	28	407.762			
10	28	310.786			

Elaboración propia

Figure 38: Resistencia a la flexión de las dosificaciones



Elaboración propia

Análisis de varianza (ANOVA)

- El tamaño total de la muestra es $N = 40$. Por tanto, los grados de libertad totales son:

$$df_{total} = 40 - 1 = 39$$

- Además, los grados de libertad entre grupos son $df_{entre} = 4 - 1 = 3$, y los grados de libertad dentro de los grupos son:

$$df_{dentro} = df_{total} - df_{entre} = 39 - 3 = 36$$

- Primero, necesitamos calcular la suma total de valores y la gran media. Se obtiene lo siguiente

$$\sum Xi = 1693.171 + 2329.099 + 2295.594 + 3623.924 = 9941.788$$

- Además, la suma de los valores al cuadrado es

$$\sum Xi^2 = 289956.899599 + 555299.702585 + 532243.329586 + 1340739.880804 = 2718239.812574$$

- Según los cálculos anteriores, la suma total de los cuadrados se calcula de la siguiente manera

Table 23: Cuadro resumen de ensayos de flexión

	DISEÑO 1	DISEÑO 2	DISEÑO 3	DISEÑO 4
	196.347	180.369	255.907	349.991
	143.78	245.014	177.033	280.009
	170.477	288.976	235.608	369.231
	161.041	241.019	212.083	279.836
	138.727	204.952	224.528	397.934
	167.293	175.793	236.551	407.548
	166.527	280.272	254.217	432.978
	196.427	233.244	247.642	387.849
	180.862	226.827	211.204	407.762
	171.69	252.633	240.821	310.786
Suma =	1693.171	2329.099	2295.594	3623.924
Promedio =	169.317	232.91	229.559	362.392
$\sum Xi^2 =$	289956.9	555299.703	532243.33	1340739.88
St. Dev. =	19.073	37.756	24.194	55.234
SS =	3274.096	12829.487	5268.148	27457.365
n =	10	10	10	10

$$SS_{total} = \sum Xi^2 - \frac{1}{N}(\sum Xi)^2 = 2718239.812574 - \frac{9941.788^2}{40} = 247261.097$$

- La suma interna de cuadrados se calcula como se muestra en el siguiente cálculo:

$$SS_{dentro} = \sum SS_{dentrogrupo} = 3274.096 + 12829.487 + 5268.148 + 27457.365 = 48829.096$$

- La suma de cuadrados entre ellos se calcula directamente como se muestra en el siguiente cálculo:

$$SS_{entre} = SS_{total} - SS_{dentro} = 247261.097 - 48829.096 = 198432.001$$

- Ahora que se calcula la suma de los cuadrados, podemos proceder a calcular la suma media de los cuadrados:

$$MS_{entre} = \frac{SS_{entre}}{df_{entre}} = \frac{198432.001}{3} = 66144$$

$$MS_{dentro} = \frac{SS_{dentro}}{df_{dentro}} = \frac{48829.096}{36} = 1356.364$$

- Finalmente, habiendo ya calculado la suma media de los cuadrados, el estadístico F se calcula de la siguiente manera:

$$F = \frac{MS_{entre}}{MS_{dentro}} = \frac{66144}{1356.364} = 48.766$$

- Consideramos que el nivel de significación es $\alpha = 0.05$, y los grados de libertad son $df_1 = 3$ y $df_2 = 3$, por lo tanto, la región de rechazo para esta prueba F es $R = F : F > 2.866$.
- Dado que de la información de la muestra obtenemos que $F = 48.766 > F_c = 2.866$, se concluye que la hipótesis nula es rechazada.
- **Por tanto podemos afirmar que la hipótesis específica 3 es verdadera**

CONCLUSIONES

5.1 Conclusiones

1

Se logró determinar las resistencias mecánicas a compresión, tracción y flexión del DISEÑO I, DISEÑO II, DISEÑO III y DISEÑO IV, donde concluimos que mejoran notablemente la resistencia mecánica del concreto UHPFRC dosificado con agregados locales y materiales cementantes complementarios

2

La mayor resistencia a la compresión promedio de $1065.000\text{kg}/\text{cm}^2$ se obtiene con un diseño de concreto que contiene las particularidades: relación agua/cemento de 0,25; inclusión del 2% de fibras de acero; en el DISEÑO IV. La resistencia a la compresión pico de $1171.305\text{kg}/\text{cm}^2$ la obtuvimos en el DISEÑO II, que cuenta con 1% de fibras de acero.

3

La mayor resistencia a la tracción promedio de $133.672\text{kg}/\text{cm}^2$ se obtiene con un diseño de concreto que contiene las particularidades: relación agua/cemento de 0,25; inclusión del 2% de fibras de acero; en el DISEÑO IV. La resistencia a la tracción pico de $146.981\text{kg}/\text{cm}^2$ la obtuvimos en el DISEÑO IV, que cuenta con 2% de fibras de acero.

4

La mayor resistencia a la flexión promedio de $362.392\text{kg}/\text{cm}^2$ se obtiene con un diseño de concreto que contiene las particularidades: relación agua/cemento de 0,25; inclusión del 2% de fibras; en el DISEÑO IV. La resistencia a la flexión pico de $432.978\text{kg}/\text{cm}^2$ la obtuvimos en el DISEÑO IV, que cuenta con 2% de fibras de acero.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda amplificar y analizar diseños utilizando nuevos materiales aditivos y fibras existentes en la región que ayuden con las reducciones de costos e impacto ambiental negativo.
- Asimismo se recomienda en este tipo de concretos realizar el desencofrado a las 36 horas, contados a partir del vaciado, pues debido a que su dosificación cuenta con aditivo superplastificante, retrasa el tiempo de fraguado.
- Por otro lado se recomienda la rectificación de los testigos antes de su respectivo ensayo, pues al tratarse de una mezcla de trabajabilidad media, no se logra dar el acabo esperado, además debido al esponjamiento de este tipo de mezcla.
- También se recomienda el uso de equipo de alta protección para la manipulación de microsilíce, esto por ser un material muy fino que se esparce por el aire al momento de mezclar los componentes secos, pues ha sido clasificado como un material cancerígeno.
- Recomiendo el uso de mezcladores planetarios de varias velocidades para la integración adecuada de cada componente, pues debido a la baja relación agua/cemento al momento de adicionar un superplastificante, este crea una película densa que atrapa las burbujas; así como mesa vibratoria para garantizar el menor contenido de aire en la mezcla
- Por último se recomienda extender el proyecto experimental para determinar las características de durabilidad, permeabilidad y de deformaciones del UHPC/UHPFRC bajo la influencia de otros productos disponibles en Perú.

5.3 Trabajos futuros

- Resistencia mecánica del concreto de ultra alta resistencia reforzado con fibras orgánicas
- Resistencia mecánica del concreto de ultra alta resistencia reforzado con fibras polipropileno
- Resistencia mecánica del concreto de ultra alto desempeño, dosificado con escoria de alto horno
- Resistencia mecánica del concreto de ultra alto desempeño, dosificado con polvo de vidrio

Referencias Bibliográficas

- Abbas, S., Soliman, A. M., and Nehdi, M. L. (2015). Exploring mechanical and durability properties of ultra-high performance concrete incorporating various steel fiber lengths and dosages. *Construction and Building Materials*, 75:429–441.
- Abellán, J., Torres, N., Nuñez, A., and Fernández, J. (2018). Influencia del exponente de fuller, la relacion agua conglomerante y el contenido en policarboxilato en las propiedades de concretos de muy altas prestaciones.
- Abellán-García, J. (2020). Comparison of artificial intelligence and multivariate regression in modeling the flexural behavior of uhpfrc. *Dyna*, 87(214):258–267.
- Abellán-García, J. (2021). Artificial neural network model for strength prediction of ultra-high-performance concrete. *ACI Materials Journal*, 118(4):3–14.
- Abellán-García, J. and García-Castaño, E. (2022). Development and research on ultra-high-performance concrete dosages in colombia: a review. *ACI Materials Journal*, 119(3):209–221.
- Al-Osta, M., Isa, M., Baluch, M., and Rahman, M. (2017). Flexural behavior of reinforced concrete beams strengthened with ultra-high performance fiber reinforced concrete. *Construction and Building Materials*, 134:279–296.
- Alsaman, A., Dang, C. N., and Hale, W. M. (2017). Development of ultra-high performance concrete with locally available materials. *Construction and Building Materials*, 133:135–145.
- Arend, J., Wetzel, A., and Middendorf, B. (2016). Investigation of superplasticiser-particle-interaction via fluorescence microscopy. In *Proceedings of the International Symposium on Ultra High Performance Concrete2*, pages 34–35.
- Betancur-Granados, N., Tobón, J. I., and Restrepo-Baena, O. J. (2018). Alternative production processes of calcium silicate phases of portland cement: a review. *Civ. Eng. Res. J*, 5(3).

- Brühwiler, E. (2016). Structural uhpfrc: Welcome to the post-concrete era! In *International interactive symposium on ultra-high performance concrete*, volume 1. Iowa State University Digital Press.
- Chen, T., Gao, X., and Ren, M. (2018). Effects of autoclave curing and fly ash on mechanical properties of ultra-high performance concrete. *Construction and Building Materials*, 158:864–872.
- De Larrard, F. and Sedran, T. (1994). Optimization of ultra-high-performance concrete by the use of a packing model. *Cement and concrete research*, 24(6):997–1009.
- DE SÍLICE, H. (2007). Humo de sílice.
- El-Dieb, A. S. (2009). Mechanical, durability and microstructural characteristics of ultra-high-strength self-compacting concrete incorporating steel fibers. *Materials & Design*, 30(10):4286–4292.
- Elisabet, G. V. (2008). El ensayo de tracción indirecta. *Universidad Politécnica de Cataluña, Pdf, Barcelona, España*.
- Fehling, E., Schmidt, M., Walraven, J., Leutbecher, T., and Fröhlich, S. (2014). Ultra-high performance concrete uhpc. *Berlin: Ernst & Sohn*.
- Ferdosian, I., Camões, A., and Ribeiro, M. (2017). High-volume fly ash paste for developing ultra-high performance concrete (uhpc). *Ciência & Tecnologia dos Materiais*, 29(1):e157–e161.
- Graybeal, B. A. (2007). Compressive behavior of ultra-high-performance fiber-reinforced concrete. *ACI materials journal*, 104(2):146.
- Habel, K., Viviani, M., Denarié, E., and Brühwiler, E. (2006). Development of the mechanical properties of an ultra-high performance fiber reinforced concrete (uhpfrc). *Cement and Concrete Research*, 36(7):1362–1370.
- Hassan, A., Jones, S., and Mahmud, G. (2012). Experimental test methods to determine the uniaxial tensile and compressive behaviour of ultra high performance fibre reinforced concrete (uhpfrc). *Construction and building materials*, 37:874–882.

