



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Propiedades físicas y mecánicas del concreto $f_c=210$ kg/cm² en pavimentos rígidos con adición de almidón de cebada, Cusco 2021”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTOR:

Barrientos Ayma, Samuel (ORCID: 0000-0002-1375-726X)

ASESOR:

Dr. Tello Malpartida, Omart Demetrio (ORCID: 0000-0002-5043-6510)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Infraestructura Vial

LIMA NORTE - PERÚ

2021

DEDICATORIA

Este trabajo le dedico a mis queridos padres: Fernando y Ana, a mi hermana Gladys, por su consecuente apoyo y cariño.

El Autor

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por brindarme este espacio de vida, y poder realizar acciones que contribuyan al buen vivir de la sociedad.

A mis padres, Fernando y Ana, quienes me dieron su sabiduría y percepción a poder ser una persona de bien.

A mi querido amigo que en vida fue Ing. Manuel Garibay, a su esposa Sra. Adelayda e hijas, por su apoyo y cariño.

De igual forma agradezco al Ing. Omart Tello Malpartida y a la Ing. Elizabeth Tapia, por sus acertadas recomendaciones y consejos que fueron esenciales para la realización de esta investigación.

A todos ellos mi más enorme cariño y agradecimiento.

El Autor

Índice de contenidos

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos	viii
Índice de figuras	ix
Resumen	xi
Abstract	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA.....	26
3.1 Tipo y diseño de investigación	26
3.2 Variables y operacionalización.....	27
3.3 Población, muestra y muestreo.....	27
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	30
3.5 Procedimientos	31
3.6 Método de análisis de datos.....	32
3.7 Aspectos éticos	33
IV. RESULTADOS	34
V. DISCUSIÓN.....	84
VI. CONCLUSIONES.....	88
VII. RECOMENDACIONES	90
REFERENCIAS.....	91
ANEXOS	95

Índice de tablas

Tabla 1. Rendimiento de almidón obtenido en la fase de extracción a partir de cebada	20
Tabla 2. Rendimientos obtenidos en la etapa de limpieza a partir de la cebada .	20
Tabla 3. Parámetros de gelatinización del almidón (en exceso de agua	23
Tabla 4. Cantidad de probetas de concreto prismáticas (vigas)	28
Tabla 5. Cantidad de probetas de concreto prismáticas (vigas)	28
Tabla 6. Cantidad de probetas para ensayo de absorción de concreto	29
Tabla 7. Muestra de concreto fresco para prueba de Slump	29
Tabla 8. Lista de ensayos a efectuar para la caracterización de los agregados..	36
Tabla 9. Contenido de humedad del agregado fino	37
Tabla 10. Contenido de humedad del agregado grueso	37
Tabla 11. Resultado del ensayo peso unitario suelto - agregado grueso	38
Tabla 12. Resultados del ensayo de peso unitario suelto - agregado fino grueso	39
Tabla 13. Resultado de peso unitario compactado - agregado fino	40
Tabla 14. Resultado de Peso unitario compactado - agregado grueso	40
Tabla 15. Resultados de absorción - agregado fino.....	42
Tabla 16. Resultados peso específico seco - agregado fino.....	42
Tabla 17. Absorción agregado gruesos	44
Tabla 18. Peso específico seco agregado grueso	44
Tabla 19. Resultados de granulometría de agregado fino	45
Tabla 20. Granulometría de agregado grueso	47
Tabla 21. módulo de finura del agregado fino.....	48
Tabla 22. módulo de finura del agregado grueso.....	48
Tabla 23. resumen de características físicas de los agregados.....	49
Tabla 24. Resistencia requerida	49

Tabla 25. Tipos de asentamientos	50
Tabla 26. relación agua y cemento de f'_{cr}	50
Tabla 27. Cantidad de agua.....	51
Tabla 28. Cantidad de aire atrapado.....	52
Tabla 29. Volumen de agregado grueso.....	52
Tabla 30. Peso seco de materiales.....	54
Tabla 31. Corrección de peso por humedad.....	55
Tabla 32. Corrección de peso por absorción	55
Tabla 33. Dosificación óptima de materiales.....	56
Tabla 34. Dosificación de materiales en peso.....	56
Tabla 35. Proporción de materiales en volumen.....	57
Tabla 36. Proporción por bolsa de cemento en volumen.....	57
Tabla 37. Proporción de materiales en cubetas.....	57
Tabla 38. Resultados - ensayo de probetas cilíndricas (0% patrón) a 07 días	65
Tabla 39. Resultados - ensayo de probetas cilíndricas (3%) a 07 días	66
Tabla 40. Resultados - ensayo de probetas cilíndricas (5%) a 07 días	66
Tabla 41. Resultados - ensayo de probetas cilíndricas (0% patrón) a 14 días	66
Tabla 42. Resultados - ensayo de probetas cilíndricas (3%) a 14 días	67
Tabla 43. Resultados - ensayo de probetas cilíndricas (5%) a 14 días	67
Tabla 44. Resultados - ensayo de probetas cilíndricas (0% patrón) a 28 días	67
Tabla 45. Resultados - ensayo de probetas cilíndricas (3%) a 28 días	68
Tabla 46. Resultados - ensayo de probetas cilíndricas (5%) a 28 días	68
Tabla 47. Resultados - ensayo de probetas prismáticas (0% patrón) a 07 días ..	71
Tabla 48. Resultados - ensayo de probetas prismáticas (3%) a 07 días	71
Tabla 49. Resultados - ensayo de probetas prismáticas (5%) a 07 días	71
Tabla 50. Resultados - ensayo de probetas prismáticas (0% patrón) a 14 días ..	72
Tabla 51. Resultados - ensayo de probetas prismáticas (3%) a 14 días	72

Tabla 52. Resultados - ensayo de probetas prismáticas (5%) a 14 días	72
Tabla 53. Resultados - ensayo de probetas prismáticas (0% patrón) a 28 días ..	73
Tabla 54. Ensayo de probetas prismáticas (3%) a 28 días	73
Tabla 55. Resultados - ensayo de probetas prismáticas (5%) a 28 días	73
Tabla 56. Resultados - ensayo de absorción (0% patrón)	75
Tabla 57. Resultados - ensayo de absorción (3% Adición).....	76
Tabla 58. Resultados - ensayo de absorción (5% Adición).....	76
Tabla 59. Resumen de resultados del ensayo de absorción de concreto	77
Tabla 60. Ensayo de asentamiento de concreto en estado fresco.....	78
Tabla 61. Resumen del ensayo a compresión de las probetas.....	80
Tabla 62. Resumen del ensayo de resistencia a flexión de las probetas.....	81

Índice de gráficos

Gráfico 1. Esquema de los tipos de falla que se presenta en la ejecución del ensayo a la compresión	15
Gráfico 2. Esquema del ensayo de flexión de la muestra prismática (viga simple) cargada en los dos tercios.....	16
Gráfico 3. granulometría del agregado fino	46
Gráfico 4. porcentajes de distribución del agregado fino.....	46
Gráfico 5. granulometría de los agregados grueso	47
Gráfico 6. porcentajes de distribución del agregado grueso	47
Gráfico 7. Evolución de absorción de agua del concreto	77
Gráfico 8. Asentamiento de concreto fresco con diferentes % de adición.....	79
Gráfico 9. Evolución de la resistencia a la compresión de las muestras	80
Gráfico 10. Evolución de la resistencia a la flexión de las probetas	82

Índice de figuras

Figura 1. Estructura típica de un pavimento rígido	10
Figura 2. Instrumento para el ensayo de consistencia (Cono de Abrams)	14
Figura 3. Partes que integran un grano de cebada	21
Figura 4. Representación esquemática de la estructura del gránulo de almidón de cebada	22
Figura 5. Obtención de agregados en los puntos de venta	35
Figura 6. Obtención de cemento	35
Figura 7. Obtención de almidón de cebada.....	35
Figura 8. Ensayo de peso unitario suelto de los agregados	38
Figura 9. Peso unitario compactado de agregados.	39
Figura 10. Ensayos de peso específico y absorción - agregado fino.....	41
Figura 11. ensayo peso específico y absorción de agregado grueso.....	43
Figura 12. ensayo de granulometría de los agregados	45
Figura 13. Pesado de los materiales según dosificación.....	58
Figura 14. Proceso de elaboración del concreto	59
Figura 15. Moldes para la elaboración de las muestras	60
Figura 16. Elaboración de probetas cilíndricas.....	60
Figura 17. Elaboración de las probetas prismáticas (vigas)	60
Figura 18. Probetas cilíndricas y prismáticas elaboradas.....	61
Figura 19. Ensayos de asentamiento de concreto fresco.....	62
Figura 20. Proceso de curado de probetas cilíndricas.....	62
Figura 21. Proceso de curado de las probetas prismáticas (vigas)	63
Figura 22. Probetas cilíndricas y el ensayo a edad de 07 días.....	64
Figura 23. Probetas prismáticas y el ensayo a edad de 14 días	65
Figura 24. Probetas cilíndricas y ensayo a los 28 días.....	65

Figura 25. Probetas prismáticas (vigas) y ensayo a los 7 días.....	70
Figura 26. Probetas prismáticas (vigas) y ensayo a los 14 días.....	70
Figura 27. Probetas prismáticas (vigas) y ensayo a los 28 días.....	70
Figura 28. Muestras para ensayo de absorción de agua de concreto	74
Figura 29. Ensayo de absorción – secado en horno eléctrico	75
Figura 30. Ensayo de absorción – registro de datos	75

Resumen

La investigación tuvo por objetivo general, conocer la incidencia de la adición de almidón de cebada en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm² en pavimentos rígidos, se añadió 0% patrón, 3% y 5%. La metodología dispuesta fue de tipo aplicada, diseño cuasiexperimental, la población fue, en esencia la producción de concreto en las expansiones urbanas del Cusco; de muestras fueron 54 probetas para ensayos de resistencia a la compresión y flexión; 03 para ensayo de absorción y 03 muestras para trabajabilidad, con muestreo no aleatorio según procedimientos normativos; El procedimiento inicio con la obtención de materiales; caracterización de agregados y el diseño de mezcla; En la elaboración de especímenes se evaluó la trabajabilidad; a 07, 14 y 28 días se ensayó la resistencia a flexión, compresión y absorción. Obteniéndose resultados; la trabajabilidad incrementó 28.61% con 3% de adición, la absorción alcanzó 0.79% con 5% en relación al patrón, la resistencia a compresión superó 6.33% con 5% al $f'c$ de diseño y en resistencia a la flexión con el 5% superó 9.9% la correlación módulo de rotura. La conclusión general de uso de almidón cebada, es favorable en obras de pavimentación de las expansiones urbanas con un porcentaje óptimo de adición del 5%.

Palabras Clave: concreto en pavimento rígido, almidón de cebada, resistencia a compresión, resistencia a flexión.

Abstract

The general objective of the research was to know the incidence of the addition of barley starch on the physical and mechanical properties of concrete $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ in rigid pavements, 0% standard, 3% and 5% were added. The methodology provided was of an applied type, quasi-experimental design, the population was, in essence, the production of concrete in the urban expansions of Cusco; of samples were 54 specimens for tests of resistance to compression and bending; 03 for absorption test and 03 samples for workability, with non-random sampling according to normative procedures; The procedure began with the obtaining of materials; aggregate characterization and mix design; In the elaboration of specimens the workability was evaluated; at 07, 14 and 28 days the resistance to bending, compression and absorption was tested. Getting results; workability increased 28.61% with 3% addition, absorption reached 0.79% with 5% in relation to the pattern, compressive strength exceeded 6.33% with 5% at design $f'c$ and in flexural strength with 5% the modulus of rupture correlation exceeded 9.9%. The general conclusion of the use of barley starch is favorable in paving works of urban expansions with an optimal percentage of addition of 5%.

Keywords: rigid pavement concrete, barley starch, compressive strength, flexural strength.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad sobre las innovaciones en pavimentos rígidos, se cuenta con experiencias y estudios prometedores, donde resultan ser bondadosos en las características tanto físicas y mecánicas que ofrece el concreto con la adición de insumos de procedencia natural y artificial en su fabricación, dando un avance significativo en la ingeniería vial a tal grado de que viene avanzando de manera diligente.

En el **ámbito internacional** las obras de pavimento rígido como resultados demostraron tener una gran función en términos de capacidad portante y durabilidad, muestra del cual se puede evidenciar en el país de Colombia, donde los requerimientos del exigente sistema de transporte pusieron al descubierto las bondades que ofrece contar con vías de este tipo, ya que una vez construida la estructura garantiza una cantidad mínima de intervenciones para su mantenimiento, donde se destaca también la seguridad que ofrece a los vehículos dando una superficie que brinda a los conductores un mayor control de sus vehículos, así como una distancia corta para el frenado, en cuanto al drenaje de agua superficial permite su rápida eliminación debido a su superficie texturado, refiriéndonos al desarrollo de innovaciones de nuevas técnicas de elaboración concreto se tiene el concreto fast track, creado bajo la necesidad de contar con un concreto durable y que tenga resistencias altas a cortas edades, llegándose a lograr con un proceso cuidadoso desde la elaboración, la conciencia que se tiene de la dosificación de los materiales que estrictamente responde a un diseño, la adición de dos principales aditivos que son los incorporadores de aire y los aceleradores de resistencia y métodos de curado, este se emplea en obras de reparación especialmente zonas urbanas y comerciales donde se requiere poner en servicio la vía en tiempos muy reducidos de forma que no impida el tráfico vehicular. el concreto fast track es una tecnología que está pensada a ser una perspectiva como alternativa técnica y económica viable con un desempeño satisfactorio más allá de su vida útil (Osorio, 2020). La tecnología de adiciones, en este caso de cenizas volantes provenientes de la quema de carbón en las plantas térmicas se da de manera extensiva en los Estados Unidos, en las obras de pavimentación a tal punto de que su uso esta estandarizado en la normativa ASTM C 618-91 ya que este insumo cuenta con las propiedades puzolánicas (Civilgeeks, 2011).

Por lo tanto, en el **ámbito nacional** tras el crecimiento de las ciudades y las expansiones urbanas se tiene una carencia de vías pavimentadas, lo que hace entender de que las entidades públicas en este caso los gobiernos locales se tomen la tarea de buscar alternativas viables, que cumplan los estándares actuales y que económicamente sean factibles, se tiene como experiencia obras ejecutadas que cuentan con una vida útil mayor a los 30 años, nos referimos a las primeras obras de pavimentación con concreto de avenidas y calles relevantes de la ciudad de Lima, lo que nos indica que es una alternativa económica y sostenible ofreciéndonos ventajas competitivas frente a otros tipos de pavimento a tal grado de hoy en día se considere el costo de una pavimentación con concreto sea similar al de una pavimentación con asfalto, adicional a ello los pavimentos rígidos demandan costos mínimos de mantenimiento, en algunos casos hasta nulo, por el hecho de que se destina presupuestos muy reducidos para estas actividades y que no llega a cubrir en su totalidad (ASOCEM, 2016).

Bajo este contexto surge el desarrollo de varios estudios empleando la tecnología de adiciones de distinta naturaleza, en tal sentido se cuenta con estudios para la producción de concreto en localidades de la región Puno, con la adición ceniza volante que fue extraído de una planta termoeléctrica ubicado en la ciudad de Ilo; donde los ensayos de laboratorio demostraron resultados óptimos dentro del rango de 3% a 6% de adición de ceniza volante, en donde también se grafica a mayor porcentaje de adición demuestra la disminución de la porosidad por la finura que presenta este material (Huaquisto y Belizario, 2018 p. 2).

La introducción a nuestro país de productos como las fibras (sikafiber) como un componente adicional en la elaboración de concretos tiene similitud con prácticas ancestrales de aplicación de técnicas de adición, nos referimos a la similitud que se tiene con la incorporación la paja brava o paja Ichu en la elaboración del adobe para incrementar la resistencia estructural, viendo esta analogía en la actualidad se cuenta con una variedad amplia de fibras, que básicamente son secciones discretas que pueden ser por material tanto metálicas, naturales y sintéticas, los cuales tienen la función evitar que se genere fisuras tanto en estado fresco y endurecido y a la vez permitiéndoles una alta esfuerzo a la compresión y flexión del concreto y otras

bondades, su principal aplicación se da en obras de pavimentos y pisos (Sika Peru S.A., 2011).

En cuanto al **ámbito local** a raíz de experiencias constructivas y la existencia de productos en el mercado, en las obras de pavimentaciones se viene aplicando recientemente tecnologías de adición, dándose mayormente el uso de fibras de acero y aditivos químicos que proporcionan la mejora de las propiedades mecánicas, así como las físicas. La ciudad del Cusco en sus alrededores cuenta con expansiones urbanas que requieren la dotación de pistas y veredas de sus calles y que los gobiernos locales al no contar con una suficiencia presupuestaria priorizan sectores con mayor necesidad, donde las que ya han sido ejecutadas mayormente no reciben un mantenimiento durante su vida útil, a ello considerar que las nuevas expansiones urbanas se encuentran en zonas con una topografía que va entre plana a accidentado.

Debido a lo cual, es necesario la presente investigación donde se desarrollará las propiedades mecánicas y físicas del concreto para pavimentos rígidos con la adición de almidón de cebada, por medio de ensayos de laboratorio, para así poder convertirlo en un concreto reforzado, mejorando así las propiedades de resistencia, la trabajabilidad, absorción y bajo peso, consecuentemente también la reducción del costo al acceso de tecnologías de adición ya que el insumo a utilizar será de naturaleza orgánica y en la región se encuentra en gran cantidad.

La problemática que evidencia la necesidad del estudio para guiar la presente investigación se plantea como **problema general**: ¿Cómo incide la adición de almidón de cebada en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm² en pavimentos rígidos, Cusco 2021? Así mismo, como **problemas específicos** se obtiene; **la primera** ¿De qué manera incide la adición de almidón de cebada en la absorción de agua de concreto $f'c=210$ kg/cm² en pavimentos rígidos, Cusco 2021?; **la segunda** ¿De qué manera incide la adición de almidón de cebada en la trabajabilidad de concreto $f'c=210$ kg/cm² en pavimentos rígidos, Cusco 2021?; **la tercera** ¿De qué manera incide la adición de almidón de cebada en la resistencia a la compresión de concreto $f'c=210$ kg/cm² en pavimentos rígidos, Cusco 2021? y finalmente **la cuarta** ¿De qué manera incide la adición de almidón

de cebada en la resistencia a la flexión de concreto $f'c=210$ kg/cm² en pavimentos rígidos, Cusco 2021?.

Continuando con la secuencia se procedió a formular la **Justificación de esta Investigación**. Se tiene como **justificación metodológica**: Comprende al empleo de técnicas de investigación, normas de diseño y trabajos experimentales. De modo que en este estudio se diseñarán mezclas de concreto simple, con el fin de delimitar la disposición del concreto en el momento que se le adiciona almidón de Cebada. Así mismo se tiene como **justificación tecnológica**: El presente trabajo contribuye al avance de las tecnologías de adición aplicado a pavimentos rígidos, de tal forma que permita conocer mediante nuevos resultados, si es aprovechable y recomendable el uso del almidón en el diseño de mezcla. En ese entender no sólo se estaría descubriendo información nueva, sino que estaría sumando para el alcance de otras investigaciones. De manera que se tiene la **Justificación Práctica**: Los proyectos de pavimentación son indispensables, con mayor énfasis en urbanizaciones nuevas, de forma que se pueda brindar mayor acceso a medios de transporte y facilitar la transpirabilidad de los moradores, donde por condiciones climatológicas en la región del Cusco en temporadas de lluvia las calles se vuelven intransitables por acumulación de lodo y barro. Esta investigación tiene como propósito aportar al conocimiento existente sobre la disposición de insumos de origen natural para la fabricación del concreto, con la intención de acrecentar las cualidades físicas en disposición fresco y mecánicas en condición endurecido, cuyos resultados podrían ser de utilidad a entidades gubernamentales y empresas dedicados a la ejecución de obras de pavimentación, ya que se estaría demostrando que con la adición de almidón de Cebada, se puede contar con mejores resultados durante los procesos de colocación y/o vaciado, curado y en cuanto al desempeño del concreto. Finalizando, se tiene la **justificación social**: La presente investigación, beneficiara a la población de la región de Cusco, a las nuevas urbanizaciones, asociaciones de vivienda que requieren de proyectos de pistas y veredas y que muchos de ellos se ubican en terrenos inclinados de difícil construcción y acceso.

Asimismo, para conocer el propósito de la investigación, se propone los objetivos, general y específicos, para lo cual se menciona el **objetivo general**:

Conocer la incidencia de la adición de almidón de cebada en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm² en pavimentos rígidos, Cusco 2021. Así mismo se procede a fijar los **objetivos específicos**: La **primera** Analizar la incidencia de la adición de almidón de cebada en la absorción de agua de concreto $f'c=210$ kg/cm² en pavimentos rígidos, Cusco 2021; la **segunda** Analizar la incidencia de la adición de almidón de cebada en la trabajabilidad de concreto $f'c=210$ kg/cm² en pavimentos rígidos, Cusco 2021; la **tercera** Analizar la incidencia de la adición de almidón de cebada en la resistencia a la compresión de concreto $f'c=210$ kg/cm² en pavimentos rígidos, Cusco 2021 y la **cuarta** Analizar la incidencia de la adición de almidón de cebada en la resistencia a la flexión de concreto $f'c=210$ kg/cm² en pavimentos rígidos, Cusco 2021.

En cuanto a las hipótesis, se propuso la **hipótesis general**: La adición de almidón de cebada incide significativamente en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm² en pavimentos rígidos, Cusco 2021. Por ende, como **hipótesis específicas**; **primero**: La adición de almidón incide en la absorción de agua del concreto $f'c=210$ kg/cm² en pavimentos rígidos, Cusco 2021; **segundo**: La incorporación de almidón incide significativamente en la trabajabilidad de concreto $f'c=210$ kg/cm² en pavimentos rígidos, Cusco 2021; **tercero**: La incorporación de almidón incide significativamente en resistencia a la compresión de concreto $f'c=210$ kg/cm² en pavimentos rígidos, Cusco 2021; y **cuarto**: La incorporación de almidón incide significativamente en resistencia a la flexión de concreto $f'c=210$ kg/cm² en pavimentos rígidos, Cusco 2021.

II. MARCO TEÓRICO

En los trabajos previos como **antecedentes** se tiene, según Pérez Nieves (2018) en su estudio **titulado** “Resistencia a la compresión de un concreto $f'c=210$ kg/cm², sustituyendo el cemento por 10% de ceniza de tusa de maíz y 5% de ceniza de cola de caballo”, cuyo objetivo fue, la indagación de la resistencia a la compresión del concreto. Se hizo el empleo de la **metodología** es cuasiexperimental, que consistió en elaborar concreto de una resistencia a la compresión de 210 kg/cm², se tomó 09 especímenes patrón y otras 09 con el remplazo al cemento, que luego fueron evaluadas en su resistencia a la compresión a edades de 07, 14 y 28 días. Finalmente se obtuvo como **resultados** que, al integrar el 10% de ceniza de tusa de maíz y 5% de ceniza de cola de caballo al experimento, se llegó a una resistencia a la compresión: 246.55 kg/cm² a los 28 días; pues era la resistencia que se dispuso alcanzar, enfatizando a las muestras producidas con el diseño patrón de resistencia a la compresión de 223.26 kg/cm², siendo un 10.92% superior las probetas experimentales a 28 días. Finalmente se concluye que, al incorporar al concreto tusa maíz de 10% y 5% de cola de caballo se produce una mayor resistencia a la del concreto habitual.

Según Evaristo Alberto (2018), en su trabajo **titulado**: “Resistencia de concreto $f_c=210$ kg/cm² con adición de ceniza de viruta de madera - Huaraz- 2017”, cuyo **objetivo general** fue, fijar la resistencia a la compresión del concreto de resistencia 210 kg/cm² al adicionar la ceniza de viruta de madera tornillo en un 1%, 2%, 3%. La **metodología** de estudio fue de tipo aplicada, además explicativa y de enfoque cuantitativo. Asimismo, es de diseño experimental. Las muestras utilizadas fueron de 36 probetas divididos de la siguiente manera: Los primeros 9 para 0%, 9 para 1%, 9 para 2% y otros 09 de 3% de ceniza de viruta de madera tornillo. Los instrumentos utilizados fueron guías de percepción y fichas técnicas de laboratorio de mecánica de suelos y evaluación de materiales. Se obtuvo como **resultado** que, a la edad de 28 días, la muestra patrón consiguió una resistencia a compresión de 219.276 kg/cm², con la adición de ceniza de virutas de madera tornillo del 1% logró una resistencia de 237.048 kg/cm², con adición de 2% alcanzó una resistencia de 231.924 kg/cm², y finalmente con la adición del 3% alcanzó una resistencia de 223.042 kg/cm². Concluyéndose que difiere favorablemente en 8,46% entre el

concreto patrón y el concreto con aditamento de ceniza de viruta de madera de tornillo del 1%.

Según, Terreros y Carvajal (2016), en su trabajo de investigación **titulado:** “*Análisis de las propiedades mecánicas de un concreto convencional adicionando fibra de cáñamo*”, preciso como **objetivo**, establecer y evaluar las propiedades mecánicas de un concreto convencional adicionando fibra de cáñamo. Se empleo la **metodología** experimental, fundamentando en la realización de pruebas en laboratorio la comparación de concretos de análisis. Para determinar su muestra, se basaron en la elaboración de 12 especímenes cilíndricos, que comprendía, 6 con fibra de cáñamo y 6 sin ninguna incorporación, fueron evaluados en 07 días, 14 y 28 días. paralelamente se produjo 02 viguetas agregando fibra de cáñamo para delimitar la resistencia a la flexión a 28 días con respecto a la correlación teórica del módulo de rotura. Se obtuvo como **resultado** que, a los 28 días las muestras normales de concreto alcanzaron un esfuerzo máximo a compresión de 4013.44 PSI (282.17 kg/cm²) y el esfuerzo máximo a compresión con la incorporación de la fibra de cáñamo 4019.87 PSI (282.63 kg/cm²); con respecto a los resultados de esfuerzos a flexión de acuerdo a la correlación teórica del módulo de rotura delimitada con respecto a la resistencia a la compresión de 41.83 kg/cm², con incorporación de fibra de cáñamo supero un 4.41% y para la viga de concreto sin adición un 2.53%. concluye que, la adhesión de por medio de los materiales y la fibra, produjeron superioridad en la resistencia a la flexión y a la rajadura, sin detrimento de material al instante de la rotura, siendo una elección en el sector de la construcción, como material sostenible.