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., Baptista Lucio, P., et al. (2018). *Metodología de la investigación*, volume 4. McGraw-Hill Interamericana México.
- Huang, H., Gao, X., Wang, H., and Ye, H. (2017). Influence of rice husk ash on strength and permeability of ultra-high performance concrete. *Construction and Building Materials*, 149:621–628.
- Hung, C.-C., El-Tawil, S., and Chao, S.-H. (2021). A review of developments and challenges for uhpc in structural engineering: Behavior, analysis, and design. *Journal of Structural Engineering*, 147(9):03121001.
- Kahanji, C., Ali, F., and Nadjai, A. (2017). Structural performance of ultra-high-performance fiber-reinforced concrete beams. *Structural Concrete*, 18(2):249–258.
- Kang, S.-T., Choi, J.-I., Koh, K.-T., Lee, K. S., and Lee, B. Y. (2016). Hybrid effects of steel fiber and microfiber on the tensile behavior of ultra-high performance concrete. *Composite Structures*, 145:37–42.
- Le, T. T. (2008). *Ultra high performance fibre reinforced concrete paving flags*. PhD thesis, University of Liverpool.
- Le Hoang, A. and Fehling, E. (2017). Influence of steel fiber content and aspect ratio on the uniaxial tensile and compressive behavior of ultra high performance concrete. *Construction and Building Materials*, 153:790–806.
- Lee, J.-H., Hong, S.-G., Joh, C., Kwahk, I., and Lee, J.-W. (2017). Biaxial tension–compression strength behaviour of uhpfrc in-plane elements. *Materials and structures*, 50:1–17.
- Li, W., Huang, Z., Zu, T., Shi, C., Duan, W. H., and Shah, S. P. (2016). Influence of nanolimestone on the hydration, mechanical strength, and autogenous shrinkage of ultrahigh-performance concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 28(1):04015068.
- Lim, D.-H. and Nawy, E. (2005). Behaviour of plain and steel-fibre-reinforced high-strength concrete under uniaxial and biaxial compression. *Magazine of Concrete Research*, 57(10):603–610.

- Liu, J., Han, F., Cui, G., Zhang, Q., Lv, J., Zhang, L., and Yang, Z. (2016). Combined effect of coarse aggregate and fiber on tensile behavior of ultra-high performance concrete. *Construction and Building Materials*, 121:310–318.
- López Martínez, J. Á. (2013). Adaptación del modelo de comportamiento del ultra high performance concrete (uhpc) para el estudio de la respuesta estructural y análisis numérico de una celosía.
- Lozano Sanchez, J. J. (2023). Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto usando ceniza de cáscara de arroz y pet.
- Maca, P., Sovjak, R., and Vavříník, T. (2013). Experimental investigation of mechanical properties of uhpfrc. *Procedia Engineering*, 65:14–19.
- Magureanu, C., Sosa, I., Negrutiu, C., and Heghes, B. (2012). Mechanical properties and durability of ultra-high-performance concrete. *ACI Materials Journal*, 109(2).
- Mehta, P. K. and Monteiro, P. J. (2014). *Concrete: microstructure, properties, and materials*. McGraw-Hill Education.
- Müller, H. S., Haist, M., and Vogel, M. (2014). Assessment of the sustainability potential of concrete and concrete structures considering their environmental impact, performance and lifetime. *Construction and Building Materials*, 67:321–337.
- Neira Medina, A. L., Abellán García, J., and Torres Castellanos, N. (2022). Flexural behavior of environmentally friendly ultra-high-performance concrete with locally available low-cost synthetic fibers. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 26(13):6281–6304.
- Nieto Osorio, R. C. (2007). Análisis comparativo de concretos con aditivos reductores de agua: complementación utilizando el aditivo glenium 3030 ns en concretos autonivelantes.
- OHAUS (2023). <https://mx.ohaus.com>.
- Ozyildirim, C. and Carino, N. J. (2006). Concrete strength testing. In *Significance of tests and properties of concrete and concrete-making Materials*. ASTM International.
- Park, J.-S., Kim, Y. J., Cho, J.-R., and Jeon, S.-J. (2015). Early-age strength of ultra-high performance concrete in various curing conditions. *Materials*, 8(8):5537–5553.

- Park, S. H., Kim, D. J., Ryu, G. S., and Koh, K. T. (2012). Tensile behavior of ultra high performance hybrid fiber reinforced concrete. *Cement and Concrete Composites*, 34(2):172–184.
- Richard, P. and Cheyrezy, M. (1995). Composition of reactive powder concretes. *Cement and concrete research*, 25(7):1501–1511.
- Rojas de Yepez, R., Korzenowski, C., Yepez Aguirre, J. R., Silva, R. B. d., Silva Filho, L. C. P. d., and Campos Filho, A. (2019). Investigación de diseños de mezcla para producir ultra high performance fiber reinforced concrete (uhpfrc) usando anova. *Revista matéria [recurso eletrônico]. Rio de Janeiro, RJ. Vol. 24, n. 2 (2019), Art. e-12365,[14] p.*
- Rossi, P., Arca, A., Parant, E., and Fakhri, P. (2005). Bending and compressive behaviours of a new cement composite. *Cement and Concrete Research*, 35(1):27–33.
- Russell, H. G., Graybeal, B. A., Russell, H. G., et al. (2013). Ultra-high performance concrete: A state-of-the-art report for the bridge community. Technical report, United States. Federal Highway Administration. Office of Infrastructure .
- Sanjuán Barbudo, M. Á., Chinchón Yepes, S., et al. (2014). *Introducción a la fabricación y normalización del cemento portland*. Universidad de Alicante.
- Serna-Ros, P., López-Martínez, J., and Camacho-Torregosa, E. (2012). Uhpfrc: De los componentes a la estructura. In *Simposio Latinoamericano Sobre Concreto Autocompactante*, pages 1–21.
- Soliman, N. and Tagnit-Hamou, A. (2017). Partial substitution of silica fume with fine glass powder in uhpc: Filling the micro gap. *Construction and Building Materials*, 139:374–383.
- Tayeh, B. A., Bakar, B. A., Johari, M. M., and Voo, Y. L. (2012). Mechanical and permeability properties of the interface between normal concrete substrate and ultra high performance fiber concrete overlay. *Construction and building materials*, 36:538–548.
- Toledo Filho, R., Koenders, E., Formagini, S., and Fairbairn, E. (2012). Performance assessment of ultra high performance fiber reinforced cementitious composites in view of sustainability. *Materials & Design (1980-2015)*, 36:880–888.

- Van Tuan, N., Ye, G., Van Breugel, K., Fraaij, A. L., and Dai Bui, D. (2011). The study of using rice husk ash to produce ultra high performance concrete. *Construction and Building Materials*, 25(4):2030–2035.
- Wang, C., Yang, C., Liu, F., Wan, C., and Pu, X. (2012). Preparation of ultra-high performance concrete with common technology and materials. *Cement and concrete composites*, 34(4):538–544.
- Wang, D., Shi, C., Wu, Z., Xiao, J., Huang, Z., and Fang, Z. (2015). A review on ultra high performance concrete: Part ii. hydration, microstructure and properties. *Construction and Building Materials*, 96:368–377.
- Wille, K., El-Tawil, S., and Naaman, A. E. (2014). Properties of strain hardening ultra high performance fiber reinforced concrete (uhp-frc) under direct tensile loading. *Cement and Concrete Composites*, 48:53–66.
- Wu, Z., Shi, C., He, W., and Wang, D. (2017). Static and dynamic compressive properties of ultra-high performance concrete (uhpc) with hybrid steel fiber reinforcements. *Cement and concrete composites*, 79:148–157.
- Wu, Z., Shi, C., and Khayat, K. (2016). Influence of silica fume content on microstructure development and bond to steel fiber in ultra-high strength cement-based materials (uhsc). *Cement and Concrete Composites*, 71:97–109.
- Yang, S., Millard, S., Soutsos, M., Barnett, S., and Le, T. T. (2009). Influence of aggregate and curing regime on the mechanical properties of ultra-high performance fibre reinforced concrete (uhpfrc). *Construction and Building Materials*, 23(6):2291–2298.
- Yoo, D.-Y. and Kim, M.-J. (2019). High energy absorbent ultra-high-performance concrete with hybrid steel and polyethylene fibers. *Construction and Building Materials*, 209:354–363.
- Yu, R., Spiesz, P., and Brouwers, H. (2014a). Mix design and properties assessment of ultra-high performance fibre reinforced concrete (uhpfrc). *Cement and concrete research*, 56:29–39.
- Yu, R., Spiesz, P., and Brouwers, H. (2015). Development of ultra-high performance fibre reinforced concrete (uhpfrc): Towards an efficient utilization of binders and fibres. *Construction and building materials*, 79:273–282.

Yu, R., Tang, P., Spiesz, P., and Brouwers, H. (2014b). A study of multiple effects of nano-silica and hybrid fibres on the properties of ultra-high performance fibre reinforced concrete (uhpfrc) incorporating waste bottom ash (wba). *Construction and Building Materials*, 60:98–110.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE COMPRESIÓN (ASTM C39)

Tesis de grado: "RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO DE ULTRA ALTO DESEMPEÑO REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO (UHPFRC), Y AGREGADOS LOCALES, HUAMANGA- AYACUCHO

Ubicación: HUAMANGA-AYACUCHO

Solicita: ARGUMEDO OCHOA, Brayan Flavio

Fecha: 30-Nov-23

ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DISEÑO I							
PROBETA	EDAD (días)	PESO (gr)	ALTURA(mm)	AREA (mm ²)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (MPa)	RESISTENCIA(kg/cm ²)
1	28	3639	202	7853.98	474.36	60.397	615.884
2	28	3592	197	7853.98	482.61	61.448	626.596
3	28	3607	198	7853.98	496.71	63.243	644.902
4	28	3581	199	7853.98	582.16	74.123	755.846
5	28	3736	202	7853.98	474.16	60.372	615.625
6	28	3625	201	7853.98	572.16	72.850	742.863
7	28	3566	192	7853.98	521.32	66.377	676.855
8	28	3594	198	7853.98	589.02	74.996	764.753
9	28	3674	201	7853.98	617.38	78.607	801.574
10	28	3576	201	7853.98	611.11	77.809	793.434

José Ernesto Estrada Cárdenas
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ing. N° 33072



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE COMPRESIÓN (ASTM C39)

Tesis de grado: "RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO DE ULTRA ALTO DESEMPEÑO REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO (UHPFRC), Y AGREGADOS LOCALES, HUAMANGA- AYACUCHO

Ubicación: HUAMANGA-AYACUCHO

Solicita: ARGUMEDO OCHOA, Brayan Flavio

Fecha: 30-Nov-23

ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DISEÑO II							
PROBETA	EDAD (días)	PESO (gr)	ALTURA (mm)	AREA (mm ²)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (MPa)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
1	28	3823	200	7853.98	863.11	109.895	1120.617
2	28	3767	200	7853.98	731.15	93.093	949.287
3	28	3754	197	7853.98	795.99	101.349	1033.472
4	28	3814	200	7853.98	827.91	105.413	1074.915
5	28	3783	204	7853.98	902.15	114.865	1171.305
6	28	3896	197	7853.98	769.89	98.025	999.585
7	28	3756	202	7853.98	745.07	94.865	967.360
8	28	3814	201	7853.98	790.51	100.651	1026.357
9	28	3704	195	7853.98	684.31	87.129	888.473
10	28	3807	201	7853.98	781.77	99.538	1015.010

José Ernesto Estrada Cárdenas
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ing. N° 33072



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE COMPRESIÓN (ASTM C39)

Tesis de grado: "RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO DE ULTRA ALTO DESEMPEÑO REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO (UHPRFC), Y AGREGADOS LOCALES, HUAMANGA- AYACUCHO
Ubicación: HUAMANGA-AYACUCHO
Solicita: ARGUMEDO OCHOA, Brayan Flavio
Fecha: 30-Nov-23

ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DISEÑO III							
PROBETA	EDAD (días)	PESO (gr)	ALTURA (mm)	AREA (mm ²)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (MPa)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
1	28	3758	198	7853.98	827.08	105.307	1073.838
2	28	3710	199	7853.98	811.08	103.270	1053.064
3	28	3734	200	7853.98	720.95	91.794	936.044
4	28	3692	196	7853.98	781.11	99.454	1014.153
5	28	3726	200	7853.98	716.31	91.203	930.020
6	28	3740	197	7853.98	724.99	92.309	941.289
7	28	3755	200	7853.98	709.84	90.380	921.619
8	28	3604	191	7853.98	770.13	98.056	999.897
9	28	3711	200	7853.98	757.83	96.490	983.927
10	28	3746	199	7853.98	678.25	86.357	880.605

José Ernesto Estrada Cárdenas
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ing. N° 33072



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE COMPRESIÓN (ASTM C39)

Tesis de grado: "RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO DE ULTRA ALTO DESEMPEÑO REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO (UHPFRC), Y AGREGADOS LOCALES, HUAMANGA- AYACUCHO

Ubicación: HUAMANGA-AYACUCHO

Solicita: ARGUMEDO OCHOA, Brayan Flavio

Fecha: 30-Nov-23

ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DISEÑO IV							
PROBETA	EDAD (días)	PESO (gr)	ALTURA (mm)	AREA (mm ²)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (MPa)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
1	28	3774	201	7853.98	793.14	100.986	1029.772
2	28	3788	201	7853.98	825.67	105.128	1072.007
3	28	3783	199	7853.98	811.03	103.264	1052.999
4	28	3782	198	7853.98	793.55	101.038	1030.304
5	28	3781	198	7853.98	748.93	95.357	972.372
6	28	3740	197	7853.98	805.68	102.582	1046.053
7	28	3755	200	7853.98	840.33	106.994	1091.041
8	28	3780	191	7853.98	787.98	100.329	1023.072
9	28	3788	200	7853.98	901.88	114.831	1170.954
10	28	3787	199	7853.98	894.54	113.896	1161.424


José Ernesto Estrada Cárdenas
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ing. N° 33072



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA (NLT - 346/90)

Tesis de grado: "RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO DE ULTRA ALTO DESEMPEÑO REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO (UHPFRC), Y AGREGADOS LOCALES, HUAMANGA- AYACUCHO
Ubicación: HUAMANGA-AYACUCHO
Solicita: ARGUMEDO OCHOA, Brayan Flavio
Fecha: 03-Dic-23

ENSAYO RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DISEÑO I							
PROBETA	EDAD (días)	PESO (gr)	ALTURA (mm)	DIÁMETRO (mm)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (N/mm ²)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
1	28	3656	200	100	93.44	2.974	30.329
2	28	3647	200	100	125.28	3.988	40.664
3	28	3579	200	100	146.98	4.679	47.708
4	28	3551	197	100	114.44	3.698	37.711
5	28	3631	200	100	183.25	5.833	59.481
6	28	3644	202	100	204.31	6.439	65.660
7	28	3602	197	100	200.36	6.475	66.025
8	28	3613	200	100	202.57	6.448	65.752
9	28	3681	200	100	230.98	7.352	74.973
10	28	3576	198	100	225.84	7.261	74.045

José Ernesto Estrada Cárdenas
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ing. N° 33072



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA (NLT - 346/90)

Tesis de grado: "RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO DE ULTRA ALTO DESEMPEÑO REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO (UHPRFC), Y AGREGADOS LOCALES, HUAMANGA- AYACUCHO

Ubicación: HUAMANGA-AYACUCHO

Solicita: ARGUMEDO OCHOA, Brayan Flavio

Fecha: 03-Dic-23

ENSAYO RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DISEÑO II							
PROBETA	EDAD (días)	PESO (gr)	ALTURA (mm)	DIÁMETRO (mm)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (N/mm ²)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
1	28	3742	200	100	344.08	10.952	111.684
2	28	3781	200	100	284.79	9.065	92.439
3	28	3743	200	100	342.81	10.912	111.272
4	28	3779	198	100	366.95	11.798	120.310
5	28	3782	199	100	377.54	12.078	123.160
6	28	3729	200	100	352.88	11.233	114.540
7	28	3830	202	100	294.14	9.270	94.529
8	28	3743	196	100	324.03	10.525	107.322
9	28	3658	195	100	241.57	7.887	80.421
10	28	3749	197	100	347.71	11.236	114.581


José Ernesto Estrada Cárdenas
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ing. N° 33072



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA (NLT - 346/90)

Tesis de grado: "RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO DE ULTRA ALTO DESEMPEÑO REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO (UHPFRC), Y AGREGADOS LOCALES, HUAMANGA- AYACUCHO

Ubicación: HUAMANGA-AYACUCHO

Solicita: ARGUMEDO OCHOA, Brayan Flavio

Fecha: 03-Dic-23

ENSAYO RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DISEÑO III							
PROBETA	EDAD (días)	PESO (gr)	ALTURA (mm)	DIÁMETRO (mm)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (N/mm ²)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
1	28	3618	198	100	374.63	12.045	122.828
2	28	3639	197	100	317.56	10.262	104.646
3	28	3719	202	100	283.07	8.921	90.971
4	28	3650	198	100	310.71	9.990	101.871
5	28	3676	199	100	350.86	11.224	114.457
6	28	3747	201	100	369.02	11.688	119.183
7	28	3628	199	100	292.72	9.364	95.491
8	28	3735	200	100	370.73	11.801	120.334
9	28	3735	200	100	328.33	10.451	106.572
10	28	3754	201	100	249.82	7.912	80.685

José Ernesto Estrada Cárdenas
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ing. N° 33072



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA (NLT - 346/90)

Tesis de grado: "RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO DE ULTRA ALTO DESEMPEÑO REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO (UHPRC), Y AGREGADOS LOCALES, HUAMANGA- AYACUCHO

Ubicación: HUAMANGA-AYACUCHO

Solicita: ARGUMEDO OCHOA, Brayan Flavio

Fecha: 03-Dic-23

ENSAYO RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DISEÑO IV							
PROBETA	EDAD (días)	PESO (gr)	ALTURA (mm)	DIÁMETRO (mm)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (N/mm ²)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
1	28	3776	202	100	410.21	12.928	131.830
2	28	3744	200	100	418.77	13.330	135.927
3	28	3790	202	100	435.34	13.720	139.907
4	28	3789	211	100	354.33	10.691	109.015
5	28	3775	200	100	378.86	12.059	122.973
6	28	3808	203	100	451.58	14.162	144.411
7	28	3785	200	100	434.75	13.839	141.114
8	28	3743	201	100	395.84	12.537	127.845
9	28	3802	200	100	421.21	13.408	136.719
10	28	3749	199	100	450.56	14.414	146.981

José Ernesto Estrada Cárdenas
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ing. N° 33072



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS (ASTM C293)

Tesis de grado: **"RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO DE ULTRA ALTO DESEMPEÑO REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO (UHPFRC), Y AGREGADOS LOCALES, HUAMANGA- AYACUCHO**

Ubicación: **HUAMANGA-AYACUCHO**

Solicita: **ARGUMEDO OCHOA, Brayan Flavio**

Fecha: **05-Dic-23**

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DISEÑO I								
PROBETA	EDAD (días)	PESO (gr)	B (mm)	H (mm)	L (mm)	CARGA (KN)	RESIST (N/mm ²)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
1	28	27544	151	152	507	88.33	19.255	196.347
2	28	27219	154	150	509	63.99	14.100	143.780
3	28	25998	145	153	508	74.47	16.718	170.477
4	28	25599	142	156	509	71.48	15.793	161.041
5	28	26417	146	156	509	63.31	13.604	138.727
6	28	26395	145	155	507	75.15	16.406	167.293
7	28	27472	152	152	506	75.56	16.331	166.527
8	28	27188	148	152	508	86.44	19.263	196.427
9	28	26984	150	154	509	82.64	17.736	180.862
10	28	27422	148	156	507	79.74	16.837	171.690


José Ernesto Estrada Cárdenas
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ing. N° 33072