De acuerdo con Balladares y Ramírez (2020) en su investigación **titulado:** “*Diseño de concreto empleando cenizas de bagazo de caña de azúcar para mejorar la resistencia a compresión, Tarapoto 2020*”, cuyo **objetivo** fue, diseñar un concreto con resistencia de 210 kg/cm² utilizando cenizas del bagazo de caña de azúcar (cbca) para incrementar la resistencia a los esfuerzos de compresión. Se dispone como **metodología** el diseño experimental, debido a que consistió la utilización de la variable donde se efectuó el estudio a través de la adición de (cbca) a la mezcla habitual, explorando acrecentar las cualidades y bondades mecánicas del concreto, se tuvo como **muestras** un total de 24 unidades que fueron evaluados a los 7 días,

14 días y 28 días, dentro de los cuales para el porcentaje de adición 0% de cbca se contó con 06 muestras, para 5% de cbca con 06 muestras, para 10 % de cbca con 06 muestras y para 15 % de cbca de 06 muestras. De los ensayos se obtuvo como **resultados** que, se alcanzaron resistencias a compresión promedio a los 28 días para el concreto habitual con adición de 0% de cbca 210.8 kg/cm², para 5% de cbca 237.3 kg/cm², para 10% de cbca 226.30 kg/cm² y para 15% de cbca 220.20 kg/cm². Dentro de los ensayos realizados se tiene resultados de asentamiento o Slump donde se cuenta para el concreto convencional 0% de cbca de 4", concreto + 5% de cbca de 4 ½", concreto + 10% de cbca de 4 ¼" y para concreto + 15% de cbca de 4 ¾". Se concluyó como porcentaje óptimo de adición de cenizas de caña de azúcar el 5% con el cual se consigue una resistencia a la compresión superior a las demás maestras y una trabajabilidad adecuada de modo que puede ser instalado en cualquier estructura.

Según los autores Vilchez Vela, Guillermo y Vilchez Vela, Roberto (2019) en su tesis **titulada**: "*Diseño concreto con adición de fibras secas de maíz para habilitaciones en el Distrito de Villa María del Triunfo año 2019*", cuyo **objetivo** fue, elaborar un diseño de mezcla de concreto con adición de fibras de panca seca de maíz con el objetivo de incrementar las propiedades del concreto en el distrito Villa María del Triunfo, Se empleó en la **metodología**, de enfoque cuantitativo, de tipo experimental puesto que se dispuso el moldeado de concreto y se examinó las resistencias de los análisis con datos que fueron conseguidos en la investigación a través de los 5 diseños de mezclas. La **muestra** se conformó de 30 probetas prismáticas (vigas) a las que se le practicó los ensayos, corresponden: 06 muestras de diseño patrón (DP), 06 muestras de diseño 0.5% Fibra seca de maíz (DA-0.5), 06 muestras de diseño 1% Fibra seca de maíz (DB-01), 06 muestras de 0.5% Fibra seca de maíz + 50 ml aditivo Sikacem (DAT - 0.5), Y 06 muestras de 1% Fibra seca de maíz + 50 ml aditivo Sikacem (DBT-01), de donde se obtuvo los **resultados** que, a edad de 28 días, específicamente del ensayo de resistencia a flexión teniéndose para los diseños DP: 47 kg/cm², DA - 0.5: 50 kg/cm², DB - 01: 50 kg/cm², DAT - 0.5: 51 kg/cm², DBT - 01: 54 kg/cm². Se concluye que los diseños de mezcla con distintos porcentajes de fibras de panca seca de maíz y con la dosificación del aditivo SikaCem aumenta la resistencia a la flexión del concreto y por ende es viable su aplicación.

De acuerdo a Hualancho y Torres (2019), en su **estudio** *“Utilización de Cepa de Plátano, como adición en la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del concreto en nuevo chimbote-Santa- Ancash”*, tuvo como **objetivo principal**, fabricar concreto agregando fibra de plátano y evaluar sus propiedades físicas y mecánicas. La **metodología** que se usó fue de tipo aplicada y experimental para su elaboración de concreto de 210kg/cm² desde la fibra de cepa de plátano en diferentes porcentajes. La **muestra** estuvo conformada por un total de 90 especímenes de concreto. Entonces se pudo concluir de los **resultados** que, dentro de los resultados de los ensayos de trabajabilidad y/o Slump con adición de fibra de cepa de plátano en función a la masa del cemento en porcentajes de 2 %, 3%, 4 % y 5%, se tiene un Slump para C- 0% de adición: 4 “, C- 2% de adición: 3.7”, C- 3 % de adición: 3.5 “, C- 4% de adición: 3.2” y C- 5 % de adición: 2.8 “. Se concluye de la apreciación que no es beneficioso para la trabajabilidad del concreto en condición fresco ya que decrece el asentamiento conforme el incremento de los porcentajes de adición, obteniéndose resultados alentadores en otros ensayos efectuados.

Según, Díaz y Fernández (2019), en su tesis **titulado**: *“Influencia de la adición de ceniza de cascarilla de café en la trabajabilidad y resistencia a compresión del concreto”*, el cual tuvo como **objetivo** principal, delimitar su influencia en la plasticidad y resistencia a compresión del concreto. La **metodología** empleada fue, de enfoque cuantitativo, de diseño experimental de tipo aplicada y comparativa. Los instrumentos que se empleó fueron formatos de acuerdo al tipo de ensayo a efectuar y siguiendo procedimientos normativos pertinentes. Finalmente se llegó a concluir dentro de los **resultados** que, de los ensayos de trabajabilidad realizados en concreto fresco se tiene para la muestra: 0% CCC: 4.25 (pulg), muestra 1% CCC: 3.25 (pulg), muestra 2% CCC: 3.0 (pulg), muestra 4% CCC: 2.75 (pulg) y para la muestra 8% CCC: 1.25: (pulg). Donde se tiene la **conclusión** de los ensayos de Slump que la trabajabilidad se ve afectado conforme aumenta el porcentaje de incorporación, teniéndose como mejor resultado el de 1% de CCC.

Según Mariluz y Ulloa (2018) en la tesis **titulado**, *“Uso de las cenizas volantes de carbón excedentes de la central termoeléctrica ILO21 - Moquegua como adición para mejorar las propiedades del concreto: Resistencia a la compresión, absorción,*

manejabilidad y temperatura”, lo cual tuvo como **objetivo**, señalar las propiedades de resistencia a la compresión, absorción, trabajabilidad y temperatura de un concreto de resistencia de 210 Kg/cm² mediante el aditamento de cenizas volantes de carbón con porcentajes de adición: 0%, 5%, 10% y 20%. Se obtiene los **resultados** que, del ensayo de absorción de agua (en relación al tiempo) a la edad de 28 días se tiene para 0% CV: 7.215 gr/m², 5% CV: 6.791 gr/m², 10% CV: 6.154 y para 20% CV: 5.517 gr/m². Finalmente se llegó a la **conclusión** de que, con los diferentes porcentajes de adición, la diligencia y disposición de succión capilar se atenúa con el crecimiento de la adición en 5, 10 y 20 % de ceniza volante de carbón, produciéndole al concreto más impenetrable y por esa razón más duradero; se llega a encontrar un contenido óptimo de adición del 10% CV, de manera que garantiza tanto la impermeabilidad y las resistencias mecánicas, brindando la probabilidad del 100% que los resultados obtenidas a los 28 días sean mayores a la del diseño de 0% CV.

Al respecto de las **teorías relacionadas** al tema, se exploró conceptos de acuerdo a las variables, dimensiones y sus respectivos indicadores.

Sobre la variable, en el caso de las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f_c=210$ kg/cm² en **pavimentos rígidos**. Para entender la definición, primero se define el pavimento rígido donde se sostiene que es una losa de concreto, apoyada sobre un estrato de material escogida al cual se le menciona como sub base, esta losa es capaz de resistir altas cargas y esfuerzos de tensión, el desempeño es favorable en zonas donde la subrasante es muy blanda o débil (MONSALVE ESCOBAR, et al., 2012 p. 23).

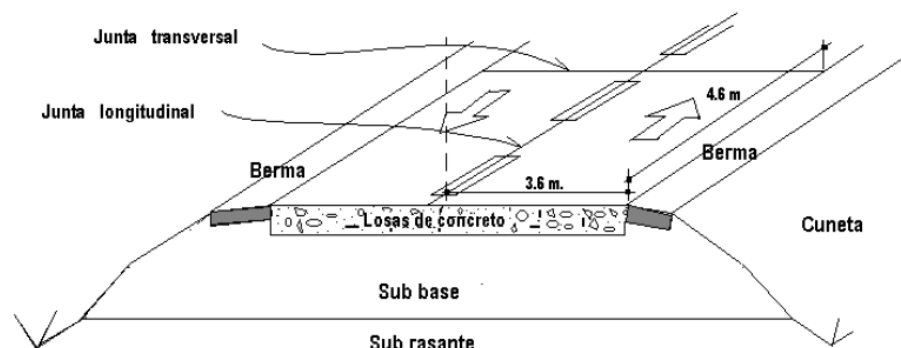


Figura 1. Estructura típica de un pavimento rígido

Fuente: Adaptado de (MONSALVE ESCOBAR, et al., 2012 p. 23)

Previo a lo definido sobre el pavimento rígido, se define el elemento del que está compuesto, el cual es el concreto que generalmente con una resistencia de $f'c=210$ kg/cm². define que, “una combinación de agregados y pasta, en donde la pasta está constituido por el cemento portland y agua mesclando así los agregados finos y gruesos para establecer una compuesto parecido a una piedra, a causa de una reacción química del vínculo del cemento y agua esta produce la calor de hidratación consecuentemente su fraguado, el concreto prácticamente se compone de agregados, cemento portland, agua, aire retenido y aire incluido intencionalmente en climas frías” (Saavedra Vera, 2014).

Dentro de los componentes para la preparación de concreto se encuentra, el **cemento Portland**, donde el cemento es una resultante a base de calcinamiento a altas temperaturas de piedras como la caliza y arcilla, el resultante que es el Clinker se lleva a la molienda y contiene cal, sílice, fierro y alúmina; en cantidades de 3% a 4% se le adiciona el yeso con el objetivo de regular la fragua del cemento, finalmente es embolsados y comercializados; básicamente el cemento es un polvo de coloración gris verdoso, generalmente se comercializa en bolsas de 42.5 kg con capacidad de un pie cubico, cabe indicar que el peso específico es de acuerdo al tipo y marca. (Abanto Castillo, 2009 pp. 15,15,17)

El otro componente fundamental del concreto son los agregados, al cual se le define que los agregados provienen de la explotación de las canteras, llevados a molienda para reducir sus tamaños comerciales, el concreto este compuesto el 70% por los agregados (GARCIA ALADIN, et al., 2019 p. 21). Por tanto, la Norma Técnica Peruana NTP (400.011, 2013) lo clasifica en **finos y gruesos**; primero se procede con la desagregación ya sea natural o artificial, que pasa el tamiz estandarizado 9,5mm (3/8) y que cumple con los parámetros fijados en la normativa; el segundo, es aquel agregado atrapado en el tamiz normalizado 4,75 mm (N°4) procedente de la desagregación ya sea natural o artificial de la roca y que cumple con los parámetros fijados en la norma. Por último, el tercer componente, **el agua**, es utilizada para la preparación de concreto y que debe regirse a las condiciones de la Norma Técnica Peruana 339.088 y de preferencia ser potable. Cumple la función principal de hidratar el cemento y que se produzca las reacciones químicas y a la vez le confiere una adecuada trabajabilidad al concreto fresco.

Respecto al diseños de mezclas del concreto están comprendidos por ciertos métodos, las cuales se explican a continuación, **i) Método ACI-211**, en principio el consiste en un sucesión de clasificación de los elementos o ingredientes para la elaboración de concreto en cantidades adecuada que garanticen las propiedades particulares y que económicamente sea viable; de acuerdo con ACI 211, la proporciones deben estar basados en datos conseguidos de la caracterización de los ingredientes (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2001 pp. 226,227). para un procedimiento adecuado se ha determinado las siguientes consideraciones esenciales a tomar en cuenta;

- Delimitación del $f'c$ de diseño, considerando el tipo de estructura, de forma que se delimita la desviación estándar $f'cr$.
- Delimitación de asentamiento o trabajabilidad de la mezcla.
- Delimitación del TMN (tamaño máximo nominal del A. grueso).
- Estimación del contenido de aire atrapado
- Delimitación de la cantidad de agua para la mezcla.
- Delimitación del valor de la relación agua/cemento.
- Cálculo de la porción de cemento por una unidad de volumen de concreto.
- Estimación preliminar de cantidades de los agregados
- Ajustes de agua por humedad de agregados
- Ajustes y determinación final de cantidades de agregados y agua por unidad de volumen de concreto.
- Determinación de volúmenes por una bolsa cemento.

Continuando con el siguiente método, **ii) método de Fuller-Thompson**, este procedimiento se apoya con la norma ASTM C33, basado en efectuar la combinación de los agregados, que la curva granulométrica se adapte a una curva ideal, de forma que la cantidad de agua es de acuerdo a la tipología del agregado, para la estimación de la dosificación, indica que será mediante el uso del sistema de módulo de finura (Giraldo y Ramos 2015 p. 5). Finalmente, el tercer método, **iii) Método de módulo de fineza**, comprende la composición de agregados finos y gruesos que varía para las distintas resistencias requeridas, siendo el cambio principal la relación de agua-cemento y de la cantidad de agua, delimitado a partir de la cantidad de cemento para el volumen de mezcla.

Asimismo, a las que se somete el concreto en los dos estados, tanto en condición fresco y endurecido:

a) Propiedades en estado Fresco del concreto

Según La Junta de Andalucía (2019), Se define al concreto fresco al que posee la capacidad de moldeado y presentar plasticidad, hasta un tiempo determinado que presenta indicios de fraguado u endurecimiento, a ese espacio se le conoce como tiempo abierto, dentro de las dimensiones más relevantes se encuentra la consistencia, homogeneidad y densidad. (p. 16). En esta investigación se tiene por objetivo realizar los ensayos del concreto en este estado;

Trabajabilidad

Se define que es una cualidad física del concreto en condición fresca la cual determina la facilidad de su manipulación al ser colocado, compactado y moldeado (American Concrete Institute, 2007). Se debe destinar mayor y atención a esta propiedad, ya que no solo depende de un buen diseño de mezclas, sino que, de la manipulación de las cantidades de los materiales en la etapa de elaboración, de esto dependerá la homogeneidad, reducción de la segregación y consecuentemente desarrollo de la resistencia del concreto.

Para el ensayo de consistencia "Slump test", se efectúa con el empleo de un instrumento denominado Cono de Abrams, equipo adoptado y estandarizado con la norma ASTM, en esencia se mide la capacidad de adaptación que presenta a las formas del encofrado manteniendo la homogeneidad. El molde o equipo está constituida por una plancha de acero con una forma de cono, adicional se tiene a la barra de acero liso de 5/8" para la compactación; dentro de los procedimientos generales esta de verter concreto al molde en tres capas, y cada una de ellas con uso de la varilla su compactado, finalizado se separa el molde de forma vertical y se sitúa junto a la muestra, se cuantifica la dimensión de asentamiento que presento, se delimita el tipo de consistencia; el proceso del ensayo no debe tener una duración mayor a los dos minutos (Abanto Castillo, 2009 pp. 47,48).

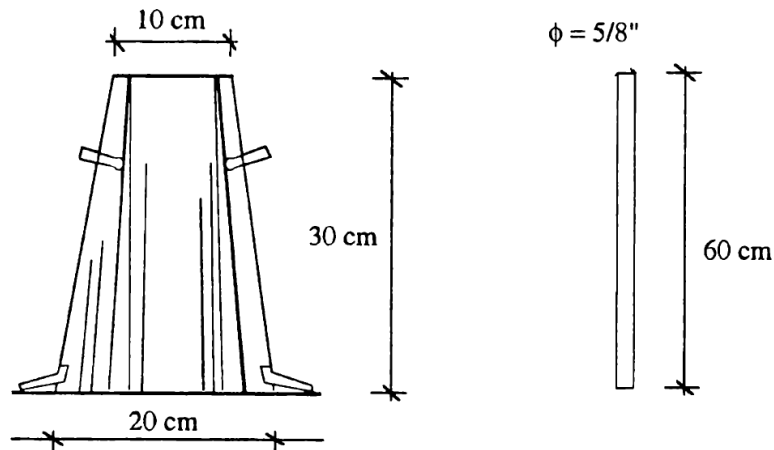


Figura 2. Instrumento para el ensayo de consistencia (Cono de Abrams)

Fuente: adaptado de (Abanto Castillo, 2009 p. 48)

Segregación

La segregación se define como la separación mecánica de los agregados gruesos de los del concreto en estado fresco, dentro de la causas que genera la segregación está el tamaño de agregados grueso, la densidad y las practicas ejercidas al momento de la compactación la exagerada vibración por tiempos muy prolongados, otra de las causas es el exceso de la cantidad de agua destinada para elaboración o mezclado del concreto; es importante tener en consideración para tener u concreto homogéneo (SÁNCHEZ DE GUZMÁN, 2001 p. 123).

Exudación

Se le conoce como también como segregación o sangrado, en el que una cantidad de agua del concreto colocado o vaciado sube a la superficie, formando una capa liviana de agua sobre el concreto colocado; esto sucede por la por las propias características de los agregados ya que no poseen una capacidad elevada de retención o absorción del agua, cuando se consolide durante el curso de fraguado (NTP 229.077 , 2018).

Contenido de Aire

Para Torre (2004), “se manifiesta en porcentaje del total del volumen, es fundamental no contar con desmesurado cantidad de aire atrapado en la mezcla, ya que de ser así las resistencias serian inferiores, habiendo la posibilidad de no pueda ser alcanzado lo requerido” (p.13).

b) Propiedades del concreto en estado Endurecido

El concreto de aspecto endurecido es referido, cuando la mezcla elaborada de un estado plástico y moldeable pasa a conseguir dureza y por ende el desarrollo de resistencias y consecuentemente con los días las resistencias desarrolladas o adquiridas del concreto serán mucho mayores. Las propiedades del concreto en disposición endurecido son lo siguiente:

Resistencia a la compresión del concreto

El la capacidad de soportar aplastamiento de cargas ejercidas a una la unidad de área expresados en términos esfuerzos, donde comúnmente se representa en kg/cm^2 o en algunos casos en otras unidades de medición y se obtiene mediante el procedimiento del ensayo de compresión García y Vargas (2007); En el Manual de ensayos de los materiales de la MTC, indica como objetivo y la finalidad que es delimitar la resistencia a esfuerzos a compresión de los especímenes o comúnmente llamados briquetas, cuya finalidad es obtener resultados y que estas puedan ser un medio de inspección de la calidad del concreto, en esencia de los materiales utilizados, el diseño de mezcla ejecutado y en caso de adición de aditivos la medición de su efectividad, el procedimiento se basa en la noma NTP 339.034 Hormigón (Concreto); se efectúa con el uso de una máquina de ensayo que es una prensa hidráulica; ejecutado el ensayo para los resultados también se tiene en consideración el tipo de falla (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016 pp. 789,796)

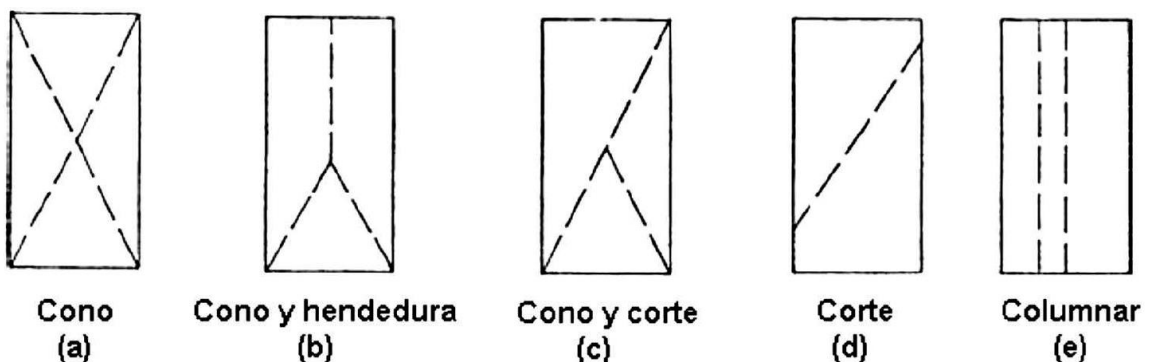


Gráfico 1. Esquema de los tipos de falla que se presenta en la ejecución del ensayo a la compresión

Fuente: adaptado de (MTC, 2016, p 796)

Resistencia a la flexión

según Luizaga y Vargas (2007), “es la aplicación en los proyectos de losas para carreteras y pistas de aeropuertos; se delita en vigas prismáticas de 15cm x 15cm de sección y 50 cm de largo, fabricadas basándose a la norma NTP 339.078. El método empleado para dimensionar la resistencia a flexión es con el uso de la probeta prismática o viga apoyada en dos rodillos, aplicando una carga a los dos tercios de la luz o en algunos casos en la ubicación media, los obtenidos diferencian de acuerdo al método utilizado” (Rivera 2016) citado en Hernández y Rodas (2018).

Cuando se refiere a las propiedades mecánicas del concreto, el propósito es para aplicarlos en las obras de pavimentaciones rígidas, es así que se cita a García (2018), por lo amplia la definición de los pavimentos, que están conformados por un grupo de capas granulares, simples o tratadas y por una carpeta de rodadura o losa por de superficie regular por donde transitan los vehículos; Los pavimentos de concreto se flexionan por cargas altas repetida en el eje, produciéndose esfuerzos de flexión y compresión. La evaluación de la resistencia a flexión de concreto verifica el diseño de los pavimentos. Usualmente se toma 28 días para apreciar la resistencia de diseño del concreto final (NTE CE.010, 2010) citado por Hernández y Rodas (2018, p.20).

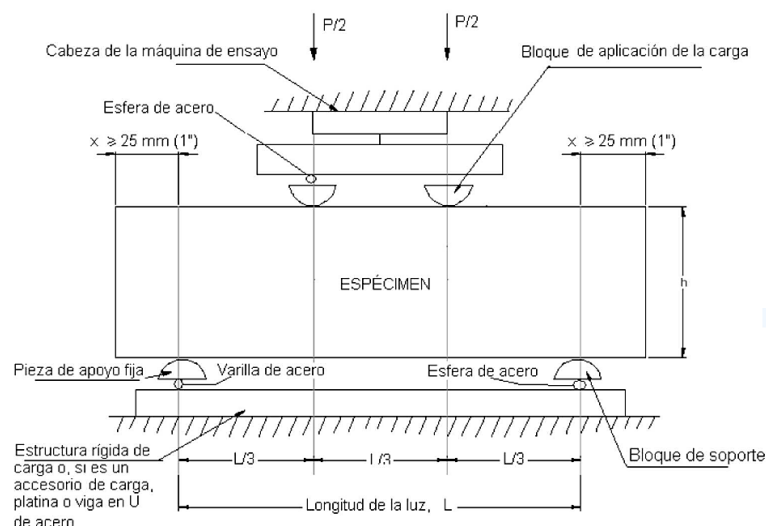


Gráfico 2. Esquema del ensayo de flexión de la muestra prismática (viga simple) cargada en los dos tercios.

Fuente: adaptado del manual de ensayos de MTC (2016 p. 824)

la absorción

El material en esencia del concreto no se dispone de un método estándar para la evaluación de la absorción; sin embargo, se dispone de varias maneras de delimitación algunas con una complejidad considerable cuyos resultados son relativamente certeros Mayta (2014). En el manual de ensayo de materiales MTC-2016 se grafica el procedimiento que es adaptable para este fin, donde la evaluación se realiza en principio considerando al espécimen del concreto, como un material pétreo cualquiera; en donde sugiere que la muestra sumergida en agua y completamente saturada, sea secado a temperatura ambiente hasta que tenga la condición de muestra saturada con superficie seca; luego ser sometido a un proceso de secado con la ayuda de un horno eléctrico en un aproximado de 48 horas, esto por el volumen y dimensión de la muestra; donde con las expresiones de cálculo se determina finalmente el porcentaje de absorción del concreto Manual de ensayo de materiales MTC (2016). La capacidad de absorción del concreto es vital, de modo que garantiza el desarrollo y el alcance de las propiedades mecánicas requeridas, otras de las bondades es disipar la exudación, mantener la retención de agua por un tiempo más prolongado, lo cual es favorable para el periodo de curado. por tanto, se considera que contar con un porcentaje alto de absorción no es tan deseable, ya que lo hace permeable al concreto factor que no es favorable en las obras de pavimentación.

Durabilidad

Se refiere a la disposición ofrece el concreto para resistir los efectos y agentes de la intemperie, sin ser afectado en sus propiedades mecánicas. De manera que se puede definirse o asociarse con la durabilidad que presenta durante el tiempo de vida (Pérez, 2017, p.33).

Respecto al concreto, se requiere de variadas sollicitaciones, “obedeciendo de la exposición del ambiente y de las cualidades; La disposición de éstos como, la interacción entre los mismos, métodos de colocación deseables y el curado delimitan la durabilidad final y le confiere la vida útil del concreto” (Kosmatka y otros, 2004, p.13).

Para tener mayor amplitud en cuanto a la referencia teórica, se desarrolla a continuación respecto a la **Adición de almidón de cebada**, según Prieto Méndez, y otros (2009) definen, que el almidón es el meollo de reserva alimenticia, que sobresale entre las plantas, proporcionando entre el 70 al 80 por ciento de las calorías consumidas por los seres humanos a nivel mundial. Por ejemplo, el almidón y las resultantes de la hidrólisis del polímero, conforman en mayor parte de los carbohidratos digeribles del régimen habitual. Cabe señalar que, el almidón se utiliza también en la industria alimenticia, principalmente en la elaboración de las harinas y en la fabricación de alimentos como el pan.