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS (ASTM C293)

Tesis de grado: **"RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO DE ULTRA ALTO DESEMPEÑO REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO (UHPFRC), Y AGREGADOS LOCALES, HUAMANGA- AYACUCHO**

Ubicación: **HUAMANGA-AYACUCHO**

Solicita: **ARGUMEDO OCHOA, Brayan Flavio**

Fecha: **05-Dic-23**

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DISEÑO II								
PROBETA	EDAD (días)	PESO (gr)	B (mm)	H (mm)	L (mm)	CARGA (KN)	RESIST (N/mm ²)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
1	28	27793	156	154	508	85.88	17.688	180.369
2	28	28004	146	159	510	115.93	24.028	245.014
3	28	26025	140	151	510	118.25	28.339	288.976
4	28	26391	142	158	511	109.31	23.636	241.019
5	28	27528	150	152	508	91.41	20.099	204.952
6	28	25663	138	156	509	75.83	17.239	175.793
7	28	27484	144	152	507	120.24	27.485	280.272
8	28	26984	148	152	509	102.44	22.873	233.244
9	28	27804	150	151	508	99.84	22.244	226.827
10	28	26882	149	154	508	114.89	24.775	252.633

José Ernesto Estrada Cárdenas
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ing. N° 33072



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS (ASTM C293)

Tesis de grado: **"RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO DE ULTRA ALTO DESEMPEÑO REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO (UHPFRC), Y AGREGADOS LOCALES, HUAMANGA- AYACUCHO**

Ubicación: **HUAMANGA-AYACUCHO**

Solicita: **ARGUMEDO OCHOA, Brayan Flavio**

Fecha: **05-Dic-23**

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DISEÑO III								
PROBETA	EDAD (días)	PESO (gr)	B (mm)	H (mm)	L (mm)	CARGA (KN)	RESIST (N/mm ²)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
1	28	27511	145	157	508	117.71	25.096	255.907
2	28	27984	151	154	508	81.59	17.361	177.033
3	28	26925	148	158	507	112.25	23.105	235.608
4	28	27431	149	159	511	102.21	20.798	212.083
5	28	27222	147	154	509	100.54	22.019	224.528
6	28	26954	148	155	507	108.46	23.198	236.551
7	28	27472	151	152	506	114.59	24.930	254.217
8	28	27410	150	156	508	116.34	24.285	247.642
9	28	27654	149	156	508	98.56	20.712	211.204
10	28	26847	147	153	509	106.44	23.616	240.821

José Ernesto Estrada Cárdenas
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ing. N° 33672



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS (ASTM C293)

Tesis de grado: **"RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO DE ULTRA ALTO DESEMPEÑO REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO (UHPFRC), Y AGREGADOS LOCALES, HUAMANGA- AYACUCHO**

Ubicación: **HUAMANGA-AYACUCHO**

Solicita: **ARGUMEDO OCHOA, Brayan Flavio**

Fecha: **05-Dic-23**

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DISEÑO IV								
PROBETA	EDAD (días)	PESO (gr)	B (mm)	H (mm)	L (mm)	CARGA (KN)	RESIST (N/mm ²)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
1	28	27081	142	158	508	159.67	34.322	349.991
2	28	28079	149	152	509	123.81	27.459	280.009
3	28	28799	151	155	510	171.71	36.209	369.231
4	28	27387	146	157	509	129.35	27.442	279.836
5	28	28809	153	156	509	190.31	39.024	397.934
6	28	28456	148	154	507	184.46	39.967	407.548
7	28	27841	152	152	506	196.46	42.461	432.978
8	28	28341	149	155	508	178.68	38.035	387.849
9	28	28643	151	156	508	192.84	39.988	407.762
10	28	28741	147	157	509	144.64	30.478	310.786

José Ernesto Estrada Cárdenas
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ing. N° 33072

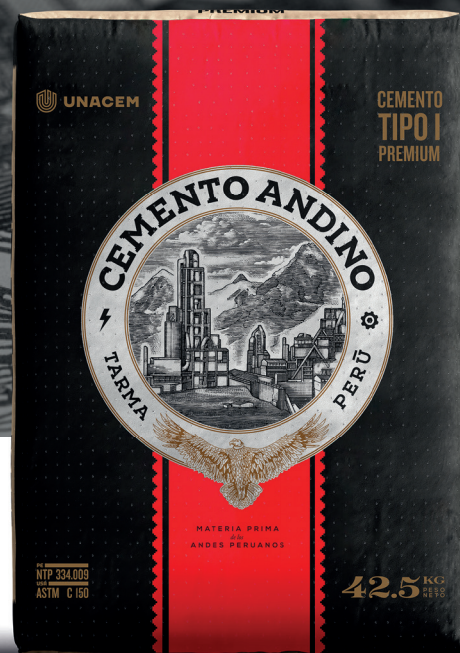
MATRIZ DE CONSISTENCIA

Investigación: "RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO DE ULTRA ALTO DESEMPEÑO REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO (UHPFRC), Y AGREGADOS LOCALES, HUAMANGA - AYACUCHO"

Problema	Objetivos	Hipótesis	variables	Metodología	Poblacion y muestra	Técnicas e instrumentos de investigación
General						
¿Cuál es la resistencia mecánica del concreto UHPFRC dosificado con agregados locales y materiales cementantes complementarios?	Determinar la resistencia mecánica del concreto UHPFRC dosificado con agregados locales y materiales cementantes complementarios.	un diseño de mezcla de concreto UHPFRC dosificado con agregados locales y materiales cementantes complementarios mejoraría su resistencia mecánica.	Variable 1: diseño de mezcla de concreto UHPFRC Variable 2: resistencia mecánica	Investigacion cuantitativa Nivel aplicativo Tipo cuantitativo Diseño: aplicativo experimental	Poblacion: probetas cilíndricas y prismáticas de concreto Muestra: 80 probetas cilíndricas; 40 probetas prismáticas	Técnicas: revision bibliografica rotura de probeta cilíndrica y prismáticas instrumentos: prensa para ensayos de tracción y compresión de concreto, maquina de ensayo de flexión.
Específicos						
P1: ¿Cuál es la resistencia a compresión del concreto UHPFRC dosificado con agregados locales y materiales cementantes complementarios?	O1:Determinar las resistencia a compresión del concreto UHPFRC dosificado con agregados locales y materiales cementantes complementarios.	H1: un diseño de mezcla de concreto UHPFRC dosificado con agregados locales y materiales cementantes complementarios mejoraría su resistencia a la compresión.				
P2: ¿Cuál es la resistencia a tración del concreto UHPFRC dosificado con agregados locales y materiales cementantes complementarios?	O2:Determinar las resistencia a tracción del concreto UHPFRC dosificado con agregados locales y materiales cementantes complementarios.	H2: un diseño de mezcla de concreto UHPFRC dosificado con agregados locales y materiales cementantes complementarios mejoraría su resistencia a la tracción				
P3: ¿Cuál es la resistencia a flexión del concreto UHPFRC dosificado con agregados locales y materiales cementantes complementarios?	O3:Determinar las resistencia a flexión del concreto UHPFRC dosificado con agregados locales y materiales cementantes complementarios.	H3: un diseño de mezcla de concretoUHPFRC dosificado con agregados locales y materiales cementantes complementarios mejoraría su resistencia a la flexión.				



FICHA TÉCNICA CEMENTO ANDINO PREMIUM



DESCRIPCIÓN:

Tipo I, Cemento Portland de uso general.

BENEFICIOS:

- > Excelente Trabajabilidad.
- > Acabado perfecto.
- > Alta resistencia a mediano y largo plazo.
- > Alta durabilidad.
- > Alto desempeño.
- > Bajo contenido de álcalis.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- > Cumple con la Norma Técnica Peruana NTP - 334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.

APLICACIONES:

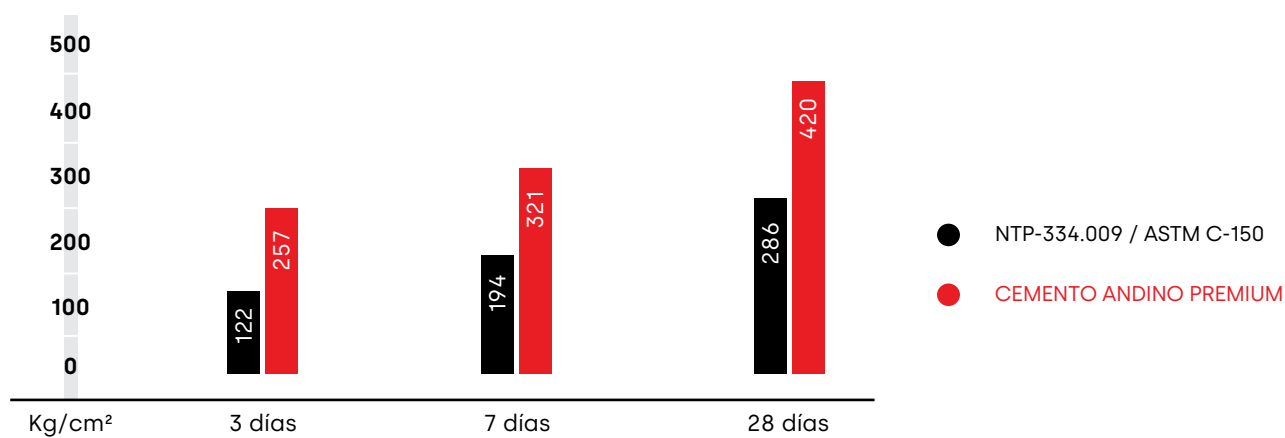
- > Para estructuras sólidas de acabados perfectos.
- > Construcciones en general de gran envergadura.

FORMATO DE DISTRIBUCIÓN:

- > Bolsas de 42.5 kg: 03 pliegos (02 de papel + 01 film plástico).
- > Granel: A despacharse en camiones bombonas y *big bags*.

REQUISITOS MECÁNICOS:

COMPARACIÓN RESISTENCIAS NTP-334.009 / ASTM C-150 VS. CEMENTO ANDINO PREMIUM.



PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

PARÁMETRO	UNIDAD	CEMENTO ANDINO PREMIUM	REQUISITOS NTP-334.009/ ASTM C-150
Contenido de aire	%	6	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.03	Máximo 0.80
Superficie específica	m ² /kg	386	Mínimo 260
Densidad	g/cm ³	3.18	No especifica
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm ²	257	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm ²	321	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm ²	420	Mínimo 286
TIEMPO DE FRAGUADO			
Fraguado Vicat inicial	min	122	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	285	Máximo 375
COMPOSICIÓN QUÍMICA			
MgO	%	1.6	Máximo 6.0
SO ₃	%	2.6	Máximo 3.0
Pérdida al fuego	%	1.2	Máximo 3.0
Residuo insoluble	%	0.5	Máximo 1.5
FASES MINERALÓGICAS			
C3S	%	55	No especifica
C2S	%	16	No especifica
C3A	%	7	No especifica
C4AF	%	10	No especifica
ÁLICALIS EQUIVALENTES			
Contenido de álcalis equivalentes	%	0.53	Máximo 0.60*

*Requisito opcional

RECOMENDACIONES GENERALES

DOSIFICACIÓN:

- > Utilizar agua, arena y piedra libre de impurezas.
- > Respetar la relación agua-cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- > Para desarrollar la resistencia a la compresión del concreto y evitar grietas, se necesita curar por lo menos durante 7 días.

MANIPULACIÓN:

- > Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- > Usar la vestimenta y epp adecuados: casco, protectores para los ojos, guantes y botas.
- > El contacto con la humedad o con el polvo de cemento sin protección puede causar irritación o daño en la piel.

ALMACENAMIENTO:

- > Las bolsas con cemento deben ser almacenadas en recintos secos, protegidos de la intemperie, lluvia y humedad.
- > Las bolsas deben ser colocadas sobre parihuelas de madera seca, en áreas niveladas y estables. Posteriormente cubrirlas con mantas de plástico.
- > Apilar como máximo 10 bolsas de cemento y evitar tiempos prolongados de almacenamiento.



www.unacem.pe

UNACEM



MSDS – Hoja de Datos de Seguridad del Material CEMENTO PORTLAND

Sección 1: Identificación de la sustancia

Nombre: Cemento Portland, **Cemento Andino Tipo I, Cemento Andino Premium Tipo I.**
Sinónimos: Cemento Portland
Fabricante: UNACEM S.A.A. (Unión Andina de Cementos S.A.A.)
Dirección: Av. Atocongo 2440, Villa María del triunfo – Lima - Perú – América del Sur
Teléfono para informes: (511) 217-0200
Teléfono de emergencias: (511) 217-0221 01-4110000 anexo 2248/2249 (Oficina Lima) 01-4110000 anexo 1569/1234/1225 (Planta Condorcocha)
Fecha de elaboración / revisión de la MSDS: 15/09/2021
Apariencia: Polvo gris verdusco, resulta de la mezcla de Clinker finamente molido con yeso y otros componentes. Se comercializa a granel, en bolsas de 1.5 Ton y 42.5 Kg.
Nota: Esta MSDS cubre varios productos, los componentes individuales varían.

Sección 2: Composición / información de ingredientes

Compuesto	N° CAS	Abreviatura	Fórmula Química)
Silicato Tricálcico	12168-85-3	C3S	3CaO.SiO ₂
Silicato Dicálcico	10034-77-2	C2S	2CaO.SiO ₂
Aluminato Tricálcico	12042-78-3	C3A	3CaO.Al ₂ O ₃
Ferroaluminato tetra cálcico	12068-35-8	C4AF	4CaO.Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃
Sulfato de Calcio dihidrato (Yeso)	13397-24-5	--	CaSO ₄ .H ₂ O
Carbonato de Calcio (Caliza)	1317-65-3	--	CaCO ₃

Sección 3: Identificación de los peligros

Es un polvo gris que presenta riesgos dependiendo del tiempo de exposición, tiempos breves no causan daños graves. La exposición con mezclas de cemento humedecido puede causar graves daños a los tejidos (piel u ojos) en forma de quemaduras químicas o una reacción alérgica.
 Posibles efectos sobre la salud.

- **Contacto con los ojos:** La exposición a partículas de polvo puede causar irritación inmediata o tardía o inflamación. El contacto ocular con grandes cantidades de polvo seco o salpicaduras de cemento húmedo pueden causar irritación ocular moderada, quemaduras químicas y en extremo ceguera. Tales exposiciones requieren primeros auxilios y atención médica inmediata.
- **Contacto con la piel:** De acuerdo al tiempo de exposición puede producir alergias e irritación. Procurar minimizar el contacto para evitar lesiones en la piel, especialmente con cemento húmedo. Pueden presentarse efectos hasta horas después de terminado la exposición. Evitar dejar que el cemento humedecido se seque sobre la piel esta condición puede causar sequedad e irritación leve. Exposiciones severas de contacto entre la piel humedad y el cemento húmedo puede causar engrosamiento, grietas o fisuras en la piel. El contacto prolongado con la piel puede causar daño severo en forma de quemaduras químicas (cáustica).
- **Ingestión:** No existe información de las cantidades mínimas que puedan ser perjudiciales, cantidades mayores pueden ser nocivas; causar quemaduras en la tráquea y sistema digestivo, produciendo náusea vómito y diarrea.
- **Inhalación:** La exposición prolongada al polvo de cemento puede causar afecciones pulmonares; irritación de las mucosas de la nariz, garganta y sistema respiratorio superior y resultar en tos, flema y dificultad para respirar.

Sección 4: Medidas de primeros auxilios

- **Contacto con los ojos:** Enjuagar inmediatamente con abundante agua, manteniendo los párpados abiertos durante 15 minutos. No frotar para evitar daños en la córnea por estrés mecánico. Quitar lentes de contacto si hubiera. Procurar atención médica inmediata.
- **Contacto con la piel:** Lavar con abundante agua fría y jabón neutro o detergente suave. Eliminar ropa contaminada. Procurar atención médica inmediata en caso de alergias e irritaciones.
- **Por ingestión:** No inducir al vómito, beber abundante agua, procurar atención médica inmediata.
- **Por inhalación:** Trasladar a la persona afectada a un ambiente ventilado, si se ha inhalado altas concentraciones de polvo procurar atención médica inmediata.

Sección 5: Medidas en caso de incendio

Punto de Inflamación: Ninguno.
 Límite inferior de explosividad: Ninguno.



Medios de extinción: No combustible.

Productos combustibles peligrosos: Ninguno.

Temperatura de autoignición: No combustible

Límite superior de explosividad: Ninguno.

Fuego inusual y peligro de explosión: Ninguno.

Aunque el Cemento Portland no presente riesgo de combustión, un equipo de respiración autónomo (ERA) debe ser usado para limitar la exposición en caso de incendio en el entorno.

Sección 6: Medidas en caso de vertidos accidentales

Medidas de precaución respecto al personal:

Evitar su inhalación o contacto con la piel. Usar equipo de protección respiratorio para material particulado. Mantener alejado de la zona del derrame a todo el personal que no sea necesario.

Medidas de precaución respecto al medio ambiente:

No verter el material en desagües, sumideros y corrientes de agua, depositar en lugares apropiados según la legislación.

Procedimientos de recojo/limpieza:

En lo posible recoger el material en seco, evitando formar nubes o polvo que pueda ser transportado por el aire y proceder a eliminar residuos.

Sección 7: Almacenamiento – Manipuleo

• Manipulación:

Minimizar la presencia de polvo del cemento en el ambiente de trabajo. No respirar el polvo. Evitar el contacto con los ojos. No utilizar en las zonas sin una ventilación adecuada. Llevar equipo de protección individual.

Lávase cuidadosamente las zonas del cuerpo expuestas después de la manipulación.

• Almacenamiento:

Mantener los envases cerrados, colocar en lugares secos; proteger de la humedad y corrientes de aire. Existe el riesgo de sepultamiento, no ingresar a silos o contenedores sin las medidas adecuadas de seguridad, el cemento puede adherirse y/o acumularse en las paredes de los silos, soltarse, derrumbarse y caer inesperadamente sobre el personal.

Sección 8: Controles de exposición y protección personal

Los equipos de protección personal deben elegirse específicamente de acuerdo al puesto de trabajo en función a la cantidad y concentración del polvo de cemento.

• Protección de las manos:

Evite el contacto con productos de cemento húmedo. Si se produce el contacto, lave inmediatamente el área afectada con agua y jabón neutro o detergente suave. Use guantes y ropa impermeable. Use botas impermeables para eliminar la exposición de los pies al material. No usar cremas o ungüentos protectores sobre la piel cuando se usan guantes y botas impermeables.

Si se produce irritación, lavar inmediatamente el área afectada y buscar asistencia médica. Lavar o desechar la ropa contaminada con cemento humedecido.

Usar guantes de caucho nitrilo, jébe o cuero resistentes a la corrosión y mamelucos en caso de derrames y exposición continua.

• Protección respiratoria:

Evite acciones que causen nubes de polvo o que pueda ser transportado por el aire. Use respiradores apropiados y certificados. Usar ventilación local o generar dilución para controlar la exposición dentro de espacios confinados. Usar equipo de respiración autónomo (ERA) en caso de grandes concentraciones en el entorno.

• Protección para los ojos:

En condiciones donde el usuario puede estar expuesto a salpicaduras o soplos de cemento, utilice lentes de seguridad de preferencia con protectores laterales. No se debe usar lentes de contacto cuando se trabaja con cemento.

• Medidas de higiene particulares:

Sustituir la ropa contaminada. Lavarse las manos después de culminar el trabajo.

Sección 9: Propiedades físicas y químicas

Aspecto:	Polvo gris	Presión de vapor:	No aplica
Olor:	Sin olor aparente	Punto de ebullición:	No aplica
Estado físico:	Sólido (en polvo)	Temperatura de fusión:	>1250 °C
PH (e agua, 20°C):	11-14	Densidad relativa (20°C):	2.5 – 3.20 g/cc
Solubilidad en agua (20°C):	(0.1-1.5 g/L)	Densidad aparente(20°C):	0.9-1.6 g/cc)
Velocidad de evaporación:	No aplica		

Sección 10: Estabilidad y reactividad

Estabilidad:

En condiciones normales es estable, no se producen reacciones peligrosas ni espontaneas.

Condiciones a evitar:



Contacto con agua y humedad. El cemento reacciona lentamente con el agua, formando compuestos hidratados, liberando calor y produciendo una fuerte solución alcalina. Evitar el contacto prolongado con la atmósfera para evitar que se produzca hidratación que puede alterar la calidad del producto.