Respecto a la **definición del almidón** más profunda “es un hidrato de carbono complicado (polisacárido) digerible, del grupo de los glucanos. Está constituido de secuencias de glucosa con estructura lineal (amilosa) o ramificada (amilopectina). Conforman la provisión energética de los vegetales” (Castells, 2017). Por lo general, el almidón proviene del maíz, trigo, cebada, arroz y otros cereales, sus propiedades de almidón varían en función al insumo del cual se extrae y a la variedad. El almidón es un polisacárido que el organismo lo puede digerir mediante enzimas que se encuentra en la saliva y el jugo pancreático.

De acuerdo a su composición química y **propiedades del almidón**, Ferrández y otros (2012 pág. 2), mencionan que, “el almidón es un polisacárido insoluble a temperatura ambiente semicristalino, consiste en unidades de glucosa, que se ubica en gránulos y se acumulan mayoritariamente en los tejidos de las plantas (granos, tubérculos y raíces); El almidón se conforma por dos macromoléculas, así como la amilosa y amilopectina. La primera es principalmente lineal y la segunda tiene una estructura muy ramificada”.

Respecto a los gránulos de almidón son formidablemente resistentes a la hidrólisis enzimática y a la vez no son solubles cuando expuestos a temperatura ambiente, además necesitan de propiedades funcionales para estimular como la viscosidad, textura, estabilidad y entre otras que son deseables en la industria. Es importante precisar que, el almidón y sus variantes se transforma por medios químicos, físicos y biotecnológicos y los más usados son, almidones pregelatinizados, entrecruzados, catiónicos, oxidados, aniónicos, acetilados, éteres, dextrinas,

almidones injertados, almidones modificados físicamente y almidones transformados enzimáticamente.

A diferencia de lo anterior indicado, “el almidón también se emplea en el mundo de la construcción, que sirven como aditivos de origen natural para el cemento y el yeso, como adhesivos en la manufactura de tableros de partículas” Ferrández y otros (2012), se da uso las obras de restauración de edificios antiguos como aditivos en el enlucido con cal, de acuerdo a Izaguirre y Álvarez (2011), como materia prima en la producción de tuberías biodegradables, de biocomposites, espumas sólidas como material aislante, según Yildirim y otros (2014) etc.

En cuanto a la **dosificación de mezclas**, según Aguilar Coro (2019), “el hecho de efectuar una dosificación de mezclas generalmente para la elaboración del concreto, es originar un elemento que cumpla el desarrollo de los requerimientos”. Al usar la composición más económica de materiales utilizables que puedan ser instalados por los diferentes métodos, los efectos que se originarían, dependerán de la ecuación, situación y diseño elegido para una determinada estructura.

Conforme al desarrollo de la elaboración del diseño de mezclas, también será necesario contar con el insumo de adición el almidón en sí, ya que el proceso de obtención pasa por varios procedimientos, desde la obtención en algún punto de venta de la cebada, que por cierto en la región del cusco se encuentra con una gran accesibilidad, es necesario realizar la extracción por el proceso de molienda, del cual será resultante una especie de polvo color blanco dorado según Vasanthan y Hoover (2009).

En los estudios de rendimiento del almidón se delimitó un alcance del 29 %, el cual es equiparable a lo reportado por el investigador Quintos y otros (2009), quienes lograron obtener resultados del 35.9 y 30.2% a partir del empleo de la cebada variedad Esmeralda Apan, y en la variedad de Esmeralda Almoloya un 33.8 % retirado su cascara el 28.4% sin pelado de cascara. Por otro lado, se considera moderado respecto Prieto y otros (2009), quienes llegaron a reportar un 60% de rendimiento con cebada considerado de una buena calidad, con el empleo de insumos químicos como el cloruro de mercurio para ayudar la separación. Estos resultados nos dicen que al momento de emplear el almidón con fines de la

presente investigación, será utilizado y llevado a molienda en su integridad ya la mejor concentración o rendimiento de almidón se obtiene con la cascar de la cebada.

Tabla 1. Rendimiento de almidón obtenido en la fase de extracción a partir de cebada

Peso harina (kg)	Peso almidón (kg)	Peso pigmentos (kg)	Rendimiento de almidón (%)
2.08	0.6	0.598	29

Fuente: adaptado de en Hernández y otros (2019)

La **tabla 1**, muestra el rendimiento de almidón obtenido en la fase de extracción a partir de la cebada, por ende se observa su peso en harinas, almidón, pigmentos, y su rendimiento de almidón con sus respectivas cantidades porcentuales

Tabla 2. Rendimientos obtenidos en la etapa de limpieza a partir de la cebada

Peso inicial (kg)	Peso grano (kg)	Rendimiento (%)	Peso grano (kg)	Peso harina (kg)	Rendimiento (%)	Rendimiento total (%)
2.5	2.08	83.2	2.08	2.06	99	84

Fuente: Adaptado de en Hernández y otros (2019)

En la **tabla 2**, se puede mostrar los rendimientos del almidón en la etapa de limpieza a partir de la cebada, indicando su peso inicial, peso grano, rendimiento, y finalmente la sumatoria total.

Al respecto a las **Propiedades del almidón de cebada**, según Mendoza Brito (2012), menciona que el principal constituyente del grano de cebada, ya sea entero o perlado es el almidón, el cual le confiere propiedades funcionales a los productos que se elaboran con este cereal, se muestran las componentes propiamente dichas de la cebada. El almidón de cebada puede contener de 0 a 5 porcentajes de amilosa en las variedades denominadas cerosas o “waxy”, de 20-30 porcentajes en

almidones normales y hasta 45 porcentajes en almidones de cebada altos en amilosa (Bhatty y Rossnagel, 1998) citado en Mendoza Brito (2012).

La cebada, el trigo y el maíz, así como los almidones de bajo contenido de amilosa presentan temperaturas más bajas de formación de pastas, con una mayor viscosidad. En consecuencia, los productos alimenticios o preparados con granos o harina de cebada con diferentes contenidos de amilosa presentan una amplia variación en las propiedades y calidad del producto. Por lo cual, de acuerdo la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (1998), el uso de almidón se puede aplicar en diversas formas, por ejemplo, en las construcciones como aglutinante para tabiquería de concreto, adherente para madera laminada, también adhesivos en gomas de cola de unión, estampillas, encuadernación, sobres y etiquetas, etc.

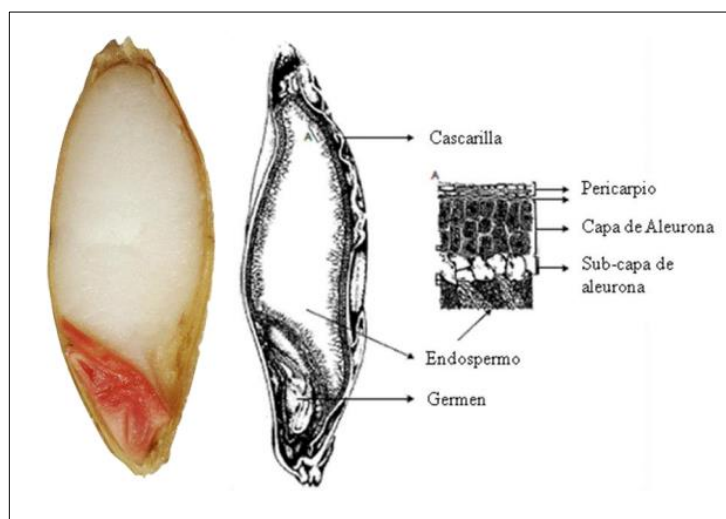


Figura 3. Partes que integran un grano de cebada

Fuente: adaptado de Mendoza, Brito (2012)

De los postulados mencionados arriba, según los estudios de Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (1998) “complementan y afirman que, el volumen de almidones para aplicaciones no alimentarias es enorme, debido a que son importantes en su que dan un aporte a los indicadores de la economía de los países. Se puede decir que, al progresar la economía, se acrecienta también el volumen de almidones de aplicaciones no alimentarias”. Según se crecimiento de los países, sube la solicitud de almidones de valor agregado, de muy buena calidad y de funcionalidad alta.

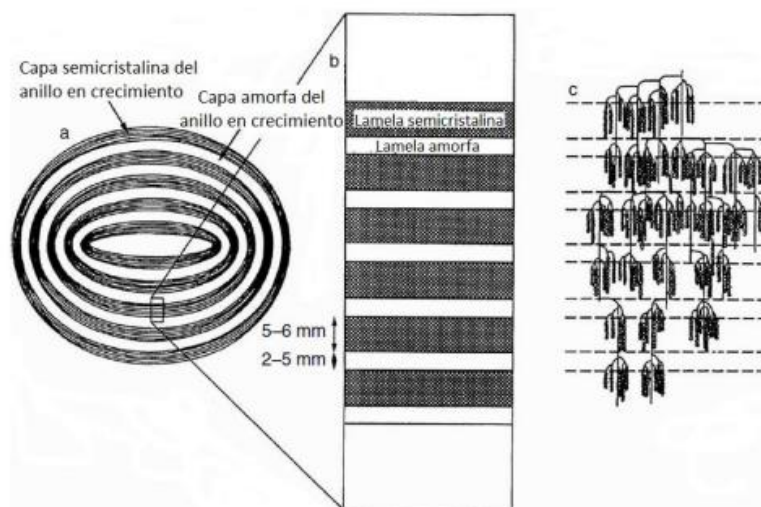


Figura 4. Representación esquemática de la estructura del gránulo de almidón de cebada

Fuente: adaptado de Tupa (2019)

Una de las características del almidón, i) Cristalino, se origina de la organización de las moléculas de la amilopectina, es decir a partir de las cadenas de la amilopectina estructuradas en racimos, por otro lado, la región amorfa está conformada por los puntos de ramificación de la amilopectina y por la amilosa (Jane, Wong, & McPherson, 1997) citado en (Tupa, 2019). Otra característica como, ii) gelatinización, es un proceso complejo referido a la transición de fase, en el que la estructura del polímero pasa de un estado ordenado a desordenado.

Esto se manifiesta con la pérdida de la birrefringencia, donde la suspensión de almidón es visiblemente más translúcida porque el índice de refracción del gránulo expandido está próximo al agua. El contenido de agua determina importantemente la forma en que este fenómeno ocurre (Matignon & Tecante, 2017) citado en (Tupa, 2019), generalmente se requiere un porcentaje de agua mayor a los 30 porcentajes (dependiendo de la fuente botánica) para que la gelatinización se lleve a cabo. Cuando el agua es restringida, no ocurre una gelatinización consuena en el intervalo usual de temperatura. Por lo tanto, conforme la temperatura se aumenta, los gránulos del almidón se convierten paulatinamente más móviles y eventualmente las regiones cristalinas se disuelven

Tabla 3. Parámetros de gelatinización del almidón (en exceso de agua)

Tipo de almidón	Temperatura inicial (°C)	Temperatura pico (°C)	Temperatura final (°C)	Entalpía (J/g)
Maíz	64.0	69.0	75.5	13.0
Maíz de alta amilosa (70 % amilosa)	68.9	80.5	106.1	11.5
Maíz waxy	66.0	70.7	78.4	15.5
Trigo	57.1	61.6	66.2	10.7
Arroz (15 % de amilosa)	61.5	70.0	78.6	7.1
Arroz waxy	76.1	81.1	87.0	19.2
Papa	61.6	65.9	79.4	17.0
Batata	67.3	72.7	79.6	13.6
Mandioca	63.9	70.5	82.7	8.5
Frijol negro	66.9	76.5	83.0	12.4
Garbanzo	59.4	64.7	71.1	9.7
Lentejas	60.7	66.1	76.1	12.6
Amaranto	63.0	70.0	78.0	10.5

Fuente: adaptado de Tupa (2019)

En la **Tabla 3**, se observan las propiedades térmicas de gelatinización de almidones de distintos orígenes medidas por DSC, incluido está de la cebada o trigo, que en este caso tienen la misma característica técnica. Las propiedades térmicas de gelatinización del almidón pueden fijarse comúnmente usando instrumentos que se definen como periodos de temperatura programados y que registran el flujo de calor requerido a medida que ocurren los eventos térmicos. Finalmente, otra característica iii) retrogradación, es generalmente una propiedad despreciable en geles de almidón puesto que perjudica profundamente la calidad y aceptación, y la vida útil de productos que contienen este polímero, primariamente en la industria de alimentos. Por ende, es preciso analizar el nivel de retrogradación de los geles de almidón para valorar la estabilidad del gel. Ya que la retrogradación del almidón es un proceso complejo que implica una serie de eventos moleculares y fisicoquímicos. “Se han aplicado una variedad de maneras para estudiar las modificaciones que tienen lugar en las características del almidón, cuando ésta ocurre, incluyendo métodos térmicas, reológicas, espectroscópicas y cromatográficas, y difracción de rayos” X (KARIM, NORZIAH y SEOW, 2000; Wang et al., 2015) citado en (Tupa, 2019).

Se define al almidón, de acuerdo Prieto y otros (2009), “es un insumo de seguridad alimentaria preponderante de las plantas, brindando del 70 al 80% de las calorías ingeridas por las personas de todo el los países. Tanto el almidón como los insumos de las hidrólisis resultantes, comprende la gran parte de los carbohidratos digeribles del régimen cotidiano”. Así también, “está conformado por dos macromoléculas: amilosa y amilopectina. La amilosa generalmente es lineal y la amilopectina tiene una disposición muy ramificada” Ferrández y otros (2012).

Su constitución química y características del almidón, es un polisacárido insoluble y semicristalino, consistente en concentraciones de D-glucosa, que se concentra en gránulos que se acumulan principalmente en los tejidos de provisión de las plantas principalmente que son los tubérculos, granos y algunas raíces como la yuca.

El uso de almidón en la construcción

Dentro del ámbito de la construcción se emplea como aditivos en el cemento como insumo retardante de fragua y en los yesos, como pegamentos en la elaboración de paneles de yeso, que son destinados para tabiquerías o divisiones de ambientes según Ferrández y otros (2012). “Se tiene una amplitud de usos tanto que se emplea para obras de restauración de templos y casonas de la cal como aditivo” Izaguirre y Álvarez (2011), “también tiene presencia como materia prima en la fabricación de tuberías biodegradables, biocomposites, espumas sólidas como insumo aislante” según Yildirim y otros (2014).

Los aditivos orgánicos

La tecnología de adición de insumos o materia de origen natural, fue extensamente empleado en la elaboración de concreto y el mortero de cemento desde ya muchos años, ya que le proporciona bondades específicas y avanzadas indispensables durante la secuencia de construcción. Entre tanto la moldura o los morteros de enlucidos y acabados requieren solicitudes de retención de agua por lo menos de un 95% para ayudar el desarrollo y la proyección de alcance de sus propiedades con una alta velocidad. Para lograr los resultados, entre los almidones, “se utilizan con consecuencia a los polisacáridos, que pueden ser singularmente identificados dentro de los agentes plastificantes reductores de agua y retardantes del fraguado” Peschard, Grosseau y Guyonnet (2004). En cuanto los aditivos aparte de contar

con la propiedad de retardar el fraguado, brinda una holgura de tiempo de trabajabilidad muy considerablemente frente a otros aditivos incluso de agentes químicos, con la acción actuante de la modificación de la hidratación del cemento.

El almidón se le ha experimentado también para aligerar el peso del concreto; por su capacidad de baja conductividad térmica, acústica el almidón y aglutinante es un material de origen natural con un gran potencial en campo de la construcción. Generalmente hasta la actualidad tiene aplicación en fabricación de en las placas de yeso tipo “pladur”. Mientras que el almidón modificado se destina su uso en los sistemas de montaje en seco de paredes “drywall system”.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Por el Enfoque

La indagación por enfoque es de tipo **cuantitativa**, ya que, “se utilizará la recolección de datos para poner a prueba la hipótesis mediante la medición numérica y un análisis estadístico, para fijar indicadores de comportamiento y verificar teorías” Hernández y Mendoza (2018).

En la presente investigación se realizó la recolección de datos de laboratorio donde se efectuó la medición de las variables en cuestión, con aquellos datos de los indicadores que pueden cuantificarse, conforme a la demanda que plantea la Norma Peruana de forma que logran los objetivos que se plantearon.

3.1.2 Por el propósito

Según el propósito, la investigación tiene la siguiente clasificación: **Básica y aplicada** o Tecnológica.

Del presente estudio, por el propósito será de tipo Aplicada o tecnológica, puesto que utilizará los avances de la Investigación Básica, es decir, el marco teórico que esta proporciona (Muntané Relat, 2010).

3.1.3 Nivel de Investigación

La investigación explicativa describe los conceptos o fenómenos. “Su finalidad es explicar por qué se genera un fenómeno y en qué condiciones se presenta o por qué tiene relación entre dos o más variables” (Hernández y Mendoza (2018).

La presente investigación es de **nivel explicativo**, ya que busca demostrar la causa y efecto al adicionar almidón de cebada a la mezcla de concreto y poder visualizar la incidencia en las propiedades mecánicas y físicas del concreto de resistencia de $f'c=210$ kg/cm² en pavimentos rígidos.

3.1.2. Diseño de Investigación

El diseño **cuasiexperimental**, se refiere a la manipulación deliberada de las variables de al menos una, para observar el efecto generado en la variable

dependiente; de manera resumida se delimita que es experimental por que se manipula una variable y cuasi por que la muestra no es aleatoria Hernández y Mendoza (2018).

En esta investigación, se realizó con la manipulación de la variable adición de almidón de cebada, de manera deliberada, puesto que la adición o añadidura generó cambios mecánicos y físicos que luego fueron valorados con los ensayos de laboratorio.

3.2 Variables y operacionalización

Variable independiente: Adición de almidón de Cebada.

Variable dependiente: Propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm² en pavimentos rígidos.

3.2.1 Operacionalización de variables

Se localiza en el adjunto (*Anexo 02*).

3.3 Población, muestra y muestreo

3.3.1 Población

Para definir la población se cita a Carrasco (2018), menciona que, “población es la composición total de los elementos o las unidades de evaluación, que corresponden al contexto espacial donde se ejecuta las actividades de la investigación”.

Para esta investigación, se determinó como entidad de análisis a las probetas de concreto para la aplicación en pavimentos rígidos, en esencia lo es la creación de concreto con adición de almidón $f'c=210$ kg/cm² en las expansiones urbanas de la ciudad del Cusco.

3.3.2 Muestra

Carrasco (2018), define “muestra es una fracción característico de la población, cuyas cualidades primordiales son las de ser imparcial y reflejo idéntico de ella”. Es el subconjunto de la población que se está realizando el estudio.

Esta indagación, fue conformada por 54 probetas de concreto dentro de ello: 27 probetas corresponden a evaluaciones de resistencia a la compresión, 27 especímenes para las evaluaciones de resistencia a la flexión. Donde también se tuvo 03 probetas para la prueba de absorción y 03 pruebas de trabajabilidad (Slump) de concreto en estado fresco. A continuación, se grafican las siguientes tablas de forma detallada para apreciar las muestras estratificadas.

Tabla 4. Cantidad de probetas de concreto prismáticas (vigas)

Ensayo: Resistencia a la Compresión			
MUESTRA	7 días	14 días	28 días
0 % (patrón)	3	3	3
3 % adición de almidón de Cebada	3	3	3
5 % adición de almidón de Cebada	3	3	3
			Total: 27 und.

Fuente: Elaboración Propia

En la **tabla 4**, se visualiza la muestra, que 27 de ellos estarán dentro del ensayo de resistencia a la compresión, sometidas a la adición del 0%, 3% y 5% de almidón de cebada.

Tabla 5. Cantidad de probetas de concreto prismáticas (vigas)

Ensayo: Resistencia a la Flexión			
MUESTRA	7 días	14 días	28 días
0 % (patrón)	3	3	3
3 % adición de almidón de Cebada	3	3	3
5 % adición de almidón de Cebada	3	3	3
			Total: 27 und.

Fuente: Elaboración Propia

En la **tabla 5**, se grafica que, 27 probetas fueron sometidas al ensayo de resistencia a la flexión, donde se les añadieron el 0%, 3%, y 5% de almidón de cebada.

Tabla 6. Cantidad de probetas para ensayo de absorción de concreto

Ensayo: Absorción de Concreto	
MUESTRA	A 07, 14 y 28 días
0 % (patrón)	01
3 % adición de almidón de Cebada	01
5 % adición de almidón de Cebada	01
Total: 03 und.	

Fuente: Elaboración Propia

En la **tabla 6**, se puede apreciar que, 3 probetas fueron sometidas para el ensayo de Absorción de concreto, añadiéndosele el 0%, 3% y 5% de almidón de cebada.

Tabla 7. Muestra de concreto fresco para prueba de Slump

Ensayo: Trabajabilidad (Slump)	
MUESTRA	Elab. de probetas
0 % (patrón)	01
3 % adición de almidón de Cebada	01
5 % adición de almidón de Cebada	01
Total: 03 und.	

Fuente: Elaboración Propia

La **tabla 7**, señala a 3 probetas que fueron sometidas al ensayo de trabajabilidad, al igual que a las demás probetas mencionadas anteriormente se les añadió los porcentajes de 0%, 3% y 5% de almidón de cebada.

3.3.3 Muestreo

Según Espinoza (2016), define “el muestreo es la técnica empleada para la elección de elementos (unidades de análisis o de investigación) representativos de la población de estudio, para luego ser utilizadas para hacer inducciones a la población de estudio”. Es decir, el suceso de seleccionar el grupo de individuos de una población con el objetivo de evaluarlos y caracterizarlos.

Existen varios tipos de muestreo, sin embargo, para esta investigación, se estudió el **muestreo no aleatorio**, que consiste en la elección de las muestras según el juicio del equipo investigador en base a requerimientos normativos.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnica

Según Carrasco (2018) , las “técnicas son instrumentos metodológicos para solucionar un problema metodológico específico”. La técnica más importante que se utiliza para proceder con las investigaciones particularmente en laboratorio y además se utiliza más es la Técnica de Laboratorios.

En este trabajo de investigación se dispuso la técnica de la **observación directa**, los ensayos de laboratorio para la colecta de datos, para los cuales se utilizó especímenes de concreto con los porcentajes de aditamento de almidón de cebada.

Se utilizó los ensayos de comprensión, de resistencia a la flexión, absorción y trabajabilidad.

3.4.2 Instrumento

El instrumento es un recurso de medición, que se emplea para asentar o anotar la información sobre las variables que tienen en mente para su estudio según Hernández y Mendoza (2018 pág. 228).

Por lo tanto, en esta indagación se utilizó como medio de recolección de datos los procedimientos y fichas estandarizadas. A continuación, se mencionan los siguientes.

- Muestreo de agregados (MTC E 201- NTP 400.010)
- Contenido de humedad (MTC E 108 - ASTM-D2216)
- Peso Unitario Suelto y compactado (MTC E 203 - NTP 400.017)
- Peso específico y absorción Agregado Fino (NTP 400.022)
- Peso específico y absorción Agregado Grueso (NTP 400.021)
- Granulometría (MTC E 204 - NTP 400.012)
- Diseño de mezcla (Comité ACI 211)
- Ensayo de trabajabilidad - Slump (NTP 339.035)
- Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricas (NTP 339.034)
- Resistencia a flexión de probetas prismáticas vigas (NTP 339.078)

3.4.3 Validez

La validez, “se refiere a la medida en la que un instrumento valúa con precisión la variable que se intenta medir, se obtiene cuando se expone que el instrumento grafica el concepto abstracto por medio de sus indicadores empíricos” Hernández y Mendoza (2018 pág. 229).

Los resultados encontrados se apoyaron en documentos estandarizados por las Normas Peruanas y ASTM de concreto y por basarse en adecuados procedimientos durante el ensayo en laboratorio y una debida validación por el juicio de expertos, es válido y confiable.

- Experto 01: Ing. Elizabeth Tapia Inga CIP: 157724
- Experto 02: Ing. Dennis Condori Mar CIP: 187409
- Experto 03: Ing. Edgar Sánchez Rivero CIP: 170060

3.4.4 Confiabilidad del instrumento

De acuerdo con Hernández y Mendoza (2018 pág. 230) menciona que, “la certeridad de un instrumento de cuantificación se alude al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo, caso o muestra produce resultados iguales, éstas se disponen mediante variedad de técnicas”. En ese entender, para la fiabilidad de esta investigación se anexa las fichas de valoración de los expertos y las constancias de calibración de equipos más relevantes utilizados en el proceso de los ensayos, evidenciando su veracidad de desarrollo.

3.5 Procedimientos

La presente indagación dentro de sus procedimientos se realizó tomando como referencia la Norma Técnica Peruana y de ASTM para la evaluación físico mecánico del concreto, de manera que se cuenta con.

La **primera etapa: Obtención de materiales e insumos**, que consta la obtención y/o adquisición de los materiales: agregado grueso, agregado fino, cemento, agua y el insumo de adición almidón de cebada.

Como **segunda etapa: Caracterización de los agregados**, fue ejecutado en “laboratorio de suelos y concreto Cusco ASET Ingeniería”, seguido el

diseño de mezcla de acuerdo a un método (ACI), en donde se dispone la dosificación de los agregados y la cantidad de adición de almidón de cebada según los porcentajes planteados de 3% y 5%, donde este porcentaje se determinó directamente del volumen o peso del cemento obtenido en el diseño de mezclas.

Como **tercera etapa: elaboración de probetas o especímenes**, se dio con la preparación de mezcla para la fabricación de especímenes en donde se elaboró para las dosificaciones de 0% 3% y 5% de adición de almidón respectivamente, para tal efecto se preparó los moldes cilíndricos y prismáticos (viguetas) y los equipos para el ensayo de trabajabilidad (Slump) y elementos necesarios para esta etapa.

se tiene en la **cuarta etapa: pruebas de concreto en estado fresco**, se refiere a la evaluación de la trabajabilidad y/o consistencia, para ello se empleó el equipo de ensayo cono de Abrams.

Seguido como **quinta etapa: proceso de curado de los especímenes**, para tal efecto fueron sumergidos en agua y de acuerdo al cronograma establecido para las pruebas mecánicas a diferentes edades se realizó el secado a temperatura ambiente con una anticipación de dos días.

Como **sexta etapa: pruebas en concreto endurecido**, se realizó las pruebas mecánicas: resistencia a la compresión y a flexión a edades de 07 días, 14 días y 28 días, y la prueba física de absorción de agua de concreto. Finalizando con las etapas de interpretación de resultados y la formulación de las conclusiones sobre incidencia al concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ la adición de almidón de cebada, que serán empleado en obras pavimentos rígidos.

3.6 Método de análisis de datos

La evaluación de las probetas cilíndricas y prismáticas se realizó de acuerdo con la referencia de la norma técnica peruana (NTP) y el diseño de mezcla que se efectuó de acuerdo a criterios ofrecidos por el método de Diseño del Comité 211 del ACI (elección caracterización y relación de los materiales); las probetas fueron sometida posteriormente a equipos de medición para obtener los datos necesarios que fueron analizados con un método estadístico, de

análisis descriptiva por medio de cuadros y gráficos que manifiestan la evolución de la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, absorción de agua y la trabajabilidad de las muestras objeto de esta investigación.

3.7 Aspectos éticos

El investigador manifiesta el compromiso serio y formal con la investigación, por lo que se declara que todo lo desarrollado en dicho trabajo posee veracidad, desde las etapas iniciales hasta la obtención de los resultados. A continuación, se consideraron los siguientes:

- Derecho de autor, comprende la propiedad intelectual cuyo objetivo es dar medida a una serie de conflictos de intereses. Afecto a ello, se hace saber que, el estudio de investigación es propio de su elaboración y desarrollo de quien lo suscribe.
- Similitud, comprende el parecido o similares a otros estudios que se hayan realizado mas no igual, ya que el objetivo propuesto y solución de problemas están diseñados en base a lo que desea el autor o investigador en este caso.
- Calibración de equipos, comprende la medición del patrón o instrumento, cuya finalidad es corroborar si el valor obtenido está dentro de los parámetros delimitados para la acción a realizar. En ese entender se recalca que su proceso es considerado de forma veraz y soporte técnico profesional capacitado y especializado

IV. RESULTADOS

En este se expone los procedimientos y resultados de los ensayos efectuados en laboratorio, basándose de referencia para los procedimientos las normas correspondientes; los especímenes o probetas de concreto con resistencia $f'c=210$ kg/cm² elaborados, se sometieron a los ensayos de resistencia a la compresión y flexión a edades de 07, 14 y 28 días y el ensayo de absorción se dio a los 28 días. por tanto, las pruebas de trabajabilidad se dieron en la etapa de elaboración de especímenes. Se realizo probetas de diferentes porcentajes de adición de almidón de cebada, dentro de ellos se tuvo como muestra de patrón con 0% de adición, 3% de adición y 5 % de adición, de esta manera que nos permita encontrar el porcentaje óptimo donde permita incrementar de manera favorable las bondades físicas y mecánicas del concreto. El procedimiento de elaboración y los ensayos se realizó en el “Laboratorio de suelos y concreto Cusco ASET Ingeniería”, ubicado en el distrito de San Sebastián región Cusco.

4.1 Desarrollo del procedimiento

4.1.1 Primera etapa: Obtención de materiales e insumos, consta básicamente la adquisición de los materiales e insumos delimitados y demandados para esta esta investigación; para ello se dirigió a los puntos de venta de agregados y materiales, los cuales se trasladaron a las instalaciones del laboratorio en donde fue ejecutado los ensayos y procedimientos. A continuación, se menciona los materiales que se obtuvieron:

- Cemento: Tipo IP CEMENTO MULTI-PROPOSITO YURA, de fraguado normal.
- Agregado Grueso (Piedra Chancada 3/4”): expendido desde la cantera Huambutio – vicho.
- Agregado Fino (arena): expendido desde la cantera Huambutio – vicho.
- Almidón de cebada

Para la obtención de almidón de Cebada, se obtuvo como grano de los centros de venta, donde en la región de cusco se encuentra en gran cantidad y a un costo asequible; fue llevado a la molienda de donde se obtuvo en forma de almidón y/o polvo harina, seguido se trasladó a las instalaciones del laboratorio para efectuar los ensayos concernientes.



Figura 5. Obtención de agregados en los puntos de venta

Fuente: Elaboración Propia



Figura 6. Obtención de cemento

Fuente: Elaboración Propia



Figura 7. Obtención de almidón de cebada

Fuente: Elaboración Propia

4.1.2 Segunda etapa: Caracterización de los agregados, corresponde a la caracterización física de los agregados utilizados, seguido con el diseño de mezcla empleando el método comité ACI 211.

Tabla 8. Lista de ensayos a efectuar para la caracterización de los agregados

Caracterización de los agregados (NTP - 339.128 - ASTM - D4318)	
Contenido de humedad	MTC E 108 - ASTM-D2216
Peso Unitario Suelto	MTC E 203 - NTP 400.017
Peso unitario compactado	MTC E 203 - NTP 400.017
Peso específico y absorción Agregado Fino	MTC E 205 - NTP 400.022
Peso específico y absorción Agregado Grueso	MTC E 206 - NTP 400.021
Granulometría	MTC E 204 - NTP 400.012
Diseño de mezcla	Comité ACI 211

Fuente: Elaboración Propia

a) Contenido de humedad (MTC E 108 - ASTM-D2216)

Este ensayo posibilitó fijar la cantidad de humedad de los agregados expresados en porcentaje. Se realizó tanto para agregado grueso (piedra chancada) y agregado fino (Arena). Los materiales utilizados fueron: balanza de aproximación de 0.01 gr, taras y horno eléctrico.

- Se colocó las muestras naturales (03 muestra de cada uno) en recipientes o tara, para luego ser pesado en una balanza de aproximación de 0.01 gramos. Previo a este procedimiento se registró el peso de la tara, para luego registrar las masas con las muestras.
- las muestras fueron llevadas a un horno eléctrico a la temperatura recomendada $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 12 horas.
- Las muestras secas fueron retirados del horno para su enfriamiento a temperatura ambiente y se procedió con el registro de datos de las masas de las muestras secas.
- Los cálculos se efectuaron mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$W = \frac{M_{CWS} - M_{CS}}{M_{CS} - M_{CS}} \times 100 = \frac{M_W}{M_S} \times 100$$

Dónde:

W = contenido de humedad en %

- Mcws = peso de tara + agregado natural, en gramos
 Mcs = peso de tara + suelo secado en horno, en gramos
 Mc = peso de tara o recipiente, en gramos
 Mw = peso de Agua, en gramos
 Ms = peso de partículas sólidas, en gramos

Se tiene los resultados;

Tabla 9. *Contenido de humedad del agregado fino*

Contenido de Agua (Humedad) – Agregado fino

Peso o Volumen	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 2	Unidad
Peso del molde	11.84	13.24	14.9	gr.
Peso de muestra natural	72.86	72.1	73.03	gr.
Peso muestra seca	69.92	69.28	70.22	gr.
Humedad	5.06 %	5.06 %	5.06 %	
Peso Unitario Suelto Promedio		5.062	gr/cm ³	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10. *Contenido de humedad del agregado grueso*

Contenido de Agua (Humedad) Agregado grueso

Peso o Volumen	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 2	Unidad
Peso del Molde	12.74	13.31	15.18	gr.
Peso de Muestra Natural	110.31	102.48	98.5	gr.
Peso Muestra seca	109.35	101.61	97.7	gr.
Humedad	0.994	0.985	0.969	%
Cont. de Humedad	0.983	%		

Fuente: Elaboración Propia

b) Delimitación de peso unitario (MTC E 203 - NTP 400.017)

Este ensayo permite delimitar los valores de los pesos unitarios de los agregados, datos que requerimos la efectuar el diseño de mezcla, consta de tres ensayos por cada agregado. Se empleo los materiales: moldes para prueba de compactación, balanza de aproximación de 0.05 Kg, enrazador y varilla de acero liso compactadora de 5/8".

Peso unitario suelto (P.U.S.)

- Se realizó el registro del peso del molde para luego con apoyo de pala cuchara se procedió a llenar hasta superar una altura mayor de 2" del molde y con una regla realizó el enrazado del excedente.
- Finalizado nuevamente se pesa el molde más el agregado y se registra los valores.



Figura 8. Ensayo de peso unitario suelto de los agregados

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados se efectuaron con la siguiente expresión de cálculo.

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

Donde:

M = Peso unitario del agregado gr/cm³

G = Peso de molde + agregado en gr.

T = Peso del molde en gr.

V = Vol. del molde en cm³.

Se tiene los resultados;

Tabla 11. Resultado del ensayo peso unitario suelto - agregado grueso

Peso unitario suelto – agregado grueso

Peso o Volumen	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Unidad
Peso del Muestra + Molde	11361	11839	11933	gr.
Peso de Molde	7024	7434	7545	gr.
Peso de la Muestra	4337	4405	4388	gr.
Volumen del Molde	3229.96	3243.01	3229.96	cm ³
Peso Unitario Suelto	1.343	1.358	1.359	gr / cm ³
P.U.S. Promedio	1.353		gr / cm ³	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12. Resultados del ensayo de peso unitario suelto - agregado fino

Peso unitario suelto – Agregado fino				
Peso o Volumen	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Unidad
Peso del Muestra + Molde	11815	12022	12228	gr.
Peso de Molde	7024	7434	7545	gr.
Peso de la Muestra	4791	4588	4683	gr.
Volumen del Molde	3229.96	3243.01	3229.96	cm3
Peso Unitario Suelto	1.483	1.415	1.450	gr / cm3
P.U.S. Promedio		1.449	gr/cm3	

Fuente: Elaboración Propia

Peso unitario suelto (P.U.C.)

- Se registro el peso de los moldes y con apoyo de una pala cuchara se procedió a llenar en tres partes a 1/3 de la altura del molde y con la ayuda de la varilla de acero liso se realizó la compactación de la capa, aplicando 25 golpes de forma uniforme. Llenándose a 2/3 y la capa final repitiéndose el procedimiento evitando que la varilla llegue a la base del molde. En la capa final con una regla se enrasa el excedente.
- Finalizado este procedimiento se registra los valores de peso de los moldes con las muestras.



Figura 9. Peso unitario compactado de agregados.

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados se calcularon con la expresión.

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

Donde:

M = Peso unitario del agregado gr/cm3

G = Peso del molde + agregado en gr.

T = Peso del molde en gr.

V = Vol. Del molde en cm³.

Se tiene los resultados;

Tabla 13. Resultado de peso unitario compactado - agregado fino

Peso Unitario Compacto – agregado fino (Arena)

Peso o Volumen	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Unidad
Peso del Muestra + Molde	12763	13119	13257	gr.
Peso de Molde	7024	7434	7545	gr.
Peso de la Muestra	5739	5685	5712	gr.
Volumen del Molde	3229.96	3243.01	3229.96	cm ³
Peso Unitario Compactado	1.777	1.753	1.768	gr / cm ³
P.U.C. Promedio		1.766	gr/cm ³	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14. Resultado de Peso unitario compactado - agregado grueso

Peso Unitario Compactado – agregado grueso (piedra chancada)

Peso o Volumen	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Unidad
Peso del Muestra + Molde	11961	12344	12489	gr.
Peso de Molde	7024	7434	7545	gr.
Peso de la Muestra	4937	4910	4944	gr.
Volumen del Molde	3229.96	3243.01	3229.96	cm ³
Peso Unitario Compactado	1.529	1.514	1.531	gr / cm ³
P.U.C. Promedio		1.524	gr / cm ³	

Fuente: Elaboración Propia

c) Peso específico y absorción de agregado fino (Arena) - (MTC E 205 - NTP 400.022)

Esta prueba se realiza para hallar los valores de variación de peso del agregado fino debido a la absorción de agua y determinar el peso específico seco del agregado fino. En tal sentido se empleó equipos como: balanza de aproximación de 0.1gr, fiola con una capacidad de 500 cm³, molde cónico y

varilla para compactación, recipientes y horno eléctrico. El procedimiento del ensayo consta de lo siguiente.

- El agregado fino en un recipiente fue sometido a una saturación sumergiéndose en agua durante 24 horas.
- Para el secado del agregado hasta la condición de muestra saturada con superficie seca se extiende en una superficie plana hasta que esta pierda adherencia, para verificar esa condición se utilizó un recipiente cónico normalizado, donde se le añadió el agregado y sobre el se dio 25 golpes con la varilla, donde se visualizó que el agregado no mantenía la forma, lo que indica que alcanzó la condición.
- En el recipiente fiola, la muestra se incluye para luego llenar hasta el volumen normalizado, con la ayuda del equipo bomba de vacío se elimina o se extrae las burbujas de 15 a 20 minutos y se registró el peso de la muestra, agua y fiola.
- La muestra es retirada a un recipiente y se sometió al secado en un horno eléctrico a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, seguido se realizó el enfriamiento a temperatura ambiente durante una hora.



Figura 10. Ensayos de peso específico y absorción - agregado fino

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados se calcularon con la expresión.

- Absorción (A_b).

$$A_b = \frac{\text{Peso muestra s. s. s} - W_0}{W_0} \times 100$$

- Peso específico de masa seca (P_{em}).

$$Pe_m = \frac{W_o}{V - V_a} \times 100$$

Donde:

Pe_m = Peso específico de masa

W_o = Peso muestra seco en gr.

V = Vol. del frasco en cm³

V_a = Peso / vol. de agua de agua agregada a la fiola.

Se tiene los resultados;

Tabla 15. Resultados de absorción - agregado fino

AGREGADO FINO	Ensayo 1	Ensayo 2	Unidad
Peso Muestra Saturada Superf. Sec.	254.29	253.2	
Peso de muestra seca	241.98	241	
Absorción	5.09	5.06	%
Absorción Promedio		5.07	%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16. Resultados peso específico seco - agregado fino

Peso específico seco

AGREGADO FINO	Ensayo 1	Unidad
Peso muestra Seca	241.98	gr.
Peso (fiola + muestra sss + agua)	892	gr.
Peso (fiola + agua)	734	gr.
Vol. de muestra	102	cm ³
Peso específico	2372	Kg/cm ³
Peso Específico Seco	2372.35	Kg/cm ³

Fuente: Elaboración Propia

d) Peso específico y absorción de agregado grueso (piedra chancada) – (MTC E 206 - NTP 400.021)

El ensayo nos permite encontrar los valores de peso específico seco de agregado grueso que en este caso es la piedra chancada. Para ello se utilizó los siguientes materiales esenciales: balanza con una sensibilidad de 0.5 gr, cesta con malla N° 04, balde transparente con agua, tamiz N.º 4 y horno eléctrico.

- El agregado se saturó sumergiéndose en agua durante 24 horas, seguido se retiró el agua para su secado a temperatura ambiente hasta la condición de agregado saturado con superficie seca.
- El agregado se llevó al tamiz N° 04, el material retenido fue utilizado para el ensayo ya que se le considera agregado grueso a agregado retenido superior a la malla N° 04, luego se registró el peso.
- La muestra se llevó para su secado a un horno eléctrico a una temperatura $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, finalizado el proceso el enfriamiento se dio durante 01 hora a temperatura ambiente.
- Se dispuso la muestra saturada con superficie seca, previo registro del peso a una canastilla metálica para luego ser pesado dentro del agua a temperaturas recomendadas.



Figura 11. ensayo peso específico y absorción de agregado grueso

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados se calcularon con la expresión.

- Absorción (A_b).

$$A_b(\%) = \frac{(B - A)}{A} \times 100$$

- Peso específico de masa seca (P_{em}).

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

Donde:

A = Peso de muestra seca gr.

B = Peso de muestra saturada con superficie seca en gr.

C = Peso en agua de la muestra Msss.

Se tiene los resultados;

Tabla 17. Absorción agregado gruesos

Absorción			
AGREGADO GRUESO	Ensayo 1	Ensayo 2	Unidad
Peso Muestra Saturada Superf. Sec.	1260	1516	
Peso Muestra seca	1243	1496	
Absorción	1.37	1.34	%
Absorción Promedio	1.35	%	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18. Peso específico seco agregado grueso

Peso específico seco		
AGREGADO GRUESO	Ensayo 1	Unidad
Peso Canastilla Sumergida	274	gr.
Peso de Muestra Sat. Sup. Seca	1260	gr.
Peso (canastilla + muestra) Sumergida	1063	gr.
Peso muestra seca	1243	gr.
Vol. de la Muestra	471	cm ³
Peso específico	2639	Kg/cm ³
Peso Específico Seco	2639.07	Kg/cm ³

Fuente: Elaboración Propia

e) Granulometría de agregados (MTC E 204 - NTP 400.012)

Los agregados dispuestos son de procedencia de la cantera ubicada a afueras de la ciudad de cusco denominado: cantera Vicho – Huambutio, para ello se utilizó los siguientes equipos y herramientas: balanzas con aproximación de 0.1 gr. y 0.5 gr., horno eléctrico y tamices: 3/4”, 1/2”, 3/8”, N°04, N°08, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 y la cazuela.

- A la muestra se le realizo en ensayo de cuarteo con el objetivo de que el agregado este completamente mesclado y evitar la separación de los finos; se procede el secado del agregado en un horno a una temperatura 110 °C ± 5 °C; terminado el secado se retira y se dejó para su enfriamiento a temperatura ambiente.

- Para el ensayo se toma el agregado fino en una cantidad de 1800 gr. de agregado fino y 2839 gr. de agregado grueso; para ello a los tamices se hizo la limpieza y ordenado de manera descendiente según el tamaño de las mallas; se le hecho la muestra por la parte superior del apilado de tamices y se realizó el tamizado de manera manual; se le dio agitación.
- Se retiró las mallas y el agregado retenido fue pesado y registrado los datos; para el cálculo de porcentaje retenido se utilizó la siguiente expresión de cálculo.

$$\% \text{ retenido} = \frac{W_t}{\Sigma W_t} \times 100$$

Donde:

% retenido = % retenido en la malla respecto al peso total de muestra.

W_t = peso de agregado retenido en la malla en gr.

ΣW_t = sumatoria de pesos de peso retenido en gr.

- El % pasante se efectuó el cálculo de la siguiente manera: 100 % (% pasante) - % retenido en la malla.
- Para el cálculo de Modulo De Fineza de agregados se realizó con las consideraciones siguientes: se efectuó la sumatoria del % retenido acumulado de los tamices N° 100, N° 50, N° 30, N° 16, N° 8, N° 4, 3/8", 3/4" y 1 1/2" dividiéndose con el valor 100.



Figura 12. ensayo de granulometría de los agregados

Fuente: Elaboración Propia

Se tiene los resultados;

Tabla 19. Resultados de granulometría de agregado fino

Granulometría - Agregado Fino

Peso: 1800.00 gr

Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	Retenido %	Pasante %
2"	50.8	0	0	100
1 1/2"	38.1	0	0	100
1"	25.4	0	0	100
3/4"	19.05	0	0	100
1/2"	12.7	0	0	100
3/8"	9.525	7.97	0.44	99.56
Nº 4	4.76	450.65	25.04	74.52
Nº 8	2.38	571	31.73	42.79
Nº 16	1.19	204.93	11.39	31.4
Nº 30	0.59	231.87	12.88	18.51
Nº 50	0.297	167.03	9.28	9.23
Nº 100	0.149	87.97	4.89	4.34
Nº 200	0.074	44.78	2.49	1.86
Cazuela	0	33.39	1.86	0
Total =		1799.59	100	

Fuente: Elaboración Propia

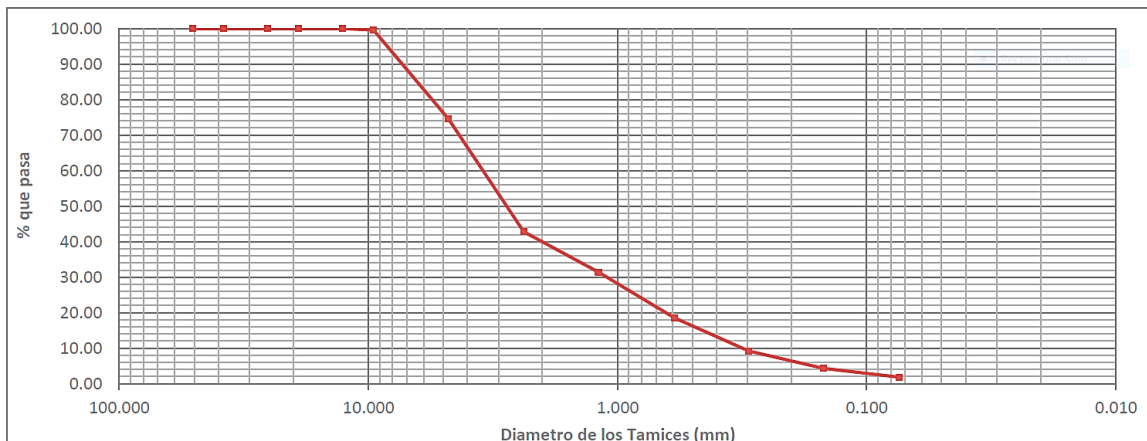


Gráfico 3. granulometría del agregado fino

Fuente: Elaboración Propia

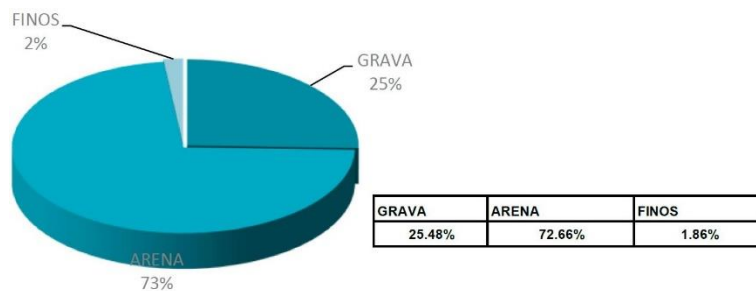


Gráfico 4. porcentajes de distribución del agregado fino

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20. Granulometría de agregado grueso

Granulometría - agregado grueso

Peso: 2839.00 gr.

Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	Retenido %	Pasante %
2"	50.8	0	0	100
1 1/2"	38.1	0	0	100
1"	25.4	0	0	100
3/4"	19.05	813	28.63	71.37
1/2"	12.7	1119	39.41	31.96
3/8"	9.525	545	19.19	12.76
Nº 4	4.76	336	11.83	0.93
Nº 8	2.38	5.83	0.21	0.72
Nº 16	1.19	0.48	0.02	0.71
Nº 30	0.59	0.68	0.02	0.68
Nº 50	0.297	2.06	0.07	0.61
Nº 100	0.149	3.76	0.13	0.48
Nº 200	0.074	5.56	0.2	0.28
Cazuela	0	8.04	0.28	0
TOTAL=		2839.41	100	

Fuente: Elaboración Propia

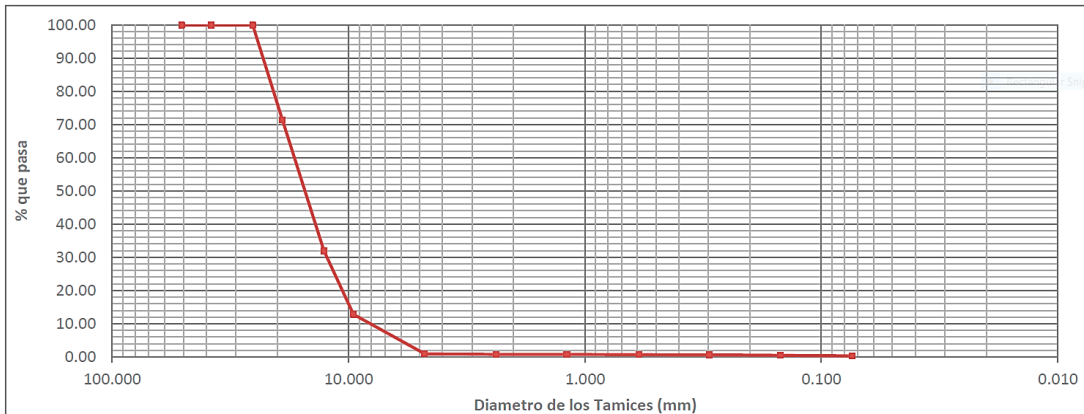


Gráfico 5. granulometría de los agregados grueso

Fuente: Elaboración Propia

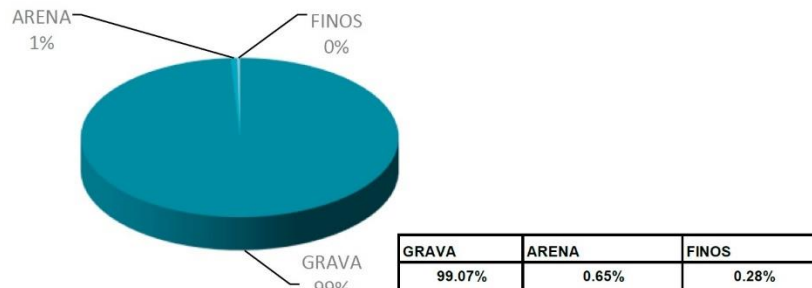


Gráfico 6. porcentajes de distribución del agregado grueso

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21. módulo de finura del agregado fino

Módulo de fineza - agregado fino (arena).

Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Peso reten. (gr)	Retenido %	Retenido acum. %	Pasante %
2"	50.8	0	0	0	100
1 1/2"	38.1	0	0	0	100
1"	25.4	0	0	0	100
3/4"	19.05	0	0	0	100
1/2"	12.7	0	0	0	100
3/8"	9.525	7.97	0.44	0.44	99.56
Nº 4	4.76	450.65	25.04	25.48	74.52
Nº 8	2.38	571	31.73	57.21	42.79
Nº 16	1.19	204.93	11.39	68.6	31.4
Nº 30	0.59	231.87	12.88	81.49	18.51
Nº 50	0.297	167.03	9.28	90.77	9.23
Nº 100	0.149	87.97	4.89	95.66	4.34
Nº 200	0.074	44.78	2.49	98.14	1.86
Cazuela	0	33.39	1.86	100	0
SUMA =		1799.59	100		
		Módulo de fineza =	4.19		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 22. módulo de finura del agregado grueso

Módulo De Fineza - Agregado Grueso (Piedra Chancada).

Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Peso reten. (gr)	Retenido %	Retenido acum. %	Pasante %
2"	50.8	0	0	0	100
1 1/2"	38.1	0	0	0	100
1"	25.4	0	0	0	100
3/4"	19.05	813	28.63	28.63	71.37
1/2"	12.7	1119	39.41	68.04	31.96
3/8"	9.525	545	19.19	87.24	12.76
Nº 4	4.76	336	11.83	99.07	0.93
Nº 8	2.38	5.83	0.21	99.28	0.72
Nº 16	1.19	0.48	0.02	99.29	0.71
Nº 30	0.59	0.68	0.02	99.32	0.68
Nº 50	0.297	2.06	0.07	99.39	0.61
Nº 100	0.149	3.76	0.13	99.52	0.48
Nº 200	0.074	5.56	0.2	99.72	0.28
Cazuela	0	8.04	0.28	100	0
SUMA=		2839.41	100		
		Módulo de fineza agregado grueso =	5.96		

Fuente: Elaboración Propia

f) Resumen de caracterización de los agregados

Tabla 23. resumen de características físicas de los agregados

CARACTERISTICAS	Cemento	Agr. Fino	Agr. Grueso	Unidad
P. Especifico	2850	2372.35	2639.07	Kg/m3
P.U. Seco Suelto	1500	1449.30	1353.19	Kg/m3
P.U. Seco Compactado		1766.08	1524.4	Kg/m3
Cont. humedad		5.06	0.98	%
% de Absorción		5.07	1.35	%
Tamaño Máximo			1"	pulg.
Tamaño Máximo Nominal TMN			3/4"	pulg.
Módulo de Fineza		4.19	---	

Fuente: Elaboración Propia

4.1.3 Diseño de mezcla de concreto (método ACI 211)

Finalizado las evaluaciones de caracterización de los agregados, se procedió con el diseño de mezclas que radica en la selección y determinación de los ingredientes para la elaboración de concreto dentro de los ingredientes habituales se encuentra: cemento, agregados, agua y aditivos. Para este fin se utilizó el método del comité ACI 211, con el objetivo de garantizar un concreto con la resistencia requerida.

a) Resistencia promedio requerida (f'_{cr})

Cuando se desconoce de estadísticas de la resistencia del concreto (factor de seguridad). La norma E.060 concreto armado, capítulo 5 calidad del concreto, mezclado y colocación, resistencia requerida, tiene la tabla.

Tabla 24. Resistencia requerida

$f'c < 210 \text{ kg/cm}^2$	$f'_{cr} = f_c + 70 \text{ kg/cm}^2$
$210 \text{ kg/cm}^2 \leq f'c \leq 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'_{cr} = f_c + 84 \text{ kg/cm}^2$
$350 \text{ kg/cm}^2 < f'c$	$f'_{cr} = f_c + 98 \text{ kg/cm}^2$

Fuente: N.T.E. E.60 concreto armado (2009)

De la tabla se consideró según a la resistencia que se optó para esta investigación que es $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

$$f'_{cr} = f'c + 84 \rightarrow f'_{cr} = 210 + 84$$

$$f'_{cr} = 294 \text{ Kg/cm}^2$$

b) Asentamiento o Slump

De acuerdo a la siguiente tabla para diversos tipos de consistencia.

Tabla 25. Tipos de asentamientos

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" a 2"
Plástica	3" a 4"
Fluida	>= 5"

Fuente: (Abanto Castillo, 2009 p. 64)

Se delimito una mezcla que tenga consistencia plástica con asentamiento de 3" (76.2mm), para garantizar una trabajabilidad adecuada, ya que es recomendable para obras de pavimentos y losas.

c) Tamaño máximo nominal de agregado grueso

Se obtiene de la **tabla 23**, donde el tamaño máximo nominal (TMN) de agregado grueso es de **3/4"**.

d) Relación Agua / Cemento (R a/c)

Se delimito de la siguiente tabla tomando referencia la resistencia promedio.

Tabla 26. relación agua y cemento de f'_{cr}

Resistencia a la compresión a 28 días (f'_{cr}) (kg/cm ²)	Relación Agua /cemento de diseño en peso	
	concreto sin aire incorporado	concreto con aire incorporado
450	0.38	--
400	0.43	--
350	0.48	0.4
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.7	0.61
150	0.8	0.71

Fuente: (Abanto Castillo, 2009 p. 68)

Se tiene un $f'_{cr} = 294 \text{ Kg/cm}^2$, se ubicó en la tabla, donde se ve que se encuentra entre los valores 250 a 300; para la obtención del valor se realizó mediante la interpolación.

$$300 - - - \rightarrow 0.55$$

$$294 - - - \rightarrow X$$

$$250 - - - \rightarrow 0.62$$

$$\frac{X - 0.62}{294 - 250} = \frac{0.55 - 0.62}{300 - 250} \rightarrow X = \frac{(294 - 250)(0.55 - 0.62)}{(300 - 250)} + 0.62$$

$$X = 0.5667$$

Se tiene la relación agua - cemento **R a/c: 0.5667**

e) Cantidad de agua

Según a la siguiente tabla se estimó la cantidad de agua, teniendo los datos de asentamiento y TMN.

Tabla 27. Cantidad de agua

Slump	Agua, en lt/m ³ , para TMN de agregados grueso							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
1" a 2"	205	200	185	180	160	155	145	125
3" a 4"	225	215	200	195	175	170	160	140
6" a 7"	240	230	210	205	185	180	170	---

Fuente: (Abanto Castillo, 2009)

Se obtuvo de la tabla, la medida de Agua = **200 Lts**

f) Cantidad de cemento (c)

Encontrada los valores de cantidad de agua y la relación agua – cemento, se procedió a delimitar la cantidad de cemento para una unidad de volumen de concreto, con la siguiente expresión.

$$R_{a/c} = \frac{a}{c} \rightarrow c = \frac{a}{R_{a/c}}$$

$$c = \frac{200}{0.5667} \rightarrow c = 352.94 \text{ kg.}$$

Por lo tanto, se tiene la cantidad de cemento **c = 352.94 kg/m³**

g) Cantidad de aire

El aire atrapado se puede delimitar conociendo el tamaño máximo nominal, en la siguiente tabla.

Tabla 28. Cantidad de aire atrapado

T.M.N.	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Cant. de Aire	3.0%	2.5%	2.0%	1.5%	1.0%	0.5%	0.3%	0.2%

Fuente: (Abanto Castillo, 2009)

De la tabla, con el TMN de agregado de 3/4" se obtuvo **2.0%** de cantidad de aire atrapado en la mezcla.

h) Volumen de agregado grueso (b/b₀)

En la siguiente tabla, de acuerdo al tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de finura del agregado fino, se obtuvo el coeficiente b/b₀, con extrapolación de los valores de la tabla.

- TMN: **3/4"** y mf: **4.19** módulo de fineza del agregado fino

Tabla 29. Volumen de agregado grueso

T.M.N. del agregado grueso	Vol. del agregado Grueso, seco y compactado, por unidad de volumen de concreto, para diversos módulos de finura del fino (b/b₀)			
	2.4	2.6	2.8	3.0
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.8	0.78	0.76
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: (Abanto Castillo, 2009 p. 71)

En la tabla grafica que el valor de módulo de fineza se encuentra fuera de los valores, mediante la extrapolación se obtuvo.

$$2.8 - - - \rightarrow 0.62$$

$$3.0 - - - \rightarrow 0.60$$

$$4.19 - - - \rightarrow X$$

$$\frac{X - 0.62}{4.19 - 2.8} = \frac{0.62 - 0.60}{2.8 - 3.0} \rightarrow X = \frac{(4.19 - 2.8)(0.62 - 0.60)}{2.8 - 3.0} + 0.62$$

$$X = \mathbf{0.481}$$

Se obtuvo el valor del factor del agregado grueso $b/b_0 = \mathbf{0.481}$.

Teniendo el valor del coeficiente b/b_0 se determinó el volumen del agregado grueso por una unidad de volumen de concreto.

$$Vol. A. grueso = \frac{(b/b_0 \times P. U. C.)}{Peso\ específico}$$

$$Vol. A. grueso = \frac{(0.481 \times 1524.40\ kg/m^3)}{2639.07\ kg/m^3} = \mathbf{0.278\ m^3}$$

i) Volumen absoluto de materiales

Se determino mediante de la división del peso hallado en el diseño entre peso específico de masa, de acuerdo a las siguientes expresiones.

- Volumen Cemento

$$Vol. C = \frac{352.94\ kg}{2850\ kg/m^3} = \mathbf{0.124\ m^3}$$

- Volumen Agua

$$Vol. agua = \frac{200\ lts/m^3}{1000\ m^3} = \mathbf{0.200\ m^3}$$

- Volumen Aire

$$Vol. aire = \frac{2.0\ \%}{100} = \mathbf{0.020\ m^3}$$

- Volumen Agregado grueso

$$Vol. Ag. grueso = \mathbf{0.278\ m^3}$$

Para hallar el volumen absoluto de agregado fino, se efectuó de la siguiente manera: de una unidad de volumen se restó la sumatoria de los volúmenes hallados.

$$\sum \text{Volumenes} = 0.124 + 0.200 + 0.020 + 0.278 = 0.622 \text{ m}^3$$

- Volumen Agregado fino

$$\text{Vol. Ag. fino} = 1 \text{ m}^3 - 0.622 \text{ m}^3 = \mathbf{0.378 \text{ m}^3}$$

j) Pesos secos de materiales por m3 de concreto

Los valores de peso seco por unidad de volumen, se determinó a partir del producto entre peso específico del material y volumen absoluto calculado en diseño; tomar en cuenta las unidades.

$$\text{Vol. absoluto} = \frac{\text{Peso seco} \times \text{m}^3}{\text{Peso específico} \times 1000}$$

$$\text{Peso seco} \times \text{m}^3 = \text{Peso específico} \times \text{Vol. absoluto}$$

Tabla 30. Peso seco de materiales

Pesos secos de materiales

Material	Vol. absoluto	P. específico	Peso seco	Unidad
Cemento			352.94	kg
Agregado Fino	0.378	2372.35	897.80	kg
Agregado Grueso	0.278	2639.07	732.91	kg
Agua	0.200	1000	200.00	lts
			Total = 2183.66	kg/m ³

Fuente: elaboración propia

k) Corrección de peso por humedad de materiales

La corrección de peso por la humedad que tiene los agregados, se realizó con la siguiente expresión.

$$\text{Peso seco} \times \left(\frac{\% \text{ humedad}}{100} + 1 \right)$$

Tabla 31. Corrección de peso por humedad

Pesos corregidos por humedad

Material	Peso seco	Peso corregido	Unidad
Cemento	352.94	352.94	kg
Agregado Fino	897.80	943.21	kg
Agregado Grueso	732.91	740.12	kg
Agua	200	200	lts

Fuente: Elaboración propia

l) Corrección de peso por absorción de agua de agregados.

La corrección de peso por absorción de agregados se efectuó con la siguiente expresión.

$$Peso\ seco \times \left(\frac{absorcion\ \% - humedad\ \%}{100} \right) = Agua\ libre$$

Los valores obtenidos de agua libre se realizaron la sumatoria algebraica con resultados de agua de diseño, el valor obtenido se le añadió por corrección al peso de agua.

Tabla 32. Corrección de peso por absorción

Pesos corregidos por absorción

Material	Peso seco	Peso corregido	Unidad
Cemento	352.94	352.94	kg
Agregado Fino	897.8	943.21	kg
Agregado Grueso	732.91	740.12	kg
Agua	200	202.86	lts

Fuente: Elaboración propia

m) Diseño teórico húmedo

Tras la corrección del peso de agua por absorción, se recalcula la cantidad o peso de cemento con la siguiente expresión.

$$R_{a/c} = \frac{a}{c} \rightarrow c = \frac{a}{R_{a/c}}$$

$$C = \frac{202.86}{0.5667} = 357.967 \text{ kg/m}^3$$

Se cuenta con el peso de cemento que es $C = 357.967 \text{ Kg/m}^3$ por la unidad de volumen de concreto.

n) Dosificación óptima (Por m3 de C° + % desperdicio)

A recomendación y juicio de los expertos, para una dosificación óptima y real de obra, se le adiciono porcentajes por desperdicio. A continuación, se expone en la siguiente tabla.

Tabla 33. Dosificación óptima de materiales.

Material	Und.	Peso	% desperdicio	Peso + % desperdicio
Cemento	kg	357.967	5.5%	377.65
Agregado Fino	kg	943.210	7.0%	1009.24
Agregado Grueso	kg	740.120	7.0%	791.930
Agua	lts	202.860	7.0%	217.06
Total =				2395.87 Kg/m3

Fuente: Elaboración propia

o) Dosificaciones finales

Se presenta las dosificaciones finales con la que se realizó la elaboración de especímenes; la cantidad de adición de almidón de cebada se delimito en porcentajes de 3% y 5%, directamente del peso del cemento. A continuación, se grafica en las tablas.

Tabla 34. Dosificación de materiales en peso

Dosificaciones en peso por m3

Material	por kg. de Cemento		por bolsa de Cemento		por metro cubico de C°	
	cantidad	und.	cantidad	und.	cantidad	und.
Cemento	1.0	kg	42.50	kg	8.89	bls
Agregado Fino	2.67	kg	113.58	kg	1009.24	kg
Agregado Grueso	2.10	kg	89.12	kg	791.93	kg
Agua	0.57	lts	24.43	lts	217.06	lts
Almidón cebada 3%	0.03	kg	1.28	kg	11.33	kg
Almidón cebada 5%	0.05	kg	2.13	kg	18.88	kg

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35. Proporción de materiales en volumen

Proporciones en volumen por m3

Material	cantidad	Und	Vol. por m3 de C°	
			cantidad	Und
Cemento	377.65	kg	8.89	bls
Agregado Fino	1009.24	kg	0.7	m3
Agregado Grueso	791.93	kg	0.59	m3
Agua	217.06	lts	217.06	lts
Almidón cebada 3%			11.33	kg
Almidón cebada 5%			18.88	kg






Fuente: Elaboración propia

Tabla 36. Proporción por bolsa de cemento en volumen

Material	cantidad	Und.
Cemento	1	bls
Agregado Fino	0.08	m3
Agregado Grueso	0.07	m3
Agua	24.43	lts
Almidón cebada 3%	1.28	kg
Almidón cebada 5%	2.13	kg

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37. Proporción de materiales en cubetas

Cemento		Nro. de bolsas:	01 bls
Arena Gruesa		Nro. de cubetas: Base de: Altura de:	03 cubetas 30 x 30 cm 29 cm
Piedra chancada		Nro. de cubetas: Base de: Altura de:	2.6 cubetas 30 x 30 cm 29 cm
Agua		Cantidad:	24.4 lts
Almidón Cebada		3% de adición: 5% de adición:	1.28 kg 2.13 kg

Fuente: Elaboración propia

4.1.4 Tercera etapa

a) Elaboración de concreto (NTP 339.183)

En esta etapa, teniendo las proporciones de agregados y materiales para la fabricación de concreto, con la ayuda de una mezcladora de concreto se realizó la preparación, en dosificaciones de 0% patrón, 3% y 5% de adición de almidón respectivamente, para tal efecto los elementos y equipos utilizados fueron: Mezcladora de concreto, balanza 30 Kg de capacidad con sensibilidad de 1 gr, probeta para medir agua de 1lt., baldes y recipientes para pesado de materiales y carretilla para recibir descarga de concreto fresco

Materiales para elaboración de concreto

- Cemento Tipo IP CEMENTO MULTI-PROPOSITO YURA, de fraguado normal.
- Agregado Grueso (Piedra Chancada 3/4") expendido desde la cantera Huambutio – Vicho.
- Agregado Fino (Arena) de la cantera Huambutio – Vicho.
- Agua potable
- Almidón de cebada

Procedimientos de elaboración de concreto

La elaboración se dio de acuerdo con las proporciones delimitados en el diseño de mezcla, tanto para para concretos con adición de almidón de cebada: 0% patrón, 3% y 5%. Para ello en los envases o baldes y la balanza se realizó los pesajes de los materiales; con la probeta la cantidad de agua.



Figura 13. Pesado de los materiales según dosificación

Fuente: Elaboración propia



Figura 14. *Proceso de elaboración del concreto*

Fuente: Elaboración propia

b) Elaboración de probetas

Se elaboró las muestras o probetas para los ensayos de **resistencia a la compresión, flexión y absorción de concreto**. Para ello se utilizó moldes normalizados tanto cilíndricas y prismáticas. Se empleo los siguientes equipos: Moldes para muestra cilíndrica (briquetas), moldes para muestra prismáticas (vigas), varilla de acero liso para compactación de 5/8", enrazador de madera, mazo de goma y batidor y/o badilejo.

Procedimiento de elaboración de probetas cilíndricas

Se preparo los moldes cilíndricas con medida de 15cm de diámetro y una altura de 30cm, se le aplico desmoldante para tener facilidad el desmontaje, la mezcla descargada en la carretilla se llenó al molde hasta el tercio de su altura; se compacto de manera uniforme y en forma espiral dando 25 golpes verticales para luego con el uso de un mazo de goma se le aplico golpes en el cuerpo del molde con la finalidad de eliminar vacíos; este procedimiento fue repetido en las restantes de forma que al compactar la varilla pasa a la capa inferior una altura de 1 pulgada; en la capa final se colocó mezcla excedente, compactado se enraza dejando una superficie lisa.

Procedimiento de elaboración de probetas prismáticas

Los moldes fueron de material acero, con medidas de 50 cm x 15 cm de base y altura de 15 cm; se llenó a la mitad de altura se niveló y compacto con la varilla de acero, dando 56 golpes verticales de manera uniforme; con la ayuda de mazo

de goma se le aplico golpes al rededor del molde para eliminar posibles espacios vacíos. Este procedimiento se repitió en capa superior y al final se le enrazo dejando una superficie nivelada y lisa.



Figura 15. Moldes para la elaboración de las muestras

Fuente: Elaboración propia



Figura 16. Elaboración de probetas cilíndricas

Fuente: Elaboración propia



Figura 17. Elaboración de las probetas prismáticas (vigas)

Fuente: Elaboración propia



Figura 18. Probetas cilíndricas y prismáticas elaboradas

Fuente: Elaboración propia

4.1.5 Cuarta etapa: Pruebas de concreto en estado fresco (NTP 339.036)

a) Ensayos de asentamiento y/o trabajabilidad

Este ensayo se ejecutó con el instrumento metálico **cono de Abrams**, con dimensiones y características según norma ASTM C143; teniendo como objetivo delimitar el grado trabajabilidad o fluidez de la mezcla, se dio con adición de almidón de cebada al 0% patrón, 3% y 5% y se empleándose la misma mezcla que fue elaborado para las probetas. Para ello se empleó los materiales y equipos siguientes: Cono de Abrams, plancha metálica para base, varilla de acero liso de 5/8" y cinta métrica

Procedimiento (NTP 339.035)

- Al instrumento cono de Abrams se humedeció la superficie interior para evitar adhesión.
- Se colocó por encima de la plancha metálica para evitar absorción del suelo, se le llenó la mezcla de concreto en tres capas a un tercio de la altura, en cada una de ellas se le aplicó chuseo 25 veces con la varilla metálica, la capa final se llena con excedente, se compacta y se nivela.
- Se le retiró verticalmente el instrumento de forma constante en un tiempo de 2 – 5 segundos, para luego invertir el instrumento colocándose junto con la mezcla.
- Colocado la varilla por encima del cono de Abrams y desde la parte central de la mezcla se registró la medida del asentamiento.



Figura 19. Ensayos de asentamiento de concreto fresco

Fuente: Elaboración propia

4.1.6 Quinta etapa: proceso de curado de los especímenes.

Después de la elaboración, las muestras debidamente identificadas se desmoldaron y fueron introducidos a recipientes y/o posos cubiertos de agua en su totalidad para su proceso de curado. El proceso se realizó hasta un día antes de ser sometidas a las pruebas mecánicas, que fueron a edades de 07, 14 y 28 días, con la finalidad de disipar la humedad superficial.

Se precisa que las muestras con adición de almidón de cebada de 3% y 5%, en el proceso de secado al aire libre antes de ser sometido a los ensayos, tienden a mantener el agua por más tiempo en relación a la muestra patrón.



Figura 20. Proceso de curado de probetas cilíndricas

Fuente: Elaboración propia



Figura 21. *Proceso de curado de las probetas prismáticas (vigas)*

Fuente: Elaboración propia

4.1.7 Sexta etapa: Pruebas en concreto endurecido.

Para los ensayos de las pruebas mecánicas de resistencia a la compresión y a flexión, tanto a las edades 07, 14, 28 días, se realizó de acuerdo documentos normativo. por tanto, la prueba física de absorción de agua de concreto realizado a la edad de 28 días.

a) Ensayo de resistencia a la compresión (NTP 339.034)

Se realizó para evaluar la hipótesis planteada para esta investigación; la incidencia en la resistencia a la compresión del concreto con distintos porcentajes de adición de almidón de cebada, frente a las muestras patrón. El ensayo se basa en aplicar una carga axial de compresión a las probetas o muestras, hasta que se dé la ruptura; para la interpretación de resultados se tiene tener en cuenta varios factores, la elaboración, condiciones de proceso de curado y el tipo de falla que presenta. Se empleo los siguiente herramientas y equipos: Prensa hidráulica digital (calibrado), probetas para ensayar y cinta métrica.

Procedimiento del ensayo

- Las muestras para el ensayo fueron retirados con una anticipación para su secado de agua superficial a temperatura ambiente.

- Se registró las dimensiones de atura, diámetro y peso; se le dio la limpieza de las superficies tanto de las muestras y del equipo de ensayo.
- Se colocó las almohadillas a la probeta y los bloques, seguido la muestra se coloca en el centro de la rótula y se le aplicó la carga a una velocidad entre 1.5 a 2.5 KN/s; se registró la carga máxima conseguida y el tipo de ruptura o falla que presentó.

El cálculo se realizó, el valor de resistencia máxima conseguida entre el área de la superficie del espécimen, se grafica en la siguiente expresión;

$$f'c = \frac{R_{max}}{As}$$

Dónde:

$f'c$ = Resistencia de falla a compresión (Kg/cm²)

R_{max} = Resistencia máxima conseguida (Kg - KN)

As = área de superficie de la probeta (cm²)

A continuación, en las fotografías se grafica los ensayos efectuados.



Figura 22. Probetas cilíndricas y el ensayo a edad de 07 días

Fuente: elaboración propia



Figura 23. Probetas prismáticas y el ensayo a edad de 14 días

Fuente: elaboración propia



Figura 24. Probetas cilíndricas y ensayo a los 28 días

Fuente: elaboración propia

Se tiene los resultados;

Tabla 38. Resultados - ensayo de probetas cilíndricas (0% patrón) a 07 días

Probetas cilíndricas (0% patrón)

Muestra (Patrón adición)	0%	Edad (días)	Diseño f'c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Área (cm ²)	f'c ensayo (kg/cm ²)	f'c ensayo/ f'c (%)
1		7	210	247.99	171.34	144.74	69%
2		7	210	250.03	170.7	146.48	70%
3		7	210	261.66	177.3	147.58	70%
Resistencia f'c promedio						146.27	69.7 %

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39. Resultados - ensayo de probetas cilíndricas (3%) a 07 días

Probetas cilíndricas (3% adición de almidón de cebada)

Muestra (3% adición)	Edad (días)	Diseño f'c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Área (cm ²)	f'c ensayo (kg/cm ²)	f'c ensayo/ f'c (%)
4	7	210	258.8	170.99	151.36	72%
5	7	210	271.45	171.16	158.59	76%
6	7	210	270.02	173.78	155.38	74%
Resistencia f'c promedio					155.11	73.9%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40. Resultados - ensayo de probetas cilíndricas (5%) a 07 días

Probetas cilíndricas (5% adición de almidón de cebada)

Muestra (5% adición)	Edad (días)	Diseño f'c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Área (cm ²)	f'c ensayo (kg/cm ²)	f'c ensayo/ f'c (%)
7	7	210	186.51	173.37	107.58	51%
8	7	210	194.56	169.89	114.52	55%
9	7	210	200.17	182.65	109.59	52%
Resistencia f'c promedio					110.56	52.6%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41. Resultados - ensayo de probetas cilíndricas (0% patrón) a

Probetas cilíndricas (0% patrón)

Muestra (Patrón 0% adición)	Edad (días)	Diseño f'c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Área (cm ²)	f'c ensayo (kg/cm ²)	f'c ensayo/ f'c (%)
10	14	210	319.17	178.72	178.58	85%
11	14	210	322.64	179.2	180.05	86%
12	14	210	322.84	176.42	183.00	87%
Resistencia f'c promedio					180.54	86.0%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42. Resultados - ensayo de probetas cilíndricas (3%) a 14 días

Probetas cilíndricas (3% adición de almidón de cebada)

Muestra (3% adición)	Edad (días)	Diseño f'c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Área (cm ²)	f'c ensayo (kg/cm ²)	f'c ensayo/f'c (%)
13	14	210	334.77	179.2	186.82	89%
14	14	210	334.98	177.72	188.49	90%
15	14	210	327.12	173.78	188.24	90%
Resistencia f'c promedio					187.85	89.5%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43. Resultados - ensayo de probetas cilíndricas (5%) a 14 días

Probetas cilíndricas (5% adición de almidón de cebada)

Muestra (5% adición)	Edad (días)	Diseño f'c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Área (cm ²)	f'c ensayo (kg/cm ²)	f'c ensayo/f'c (%)
16	14	210	360.37	183.85	196.01	93%
17	14	210	357.82	183.91	194.56	93%
18	14	210	352.11	180.27	195.33	93%
Resistencia f'c promedio					195.30	93.0%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44. Resultados - ensayo de probetas cilíndricas (0% patrón) a 28 días

Probetas cilíndricas (0% patrón)

Muestra (Patrón 0% adición)	Edad (días)	Diseño f'c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Área (cm ²)	f'c ensayo (kg/cm ²)	f'c ensayo/f'c (%)
19	28	210	374.52	177.3	211.24	101%
20	28	210	383.31	181.76	210.89	100%
21	28	210	370.16	176.13	210.16	100%
Resistencia f'c promedio					210.76	100.4%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45. Resultados - ensayo de probetas cilíndricas (3%) a 28 días

Probetas cilíndricas (3% adición de almidón de cebada)

Muestra (adición)	(3%)	Edad (días)	Diseño f'c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Área (cm ²)	f'c ensayo (kg/cm ²)	f'c ensayo/f'c (%)
22		28	210	386.27	177.42	217.71	104%
23		28	210	380.86	176.13	216.25	103%
24		28	210	393.81	179.49	219.4	104%
Resistencia f'c promedio						217.79	103.7%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46. Resultados - ensayo de probetas cilíndricas (5%) a 28 días

Probetas cilíndricas (5% adición de almidón de cebada)

Muestra (adición)	(5%)	Edad (días)	Diseño f'c (kg/cm ²)	Dial (kg)	Área (cm ²)	f'c ensayo (kg/cm ²)	f'c ensayo/f'c (%)
25		28	210	394.53	177.3	222.51	106%
26		28	210	411.05	183.13	224.45	107%
27		28	210	398.3	178.66	222.93	106%
Resistencia f'c promedio						223.30	106.3%

Fuente: Elaboración propia

b) Ensayo de resistencia a la flexión (NTP 339.078)

Este ensayo se efectuó para delimitar la incidencia de la adición de almidón de cebada: 3% y 5%, en la resistencia a flexión del concreto, mediante el ensayo de las probetas (vigas simples) cargada en los tercios del tramo o luz. Para ello se utilizó los siguiente materiales y equipos: Prensa Electro - Hidráulica de capacidad 1000KN para ensayo de flexión, cinta métrica y balanza con capacidad mayor a 30 kg.