Incompatibilidad:

El cemento es alcalino por lo cual evitar contacto con ácidos, sales de amonio y aluminio metálico y compuestos de fluor..

Descomposición peligrosa:

No ocurre. El cemento no se descompone en otros productos peligrosos.

Reactividad:

El cemento reacciona químicamente con agua formando una pasta que endurece rápidamente.

Sección 11: Información toxicológica

La información sobre efectos en la salud de las personas esta descrita en las secciones III, IV y VIII de esta hoja de seguridad de materiales.

Información complementaria:

Este producto debe manejarse con las precauciones apropiadas para los productos químicos.

Sección 12: Información ecológica

Biodegradabilidad:

Los métodos para la determinación de la Biodegradabilidad no son aplicables para sustancias inorgánicas.

Efectos ecotóxicos y biológicos:

No hay efectos reconocidos en planta y animales, no es toxico para el medio ambiente.

Bioacumulativo: No reúne los criterios para ser reconocido como tal.

Sección 13: Información sobre desechos

Desechar el material según las regulaciones nacionales. Una vez endurecido o fraguado el cemento es inerte. Evitar verter el producto en desagües o redes de alcantarillado. No usar las bolsas o envases para fines domésticos, deben ser desechadas/recicladadas.

Sección 14: Información sobre transporte

Descripción de material peligroso: No aplica.

Clase de peligro: No requerida.

Clase de Identificación: No requerida.

Peligros para el medio ambiente: No relevante.

Substancias peligrosas: No aplica.

Sección 15: Información reglamentaria

De acuerdo a la Legislación Nacional, la Ley 28256 que regula el transporte de materiales y residuos peligrosos dispone que: El Cemento Portland, los Cementos Adicionados u otros tipos de cemento no son considerados como un Material Peligroso.

Sección 16: Información adicional

El producto solo debe ser manipulado y usado después de haber leído y entendido las recomendaciones e instrucciones mencionadas en esta hoja de seguridad de materiales.

La información proporcionada en esta hoja constituye un resumen práctico de los peligros a los que se expone el usuario del Cemento Portland Tipo I y Tipo V y las medidas de control adecuadas para prevenirlos, esta información no contempla ni puede anticipar la información necesaria para aplicar en cada situación.

Se recomienda que los usuarios del producto que no tengan la experiencia suficiente deben tener una formación apropiada y/o buscar la información correcta antes de su manipulación, uso y aplicación.

El uso del cemento requiere que el usuario conozca que el cemento reacciona químicamente con el agua y que los productos de esta reacción pueden causar lesiones en la piel y los ojos sino se consideran las medidas de seguridad y precauciones descritas en esta hoja. Los datos proporcionados en esta hoja de seguridad no consideran los peligros que pueden ser originados por la mezcla de cemento con otros materiales no convencionales para producir otros productos. Los datos suministrados en esta hoja de seguridad de materiales se basan en el conocimiento actual y describen las medidas de seguridad en su uso y manipulación en las condiciones adecuadas y preestablecidas para este producto.



Productos para túneles

Microsílica Z

Descripción: Sílica compacta en polvo. Material ultra fino que llena las microestructuras porosas. ASTM C 204. Reacciona químicamente en el concreto para formar más gel del silicato de calcio para mejorar la resistencia y la impermeabilidad del concreto. Físicamente llena los vacíos entre las partículas de cemento obteniéndose un concreto extremadamente impermeable.

Ventajas

- Concretos más lisos, menos rugosos y sella los poros.
- Aumenta la resistencia a la compresión.
- Resistencia química sulfatos, nitratos, ácidos, cloros.
- Concretos más permeables.
- Resistente a la abrasión, flexión.
- Concreto más fluido por su finura.
- Impide la exudación.
- Resistente al fuego.
- Utilizados en bombeos elevados sin segregación.

Usos

- Estructuras marinas.
- Para gunitado. Mayor cohesión del concreto y menor rebote.
- Puentes, pavimentos, estacionamiento.
- Concretos con estructuras metálicas.
- Reservorios.
- Se dosifica en planta de premezclado con Z FLUIDIZANTE SR (superplastificante) o Z FERRO (inhibidor de corrosión) con una relación a/c bajas.

Aplicación (% de aplicación)

- Mejorador de cementos pretensado, prefabricado (5 – 8%).
- Bloques o mampostería de hormigón (5 – 8%).
- Mezcla para frisado con acabado profesional (5 – 8%).
- Mortero proyectados (5 – 8%).
- Prefabricados (5 – 8%).
- Construcción de obras públicas (Pilares de apoyo de puentes, etc.) (5 – 8%).
- Construcciones expuestas al ataque por agua de mar, salitre, etc.
- Reduce permeabilidad y el ataque de los iones del cloruro de agua marina (5 – 8%).
- Zonas de alto tránsito y contacto con productos químicos (5 – 8%).
- Cementos para perforaciones petroleras (3 – 4%).
- Zona de confinamiento de residuos tóxicos (3 – 5%).



Propiedades		
Descripción	Límites	Método ISO
Si O %	98	287/11
Densidad (g/mL) Máx.	160	287/11
PH (5g 100ml H ₂ O) %	6.0-7.0	787/9
Absorción de Aceite D.B.P	280-300	ASTM/D2414/65T
Residuo sobre Malla 325 Mesh	(% Max)5	787/7
Perdidas por ignición 1050 C (%) 4-6		3262/17
Perdidas por Humedad a 105 C 3-6		

Base Calcinada 2 horas a 1050 C
Registro CAS 11296 – 00 – 8 (7631 – 86 – 9)
Numero EINNECS 231 – 54543

Endurecimiento del Concreto

Dependerá de la composición física, química del concreto, temperaturas, realizar ensayos previos de acuerdo a su dosificación y su aplicación.

Almacenamiento

- Aproximadamente 2 años, en envase original y bajo techo.
- Sacos de P/E o papel de 20Kg.
- Efectos fisiológicos: No tóxico.

Envases

- Bolsa de 20Kg.
- Tiempo de almacenaje indefinido.

Seguridad

- No es tóxico.
- Se recomienda el uso de guantes, lentes y mascarilla. Para mayor de detalle remítase a la hoja de seguridad del producto.

HOJA TÉCNICA

Z FLUIDIZANTE

SR-1000

Aditivo superplastificante, reductor de agua de alto rango



DESCRIPCIÓN:

Aditivo súperplastificante a base de policarboxilatos de última generación especialmente diseñado para la producción de concreto que requiere de un rápido desarrollo de resistencias inicial, alta reducción de agua y excelente trabajabilidad. Cumple con las normas ASTM C 494, Tipo A, F. No contiene cloruro, no es tóxico y no es inflamable.

USOS:

- En la producción de concreto premezclado.
- En la industria de elementos prefabricados de concreto.
- Para la elaboración de concretos autonivelantes.
- En la producción de concreto Tremie (concreto bajo agua).
- En la inyección de lechadas de cemento que requiera alta fluidez
- En la elaboración de concretos por durabilidad o de baja permeabilidad.

VENTAJAS:

- Incrementa las resistencias iniciales del concreto.
- Reduce los efectos de fisuración por retracción plástica.
- Evita el proceso de vibrado en concretos autonivelantes.
- Aumenta la durabilidad de las estructuras reduciendo los ataques por carbonatación.
- Permite hacer mezclas más cohesivas sin presentar segregación en el concreto.

APLICACIÓN:

Z Fluidizante SR – 1000 debe ser adicionado a las mezclas de concreto directamente o mezclado con agua como ultimo material en la preparación. Por su alto porcentaje de reducción de agua, se debe considerar la retención de por lo menos el 50% del agua del diseño de mezcla esto con la finalidad de evitar problemas de segregación por exceso de agua en la mezcla. Brindar un mayor tiempo de mezclado (1 minuto por m3) para generar la reacción entre el producto y el cemento de la mezcla y con ello completar la cantidad de agua necesaria hasta alcanzar la fluidez en la mezcla. que se requiera en obra.

RECOMENDACIONES:

- Se recomienda realizar ensayos previos de laboratorio para definir las cantidades exactas de Z Fluidizante SR – 1000 de acuerdo a los agregados, tipo de cemento y requerimientos de fluidez en obra.
- En la preparación de mezclas en camiones concretos (mixers) con Z Fluidizante SR – 1000 verificar constantemente la fluidez de la mezcla antes de adicionar mas agua para evitar problemas de segregación.
- Z Fluidizante SR – 1000 debe ser almacenado en un lugar fresco, bajo techo para evitar la alteración del producto al momento de usar.
- Seguir las recomendaciones del fabricante para evitar problemas de extensión en los tiempos de fraguado, exudación y segregación excesiva en las mezclas de concreto.

INFORMACIÓN TÉCNICA:

Aspecto	Líquido
Color	Ligeramente amarillo
Densidad	1.10 ± 0.02Kg/L
PH	4

DOSIFICACIÓN:

Desde 0.2 hasta 1.5% en base al peso del cemento.

PRESENTACIÓN:

Balde por 1 galón
Balde por 5 galones
Cilindro por 55 galones
IBC 1000 litros

SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE:

- El producto puede ser irritante considerar lo siguiente: Evitar el contacto directo con el producto ya que puede causar sensibilización cutánea, mantenerlo los recipientes cerrados cuando no esté en uso.
- Almacenar y aplicar el producto en un sitio fresco y bien ventilado, protegido de temperaturas extremas y de rayos solares directos
- Considerar el uso de los EPP'S adecuados para la manipulación del producto.

DESCRIPCIÓN:

Macrofibras de acero fabricadas con bajo contenido de carbono, trefiladas y encoladas. Diseñadas para incrementar las resistencias mecánicas a flexión, flexo-tracción y esfuerzos residuales, en estructuras de concreto. Cumple con las especificaciones de las normas ASTM A820 y ASTM C1116.

USOS:

- En la construcción de losas industriales.
- En la construcción de pavimentos rígidos.
- En la construcción de plataformas de muelles.
- Prefabricados de concreto.

VENTAJAS:

- Incrementa la resistencia a la flexión.
- Incrementa la resistencia al impacto y fatiga
- Incrementa la resistencia residual en las estructuras.
- Por su fácil aplicación, mejora los costos de mano de obra.
- Reemplaza la malla tradicional de acero, ofreciendo un refuerzo tridimensional en la estructura.
- Por su presentación encolada, presenta una mejor distribución en la mezcla, evitando la generación de erizos de fibras.