Procedimiento del ensayo

- Las muestras debidamente identificadas, para el ensayo fueron retirados anticipadamente para su secado de agua superficial ala aire libre.

- Se precedió al registro de las dimensiones de altura, longitud y peso; luego se realizó el marcado a 1 pulg. en los extremos de la viga, que fueron los puntos de apoyo de la viga en la pieza o bloque de soporte, de modo que la longitud de luz se dividió en 3 partes (L/3)
- Se procedió la colocación de las vigas y ubicados en los putos y marcas correspondientes; donde el cabezal del equipo se descendió de modo que los bloques de asignación de carga fueron centrados en los dos tercios identificados; se le aplico la carga hasta que presente la falla por deformación.

Los cálculos de módulo de rotura se realizaron con la con las siguientes expresiones;

- Cuando la falla se produce dentro del tercio medio de la longitud o luz libre.

$$R = \frac{P \times L}{b \times d^2}$$

Dónde:

R: módulo de rotura (kPa)

P: Carga máxima alcanzado registrado (kN)

L: Longitud libre entre los apoyos (m)

b: Ancho promedio de la muestra (m)

d: Altura promedio de la muestra (m)

- Cundo la falla se produce fuera del tercio central de la luz libre no superior al 5% de su longitud libre.

$$R = \frac{3P \times a}{b \times h^2}$$

Dónde:

P: Carga máxima alcanzado registrado (kN)

a: distancia promedia entre el punto de fractura y el soporte más próximo, medida sobre la zona de tensión de viga (m)

b: Ancho promedio de la muestra (m)

d = altura promedio de la probeta (mm)

A continuación, se presenta fotografías que grafican la realización del ensayo.

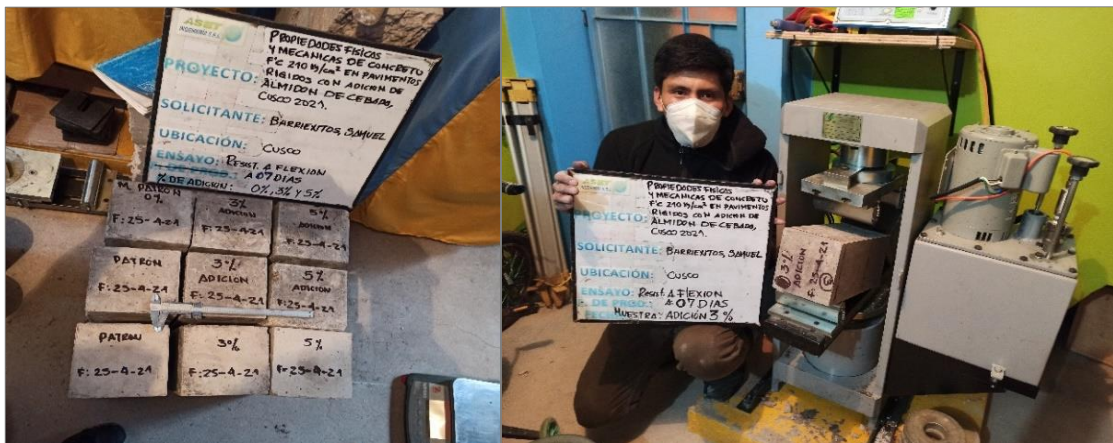


Figura 25. Probetas prismáticas (vigas) y ensayo a los 7 días
Elaboración: Fuente propia

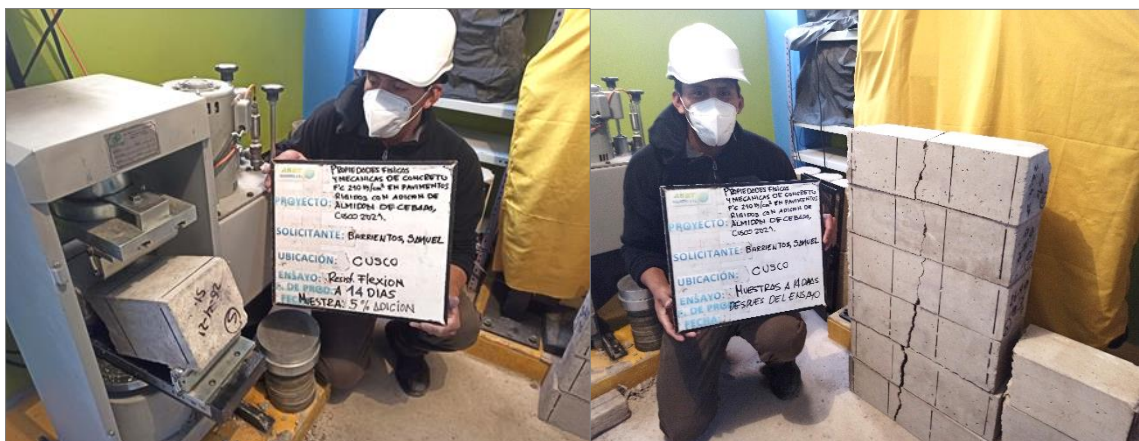


Figura 26. Probetas prismáticas (vigas) y ensayo a los 14 días
Elaboración: Fuente propia

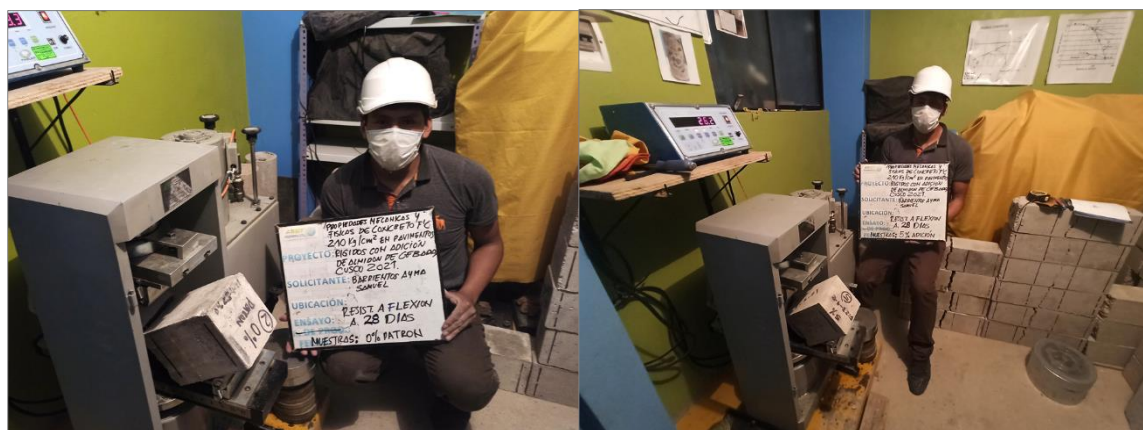


Figura 27. Probetas prismáticas (vigas) y ensayo a los 28 días
Elaboración: Fuente propia

Se tiene los resultados;

Tabla 47. Resultados - ensayo de probetas prismáticas (0% patrón) a 07 días

Probetas prismáticas - vigas (0% patrón)

Muestra (Patrón adición)	0%	Edad (días)	P (KN)	P.L (kN m)	b x d2 (m3)	Módulo de rotura R (kPa)	Módulo de rotura R (kg/cm2)
1		07	17.30	9.26	0.00373	2486.03	25.34
2		07	17.70	9.47	0.00375	2525.20	25.74
3		07	17.40	9.31	0.00378	2461.46	25.09
Módulo de rotura promedio							25.39

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48. Resultados - ensayo de probetas prismáticas (3%) a 07 días

Probetas prismáticas - vigas (3% adición)

Muestra (patrón adición)	0%	Edad (días)	P (KN)	P.L (kN m)	b x d2 (m3)	Módulo de rotura R (kPa)	Módulo de rotura R (kg/cm2)
4		07	19.00	10.17	0.00363	2804.53	28.59
5		07	18.10	9.68	0.00369	2625.90	26.77
6		07	19.20	10.26	0.00361	2844.84	29.00
Módulo de rotura promedio							28.12

Fuente: Elaboración propia

Tabla 49. Resultados - ensayo de probetas prismáticas (5%) a 07 días

Probetas prismáticas - vigas (5% adición)

Muestra (patrón adición)	0%	Edad (días)	P (KN)	P.L (kN m)	b x d2 (m3)	Módulo de rotura R (kPa)	Módulo de rotura R (kg/cm2)
7		07	19.60	10.48	0.00358	2930.22	29.87
8		07	19.90	10.63	0.00374	2847.00	29.02
9		07	19.00	10.15	0.00364	2788.41	28.42
Módulo de rotura promedio							29.10

Fuente: Elaboración propia

Tabla 50. Resultados - ensayo de probetas prismáticas (0% patrón) a 14 días

Probetas prismáticas - vigas (0% patrón)

Muestra (Patrón adición)	0%	Edad (días)	P (KN)	P. L (kN m)	b x d2 (m3)	Módulo de rotura R (kPa)	Módulo de rotura R (kg/cm2)
1		14	16.50	8.79	0.00356	2467.67	25.15
2		14	16.70	9.06	0.00349	2596.28	26.47
3		14	16.40	8.75	0.00358	2442.89	24.90
Módulo de rotura promedio							25.51

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51. Resultados - ensayo de probetas prismáticas (3%) a 14 días

Probetas prismáticas - vigas (3% adición)

Muestra (Patrón adición)	0%	Edad (días)	P (KN)	P.L (kN m)	b x d2 (m3)	Módulo de rotura R (kPa)	Módulo de rotura R (kg/cm2)
4		14	18.70	9.97	0.00363	2747.37	28.01
5		14	18.10	9.66	0.00361	2679.59	27.31
6		14	18.60	9.93	0.00358	2775.52	28.29
Módulo de rotura promedio							27.87

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52. Resultados - ensayo de probetas prismáticas (5%) a 14 días

Probetas prismáticas - vigas (5% adición)

Muestra (Patrón adición)	0%	Edad (días)	P (KN)	P.L (kN m)	b x d2 (m3)	Módulo de rotura R (kPa)	Módulo de rotura R (kg/cm2)
7		14	17.90	9.55	0.00358	2669.56	27.21
8		14	17.40	9.28	0.00354	2621.38	26.72
9		14	17.70	9.45	0.00361	2620.61	26.71
Módulo de rotura promedio							26.88

Fuente: Elaboración propia

Tabla 53. Resultados - ensayo de probetas prismáticas (0% patrón) a 28 días

Probetas prismáticas - vigas (0% patrón)

Muestra (Patrón adición)	0%	Edad (días)	P (KN)	P.L (kN m)	b x d2 (m3)	Módulo de rotura R (kPa)	Módulo de rotura R (kg/cm2)
1		28	23.30	12.44	0.00363	3423.88	34.90
2		28	23.30	12.65	0.0035	3614.05	36.84
3		28	23.00	12.50	0.00349	3576.85	36.46
Módulo de rotura promedio							36.07

Fuente: Elaboración propia

Tabla 54. Ensayo de probetas prismáticas (3%) a 28 días

Probetas prismáticas - vigas (3% adición)

Muestra (Patrón adición)	0%	Edad (días)	P (KN)	P.L (kN m)	b x d2 (m3)	Módulo de rotura R (kPa)	Módulo de rotura R (kg/cm2)
4		28	24.20	12.93	0.00364	3550.55	36.19
5		28	24.40	13.00	0.00359	3618.62	36.89
6		28	24.05	12.82	0.00361	3549.50	36.18
Módulo de rotura promedio							36.42

Fuente: Elaboración propia

Tabla 55. Resultados - ensayo de probetas prismáticas (5%) a 28 días

Probetas prismáticas - vigas (5% adición)

Muestra (Patrón adición)	0%	Edad (días)	P (KN)	P.L (kN m)	b x d2 (m3)	Módulo de rotura R (kPa)	Módulo de rotura R (kg/cm2)
7		28	26.20	13.98	0.00361	3869.01	39.44
8		28	26.40	14.08	0.00364	3867.53	39.42
9		28	26.00	13.81	0.00354	3902.32	39.78
Módulo de rotura promedio							39.55

Fuente: Elaboración propia

c) Ensayo de Absorción de concreto

Considerando todos los parámetros y procedimientos indicado en el manual de ensayos MTC-2016, se realizó con el objetivo de delimitar el grado de absorción de agua y una exploración visual de muestras de cual retiene o mantiene mayor tiempo la humedad con los porcentajes de 0%, 3% y 5% de adición de almidón de cebada. Para la realizar el ensayo se utilizó los siguientes equipos: Balanza y horno eléctrico.

Procedimiento

- Las probetas elaboradas se mantuvieron sumergidos en agua; se retira para su secado a temperatura ambiente hasta la condición de muestra saturada con superficie seca y se registró el peso; luego fue llevado a un horno eléctrico temperatura $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 48 horas, se realizó el pesaje y nuevamente se repite este proceso en 03 veces, siendo que se tiene un porcentaje de absorción para 07 días, 14 días y 28 días.

Los resultados se calcularon con la expresión.

- Absorción de concreto (A_{bc}).

$$A_{bc(\%)} = \frac{(B - A)}{A} \times 100$$

Donde:

A = Peso de muestra seca (gr).

B = Peso de muestra saturada con superficie seca (gr).



Figura 28. Muestras para ensayo de absorción de agua de concreto

Fuente: Elaboración Propia



Figura 29. Ensayo de absorción – secado en horno eléctrico

Fuente: Elaboración Propia



Figura 30. Ensayo de absorción – registro de datos

Fuente: Elaboración Propia

Se tiene los resultados;

Tabla 56. Resultados - ensayo de absorción (0% patrón)

MUESTRA - 0% patrón	Ensayo 1 (07 días)	Ensayo 2 (14 días)	Ensayo 3 (28 días)	Und.
Peso Muestra Saturada Superf. Sec.	3057	3045	3028	gr
Peso Muestra seca	2982	2986	2980	gr
absorción	2.52	1.98	1.61	%
Absorción promedio	2.03	%		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 57. Resultados - ensayo de absorción (3% Adición)

MUESTRA - 3% Adición	Ensayo 1 (07 días)	Ensayo 2 (14 días)	Ensayo 3 (28 días)	Und.
Peso muestra saturada Superf. Sec.	3791	3764	3737	gr
Peso muestra seca	3678	3666	3671	gr
absorción	3.07	2.67	1.80	%
Absorción Promedio	2.51	%		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 58. Resultados - ensayo de absorción (5% Adición)

MUESTRA - 5% Adición	Ensayo 1 (07 días)	Ensayo 2 (14 días)	Ensayo 3 (28 días)	Und.
Peso muestra saturada Superf. Sec.	2764	2758	2729	gr
Peso Muestra seca	2668	2672	2665	gr
absorción	3.60	3.22	2.40	%
Absorción Promedio	3.07	%		

Fuente: Elaboración propia

4.2 Interpretación de resultados

4.2.1 Indicador 01: Absorción (%)

Tabla 59. Resumen de resultados del ensayo de absorción de concreto

Resumen absorción de concreto

MUESTRA	07 días	14 días	28 días	Und.
0% Patrón	2.52	1.98	1.61	%
3% adición de almidón de cebada	3.07	2.67	1.80	%
5% adición de almidón de cebada	3.60	3.22	2.40	%

Fuente: Elaboración Propia

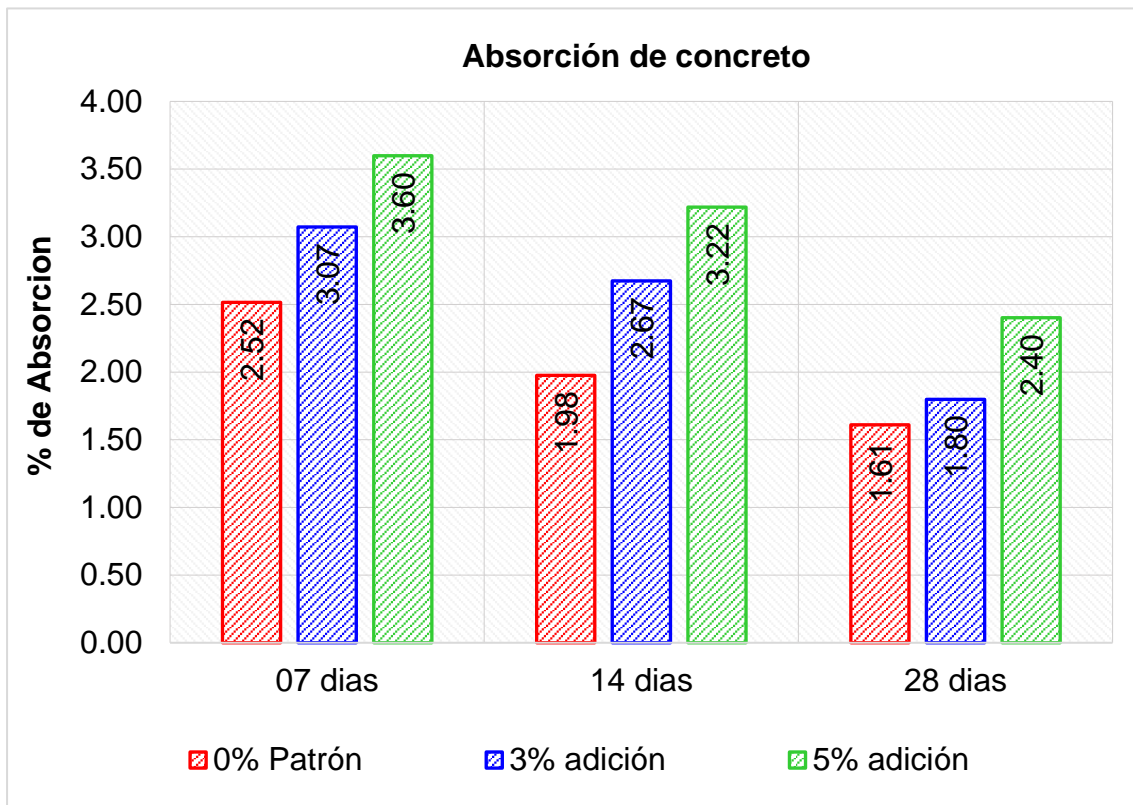


Gráfico 7. Evolución de absorción de agua del concreto

Fuente: elaboración propia

Interpretación.

En el **grafico 7** se visualiza los resultados de la evolución de absorción de agua de las muestras con adición de almidón de cebada: 0% patrón, 3% y 5%,

con respecto a la muestra 0% patrón, se tiene que a la edad de 07 días incrementó en un 0.56% con 3% de adición, así mismo incrementó en 1.08% con 5% de adición; a los 14 días presento un incremento de 0.70% con 3% de adición y 1.24% con 5% de adición; finalmente a los 28 días se tiene un incremento de 0.19% con 3% de adición y 0.79% con 5% de adición.

Los resultados indican que, con el aumento del porcentaje de adición paralelamente la absorción de agua se eleva a edades tempranas; conforme pasa el tiempo los valores descendieron, esto ocurre debido al calor de hidratación que genera el concreto, donde el almidón pasa a descomponerse por ser un polímero natural biodegradable. Por tanto, en la evaluación visual se delimito que con 3% y 5% de adición, al ser sometido al secado en ambiente natural hasta la condición de muestra saturada con superficie seca, la retención de agua se dio por un tiempo mucho mayor a diferencia de la muestra 0% patrón en las edades tempranas, lo que indica que es favorable para el proceso de curado, consecuentemente de utilizarse en obras de pavimentaciones donde el suministro de agua es muy reducido y de difícil acceso.

Hipótesis: La adición de almidón incide significativamente en la absorción de agua de concreto $f'c=210$ kg/cm² en pavimentos rígidos, Cusco 2021.

Validez: la hipótesis se acepta por que el almidón incide en la absorción a edades tempranas del concreto.

4.2.2 Indicador 02: Trabajabilidad (cm)

Tabla 60. Ensayo de asentamiento de concreto en estado fresco

Unidad	Muestras con % de adición de almidón de cebada		
	0% patrón	3%	5%
pulg.	3	3 6/7	2 7/8
cm.	7.65	9.80	7.30
% variación según Slump diseño 3"	+ 0.4%	+ 28.61%	- 4.20%

Fuente: Elaboración propia

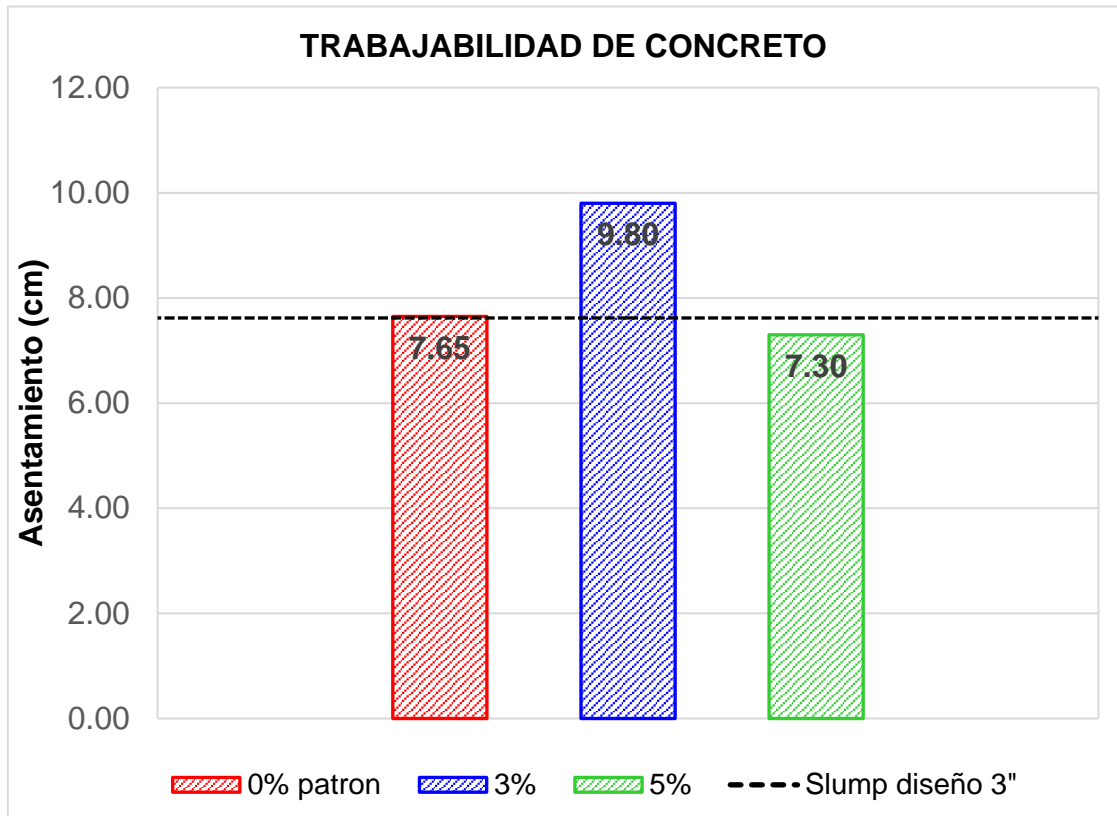


Gráfico 8. Asentamiento de concreto fresco con diferentes % de adición

Fuente: elaboración propia

Interpretación.

En el **grafico 8** se visualiza resultados de las muestras de acuerdo al asentamiento de diseño de 3" (7.62 cm); Se tiene en la muestra patrón un incremento de 0.4%, en cuanto a la muestra con adición de 3% se registró un incremento de 28.61% y la muestra con 5% de adición descendió - 4.30 %. Los resultados señalan que existe un contenido de adición optima, debido a que con 3% de adición incrementa el Slump significativamente y a medida que incrementa el porcentaje de adición el asentamiento decrece.

Hipótesis: La incorporación de almidón incide significativamente en la trabajabilidad de concreto f'c 210 kg/cm² en pavimentos rígidos, Cusco 2021.

Validez: la hipótesis se valida parcialmente, dado que esta condición se cumple solo con 3% de adición.

4.2.3 Indicador 03: Resistencia a la compresión (kg/cm2)

Tabla 61. Resumen del ensayo a compresión de las probetas

Resumen de ensayo a compresión (f'c diseño 210 kg/cm2)

Muestra	07 días		14 días		28 días	
	Resistencia f'c promedio (kg/cm2)	f'c promedio (%)	Resistencia f'c promedio (kg/cm2)	f'c promedio (%)	Resistencia f'c promedio (kg/cm2)	f'c promedio (%)
0% Patrón	146.27	69.65%	180.54	85.97%	210.76	100.36%
3% adición	155.11	73.86%	187.85	89.45%	217.79	103.71%
5% adición	110.56	52.65%	195.30	93.00%	223.30	106.33%

Fuente: elaboración propia

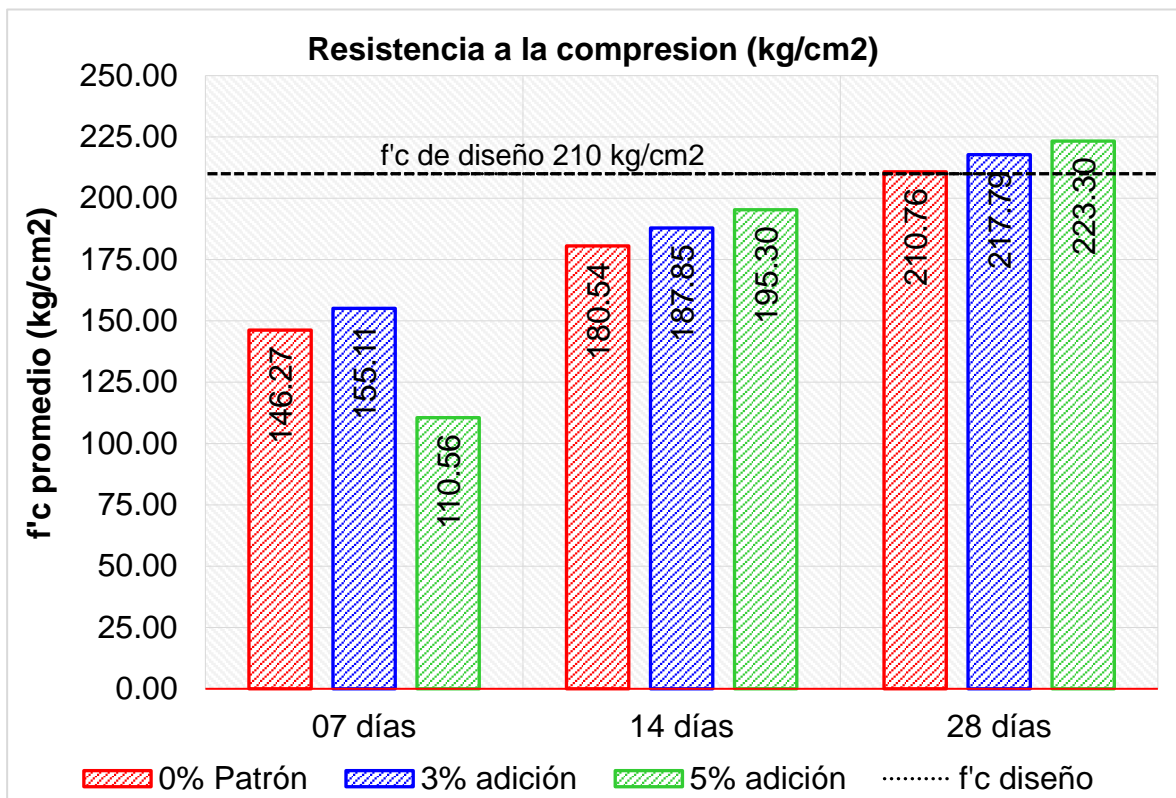


Gráfico 9. Evolución de la resistencia a la compresión de las muestras

Fuente: elaboración propia

Interpretación.

El **grafico 9** muestra los resultados alcanzados del ensayo de la resistencia a la compresión de las muestras con adición de almidón de cebada: 0% patrón, 3% y 5% a diferentes edades con respecto al f'c de diseño 210 kg/cm2.

Se obtuvo a los 07 días para la muestra 0% patrón una resistencia $f'c$ promedio (%) de 69.65%, así mismo con 3% de adición se alcanzó una resistencia 73.86% y con 5% de adición se llegó al 52.65%; A la edad de 14 días la muestra 0% patrón llegó a una resistencia de 85.97%, con 3% de adición se obtuvo una resistencia de 89.45% y con 5% de adición se alcanzó al 93.00%; finalmente a la edad de 28 días con 0% patrón se llegó a una resistencia de 100.36%, con 3% de adición se llegó a obtener 103.71% y con 5% de adición se alcanzó al 106.33%. Los resultados señalan que las probetas con adición de 3% de almidón en los periodos de evaluación llega a tener resistencias superiores que la muestra patrón, en cuanto a las probetas con 5% de adición a edades iniciales la resistencia que desarrolla es inferior con referencia a la muestra patrón, en cambio a edades posteriores incrementó considerablemente, llegando a superar a la resistencia de diseño.

Hipótesis: La incorporación de almidón incide significativamente en resistencia a la compresión de concreto $f'c=210$ kg/cm² en pavimentos rígidos, Cusco 2021.

Validez: la hipótesis se valida.

4.2.4 Indicador 04: Resistencia a la flexión (kg/cm²)

Tabla 62. Resumen del ensayo de resistencia a flexión de las probetas

Resumen del ensayo a flexión (correlación M. Rotura 36 kg/cm²)

Muestras	07 días		14 días		28 días	
	Módulo de rotura R (kg/cm ²)	% M.R.	Módulo de rotura R (kg/cm ²)	% M.R.	Módulo de rotura R (kg/cm ²)	% M.R.
0% Patrón	25.39	70.5%	25.51	70.9%	36.07	100.2%
3% adición	28.12	78.1%	27.87	77.4%	36.42	101.2%
5% adición	29.10	80.8%	26.88	74.7%	39.55	109.9%

Fuente: elaboración propia

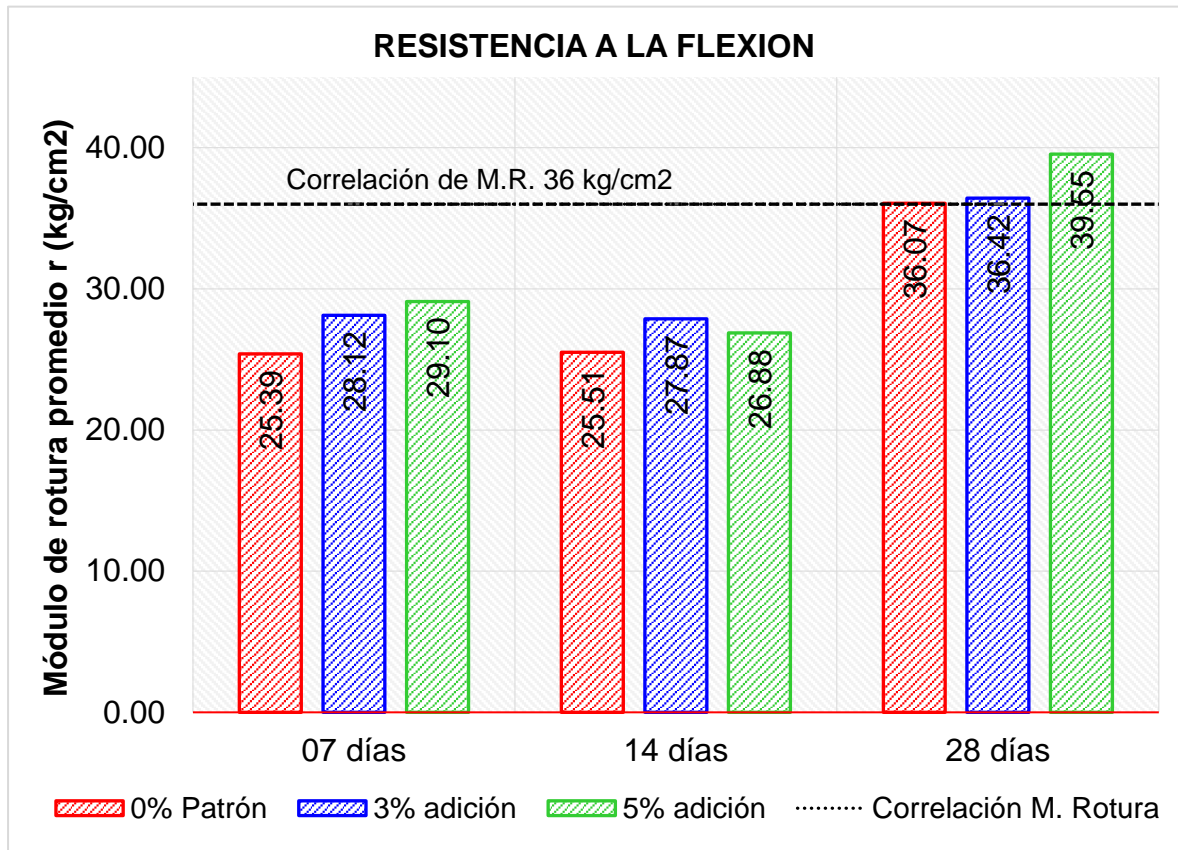


Gráfico 10. Evolución de la resistencia a la flexión de las probetas

Fuente: elaboración propia

Interpretación.

En el **grafico 10** se muestra los resultados del ensayo de la resistencia a la flexión alcanzadas de las muestras con adición de almidón de cebada: 0% patrón, 3% y 5% a diferentes edades, con respecto a la correlación del módulo de rotura R del f'c de diseño, que es de 36 kg/cm². Se obtuvo a los 07 días para la muestra 0% patrón un módulo de rotura R de 25.39 kg/cm² que representa el 70.5%, así mismo con 3% de adición se alcanzó 28.12 kg/cm² que representa el 78.1% y con 5% de adición se llegó a 29.10 kg/cm² con alcance de 80.8%; A la edad de 14 días la muestra 0% patrón alcanzó 25.51 kg/cm² que es el 70.9%, con 3% de adición se obtuvo un módulo de rotura de 27.87 kg/cm² que representa el 77.4% y con 5% de adición se alcanzó 26.88 kg/cm² que es el 74.7%; Finalmente a la edad 28 días con 0% patrón se alcanzó a un módulo e rotura de 36.07 kg/cm² que representa el 100.2%, con 3% de adición se llegó a 36.42 kg/cm² que corresponde al 101.2% y con 5%

de adición se alcanzó un 39.55 kg/cm² que representa 109.%. Los resultados a la edad de 28 días muestran que con 3% de adición se obtiene un incremento de 1.2% y con el 5% de adición 9.9% con respecto al módulo de rotura determinado, que por norma está entre el rango del 10 al 20% de la resistencia a compresión de diseño.

Hipótesis: La incorporación de almidón incide significativamente en resistencia a la flexión de concreto $f'_c=210$ kg/cm² en pavimentos rígidos, Cusco 2021.

Validez: la hipótesis es válida.

V. DISCUSIÓN

Indicador 01: Absorción (%)

Con respecto a los resultados de absorción de concreto en la **tabla 59**, con adición de almidón de cebada de 3% y 5%, queda evidenciada que a las edades iniciales desarrollaron mayor porcentaje de absorción; conforme al tiempo va decreciendo, de manera que a los 28 días difieren en un 0.19% con 3% de adición y 0.79% con 5% de adición con respecto a la muestra patrón. Así mismo en la investigación de Mariluz y Ulloa (2018) llegó a delimitar los resultados de absorción con adición de cenizas volantes de carbón en porcentajes de 0%, 5%, 10% y 20%; donde a la edad de 28 días obtuvo una diferencia de -5.9% con adición de 5% CV, un -14.7% con 10% CV y -23.50% con 20% de adición de CV, en relación a la muestra patrón 0%.

Se puede verificar que los resultados difieren ya que en principio los materiales de adición son diferentes, pero convergen en el estado de adición en forma de polvo, por lo que en ambos casos la capacidad de absorción disminuye, con la diferencia de que con la adición de ceniza volante de carbón decrece en función al porcentaje de adición y a edades más prontas, en cambio con la adición de almidón de cebada el porcentaje de absorción aumenta a edades tempranas disminuyendo según al tiempo.

Indicador 02: Trabajabilidad (cm)

Los resultados de las evaluaciones de asentamiento de concreto en estado fresco, mostrados en la **tabla 60**, evidencia que con la adición de almidón de cebada al 3% incrementa la trabajabilidad en un 28.61%, mientras que con 5% de adición desciende en - 4.20%, en relación al asentamiento de diseño de 3" (7.62 cm).

Balladares y Ramírez (2020) en su investigación, con los ensayos efectuados de asentamiento o Slump, delimito los resultados donde para el concreto convencional 0% de cbca se tiene 4", concreto + 5% de cbca de 4 ½", concreto + 10% de cbca de 4 ¼" y para concreto + 15% de cbca de 4 ¾". En donde con la adición del 5% obtuvo una mejor trabajabilidad con un incremento de 12.50% respecto al resultado en el concreto convencional 0% de cbca. Se puede percibir en los resultados que

con la adición de almidón de cebada se consigue una mejor trabajabilidad del concreto, independientemente del Slump definido en el diseño de mezclas.

Así mismo, Hualancho y Torres (2019), con la adición de fibra de plátano para la elaboración de concreto de 210kg/cm² en porcentajes de 2 %, 3%, 4 % y 5%; llego a tener resultados de consistencia para C- 0% de 4", C- 2% de adición: 3.7", C- 3 % de adición: 3.5", C- 4% de adición: 3.2" y C- 5 % de adición: 2.8 ". Los resultados encontrados en esta tesis, indistintamente del Slump de diseño definido, grafican que no es beneficioso para la trabajabilidad ya que decrece el asentamiento conforme de incrementa los porcentajes de adición. por ende, la adición de almidón cebada sigue siendo una buena alternativa.

Para finalizar se tiene la investigación de Díaz y Fernández (2019) y obtiene resultados de los ensayos de la influencia en la trabajabilidad con la adición de ceniza de cascarilla de café; en donde que, para la muestra: 0% CCC: 4.25 (pulg), 1% CCC: 3.25 (pulg), 2% CCC: 3.0 (pulg), 4% CCC: 2.75 (pulg) y para la muestra 8% CCC: 1.25: (pulg). Se aprecia en los resultados que la trabajabilidad de concreto se ve afectado conforme aumenta el porcentaje de incorporación, por lo que se confirma que con la adición de almidón de cebada se llega a tener una trabajabilidad muy favorable, sumando a ello el uso de este insumo tiene un potencial prometedor como retardante y plastificante de origen natural por excelencia.

Indicador 03: Resistencia a la compresión (kg/cm²)

Según resultados delimitados en los ensayos de resistencia a la compresión con adición de almidón de cebada al 0% patrón, 3% y 5% y de acuerdo con la resistencia de diseño $f'c=210$ kg/cm²; a la edad de 28 días se alcanzó con adición de 0% patrón una resistencia de 210.76 kg/cm² que equivale al 100.36%, con 3% de adición a 217.79 kg/cm² que equivale a 103.71% y con el 5% de adición 223.30 kg/cm² que corresponde al 106.33%.

En cuanto a la investigación de Pérez Nieves (2018), empleando el uso de tecnologías de adición de origen natural a un concreto de resistencia $f'c=210$ kg/cm², se constata los resultados que con la incorporación de 10% de ceniza de tuza de maíz y 5% de ceniza de cola de caballo, a los 28 días alcanzó una resistencia a la compresión de 246.55 kg/cm², logrando un 10.92% superior a las

probetas de la muestra patrón, que llegó a una resistencia de 223.26 kg/cm². Se evidencia que los resultados alcanzados en la investigación con adición de 10% de ceniza de tuza de maíz y 5% de ceniza de cola de caballo fueron más favorables, ya que son adiciones distintas, pero ambos de origen natural y de presentación en polvo.

De tal forma se tiene en la investigación de Evaristo Alberto (2018); los resultados con la adición de la ceniza de viruta de madera tornillo en 1%, 2% y 3%; a la edad de 28 días, el concreto patrón llegó a una resistencia a la compresión de 219.276 kg/cm², con adición al 1% de 237.048 kg/cm², con adición de 2% de 231.924 kg/cm² y con la adición del 3% logró una resistencia de 223.042 kg/cm². En esta investigación también se observa, que los resultados tuvieron mejor desempeño en el aporte a la resistencia a esfuerzos de compresión que el que se obtuvo con la adición de almidón de cebada.

También se tiene la investigación de Terreros y Carvajal (2016) de un concreto convencional adicionando fibra de cáñamo, donde de obtuvo a 28 días el esfuerzo máximo a compresión para concreto convencional de 4013.44 PSI (282.17 kg/cm²) y el esfuerzo máximo a compresión del concreto con fibra de cáñamo 4019.87 PSI (282.63 kg/cm²). Se evidencia en los resultados que con la adición de fibras de cáñamo no se logra obtener resultados prometedores por lo que, frente a lo obtenido con la adición de almidón de cebada, esta tiene mejor desempeño, independientemente del f'_c de diseño considerado.

Así mismo en la tesis de Balladares y Ramírez (2020) con adición de cenizas del bagazo de caña de azúcar a un concreto con resistencia $f'_c=210$ kg/cm²; a los 28 días alcanzo resultados para el concreto convencional con adición de 0% de cbca a 210.8 kg/cm², para 5% de cbca 237.3 kg/cm², para 10% de cbca 226.30 kg/cm² y para 15% de cbca 220.20 kg/cm². Se aprecia en los resultados que con la adición de 5% de cbca llega a incrementar la resistencia en un 13% con respecto al f'_c de diseño. En cuanto con la adición de almidón de cebada al 5% se llega a obtener un incremento de 6.33%; por lo que el uso de las tecnologías de adición de origen natural son una alternativa viable y fiable.

Indicador 04: Resistencia a la flexión (kg/cm²)

Los resultados graficados en la **tabla 62**, de las muestras con adición de almidón de cebada de 0% patrón, 3% y 5%; se obtuvo los resultados de acuerdo a la correlación de esfuerzo de rotura hallada, donde a la edad de 28 días con adición de 0% patrón un alcance del módulo de rotura de 36.07 kg/cm² superando en 0.2% al resultado de la correlación de MR; con 3% de adición se llegó a 36.42 kg/cm² incrementando en 1.2% y con 5% de adición se alcanzó a 39.55 kg/cm² superando el 9.9%. Se concluyó que con el 5% de adición se obtiene resultados favorables, incrementando en 9.9 % con respecto al módulo de rotura definida.

Se tiene en la investigación de Terreros y Carvajal (2016) resultados de los esfuerzos a la flexión de un concreto con adición de fibra de cáñamo, de acuerdo a la correlación teórica del módulo de rotura: 41.83 kg/cm². Se obtuvo para el concreto convencional un resultado que supera en 4.41% (43.67 kg/cm²) y la muestra con adición de cáñamo supero 2.53% (42.89 kg/cm²), obteniéndose el concreto con adición de fibra un alcance de 2.53 % frente al módulo de rotura. Los resultados indican que, en ambos casos, con las adiciones se obtuvieron resultados por encima del módulo de rotura superior al módulo rotura.

Así mismo en la investigación de Vilchez Vela, Guillermo y Vilchez Vela, Roberto (2019) donde se realizó un diseño de concreto con adición de fibras de panca seca de maíz y aditivo SikaCem; a los 28 días de edad se delimito los resultados del ensayo a la resistencia a flexión teniéndose para DP: 47 kg/cm², DA - 0.5: 50 kg/cm², DB - 01: 50 kg/cm², DAT - 0.5: 51 kg/cm², DBT - 01: 54 kg/cm². Se evidencia para este estudio que las dosificaciones con adición, mejora la resistencia a la flexión del concreto. En cuanto a lo obtenido con la adición de almidón, se observa el alejamiento de los resultados ya que la adición de fibras de panca seca de maíz y aditivo SikaCem de naturaleza química incrementa considerablemente, con respecto con la adición de almidón de cebada se llegó a obtener un incremento considerable. por tanto, se concluye que el empleo de las tecnologías de adición de origen natural, aporta favorablemente y garantiza el desarrollo tanto de las propiedades físicas y mecánicas y es viable su uso en obras que requieran mejorar las cualidades del concreto, como es el caso de los proyectos de pavimentaciones rígidas.

VI. CONCLUSIONES

Conclusiones específicas

- Se infiere que la adición de almidón de cebada incide beneficiosamente en la absorción de agua de concreto $f'c=210$ kg/cm² a edades tempranas según la **tabla 59**, de modo que con el avance de los días va descendiendo la capacidad; El contenido óptimo de adición para fines de obtener mayor porcentaje de absorción es de 5%, pudiéndose emplear el 3% por la premura que ofrece en el fraguado similar con la muestra patrón. Se concluye que el uso de almidón es favorable ya que presenta una capacidad de absorción y retención de agua por tiempos más prolongados, y lo hace muy ventajoso para la etapa del curado, donde la realidad de las obras de pavimentación en las expansiones urbanas generalmente no recibe un trato adecuado en cuanto al proceso de curado, por factores de acceso al agua y por la dificultad de la llegada a las zonas.
- Se determinó que la adición de almidón de cebada aporta favorablemente en la trabajabilidad o manejabilidad del concreto en estado fresco, encontrándose un contenido óptimo de adición que es de 3% según la **tabla 60**. Se infiere que el uso del almidón no solo aporta a la trabajabilidad haciéndolo un concreto más plástico, sino que brinda una holgura en el fraguado permitiendo a los operarios realizar con facilidad y adecuadamente el acabado final de la superficie de la losa del pavimento rígido.
- Se delimitó que la adición de almidón de cebada contribuye notablemente en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² llegando a obtenerse como alcance límite de acuerdo con la **Tabla 61** y el **grafico 9** un 6.33% la resistencia a la compresión con respecto a la $f'c$ de diseño con la adición del 5%, siendo el porcentaje de adición óptima.
- Finalizando, se delimitó que la adición de almidón de cebada contribuye considerablemente en la resistencia a la flexión del concreto $f'c=210$ kg/cm², de acuerdo a la **Tabla 62** y el **grafico 10** con el 5% de adición se llegó a un

alcance máximo de 9.9% respecto a la correlación del módulo de rotura, concluyéndose que el 5% de adición es el porcentaje óptimo.

Conclusión general

Se delimito la incidencia de la adición de almidón de cebada, propiciamente en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm² en pavimentos rígidos, teniendo un desempeño adecuado en la trabajabilidad, absorción a edades tempranas, resistencia al compresión y flexión. El porcentaje óptimo de adición de almidón de cebada es del 5%, a excepción del indicador de la trabajabilidad donde el 3% de adición desempeñó un mejor resultado. La adición de almidón en la elaboración de concreto para la construcción de pavimentaciones de calles en las expansiones urbanas, por ser de origen natural, accesible y en abundancia en la región de Cusco lo hace beneficioso, donde no solo aporta favorablemente en las propiedades del concreto, sino que es un aditivo retardante y plastificante natural por excelencia.

VII. RECOMENDACIONES

- Para garantizar entre el tiempo de demora para el fraguado y la absorción de agua del concreto, se recomienda la elección del 3% de adición de almidón de cebada, ya que el fraguado es más rápido a comparación del 5% de adición que toma más tiempo.
- Se sugiere para investigaciones próximas el empleo de adiciones que van desde el 2.5% a 4% y poder encontrar un contenido de adición optima, que permita mejorar aún más la trabajabilidad del concreto.
- En investigaciones futuras se recomienda efectuar ensayos de resistencia a la compresión y resistencia a la flexión a edades superiores de los 28 días, con el objetivo de visualizar la tendencia y el comportamiento del concreto con adición de almidón de cebada.
- En situaciones donde el los tiempos de fraguado no sean de relevancia, y se quiera obtener los mejores resultados del concreto en la resistencia a la flexión, es recomendable tomar el 5% de adición, ya que con este porcentaje el desempeño es más favorable.

REFERENCIAS

- 400.011, Norma Técnica Peruana NTP. 2013.** *AGERGADOS dosificación y clasificación de agregados para usos de morteros y hormigones (concretos)*. Lima : INDECOPI, 2013. I.C.S.: 91.100.30.
- Abanto Castillo, Flavio. 2009.** *TECNOLOGÍA DEL CONCRETO*. Lima : Editorial San Marcos E.I.R.L., 2009. ISBN 978-612-302-060-6.
- Aguilar Coro, Diana I. 2019.** *Variación de la resistencia la compresión de un concreto compactado $f'c=210$ kg/cm² al usar agregado grueso reciclado*. Cajamarca : Universidad Nacional de Cajamarca, 2019.
- ASOCEM. 2016.** www.asocem.org.pe. www.asocem.org.pe. [Online] Septiembre 21, 2016. <http://www.asocem.org.pe/productos-b/pavimentos-de-concreto-estado-de-arte-de-los-pavimentos-en-el-peru>.
- Aureliano Jara, Iván J. 2018.** *Influencia de acero Trefilado y plastificante en el mejoramiento de flexión y comprensión del concreto usado para pavimentos rígidos, Trujillo, 2018*. Trujillo : Universidad Privada del Norte, 2018.
- Balladares Uriarte, Jerry Jefri Luis and Ramírez Villacorta, Yessebel Karolina. 2020.** *Diseño de concreto empleando cenizas de bagazo de caña de azúcar para mejorar la resistencia a compresión, Tarapoto 2020*. Tarapoto : Universidad César Vallejo, 2020.
- Castells, Peter. 2017.** *Investigación y Ciencia* . [Online] 2017. <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/biocarburantes-489/el-almidn-1136>.
- Cellulose nanofibril (CNF) reinforced starch insulating foams.* **YILDRIM, N., et al. 2014.** 2014, Cellulose, p. 21.
- Civilgeeks. 2011.** [civilgeeks](https://civilgeeks.com/). <https://civilgeeks.com/>. [Online] Diciembre 9, 2011. <https://civilgeeks.com/2011/12/09/el-concreto-fast-track-en-reparacion-y-rehabilitacion-de-pavimentos/>.
- Consejería de Fomento, Infraestructuras y Ordenación del Territorio, Secretaría General Técnica. 2019.** *Manual De Control De Calidad De Los Ensayos De Hormigón*. Sevilla, España : s.n., 2019. JAFIOT/ SGT-04-2019.
- Degradación física del almidón de cebada (Hordeum sativum Jess). Correlación entre la gelatinización y el tamaño de gránulos.* **PRIETO, M., et al. 2009.** 2009, Multiciencias, pp. 115-125.
- Degradación física del almidón de cebada (Hordeum sativun Jess). Correlación entre la gelatinización y el tamaño de gránulos.* **PRIETO Méndez, Judith, et al. 2009.** 2, Venezuela : Multiciencias, 2009, redalyc.org, Vol. 9.
- Díaz Vargas, Marisol and Fernández Pérez, Josmar H. 2019.** *Influencia de la adición de ceniza de cascarilla de café en la trabajabilidad y resistencia a compresión del concreto*. Jaén : Universidad Nacional de Jaén, 2019.

Diaz, CARRASCO. 2018. *Metodología de la Investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.* s.l. : Mc Graw-Hill, 2018.

Diseño de mezcla y caracterización físico - mecánica de un concreto de alta resistencia fabricado con cemento. **GIRALDO LOPEZ, Luis Enrique and RAMOS ZÚÑIGA, Yamid Alejandro. 2015.** Santiago de Cali : Universidad Javeriana, 2015.

Efecto de un polímeronatural biodegradable en las propiedades de morteros de cal en stado endurecido. **IZAGUIRRE, A., Lanas, J and ALVAREZ, J. 2011.** 2011, Mater. Construcc, p. 61.

Effect of polysaccharides on the hydration of cement pastes at early ages. **PESCHARD, A., et al. 2004.** 2004, Cem. Concr, p. 34.

Espinoza, Eleonora. 2016. www.bvs.hn/. www.bvs.hn/. [Online] noviembre 2016. [Cited: Mayo Lunes, 2021.] <http://www.bvs.hn/Honduras/UICFCM/SaludMental/UNIVERSO.MUESTRA.Y.MU ESTREO.pdf>.

Estudio de los usos del almidón en la construcción. **Ferrández García, C.E., et al. 2012.** Orihuela, España : Universidad Miguel Hernández, 2012, BioResur, p. 4.

Evaristo Alberto, Franz Matheus. 2018. *Resistencia de concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ con adición de ceniza de viruta de madera - Huaraz- 2017.* Huaraz : Universidad San Pedro, 2018.

GARCIA ALADIN, Maria Fernanda, ORDOÑES SILVA, Luis Mario and LLANO MUÑos, Jose Luis. 2019. *Identificación de fuentes de agregados para pavimentos.* Santiago de Cali, Colombia : Sello Editorial Javeriano, 2019. 9789585119048.

García Luizaga, Juan J. and VARGAS Ledesma, Mario. 2007. *Resistencia de materiales.* Bolivia : Universidad Mayor de San Simón, 2007.

García, M. A. 2018. *Diseño de pavimetos.* México : s.n., 2018.

Hansern, Teodoro. 2005. *Diseño de estructuras de concreto armado.* Lima : Pontificia universidad Católica del Perú, 2005.

HERNÁNDEZ Castillo, María I., et al. 2019. *Aprovechamiento de almidón de cebada de mala calidad para la producción de enzimas amilolíticas por *Aureobasidium pullulans*.* Costa Rica : s.n., 2019.

Hernández Huaripata, Marianelly Del Pilar and RODAS Mendoza, Royder. 2018. *Determinación de las propiedades mecánicas del concreto $F^C 210\text{kg/cm}^2$ para pavimento, adicionando cenizas de caña de azúcar, Moyobamba, San Martín, 2018.* Moyobamba : s.n., 2018.

Hernández Perez, Luis David, et al. 2018. *Resistencia a la compresión del concreto.* 2018.

HERNÁNDEZ-Sampieri, Roberto and MENDOZA Torres, Christian Paulina. 2018. *Metdología de la Investigación Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.* Mexico : McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C. V, 2018.

Herrera Quispe, Carlos and Quispe de la Cruz, Ruth Mariela. 2019. *ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO DEL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO HIDRAULICO REFORZADO CON FIBRAS NATURALES DE AGAVE PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO CON EL METODO MECANISTICO - EMPIRICO.* Huancavelica : s.n., 2019.

Hualancho Paredes, Juan and Torres Morales, Alexsander E. 2019. *Utilización de Cepa de Plátano, como adición en la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del concreto en nuevo chimbote-Santa- Ancash.* Nuevo Chimbote : Universidad Nacional de Santa, 2019.

Lituma Vintimilla, Carlos Manuel. 2018. *Análisis de respuestas mecánicasde los pavimentos rígidos colocados en las vías urbanas del cantón Cuenca.* Ecuador : Universidad de Cuenca, 2018.

Mariluz Pajuelo, Milagros V. and Ulloa Ponce, Javier J. 2018. *Uso de las cenizas volantes de carbón excedentes de la central termoeléctrica ILO21 - Moquegua como adición para mmejorar las propiedades del concreto: Resistencia a la compresión, absorción, manejabilidad y temperatura.* Nuevo Chimbote : Universidad Nacional de Santa, 2018.

Mayta Rojas, Jhonatan Wilson. 2014. *Influencia del aditivo superplastificante en el tiempo de fraguado, trabajabilidad y resistencia mecánica del concreto, en la ciudad de Huancayo.* Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2014.

Mendoza Brito, Isaí. 2012. *Caracterización de soluciones formadoras de películas elaboradas con harina y almidón de cebada.* Yautepec, Morelos : Instituto Politécnico Nacional, 2012.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2016. *Manual De Ensayo De Materiales.* Lima : Diario Oficial "El Peruano", 2016.

MONSALVE ESCOBAR, Lina Mercedes, GIRALDO VASQUEZ, Laura Cristina and MAYA GAVIRIA, Jessyca. 2012. *Diseño De Pavimento Fflexible Y Rigido.* Armenia : Universidad del Quindío, 2012.

Muntané Relat, Jordi. 2010. *Introducción a la Investigación Básica.* Córdoba : RAPD ONLINE, 2010. Vol. 33.

Norma Técnica Peruana de Edificación. 2009. *N.T.E. E.60 CONCRETO ARMADO.* Lima : s.n., 2009.

NTP 229.077 . 2018. *CONCRETO. Métodos de ensayo normalizados para exudación del concreto.* Lima : INDECOPI, 2018.

ORGANIZACIÓN de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1998. *Los almidones tropicales no llegan al mercado.* s.l. : Enfoques, 1998.

Osorio, Jesus David. 2020. GRUPO ARGOS. 360 EN CONCRETO. [Online] 2020. <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/categoria/innovacion-y-tendencias/fast-track-tecnologia-en-los-pavimentos>.

PÉREZ NIEVES, Juan Carlos. 2018. *Resistencia a la comprensión de un concreto $f'c=210$ kg/cm², sustituyendo el cemento por 10% de ceniza de tusa de maíz y 5% de ceniza de cola de caballo.* Chimbote : Universidad San Pedro, 2018.

PREDES Garrido, Deéner Olaví. 2018. "EVALUACIÓN DE UNA LOSA DE CONCRETO PERMEABLE VACIADA. Cjamarca : s.n., 2018.

Production, properties, modification and uses. **VASANTHAN, T., and HOOVER, R. 2009.** 2009, Elsevier, pp. 601-625.

Rivva, E. 2000. *Naturaleza y materiales del concreto.* Lima : s.n., 2000.

Saavedra Vera, Janet Verónica. 2014. *Evaluación del concreto $F'c=210$ KG/CM² a altas temperaturas.* Nuevo Chimbote : Universidad Nacional del Santa, 2014.

Sampieri, Roberto Hernández and Torres, Paulina Mendoza. 2018. *Metodología de la investigación.* México : Mc Graw Will, 2018.

SÁNCHEZ DE GUZMÁN, Diego. 2001. *Tecnología del concreto y del mortero.* Bogota, Colombia : Bhandar Editores, 2001. 9589247040.

Sika Peru S.A. 2011. *Concreto reforzado con fibras.* Lima : s.n., 2011. ISSN-0122-0594.

TERREROS ROJAS, Luis Eduardo and CARVAJAL CORREDOR, Iván Leonardo. 2016. *Análisis de las propiedades mecánicas de un concreto convencional adicionando fibra de cáñamo.* Bogotá : Universidad Católica de Colombia, 2016.

Tupa, Maribel V. 2019. *Modificación organocatalítica de almidón para la obtención sostenible de derivados de alto valor agregado.* Buenos Aires : Universidad de Buenos Aires, 2019.

Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento. **HUAQUISTO, Samuel and BELIZARIO, German. 2018.** 2, Puno : Revista de Investigaciones Altoandinas, 2018, Vol. 20. 2313-2957.

Vilchez Vela , Guillermo Oliver and Vilchez Vela , Roberto Carlos. 2019. *Diseño concreto con adición de fibras secas de maíz para habilitaciones en el Distrito de Villa Maria del Triunfo año 2019.* Lima : Universidad Ricardo Palma, 2019.

ANEXOS

Anexo 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c=210 kg/cm2 en pavimentos rígidos con adición de almidón de Cebada, Cusco 2021.						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
Problema General ¿Cómo incide la adición de almidón de cebada en las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c=210 kg/cm2 en pavimentos rígidos, Cusco 2021?	Objetivo general Conocer la incidencia de la adición de almidón de cebada en las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c 210 kg/cm2 en pavimentos rígidos, Cusco 2021.	Hipótesis general La adición de almidón de cebada incide significativamente en las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c=210 kg/cm2 en pavimentos rígidos, Cusco 2021.	Variable independiente Adición de almidón de cebada	D1: Dosificación de almidón de cebada	<ul style="list-style-type: none"> • 0% (patrón) • 3% • 5% 	Enfoque de investigación: Cuantitativo Tipo de investigación: Aplicado
				D2: Propiedades del almidón de cebada.	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de retención de agua. • Propiedad espesante. 	
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variable dependiente. Propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c=210 kg/cm2 en pavimentos rígidos	D1. Propiedades físicas	<ul style="list-style-type: none"> • Absorción (%) • Trabajabilidad (cm) 	Nivel de investigación: Explicativo Diseño de investigación: Cuasiexperimental
PE1: ¿De qué manera incide la adición de almidón de cebada en la absorción de agua de concreto f'c=210 kg/cm2 en pavimentos rígidos, Cusco 2021? PE2: ¿De qué manera incide la adición de almidón de cebada en la trabajabilidad de concreto f'c=210 kg/cm2 en pavimentos rígidos, Cusco 2021? PE3: ¿De qué manera incide la incorporación de almidón en la resistencia a la compresión de concreto f'c=210 kg/cm2 en pavimentos rígidos, Cusco 2021? PE4: ¿De qué manera incide la incorporación de almidón en la resistencia a la flexión de concreto f'c=210 kg/cm2 en pavimentos rígidos, Cusco 2021?	OE1: Analizar la incidencia de la adición de almidón en la absorción de agua de concreto f'c=210 kg/cm2 en pavimentos rígidos, Cusco 2021. OE2: Analizar la incidencia de la adición de almidón en la trabajabilidad del concreto f'c=210 kg/cm2 en pavimentos rígidos, Cusco 2021. OE3: Analizar la incidencia de la adición de almidón en la resistencia a la compresión de concreto f'c=210 kg/cm2 en pavimentos rígidos, Cusco 2021. OE4: Analizar la incidencia de la adición de almidón en la resistencia a la flexión de concreto f'c=210 kg/cm2 en pavimentos rígidos, Cusco 2021.	HG1: La adición de almidón incide significativamente en la absorción de agua de concreto f'c=210 kg/cm2 en pavimentos rígidos, Cusco 2021. HG2: La incorporación de almidón incide significativamente en la trabajabilidad de concreto f'c=210 kg/cm2 en pavimentos rígidos, Cusco 2021. HG3: La incorporación de almidón incide significativamente en la resistencia a la compresión de concreto f'c=210 kg/cm2 en pavimentos rígidos, Cusco 2021. HG4: La incorporación de almidón incide significativamente en la resistencia a la flexión de concreto f'c=210 kg/cm2 en pavimentos rígidos, Cusco 2021.		D2. Propiedades mecánicas	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a la compresión (kg/cm2) • Resistencia a la flexión (kg/cm2) 	

Anexo 02: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

Propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm² en pavimentos rígidos con adición de almidón de Cebada, Cusco 2021.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala de medición
Variable independiente Adición del almidón de cebada	Mencionan que, "el almidón es un polisacárido insoluble a temperatura ambiente, consistente en unidades de glucosa; el almidón está formado por dos macromoléculas: amilosa y amilopectina; su uso en la construcción se da como aditivos en la fabricación de cemento, paneles de yeso y enlucidos" Ferrández y otros (2012 p. 2).	El almidón de cebada en presentación de polvo es adicionado en diferentes porcentajes en la elaboración de mezcla de concreto $f'c=210$ kg/cm ² .	D1 Dosificación de almidón de cebada	0% patrón 3% 5%	Ficha de laboratorio	De razón
			D2 Propiedades de almidón de cebada	Capacidad de retención de agua Propiedad espesante	Estudios existentes	De razón
Variable dependiente Propiedades físicas y mecánicas de concreto $f'c=210$ kg/cm ² en pavimentos rígidos	El pavimento rígido es una losa de concreto, apoyada sobre una capa de material seleccionado al cual se le conoce como subbase (MONSALVE ESCOBAR, et al., 2012 p. 23). Las propiedades mecánicas del concreto es la capacidad de respuesta del elemento y se manifiesta cuando es aplicado una carga, en cuanto a las propiedades físicas son las que se manifiesta tanto en su estado fresco y endurecido como la plasticidad, absorción, etc.	Se elaboro 54 especímenes para ensayos mecánicos, 03 probetas para ensayo físico y 03 muestras para evaluación de asentamiento, de acuerdo a las consideraciones normativas, donde el almidón de cebada es adicionado e los porcentajes delimitados, para luego someter las muestras a las pruebas correspondientes en diferentes edades. Afecto a ello luego de la evaluación de las muestras se procede a calcular los indicadores.	D1 Propiedades físicas	Absorción (%)	Ficha de laboratorio	De razón
				Trabajabilidad (cm)	Ficha de laboratorio	De razón
			D2 Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Ficha de laboratorio	De razón
				Resistencia a la flexión (kg/cm ²)	Ficha de laboratorio	De razón

Anexo 03: Ficha técnica de validación del indicador - Absorción

	UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	Anexo - 03 FICHA TECNICA DE VALIDACIÓN Nro. 01
---	----------------------------------	---

I. DATOS GENERALES

1.1 TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: Propiedades físicas y mecánicas del concreto $f_c=210$ kg/cm² en pavimentos rígidos con adición de almidón de cebada, Cusco 2021.






1.2 INDICADOR: ABSORCION (%)

1.3 CRITERIOS DE VALIDACIÓN: Nula: > 0.53 Baja: 0.54 - 0.59 Valida: 0.66 - 0.71
Muy valida: 0.66 - 0.71 Exelente:0.72-0.99 Perfecta: 1

II. RESULTADOS DEL INDICADOR

ITEM	MUESTRA	UND.	07 dias	14 dias	28 dias
01	0% Patrón	%	2.52	1.98	1.61
02	3% adición	%	3.07	2.67	1.80
03	5% adición	%	3.60	3.22	2.40

III. VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO POR JUICIO DE EXPERTOS

Nro.	APELLIDOS Y NOMBRES	CIP	FIRMA	CALIFICA
01	Ing. TAPIA INGA, Elizabeth	157724	 Elizabeth Tapia Inga INGENIERO CIVIL CIP 157724	0.98
02	Ing. CONDORI MAR, Dennis	187409	  COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO Ing. Dennis Condori Mar INGENIERO CIVIL CIP 187409	1.0
03	Ing. SANCHEZ RIVERO, Edgar	170060	  COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ Ing. Edgar Sanchez Rivero CIP. 170060	0.90

Lugar y Fecha: Cusco 28 de Mayo de 2021

Anexo 04: Ficha técnica de validación del indicador - Trabajabilidad

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	Anexo - 04 FICHA TECNICA DE VALIDACIÓN Nro. 02
--	---

I. DATOS GENERALES

1.1 TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: Propiedades físicas y mecánicas del concreto $f_c=210$ kg/cm² en pavimentos rígidos con adición de almidón de cebada, Cusco 2021.




1.2 INDICADOR: TRABAJABILIDAD (cm)

1.3 CRITERIOS DE VALIDACIÓN: Nula: > 0.53 Baja: 0.54 - 0.59 Valida: 0.66 - 0.71
 Muy valida: 0.66 - 0.71 Excelente: 0.72 - 0.99 Perfecta: 1

II. RESULTADOS DEL INDICADOR

ITEM	UNIDAD	0% PATRON	3% ADICIÓN	5% ADICIÓN
01	pulg.	3	3 6/7	2 7/8
02	cm.	7.65	9.8	7.3
03	% variación a diseño	0.4%	28.6%	-4.2%

III. VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO POR JUICIO DE EXPERTOS

Nro.	APELLIDOS Y NOMBRES	CIP	FIRMA	CALIFICA
01	Ing. TAPIA INGA, Elizabeth	157724	 Elizabeth Tapia Inga INGENIERO CIVIL CIP 157724	0.97
02	Ing. CONDORI MAR, Dennis	187409	 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO Ing. Dennis Condori Mar INGENIERO CIVIL CIP 187409	1.0
03	Ing. SANCHEZ RIVERO, Edgar	170060	 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ Ing. Edgar Sanchez Rivero CIP. 170060	0.90

Lugar y Fecha: Cusco 28 de Mayo de 2021

Anexo 05: Ficha técnica de validación del indicador - Resistencia a la compresión

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	Anexo - 05 FICHA TECNICA DE VALIDACIÓN Nro. 03
--	---

I. DATOS GENERALES

1.1 TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: Propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c=210 kg/cm2 en pavimentos rígidos con adición de almidón de cebada, Cusco 2021.

1.2 INDICADOR: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm2)



1.3 CRITERIOS DE VALIDACIÓN: Nula: > 0.53 Baja: 0.54 - 0.59 Valida: 0.66 - 0.71
Muy valida: 0.66 - 0.71 Exelente:0.72 -0.99 Perfecta: 1

II. RESULTADOS DEL INDICADOR

Resumen de ensayo a compresión (f'c diseño 210 kg/cm2)

Muestra	07 días		14 días		28 días	
	Resistencia f'c promedio (kg/cm2)	f'c promedio (%)	Resistencia f'c promedio (kg/cm2)	f'c promedio (%)	Resistencia f'c promedio (kg/cm2)	f'c promedio (%)
0% Patrón	146.27	69.65%	180.54	85.97%	210.76	100.36%
3% adición	155.11	73.86%	187.85	89.45%	217.79	103.71%
5% adición	110.56	52.65%	195.30	93.00%	223.30	106.33%

III. VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO POR JUICIO DE EXPERTOS

Nro.	APELLIDOS Y NOMBRES	CIP	FIRMA	CALIFICA
01	Ing. TAPIA INGA, Elizabeth	157724	 Elizabeth Tapia Inga INGENIERO CIVIL CIP 157724	0.98
02	Ing. CONDORI MAR, Dennis	187409	 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU CONSEJO DEPARTAMENTAL Ing. Dennis Condori Mar INGENIERO CIVIL CIP 187409	0.9
03	Ing. SANCHEZ RIVERO, Edgar	170060	 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU Ing. Edgar Sanchez Rivero CIP 170060	0.90

Lugar y Fecha: Cusco 28 de mayo de 2021

Anexo 06: Ficha técnica de validación del indicador – Resistencia a la flexión

	UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	Anexo - 06 FICHA TECNICA DE VALIDACIÓN Nro. 04
---	----------------------------------	---

I. DATOS GENERALES

1.1 TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: Propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm² en pavimentos rígidos con adición de almidón de cebada, Cusco 2021.

1.2 INDICADOR: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (kg/cm²)




1.3 CRITERIOS DE VALIDACIÓN: Nula: > 0.53 Baja: 0.54 - 0.59 Valida: 0.66 - 0.71
Muy valida: 0.66 - 0.71 Excelente: 0.72 - 0.99 Perfecta: 1

II. RESULTADOS DEL INDICADOR

Resumen de ensayo a flexión (correlación M. Rotura 36 kg/cm²)

Muestras	07 días		14 días		28 días	
	Módulo de rotura R (kg/cm ²)	% M.R.	Módulo de rotura R (kg/cm ²)	% M.R.	Módulo de rotura R (kg/cm ²)	% M.R.
0% Patrón	25.39	70.5%	25.51	70.9%	36.07	100.2%
3% adición	28.12	78.1%	27.87	77.4%	36.42	101.2%
5% adición	29.10	80.8%	26.88	74.7%	39.55	109.9%

III. VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO POR JUICIO DE EXPERTOS

Nro.	APELLIDOS Y NOMBRES	CIP	FIRMA	CALIFICA
01	Ing. TAPIA INGA, Elizabeth	157724	 Elizabeth Tapia Inga INGENIERO CIVIL CIP 157724	0.99
02	Ing. CONDORI MAR, Dennis	187409	 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO Ing. Dennis Condori Mar INGENIERO CIVIL CIP 187409	0.95
03	Ing. SANCHEZ RIVERO, Edgar	170060	 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ Ing. Edgar Sanchez Rivero CIP 170060	0.90

Lugar y Fecha: Cusco 28 de Mayo de 2021

Anexo 07: Certificados de calibración del equipo de ensayo



LABORATORIO DE METROLOGÍA
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN – LABORATORIO DE FUERZA
Calibration Certificate – Laboratory of Force

OBJETO DE PRUEBA: Instrument	MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN 1 000 kN	Pág. 1 de 3
Rangos Measurement range		
FABRICANTE Manufacturer	PINZUAR LTDA.	
Modelo Model	PC-165 (INDICADOR) / PC-180 (MARCO)	
Serie Identification number	150 (INDICADOR) / 106 (MARCO)	
Ubicación de la máquina Location of the machine	LAB. DE SUELOS Y CONCRETO DE ASET INGENIERIA S.R.L	
Norma de referencia Norm of used reference	NTC – ISO 7500 – 1 (2007 – 07 – 25)	
Intervalo calibrado Calibrated interval	Del 10% al 100% del Rango	
Solicitante Customer	ASET INGENIERIA S.R.L	
Dirección Address	MZA. B LOTE. 5 APV. MIGUEL GRAU CUSCO - SAN SEBASTIAN	
Ciudad City	CUSCO	
PATRON(ES) UTILIZADO(S) Measurement standard		
Tipo / Modelo Type / Model	T71P / ZSC	
Rangos Measurement range	150 tn	
Fabricante Manufacturer	OHAUS / KELI	
No. serie Identification number	B504530209 / 5M56609	
Certificado de calibración Calibration certification	Nº INF – LE – 315 – 20	
Incertidumbre de medida Uncertainty of measurement	0.060 %	
Método de calibración Method of calibration	Comparación Directa	
Unidades de medida Units of measurement	Sistema Internacional de Unidades (SI)	
FECHA DE CALIBRACIÓN Date of calibration	2020 – 10 – 14	
FECHA DE EXPEDICIÓN Date of issue	2020 – 10 – 27	

NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS
Number of pages of this certificate and documents attached

3

FIRMAS AUTORIZADAS
Authorized Signatures


Téc. Glicerio Huayán Poquioma
Responsable Laboratorio de Metrología





LABORATORIO DE METROLOGÍA
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO 301-2020 GLF
Pág. 2 de 3

Método de Calibración: FUERZA INDICADA CONSTANTE
Tipo de Instrumento: MÁQUINA ELÉCTRICA DIGITAL PARA ENSAYOS DE CONCRETO

DATOS DE LA CALIBRACIÓN

Dirección de la Carga: COMPRESIÓN Resolución: 0.02 kN
Series de medición: Indicación del Patrón

Indicación de la Máquina		Series de medición: Indicación del Patrón				
%	kN	1 (ASC) kN	2 (ASC) kN	2 (DESC) No Aplica	3 (ASC) kN	4 (ASC) No Aplica
10	100.0	100.02	100.16		100.43	
20	200.0	199.82	199.43		199.16	
30	300.0	299.97	299.82		299.46	
40	400.0	399.65	399.72		399.16	
50	500.0	499.81	499.18	No Aplica	500.12	No Aplica
60	600.0	599.05	599.16		600.08	
70	700.0	701.53	700.84		700.16	
80	800.0	799.70	799.92		799.86	
90	900.0	899.89	899.56		899.17	
100	1000.0	1001.15	1001.28		1000.97	
Indicación después de Carga:		0.00	0.00		0.00	No Aplica

RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN

Indicación de la Máquina		Errores Relativos Calculados				Resolución	Incertidumbre
%	kN	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Accesorios Acces. (%)	Relativa a (%)	Relativa U± (%) k=2
10	100.0	-0.20	0.41			0.020	0.250
20	200.0	0.27	0.33			0.010	0.204
30	300.0	0.08	0.17			0.007	0.122
40	400.0	0.12	0.14			0.005	0.112
50	500.0	0.06	0.19	No Aplica	No Aplica	0.004	0.130
60	600.0	0.10	0.17			0.003	0.129
70	700.0	-0.12	0.20			0.003	0.132
80	800.0	0.02	0.03			0.003	0.084
90	900.0	0.05	0.08			0.002	0.084
100	1000.0	-0.11	0.03			0.002	0.084
Error Relativo de Cero fo (%)		0.00	0.00	0.00	0.00	No Aplica	

Técnico de Calibración: Gilmer Huamán Poquioma

CONDICIONES AMBIENTALES

La calibración se realizó bajo las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Mínima: 20.1 °C Humedad Mínima: 39.0 %Hr
Temperatura Máxima: 20.6 °C Humedad Máxima: 39.0 %Hr





LABORATORIO DE METROLOGÍA
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO 301-2020 GLF
Pág. 3 de 3

CLASIFICACIÓN DE MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

Errores relativos absolutos máximos hallados					
Exactitud q(%)	Repetibilidad b(%)	Reversibilidad v(%)	Accesorios aces(%)	Cero fe(%)	Resolución a(%) en el 20%
0,27	0,33	No Aplica	No Aplica	0,00	0,010

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma técnica Peruana NTC-ISO 7500-1, la máquina de ensayos se clasifica: **CLASE 0.5 Desde el 20%**

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento de calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables de SI calibrados en las instituciones del LEDI-PUCP tomando como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción / compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza" – Julio 2006.

PATRONES DE REFERENCIA

El laboratorio de Metrología de G & L LABORATORIO S.A.C. asegura el mantenimiento y la trazabilidad de nuestra Celda de Carga HBM, #Serie: B504530209 / 5M56609, Patrón utilizado Celda de carga de 150 t. con incertidumbre del orden de 0,060 % con INFORME TÉCNICO LEA – PUCP, INF – LE – 315 – 20.

OBSERVACIONES

- Se realizó una inspección general de la máquina encontrándose en buen estado de funcionamiento
- Los certificados de calibración sin las firmas no tienen validez .
- El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre las verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (NTC-ISO 7 500-1)
- "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (NTC-ISO 7 500-1)
- Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
- Los resultados contenidos parcialmente en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.
- La calibración se realizó bajo condiciones establecidas en la NTC-ISO 7 500 - 1 de 2007, numeral 6,4,2. La cual especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10 °C y 35 °C; con una variación máxima de 2 °C durante cada serie de medición.
- Se adjunta con el certificado la estampilla de calibración No. 301-2020 GLF

FIRMAS AUTORIZADAS

SUPERVISOR

LABORATORIO

Téc. **Gilmer A. Nuñez Poquioma**
Responsable Laboratorio de Metrología