APLICACIÓN:

- Una vez definida la cantidad por metro cubico a utilizar. Verter el contenido de las bolsas de FIBRA METALICA Z a la mezcla de concreto.
- FIBRA METALICA Z puede ser añadido junto con los agregados, en el caso de plantas concretoras, la fibra puede ir en las fajas transportadoras de agregados.
- En el caso de aplicación a pie de obra, adicionar FIBRA METALICA Z al trompo o camión mixer una vez la mezcla se encuentre preparada. Dar el tiempo necesario (Aprox 1 min por m3) para que el agua de la mezcla diluya el pegamento de los filamentos de fibra y garantice su distribución homogénea.

RECOMENDACIONES:

- Realizar ensayos previos de laboratorio para definir la cantidad exacta de fibra a utilizar por m3.
- Al adicionar las fibras a la mezcla de concreto, es probable que reduzca ligeramente su trabajabilidad. Corregir esto, con la adición de algún aditivo plastificante de la línea de Z ADITIVOS.
- Realizar el almacenamiento de las bolsas de fibras en un espacio seco y bajo techo para evitar la exposición a agentes ambientales que puedan generar oxidación y/o corrosión.

INFORMACIÓN TÉCNICA:

Forma	
Longitud	60mm
Diámetro	0.75mm
Relación. Longitud/Diámetro	80
Resistencia a la tracción	1100 Mpa
Elongación de rotura	4%

DOSIFICACIÓN:

El uso de fibras en concreto oscila entre 15 a 45 Kg/m3
La cantidad exacta dependerá de las especificaciones técnicas de obra y/o desempeño de las estructuras que se requiere reforzar.

PRESENTACIÓN:

Bolsas de papel por 20 Kg.

SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE:

- El producto no es considerado peligroso y no genera irritación en la piel, considerar el correcto uso para evitar lesiones oculares o daños de laceración en la piel.
- Almacenar en un lugar seco y fresco, proteger del agua y de la humedad del aire.
- Se recomienda usar los EPP's adecuados para la manipulación del producto.

ANEXO: Diseño de mezclas

El proceso de diseño de mezclas se muestran en la Tabla 01

Tabla 01: Parámetros de diseño del ejemplo de dosificación de mezclas.

Parámetro	Valor a probar
Relación agua/cemento	0.20
Relación sílice/cemento	0.264
Relación agua+aditivo/cemento	0.25

Paso 1: Determinación de la cantidad de cemento:

Tomando en cuenta los 180 litros de agua definidos por literatura, la cantidad de cemento se obtiene de una simple división del agua entre la relación $ac = 180/0.20 = 900 \text{ kg/m}^3$

Paso 2: Determinación de la cantidad de micro sílice

Una vez obtenida la cantidad de cemento, la cantidad de micro sílice viene de una simple multiplicación de la cantidad de cemento por la relación sílice cemento $= 900 * 0.264 = 238 \text{ kg/m}^3$

Paso 3: Determinación de la cantidad de agregado fino

Para el cálculo de la cantidad de agregado fino se utilizó una tabla similar a la anterior (Tabla 02).

Tabla 02 Determinación de la cantidad de arena por el método de volúmenes absolutos

Material	Masa (kg/m ³)	Densidad (kg/l)	Volumen (l/m ³)
Agua	180	1	180
Cemento	900	3.18	283.02
Micro sílice	238	2.2	108.18
Arena	$= 404.23 * 2.6 = 1051$	2.6	$= 1000 - 20 - (180 + 283.02 + 108.18) = 404.23$
Aire			20


Ing. José Ernesto Estrada Cárdenas
M. Sc. INGENIERÍA GEOTÉCNICA
Reg. Coleg. de Ingenieros N° 33072.



PROPIEDADES FISICO - QUIMICOS DEL AGREGADO

PROYECTO: RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO DE ULTRA
ALTO DESEMPEÑO REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO (UHPFRC),
Y AGREGADOS LOCALES, HUAMANGA- AYACUCHO

Brayan Argumedo Ochoa | Tesis | 07/08/2024

GENERALIDADES

En la tesis: “RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO DE ULTRA ALTO DESEMPEÑO REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO (UHPFRC), Y AGREGADOS LOCALES, HUAMANGA- AYACUCHO” se experimentó los diseños de mezcla con un agregado fino que fue constante en todos los diseños. Virtud a

ello el presente estudio de mecánica de suelos con fines de verificación de las propiedades físico químicos del agregado para la presente caracterización se ha tomado como requisito técnico mínimos, aquellos establecidos en la NTP 400.037

UBICACIÓN Y ACCESO AL ÁREA DEL AGREGADO.

El área de estudio tiene la siguiente ubicación política:

Región : Ayacucho.

Provincia : Cangallo.

Distrito : Maria Parado de Bellido.

Lugar : Pomabamba

Su posición geográfica está comprendida en la Coordenada UTM 8495864 582618 18L. Se puede acceder mediante la Carretera longitudinal de la sierra sur hacia Pampa cangallo.



ASPECTOS GEOLÓGICOS

Geología

La Geología en la cuenca del río Pampas es variada, se han identificado 21 unidades geológicas, siendo las más representativas: Grupo Barroso (NQ-v) con 16.68 %, Formaciones: Alfabamba, Palca, Maure, etc. (Nm-vs) con un 14.66 %, Formaciones: Yura, Lagunillas, Formación Tinajones (JsKi-mc) con un 8.69 % del área total de la cuenca, información que se muestran en el Cuadro N°2.7, mientras que en el Mapa N° 5 – denominado Mapa Geológico se presenta el tipo de serie, simbología, unidad intrusiva área y porcentaje correspondiente, información que se describe a continuación.

GEOLOGÍA

Code	Era	Sistema	Serie	Simbolo	Area (ha)	Area (%)	Unidades Intrusivas	Simbolo	Area (ha)	Area (%)	
11	CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENA	Qh-c	227,676	9.80	Neogeno, andesita- riolitia.,	N-an/ri	25583	1.10	
21		NEOGENO	PLEISTOCENA	NQ-c	1,505	0.06					
22				NQ-v	387,587	16.68					
23				Np-v	177,697	7.65					
24				Np-vs	4,542	0.20					
25			MIOCENA	Nm-vs	340,734	14.66	Cuerpos Subvolcanicos	P-an/ri	3647	0.16	
26			OLIGOCENA	PN-vs	47,922	2.06	Cretaceo Paleg. ton/gd.	KP-to/gd	1231	0.05	
27		PALEOGENO	EOCENA	Pe-vs	492	0.02					
28			PALEOCENA	Pp-vs	188	0.01					
29				KsP-c	60,170	2.59					
33	MESOZOICA		SUPERIOR	Kis-m	157,057	6.76					
36		CRETACEO	INFERIOR	Ki-m	2,695	0.12					
38				Ki-mc	1,547	0.07					
41		JURASICO	SUPERIOR	JsKi-mc	201,831	8.69					
45			MEDIO	Jm-m	26,966	1.16					
47		TRIASICO	SUPERIOR	TsJi-m	99,588	4.29					
48	PALEOZOICA	PERMIANO	SUPERIOR	Ps-c	163,790	7.05	Plutones Tardihercinicos	PT-mzg/gr	183807	7.91	
49		CARBONIFERO	SUPERIOR	CsP-m	158,607	6.83	Tonalitas y granodioritas paleogenas	P-to/gd	4222	0.18	
51		DEVONANNO	MEDIO	D-m	7,403	0.32					
56	NEOPROTEROZOICA			PeA-e/gn	45	0.00					
197	OTROS			Lag	9,971	0.43					
T O T A L					2,078,013	89.43				245625	10.57

Fuente: ONERN

TOTAL	2323637	100.00
-------	---------	--------



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES

PROPIEDADES FISICO - QUIMICOS DEL AGREGADO

Proyecto RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO DE ULTRA ALTO DESEMPEÑO REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO (UHPFRC), Y AGREGADOS LOCALES, HUAMANGA- AYACUCHO

Ubicación DISTRITOS DE MARIA PARADO DE BELLIDO - PROVINCIA DE CANGALLO - AYACUCHO

Solicita; BRAYAN ARGUMEDO OCHOA - TESISTA

Clasif. SUCS SW (ARENA FINA A GRUESA)

Estado NATURAL (material < tamiz N° 4)

Fecha AYACUCHO, AGOSTO del 2024

CARACTERÍSTICAS DEL ESPECIMEN SEGÚN EL (ASTM)			
DATOS DEL ESPECÍMEN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Clasif. SUCS	SW	SW	SW
G (%)	0.02	0.02	0.02
A (%)	72.65	69.54	71.22
F (%)	27.33	29.88	32.84
Densidad (gr/cc)	2.60	2.61	2.60
Humedad W(%)	22.19	22.86	24.66
E (Mpa)	10.20	10.54	11.10
Angulo de fricción $\phi(^{\circ})$	27.60	28.01	27.86
C' (Kg/cm2)	0.06	0.06	0.06

Ing. José Antonio Escobar Cárdenas
M. Sc. INGENIERÍA GEOTÉCNICA
Reg. Coleg. de Ingenieros N° 27612

Análisis de precios unitarios

Presupuesto	1	"RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO DE ULTRA ALTO DESEMPEÑO REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO (UHPFRC), Y AGREGADOS LOCALES, HUAMANGA- AYACUCHO".							
Partida	(01) CONCRETO UHPFRC f'c=1065 kg/cm2, C/MEZCLADORA								
Rendimiento	m3/DIA	MO.	20.0000	EQ.	20.0000	Costo unitario directo por : m3		3,287.76	
Código	Descripción Recurso			Unidad		Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
		Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO			hh		2.0000	0.8000	23.49	18.79
0101010004	OFICIAL			hh		2.0000	0.8000	18.25	14.60
0101010005	PEON			hh		10.0000	4.0000	16.42	65.68
									99.07
		Materiales							
02070200010002	ARENA FINA			m3			0.3890	69.22	26.93
0210010001	FIBRA DE ACERO DE 6cm			kg			156.0000	8.18	1,276.08
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)			bol			20.3900	27.12	552.98
0213010005	MICROSILICE			bol			11.4590	78.16	895.64
02221500010005	ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE			kg			38.5200	10.93	421.02
0290130022	AGUA			m3			0.1730	14.35	2.48
									3,175.13
		Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES			%mo			5.0000	99.07	4.95
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 1.50"			hm		1.0000	0.4000	5.65	2.26
03012900030004	MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 18 HP 11 p3			hm		1.0000	0.4000	15.88	6.35
									13.56

Partida	(02) CONCRETO $f_c=210$ kg/cm ² , C/MEZCLADORA							
Rendimiento	m3/DIA	MO.	20.0000	EQ.	20.0000	Costo unitario directo por : m3		445.75
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla		Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh		2.0000	0.8000	23.49	18.79	
0101010004	OFICIAL	hh		2.0000	0.8000	18.25	14.60	
0101010005	PEON	hh		10.0000	4.0000	16.42	65.68	
							99.07	
	Materiales							
02070200010002	ARENA GRUESA	m3			0.5800	59.32	34.41	
0210010001	PIEDRA CHANCADA 1/2	m3			0.6800	76.27	51.86	
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol			8.9900	27.12	243.81	
0290130022	AGUA	m3			0.2120	14.35	3.04	
							333.12	
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			5.0000	99.07	4.95	
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP, 1.50"	hm		1.0000	0.4000	5.65	2.26	
03012900030004	MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 18 HP 11 p3	hm		1.0000	0.4000	15.88	6.35	
							13.56	

Elaborado por
Ing. J. A. Cárdenas
 M. Sc. INGENIERÍA GEOTÉCNICA
 Colección de Ingenieros N° 33072

DISEÑO DE REFUERZO EN VIGAS CON $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

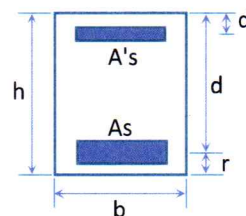
CARACTERISTICAS GEOMETRICA DE LA VIGA

Ancho b (cm) = 30
 Altura h (cm) = 100

d' (cm) = 5
 r (cm) = 5

PROPIEDADES DE LA VIGA

Momento Ultimo (Tn.m) = 150
 Resistencia del concreto a los 28 días f'_c (kg/cm²) = 210
 Fluencia del acero f_y (kg/cm²) = 4200
 Tipo de Zona = Sísmica
 Factor de reducción (ϕ) = 0.9



RESULTADOS INICIALES

peralte efectivo d (cm) = 95
 β_1 = 0.85
 p_b = 0.021675
 A_s (cm²) = 53.65487323
 p = 0.018826271
 $p_{max.}$ = 0.0108375
 $p_{min.}$ = 0.003333333
 $A_{s \text{ max.}}$ (cm²) = 30.886875
 $A_{s \text{ min.}}$ (cm²) = 9.5

EL ACERO FLUYE (FALLA DUCTIL)

ENTONCES:

No utilizar Acero Mínimo
 A_s (cm²) = 53.65487323

REQUIERE ACERO EN COMPRESIÓN

Momento Maximo (tn.m) = 96.77313519
 Momento que Falta (tn.m) = 53.22686481
 A_{s2} (cm²) = 15.64575685

A_s (cm²) = 46.53263185 <===RESULTADO
 $A's$ (cm²) = 15.64575685 <===RESULTADO

Ing. José Ernesto Estrada Cárdenas
 M. Sc. INGENIERÍA GEOTÉCNICA
 Reg. Coleg. de Ingenieros de Guatemala

DISEÑO DE REFUERZO EN VIGAS CON $f'_c = 1065 \text{ kg/cm}^2$

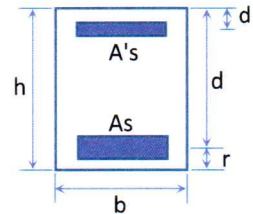
CARACTERISTICAS GEOMETRICA DE LA VIGA

Ancho b (cm)=	30
Altura h (cm)=	80

d' (cm)=	5
r (cm)=	5

PROPIEDADES DE LA VIGA

Momento Ultimo (Tn.m)=	150
Resistencia del concreto a los 28 dias f'_c (kg/cm ²)=	1065
Fluencia del acero f_y (kg/cm ²)=	4200
Tipo de Zona=	Sismica ▼
Factor de reducci3n (ϕ)=	0.9



RESULTADOS INICIALES

peralte efectivo d (cm)=	75
β_1 =	0.289285714
pb=	0.037410842
A_s (cm ²)=	56.16208386
p=	0.024960926
pmax.=	0.018705421
pmin.=	0.006216064
A_s max. (cm ²)=	42.08719707
A_s min. (cm ²)=	13.98614475

EL ACERO FLUYE (FALLA DUCTIL)

ENTONCES:	No utilizar Acero Minimo
A_s (cm ²)=	56.16208386

REQUIERE ACERO EN COMPRESI3N

Momento Maximo (tn.m) =	114.1396893
Momento que Falta (tn.m)=	35.86031069
A_{s2} (cm ²)=	13.55264954

A_s (cm ²)=	55.63984661 <===RESULTADO
$A's$ (cm ²)=	13.55264954 <===RESULTADO


Ing. Jose Ernesto Estrada C3rdenas
 M. Sc. INGENIERIA GEOTECNICA
 Reg. Coleg. de Ingenieros N.º 10111

PANEL FOTOGRÁFICO

1. Materiales utilizados en el diseño



2. Componentes de la mezcla



3. Pesaje de materiales



4. Procesos de mezcla



5. Probetas a los 28 días



6. Probetas sometido a compresión



7. Ensayo de compresión



8. Probetas sometidas a tracción



9. Ensayo de tracción



10. Viga sometida a flexión



11. Ensayo de flexión



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 047-2024-FIMGC****PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

En la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga de la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **Resolución Decanal N° 510-2024-FIMGC-D y Memorando N° 325-2024-FIMGC**, a los treinta y uno días del mes de julio de 2024, siendo las 10:00 a.m, reunidos en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, bajo la presidencia del MSc. Ing. Edwar Leon PALACIOS, MSc. y los miembros; Ing. Hemerson LIZARBE ALARCON y MSc. Ing. José Ernesto ESTRADA CÁRDENAS, actuando como secretario docente el MSc. Kelvis BERROCAL ARGUMEDO, para proceder a la sustentación de tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, del bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil:

Brayan Flavio ARGUMEDO OCHOA

Quien presentó la tesis denominada:

Resistencia mecánica del concreto de ultra alto desempeño reforzado con fibras de acero (UHPFRC) y agregados locales, Huamanga - Ayacucho

Los señores miembros del jurado luego de expuesto la tesis y absueltas las preguntas, delibera y lo declaran:

APROBADO CON NOTA DIECISÉIS (16)

Siendo las 12:15 p.m. del día 31 de julio de 2024, culmina el acto de sustentación de tesis, y en conformidad a lo actuado los miembros del jurado firmamos al pie del presente.

MSc. Ing. Edwar LEON PALACIOS
Presidente

MSc. Ing. Hemerson LIZARBE ALARCON
Miembro

MSc. Ing. José Ernesto ESTRADA CÁRDENAS
Miembro

MSc. Ing. Kelvis BERROCAL ARGUMEDO
Secretario docente de la FIMGC

cc:
Archivo



UNSCH

FACULTAD DE
INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL



"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA N° 120-2024-FIMGC/ASIH

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajos de tesis de pregrado con el software Turnitin, de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la **Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil**; en cumplimiento a la **Resolución de Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU**, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga y **Resolución Decanal N° 476-2023-FIMGC-UNSCH-D**, deja constancia de originalidad de trabajo de investigación, que el/la Sr./Srta.

Apellidos y Nombres : BRAYAN FLAVIO ARGUMEDO OCHOA
Escuela Profesional : INGENIERÍA CIVIL
Título de la Tesis : RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO DE ULTRA ALTO DESEMPEÑO REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO (UHPFRC), Y AGREGADOS LOCALES, HUAMANGA – AYACUCHO
Evaluación de la Originalidad : 21 % Índice de Similitud
Identificador de la entrega : 2487196331

Por tanto, según los Artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es **PROCEDENTE** otorgar la **Constancia de Originalidad** para los fines que crea conveniente.

En señal de conformidad y verificación se firma la presente constancia

Ayacucho, 16 de octubre del 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil

Msc. Ing. Alex Sander IRCAÑAUPA HUAMANI
Verificador de Originalidad de Trabajos de Tesis de Pregrado
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil

Con depósito para Sustentación y Trámites
Cc. Archivo.

Resistencia mecánica del concreto de ultra alto desempeño reforzado con fibras de acero (UHPFRC), y agregados locales, Huamanga – Ayacucho

por Brayan Flavio ARGUMEDO OCHOA

Fecha de entrega: 16-oct-2024 10:55a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2487196331

Nombre del archivo: TESIS_BRYAN_FLAVIO_ARGUMEDO_OCHOA.pdf (12.95M)

Total de palabras: 28106

Total de caracteres: 150622

Resistencia mecánica del concreto de ultra alto desempeño reforzado con fibras de acero (UHPFRC), y agregados locales, Huamanga – Ayacucho

INFORME DE ORIGINALIDAD

21%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net	Fuente de Internet	8%
2	www.scielo.br	Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Colegio Craigshouse	Trabajo del estudiante	1%
4	repositorio.urp.edu.pe	Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo	Trabajo del estudiante	1%
6	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	Trabajo del estudiante	1%
7	www.coursehero.com	Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad TecMilenio	Trabajo del estudiante	1%

9	360enconcreto.com	Fuente de Internet	1 %
10	repositorio.escuelaing.edu.co	Fuente de Internet	1 %
11	Submitted to Universidad Alas Peruanas	Trabajo del estudiante	<1 %
12	repositorio.ucv.edu.pe	Fuente de Internet	<1 %
13	Submitted to Universidad Andina del Cusco	Trabajo del estudiante	<1 %
14	repositorio.unfv.edu.pe	Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.unap.edu.pe	Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.ucp.edu.pe	Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.undac.edu.pe	Fuente de Internet	<1 %
18	eprints.uanl.mx	Fuente de Internet	<1 %
19	zaditivos.com.pe	Fuente de Internet	<1 %
20	repositorioacademico.upc.edu.pe	Fuente de Internet	<1 %

21

lume.ufrgs.br

Fuente de Internet

<1 %

22

www.minem.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo