

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS

**INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ALMIDÓN DE MAÍZ CON 1.25 % DE
SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS
DEL CONCRETO**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR

**AQUILES SANTOS CARBAJAL
ID: 0009-0001-5727-5908**

ASESOR

**Ing. RAFAEL CACHAY HUAMÁN
ID: 0009-0001-6544-8493**

**LIMA- PERÚ
2024**

© 2024, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados

“El autor autoriza a la UNI a reproducir la Tesis en su totalidad o en parte, con fines estrictamente académicos.”

Santos Carbajal Aquiles

Aquiles.santos.c@uni.pe

957165543

ÍNDICE

Resumen	4
Abstract.....	5
Prólogo.....	6
Lista de tablas.....	7
Lista de figuras	9
Lista de símbolos	11
Capítulo I: Introducción.....	12
1.1. Generalidades	12
1.2. Descripción e identificación del problema	12
1.2.1. Planteamiento de la realidad problemática.....	12
1.2.2. Justificación del estudio	15
1.2.3. Formulación del problema.....	16
1.3. Objetivos	16
1.3.1. Objetivo general de la tesis	16
1.3.2. Objetivos específicos de la tesis	16
1.4. Hipótesis.....	17
1.4.1. Hipótesis general	17
1.4.2. Hipótesis específicas	17
1.5. Antecedentes referenciales	17
1.5.1. Internacionales.....	17
1.5.2. Nacionales	21
1.5.3. Locales	22
1.6. Metodología.....	22
1.6.1. Tipo de investigación	23
1.6.2. Nivel de investigación	23
1.6.3. Diseño de la investigación.....	23

1.6.4. Población	25
1.6.5. Muestra.....	27
1.6.6. Técnicas e instrumentos	29
1.6.7. Variables y matriz	29
Capítulo II: Marco teórico y conceptual	31
2.1. Marco teórico.....	31
2.1.1. Materiales sostenibles.....	31
2.1.2. Propiedades de los agregados.....	32
2.1.3. Propiedades físicas del concreto.....	45
2.1.4. Propiedades mecánicas del concreto.....	48
2.1.5. Diseño de mezcla	55
2.1.6. Análisis estadístico y prueba de hipótesis	63
2.2. Marco conceptual	68
2.2.1. Aditivos del concreto	68
2.2.2. Almidón de maíz y otros tipos de harinas.....	68
2.2.3. Superplastificante	70
2.2.4. Concreto	71
2.2.5. Desarrollo sostenible.....	76
2.2.6. Concreto sostenible	76
Capítulo III: Ensayos físicos del concreto	77
3.1. Ensayos preliminares	77
3.1.1. Propiedades de los agregados.....	77
3.1.2. Diseño de mezcla método bolomey	84
3.2. Ensayo del asentamiento del concreto	93
3.2.1. Resultados del ensayo del asentamiento del concreto.....	94
3.3. Ensayo de la densidad del concreto	95
3.3.1. Resultados del ensayo de la densidad del concreto.....	95
Capítulo IV: Ensayos mecánicos del concreto	97

4.1.	Ensayo de resistencia a la compresión	97
4.1.1.	Resultados del ensayo a la compresión del concreto.....	98
4.2.	Ensayo de resistencia a la flexión	100
4.2.1.	Resultados del ensayo a la flexión del concreto.....	101
4.3.	Ensayo de resistencia a la tracción	103
4.3.1.	Resultados del ensayo a la tracción del concreto.....	103
Capítulo V: Discusión de resultados.....		106
5.1.	Análisis de ensayos físicos	106
5.1.1.	Análisis del ensayo del asentamiento.....	106
5.1.2.	Análisis del ensayo de la densidad	108
5.2.	Análisis de los ensayos mecánicos.....	111
5.2.1.	Análisis del ensayo de compresión	111
5.2.2.	Análisis del ensayo de flexión	116
5.2.3.	Análisis del ensayo de tracción	121
Conclusiones		126
Recomendaciones		130
Referencias bibliográficas		132
Anexos		135

RESUMEN

El concreto es un material de construcción ampliamente utilizado debido a sus valiosas propiedades mecánicas, pero su producción conlleva un alto consumo de cemento, lo que contribuye significativamente a las emisiones de carbono debido al considerable consumo energético. En respuesta a esta problemática, se estuvo buscando materiales sostenibles que sustituyan al cemento, por lo que se consideró el almidón como un potencial sustituto del cemento, dada su amplia disponibilidad y facilidad de obtención a nivel mundial. Estudios previos exploraron la sustitución completa del cemento por almidón, encontrando una reducción en la resistencia a la compresión cuando se sustituyó el 100 % del cemento. Además, se investigó el almidón como adición en el concreto, comprobando su capacidad de degradación mediante análisis de poros y en otros estudios se encontraron limitaciones en la trabajabilidad del concreto con porcentajes elevados de almidón. Sin embargo, todavía no se ha encontrado un concreto donde se reemplace el cemento con almidón y se obtengan propiedades similares al concreto tradicional, tampoco hay estudios sobre el tiempo de degradación o la exposición del concreto con almidón a condiciones reales. Por lo que en este estudio se centró en la sustitución parcial del cemento por almidón de maíz en proporciones del 2 %, 4 % y 6 % del peso del cemento, junto con un 1,25 % constante de superplastificante. El objetivo fue comparar estas mezclas con un concreto sin aditivo para evaluar las propiedades físicas y mecánicas del concreto. Se realizaron diversos ensayos en laboratorio para medir la fluidez, densidad, resistencia a la compresión, flexión y tracción del concreto. Los resultados mostraron que la adición de almidón de maíz hasta un 4 % del peso del cemento, junto con el superplastificante, tuvo un efecto positivo en la trabajabilidad y en la resistencia a la compresión. Sin embargo, la resistencia a la flexión disminuyó significativamente con la adición del 6 % de almidón de maíz, mientras que la resistencia a la tracción mostró decrementos menores, pero no significativos. En conclusión, el almidón de maíz demostró ser un material sostenible y prometedor como sustituto parcial del cemento hasta un 4 % del peso del cemento con un 1,25 % de superplastificante. Se sugirió explorar otras dosificaciones para optimizar las propiedades del concreto.

Palabras claves: Almidón de Maíz, Superplastificante, Densidad, Trabajabilidad Resistencia a la Compresión, Resistencia a la Tracción, Resistencia a la flexión.

ABSTRACT

Concrete is a widely used construction material due to its valuable mechanical properties, but its production involves high cement consumption, which contributes significantly to carbon emissions due to considerable energy consumption. In response to this problem, we were looking for sustainable materials to replace cement, which is why starch was considered as a potential substitute for cement, given its wide availability and ease of obtaining worldwide. Previous studies explored the complete replacement of cement with starch, finding a reduction in compressive strength when 100 % of the cement was replaced. In addition, starch was investigated as an addition to concrete, checking its degradation capacity through pore analysis and in other studies limitations were found in the workability of concrete with high percentages of starch. However, a concrete has not yet been found where cement is replaced with starch, and properties similar to traditional concrete are obtained, nor are there studies on the degradation time or the exposure of concrete with starch to real conditions. Therefore, this study focused on the partial replacement of cement with corn starch in proportions of 2 %, 4 % and 6 % of the weight of the cement, along with a constant 1,25 % of superplasticizer. The objective was to compare these mixtures with concrete without additives to evaluate the physical and mechanical properties of the concrete. Various laboratory tests were carried out to measure the fluidity, density, compressive strength, bending and traction of the concrete. The results showed that the addition of corn starch up to 4 % of the weight of the cement, together with the superplasticizer, had a positive effect on workability and compressive strength. However, the flexural strength decreased significantly with the addition of 6 % corn starch, while the tensile strength showed smaller, but not significant, decreases. In conclusion, corn starch proved to be a sustainable and promising material as a partial cement substitute up to 4 % of the cement weight with 1,25 % superplasticizer. It was suggested to explore other dosages to optimize the properties of the concrete.

Keywords: Corn Starch, Superplasticizer, Density, Workability, Compressive Strength, Tensile Strength, Flexural Strength.

PRÓLOGO

En un mundo en constante evolución, la construcción de infraestructuras sostenibles es esencial para el desarrollo de nuestras sociedades. El concreto es uno de los materiales de construcción más utilizados por su resistencia, durabilidad y versatilidad. La innovación en la industria de la construcción es clave para mejorar las propiedades del concreto y hacerlo más eficiente, ecológico y económicamente viable. La investigación y experimentación son cruciales para descubrir nuevos materiales y técnicas que mejoren el concreto tradicional. Esta tesis estudia la influencia del almidón de maíz en las propiedades físicas y mecánicas del concreto. El almidón de maíz, un polímero natural ampliamente disponible, puede mejorar significativamente el concreto debido a sus características particulares. El objetivo principal es explorar cómo la inclusión de almidón de maíz afecta las propiedades del concreto. A través de un riguroso análisis experimental, se busca identificar la interacción del almidón de maíz con los componentes del concreto y su influencia en el comportamiento final.

Para alcanzar estos objetivos, se realizaron diversas pruebas y experimentos con metodologías científicas sólidas que aseguran resultados confiables y reproducibles. La tesis se organiza en capítulos que incluyen una revisión exhaustiva de la literatura, una descripción detallada de los procedimientos experimentales y un análisis de los resultados obtenidos. Agradecemos a nuestros asesores por su experiencia y orientación, así como a todas las personas que contribuyeron a esta tesis. Esperamos que nuestros hallazgos sean un aporte valioso para la comunidad académica y la industria de la construcción, promoviendo el desarrollo de materiales más eficientes y ecológicos. También aspiramos a que este estudio inspire nuevas investigaciones y fomente la innovación en aquellos interesados en mejorar y construir un futuro más sostenible. Presentamos los resultados de esta tesis con la esperanza de que sus conclusiones sean útiles para el avance del conocimiento en esta área y contribuyan al progreso de la ingeniería civil y la construcción.

Asesor

LISTA DE TABLAS

Tabla N°1: Características de aceptación los ingredientes de mezcla	26
Tabla N°2: Características de exclusión de los ingredientes de mezcla.....	26
Tabla N°3: Muestras para el ensayo de compresión.....	27
Tabla N°4: Muestras para el ensayo de flexión.....	27
Tabla N°5: Muestras para el ensayo de tracción.....	28
Tabla N°6: Muestras para el ensayo de trabajabilidad	28
Tabla N°7: Muestras para el ensayo de densidad.....	28
Tabla N°8: Matriz de Consistencia.....	30
Tabla N°9: Resumen de normativas usadas para los ensayos	32
Tabla N°10: Abertura de los tamices para el agregado fino	33
Tabla N°11: Cantidad mínima de las muestras de agregado grueso	39
Tabla N°12: Abertura de los tamices para la granulometría	40
Tabla N°13: Peso mínimo de las muestras para los ensayos	43
Tabla N°14: Asentamiento para diversos tipos de estructuras	56
Tabla N°15: Cantidad de agua por m ³ para tamaños máximos.....	57
Tabla N°16: Corrección de la cantidad de agua en la mezcla	58
Tabla N°17: Contenido de aire atrapado.....	58
Tabla N°18: Coeficiente empírico para el método de Bolomey	60
Tabla N°19: Compuestos químicos del cemento	73
Tabla N°20: Porcentajes de intervención de los compuestos químicos.....	73
Tabla N°21: Valores máximos de sustancias disueltas	75
Tabla N°22: Análisis granulométrico del agregado fino	78
Tabla N°23: Análisis granulométrico del agregado grueso.....	80
Tabla N°24: Porcentaje de humedad del agregado fino	81
Tabla N°25: Porcentaje de humedad del agregado grueso.....	82
Tabla N°26: Peso unitario seco compactado del agregado fino	82
Tabla N°27: Peso unitario seco compactado del agregado grueso	83
Tabla N°28: Peso específico y absorción del agregado fino	83
Tabla N°29: Pesos específicos y absorción del agregado grueso.....	84
Tabla N°30: Propiedades de las características de los agregados.....	84
Tabla N°31: Curva de Bolomey.....	88

Tabla N°32: Diseño seco y corregido de los componentes	92
Tabla N°33: Dosificación de concreto para 108 muestras.....	92
Tabla N°34: Resultados del asentamiento del concreto	94
Tabla N°35: Resultados de la densidad del concreto.....	96
Tabla N°36: Promedio de resistencias a la compresión a los 7 días	98
Tabla N°37: Promedio de resistencias a la compresión a los 14 días	99
Tabla N°38: Promedio de resistencias a la compresión a los 28 días	99
Tabla N°39: Promedio de resistencias de la flexión a los 7 días	101
Tabla N°40: Promedio de resistencias a la flexión a los 14 días	101
Tabla N°41: Promedio de resistencias a la flexión a los 28 días	102
Tabla N°42: Promedio de resistencias a la tracción a los 7 días	104
Tabla N°43: Promedio de resistencias a la tracción a los 14 días	104
Tabla N°44: Promedio de resistencias a la tracción a los 28 días	105
Tabla N°45: Resultados del asentamiento del concreto.....	106
Tabla N°46: Pasos de la prueba de hipótesis del asentamiento.....	107
Tabla N°47: Prueba la prueba de hipótesis del asentamiento del concreto.....	108
Tabla N°48: Resultados de la densidad del concreto.....	109
Tabla N°49: Pasos para la prueba de hipótesis de la densidad del concreto	110
Tabla N°50: Prueba de la prueba de hipótesis de la densidad del concreto.....	110
Tabla N°51: Resistencias a la compresión a los 7 días.....	111
Tabla N°52: Resistencias a la compresión a los 14 días.....	112
Tabla N°53: Resistencias a la compresión a los 28 días.....	113
Tabla N°54: Pasos de la prueba de hipótesis de la compresión.....	114
Tabla N°55: Prueba de hipótesis para la compresión del concreto	115
Tabla N°56: Resistencias a la flexión a los 7 días.....	116
Tabla N°57: Resistencias a la flexión a los 14 días.....	117
Tabla N°58: Resistencias a la flexión a los 28 días.....	118
Tabla N°59: Pasos de la prueba de hipótesis a flexión	119
Tabla N°60: Prueba de hipótesis de la flexión del concreto	120
Tabla N°61: Resistencias a la tracción los 7 días.....	121
Tabla N°62: Resistencias a la tracción a los 14 días.....	122
Tabla N°63: Resistencias a la tracción a los 28 días.....	123
Tabla N°64: Pasos de la prueba de hipótesis a la tracción	124
Tabla N°65: Prueba de hipótesis de la tracción del concreto	125

LISTA DE FIGURAS

Figura N°1: Diagrama de flujo de ensayos.....	25
Figura N°2: Instrumento para el ensayo de consistencia	47
Figura N°3: Diagrama de resistencia a la compresión	50
Figura N°4: Diagrama de un dispositivo para ensayar a flexión vigas.....	52
Figura N°5: Diagrama de un dispositivo para ensayar a tracción vigas.....	54
Figura N°6: Zona de no rechazo hipótesis de dos colas	66
Figura N°7: Zona de no rechazo hipótesis de una cola.....	67
Figura N°8: Almidón de maíz en bolsas de 24 kg.....	70
Figura N°9: Aditivo superplastificante	70
Figura N°10: Componentes del concreto	72
Figura N°11: Cemento Sol utilizado para la mezcla	74
Figura N°12: Cantera gloria carretera central.....	75
Figura N°13: Cantera la Merced en Huachipa.....	76
Figura N°14: Ensayo de granulometría del agregado fino.....	77
Figura N°15: Curva granulométrica del agregado fino	79
Figura N°16: Ensayo de la granulometría del agregado grueso	79
Figura N°17: Curva granulométrica del agregado grueso	81
Figura N°18: Preparación de la mezcla en el trompo	93
Figura N°19: Asentamiento del concreto.....	94
Figura N°20: Peso de la probeta.....	95
Figura N°21: Curado de los especímenes de concreto	97
Figura N°22: Ensayo de compresión del concreto	97
Figura N°23: Máquina de ensayo a flexión	100
Figura N°24: Máquina de tracción.....	103
Figura N°25: Trabajabilidad del concreto	107
Figura N°26: Densidad del concreto	109
Figura N°27: Comparación a la compresión a los 7 días del concreto	112
Figura N°28: Comparación a la compresión a los 14 días del concreto	113
Figura N°29: Comparación a la compresión a los 28 días del concreto	114
Figura N°30: Comparación a la flexión a los 7 días del concreto	117
Figura N°31: Comparación a la flexión a los 14 días del concreto	118

Figura N°32: Comparación a la flexión a los 28 días del concreto	119
Figura N°33: Comparación a la tracción a los 7 días del concreto	122
Figura N°34: Comparación a la tracción a los 14 días del concreto	123
Figura N°35: Comparación a la tracción a los 28 días del concreto	124

LISTA DE SÍMBOLOS

- A: Arena
- Ag: Agua
- A/C: Relación Agua/Cemento
- C: Cemento
- CA: Concreto con aditivo
- CH: Contenido de Humedad
- CP: Concreto Patrón
- Lp: Longitud de la probeta
- M: Muestra
- MF: Módulo de Finura
- NTP: Norma Técnica Peruana
- P: Piedra
- PE: Peso Específico
- PU: Peso Unitario
- PUC: Peso Unitario Compactado
- PUS: Peso Unitario Suelto
- P/A: Piedra/Arena
- TM: Tamaño Máximo
- TMN: Tamaño Máximo Nominal
- T: T estadístico
- Tc: T crítico
- H0: Hipótesis nula
- H1: Hipótesis alternativa
- P: Patrón
- MF: Módulo de fineza
- SSS: Saturada superficialmente seca
- GI: Grados de libertad
- MFBn: Módulo de Fineza de Bolomey

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES

En este apartado, se introduce el tema de investigación y se proporciona una breve descripción de la problemática que aborda la tesis. Es importante destacar la importancia de estudiar las propiedades del concreto y la relevancia del uso de almidón de maíz como adición. Aquí se menciona el propósito general de la tesis y los objetivos específicos que se persiguen.

1.2. DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Planteamiento de la Realidad Problemática

1.2.1.1. Local

Espinoza y Pipa (2021) menciona que, en la última década, ha surgido una creciente preocupación por el deterioro del medio ambiente causado por la actividad humana. El aumento en la demanda de construcciones ha llevado a un uso indiscriminado del concreto en estructuras de diferentes tamaños, lo que ha resultado en consecuencias negativas para el medio ambiente debido a la producción de concreto. Por lo tanto, se ha reconocido la necesidad de ideas innovadoras, la reutilización de ciertos elementos y la búsqueda de un concreto eco-amigable que cumpla con los estándares exigidos por las normas, con resistencias adecuadas y características propias, para satisfacer las demandas de los diversos proyectos y, al mismo tiempo, proteger nuestro medio ambiente. En este contexto, los residuos de cerámica utilizados como agregado adquieren relevancia, ya que se pueden utilizar en todo tipo de estructuras y construcciones debido a su naturaleza multipropósito.

Aguilar (2020) Muestra en un estudio de materiales geopoliméricos como alternativa al cemento en la construcción sostenible en Perú, se enfocó en el desarrollo de materiales geopoliméricos, que son una alternativa al cemento convencional en la construcción. Se evaluaron las propiedades técnicas, la resistencia y el impacto ambiental de estos materiales en el contexto peruano. El proyecto permitirá la exploración de nuevas áreas de investigación enfocadas en el desarrollo de

soluciones de construcción sostenible que utilicen materiales de bajo costo o residuales que contengan altos niveles de sílice y alúmina.

INEI (2023) afirma que la producción de concreto a través de la industria implica el consumo de grandes cantidades de recursos no renovables, lo que resulta en la emisión de una carga contaminante significativa para el medio ambiente. Además, las demoliciones generan escombros, lo cual se convierte en un problema, especialmente en ciudades en crecimiento como la nuestra. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI, en el 2023, el sector de la construcción experimentó un crecimiento considerable de 22,38 %, lo que resalta aún más la magnitud de este problema.

1.2.1.2. Nacional

Constructivo (2021) muestra dos ejemplos de cómo el uso de aditivos tiene un impacto en la sostenibilidad. El cemento puede ser reemplazado con aditivos que actúan como materiales cementantes, mejorando las propiedades del concreto, como la resistencia a la compresión. El primer ejemplo muestra cómo el aditivo superplastificante puede reducir la cantidad de agua y también la cantidad de cemento (kg/m^3) que se usa en el diseño del concreto. Al mantener la relación agua/cemento, se obtiene la misma relación de fuerza con una menor cantidad de cemento, promoviendo así un uso más eficiente de los recursos. El segundo ejemplo combina el uso de un superplastificante y un acelerante de fraguado. Al inicio se parte de una proporción de cemento y agua, y tras añadir el superplastificante, hay una reducción tanto del agua como del cemento necesarios. La cantidad de cemento extraído se reemplaza con cenizas volantes, mejorando el rendimiento del concreto y promoviendo prácticas más sostenibles al utilizar materiales alternativos y reducir la dependencia del cemento.

Gonzales y Saldaña (2020) muestran los impactos de la empresa de cementos Pacasmayo en los sectores Los Pinos, El Milagro y 28 de Julio como un enfoque en seguridad, salud y calidad del aire. El sector Los Pinos ha mostrado un nivel de importancia severo en los impactos de seguridad y salud, con una ponderación de -50 en cuanto al daño a viviendas y población, y una valoración de -52 en el deterioro de la salud de los colaboradores. Asimismo, se ha encontrado un impacto negativo

en el componente físico del aire, con una valoración de -55 de tipo severo. En el sector El Milagro, se han identificado impactos igualmente negativos en el componente de seguridad y salud, con una valoración de -50 y -52 en nivel de importancia severo. Por último, en el sector 28 de Julio se ha encontrado un impacto similar al del sector El Milagro en cuanto a seguridad y salud, con el mismo nivel de importancia severo.

1.2.1.3. Internacional

BBC (2018) explica que el cemento está compuesto principalmente de cal, sílice y óxidos de aluminio y hierro. Su producción requiere altas temperaturas y consume grandes cantidades de energía, lo que resulta en un uso intensivo de combustibles fósiles. La industria del cemento solo es superada en impacto por las industrias de los combustibles fósiles y la explotación de la tierra. Según el CSI (Iniciativa de la Sostenibilidad del Cemento), la industria debe enfocarse en asuntos como la explotación de recursos naturales y la salud de los trabajadores. A diferencia de otras industrias, como la de los combustibles fósiles que pueden ser reemplazados por la electricidad, el cemento aún no tiene sustitutos viables. Sin embargo, su consumo sigue en aumento, especialmente en China. En este contexto, reducir el uso del cemento en la construcción es un paso importante hacia la sostenibilidad, ya que disminuye la demanda de estos recursos intensivos y promueve prácticas más responsables y conscientes con el medio ambiente.

Borsani (2011) explica que uno de los sectores que demanda una gran cantidad de materiales es la industria de la construcción. Tanto los edificios como las infraestructuras consumen entre el 45 % y el 60 % de los materiales extraídos de la corteza terrestre entre el cemento, agregados y el consumo del agua. Los edificios que construimos requieren grandes cantidades de materiales, que pueden llegar a pesar hasta 2500 kg por metro cuadrado, provenientes de diferentes fuentes y con diversas funciones. La extracción, transformación y disposición de estos materiales al final de su vida útil representa una parte significativa del impacto ambiental global de nuestra sociedad. En vista de este panorama, el desafío al que se enfrenta la sociedad en su conjunto es claro: reducir los impactos ambientales y concentrar los esfuerzos en la creación de hábitats urbanos sostenibles. Los proyectos arquitectónicos deben considerar todos estos aspectos, y tanto los diseñadores como los constructores deben asumir la responsabilidad ambiental que conlleva su

profesión, buscando siempre reducir el uso de materiales intensivos en recursos y promoviendo prácticas más sostenibles y responsables.

1.2.2. Justificación del Estudio

El uso de materiales novedosos, ecológicos y renovables que puedan mejorar las propiedades mecánicas y físicas que requiere el concreto de acuerdo con las normativas resulta importante porque permite encontrar nuevos elementos sostenibles y de más bajo costo que eviten problemas actuales en la industria de la construcción como la sobreexplotación de los recursos naturales en el Perú.

El estudio sobre el reemplazo parcial del cemento con almidón natural en la mezcla de concreto surge de la necesidad de explorar alternativas sostenibles y ecológicas en la industria de la construcción. El almidón, utilizado en diversas aplicaciones industriales debido a sus propiedades como espesante, estabilizador y agente gelificante, ha demostrado su versatilidad y eficacia en el control de la consistencia de productos manufacturados, así como en la producción de edulcorantes y polígonos (Miller y Hubber, 2011). Además, su aplicación en la industria del plástico para producir plásticos biodegradables resalta su potencial como materia prima sostenible (Wang, 1998).

En la industria de la construcción, el almidón se ha empleado como aglutinante en bloques de hormigón, tableros de yeso resistentes al fuego, adhesivos para madera contrachapada y aglomerado, y como relleno de pintura. Estas aplicaciones sugieren que el almidón puede contribuir a las propiedades de cohesión y durabilidad en materiales de construcción (Satín, 1998).

La inspiración para utilizar almidón natural proviene también de su aplicación exitosa en la porcelana fría, un material conocido por su resistencia y biodegradabilidad. Esto sugiere que el almidón podría aportar beneficios similares cuando se incorpora al concreto, como mejoras en la trabajabilidad y potenciales propiedades biodegradables, que podrían ser ventajosas en aplicaciones específicas.

La falta de investigaciones previas sobre el uso del almidón como reemplazo parcial del cemento también subraya la necesidad de este estudio, ya que podría llenar un vacío significativo en la literatura y abrir nuevas áreas de investigación. Explorar el

uso de almidón en concreto podría conducir al desarrollo de materiales de construcción más sostenibles y ofrecer nuevas perspectivas sobre la utilización de polímeros naturales en la ingeniería civil.

En resumen, este estudio no solo tiene el potencial de contribuir al desarrollo de materiales de construcción más sostenibles, sino que también podría proporcionar nuevos conocimientos y datos experimentales sobre el uso de almidón natural en el concreto, aportando innovaciones tanto en el ámbito académico como en la práctica de la construcción.

1.2.3. Formulación del Problema

¿De qué manera mejora las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'_c=210$ kg/cm² con 1.25 % de superplastificante constante donde se le añade almidón de maíz en porcentajes de 2 %, 4 % y 6 % del peso del cemento comparado con una muestra patrón de concreto simple sin aditivo?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general de la tesis

Estudiar las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'_c=210$ kg/cm² con 1.25 % de superplastificante constante donde se le añade almidón de maíz en porcentajes de 2 %, 4 % y 6 % del peso del cemento y compararlo con una muestra patrón de concreto simple sin aditivo.

1.3.2. Objetivos específicos de la tesis

- Determinar las propiedades físicas, trabajabilidad y densidad, del concreto $f'_c=210$ kg/cm² con un 1.25 % de aditivo superplastificante constante y 2 %, 4 % y 6 % de adición de almidón de maíz del peso del cemento para compararlas con las propiedades físicas del concreto tradicional sin aditivo.
- Determinar la resistencia en las propiedades mecánicas, compresión, flexión y tracción diametral, del concreto $f'_c=210$ kg/cm² con un 1.25 % de aditivo superplastificante constante y 2 %, 4 % y 6 % de adición de almidón de maíz

del peso del cemento para compararlas con la resistencia a compresión del concreto tradicional sin aditivo.

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis General

La adición de almidón de maíz influye significativamente en las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ con un 1.25 % de aditivo superplastificante constante y 2 %, 4 % y 6 % de adición de almidón de maíz del peso del cemento comparado con un concreto patrón sin aditivo.

1.4.2. Hipótesis Específicas

- La adición de almidón de maíz influye significativamente en las propiedades físicas, trabajabilidad y densidad, del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ con un 1.25 % de aditivo superplastificante constante y 2 %, 4 % y 6 % de adición de almidón de maíz del peso del cemento comparado con un concreto patrón sin aditivo.
- La adición de almidón de maíz influye significativamente en las propiedades mecánicas, compresión, flexión y tracción diametral del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ con un 1.25 % de aditivo superplastificante constante y 2 %, 4 % y 6 % de adición de almidón de maíz del peso del cemento comparado con un concreto patrón sin aditivo.

1.5. ANTECEDENTES REFERENCIALES

1.5.1. Internacionales

Shibli, Sarker, Nurun, Yang y Monono (2023), realizaron un estudio llamado “Efecto de los parámetros del proceso sobre las propiedades físicas y mecánicas de los materiales de construcción a base de almidón de maíz” a causa de que el concreto se utiliza en todo el mundo debido a sus útiles propiedades mecánicas y de durabilidad; sin embargo, el hormigón requiere una gran cantidad de cemento, que es la segunda fuente más grande de emisión de carbono (5 % - 7 % de las emisiones globales de CO_2) debido a su alto consumo de energía. El efecto de gelatinización del almidón de maíz como aglutinante se ha explorado con la sustitución completa del

cemento en el concreto, es decir que se procedió con el reemplazo del cemento al 100 %. Se realizaron dos experimentos para optimizar la relación de agregados, almidón, agua, temperaturas de curado y tiempo de curado. Se analizaron la resistencia a la compresión y a la tracción de las muestras. Los resultados mostraron que las condiciones óptimas de procesamiento, una relación de mezcla de almidón, agua y arenas de 1:1:5 y una temperatura y tiempo de curado de 110 °C y 24 h pueden producir una resistencia a la compresión máxima de hasta 192.7 kg/cm². El análisis microestructural, reveló numerosos poros internos y grietas dentro de los bloques cúbicos endurecidos, lo que redujo significativamente la resistencia producto del reemplazo del 100 % de almidón de maíz; en consecuencia, se menciona como recomendación para las investigaciones futuras que deben concentrarse en reducir los espacios porosos internos y las grietas mediante el reemplazo parcial del cemento y el uso de otros materiales para mejorar las propiedades del concreto. A partir de ello en la tesis se planteó la sustitución parcial del cemento para evaluar las propiedades físicas y mecánicas del concreto. Por otro lado, el estudio sobre la degradación de este concreto todavía carece de investigaciones por lo que habría que estudiar la degradación a profundidad y las características del proceso de degradación, tiempos de degradación, desempeño en condiciones variables y compatibilidad con normas y estándares.

Tan, Zheng, Ma, Huang y Xia (2017) desarrollaron una investigación “Un estudio sobre los efectos de los almidones en las propiedades del cemento activado con álcali y la inclusión del almidón como adición auto degradable” con el objetivo de encontrar materiales más sostenibles en el desarrollo de energía geotérmica y reducir los costos de producción y aumentar la autodegradación. El método consistió en la utilización de tres tipos de almidones, almidón de maíz (CS), almidón de hidroxipropilo (HPS) y almidón de carboximetilo (CMS), aditivos auto degradables en el campo médico, y adicionar en porcentajes de 3 % al cemento activado y ver el efecto que produce en las propiedades del cemento. Se probaron las propiedades térmicas del almidón, la viscosidad y la resistencia a la compresión. Se concluye de acuerdo con los resultados de la investigación que las resistencias a la compresión con 3 % de CS disminuyeron en un 13.72 %, con 3 % de HPS disminuyeron un 18.54 % y con 3 % CMS se reduce en un 28.95 %, después someterse a altas temperaturas y sumergido en agua durante 2 h y 24 h. Además, los resultados del tiempo de fraguado indican

que los tres almidones prolongan el tiempo de fraguado del cemento. Se concluye en cuanto a la autodegradación que el número de poros aumenta de acuerdo con la secuencia de CS, HPS y CMS. Entre los tres almidones, CMS almidón de carboximetilo tiene el mayor potencial como aditivo auto degradable con un valor de $0,263 \text{ cm}^3/\text{g}$ de poros. Aunque se comprobó la sostenibilidad mediante la presencia de poros por la autodegradación de los almidones en el concreto; esta autodegradación del concreto con adición de almidón se evaluó tras la exposición del concreto a altas temperaturas, sin embargo no se ha evaluado en condiciones normales, por lo que según esta investigación en el futuro se recomienda realizar un estudio sobre cómo promover aún más la autodegradación de los almidones aumentando la dosis que se han usado en este trabajo o también reemplazando simultáneamente materiales o aditivos que mejoren las propiedades mecánicas que se han visto afectadas de forma negativa.

Vidal (2018) en su tesis “Efecto del Almidón como aditivo natural en las Propiedades Mecánicas y Físicas de un Mortero de Cemento” tuvo como objetivo determinar qué efectos tiene al adicionar porcentajes de almidón de papa en las propiedades mecánicas del mortero de cemento. La metodología para determinar las propiedades mecánicas del mortero de cemento consiste en que se llevaron a cabo pruebas de flexión y compresión, siguiendo el procedimiento establecido por la Norma Chilena, NCh – 158. Se procedió a adicionar el almidón en porcentajes de 0,5 %, 0,75 % y 1 % en relación con la cantidad de cemento. Se concluyó que las propiedades físicas y mecánicas del mortero de cemento con adición de almidón de papa no generan una mejora significativa con respecto a las propiedades del mortero patrón sin adición dado que los resultados muestran que en la resistencia flexión a los 28 días en la mezcla de 0.5 % de adición disminuyó en un 4.36 % en comparación con la muestra patrón, para la mezcla de 0.75 % de adición hubo un incremento de en 1.36 % con respecto a la muestra patrón y para la mezcla de 1 % de adición se obtuvo un incremento de 6.81 % con respecto a la muestra patrón. En la resistencia a la compresión medida a los 28 días en los porcentajes de 0.5 %, 0.75 % y 1 % de adición disminuyeron en un 12.5 %, 11.8 % y 6 % respectivamente comparados con la muestra patrón. por lo que se mencionó que como recomendación final “Aumentar un mayor porcentaje del 1% al almidón, pero aumentando la cantidad de agua o

incluyendo un reductor de agua o superplastificante en la mezcla producto de la gran capacidad de absorción de agua del almidón de papa al inicio de la mezcla”

Akindahunsi, Schmidt (2015) realizaron un estudio de la “Influencia de los almidones en algunas propiedades del hormigón”. El objetivo fue examinar la resistencia a la compresión, el calor de hidratación y la fluencia del concreto y buscar variedades de adiciones que mejoran las propiedades del hormigón fresco y endurecido. Los principales aditivos utilizados para los sistemas a base de cemento son a base de petróleo y son materiales no renovables con potencial de contaminación. En el estudio observaron que el almidón es uno de los recursos poliméricos más abundantes en el mundo y tiene un rendimiento comparable al del almidón y sus derivados en su capacidad de dispersión con los polímeros petroquímicos. En los ensayos se prepararon mezclas de concreto en el laboratorio y se les agregaron varios porcentajes (0, 0.5, 1.0, 1.5 y 2 %) de almidones en peso del cemento. Se ha utilizado almidón de maíz y almidón de yuca, los resultados de las variaciones porcentuales de acuerdo con los incrementos en las propiedades mecánicas para el almidón de maíz son 2.26 %, 5.13 %, 2.01 %, -2.39 %, y para el almidón de yuca 3.45 %, 4.79 %, -1.14 %, 0.17 %, respectivamente. Por lo que el estudio concluye que la adición de no más del 1 % de almidón en la mezcla de hormigón parece dar un resultado óptimo en relación con un mejor rendimiento de resistencia. El estudio sugirió “seguir investigando el almidón en las propiedades hidratantes y cómo este se comporta con la cantidad de agua en los sistemas cementosos, porque el mecanismo no se comprende completamente. Aunque se han realizado importantes trabajos sobre adiciones orgánicas, su comportamiento en sistemas cementosos no se ha comprendido bien, lo que motivó este trabajo”

Otros estudios afirman el almidón se utiliza para diferentes propósitos, como espesante/estabilizador y agente gelificante. Las pastas y geles de almidón se utilizan para controlar la consistencia de algunos productos manufacturados. También se utiliza como materia prima en la producción de edulcorantes y polígonos (Miller y Hubber, 2011). El almidón se utiliza en la industria de la construcción como aglutinante de bloques de hormigón, aglutinante de amianto, arcilla y piedra caliza, tableros de yeso resistentes al fuego, adhesivo para madera contrachapada/aglomerado, aglutinante para placas de yeso y relleno de pintura

(Satín 1998). El Almidón tiene alta absorción de agua en una mezcla cercano al 6 % según lo establecido por la investigación de análisis fisicoquímico y morfológico de Almidones (Alvis, Vélez, Villada y Maite, 2008) de las universidades de Córdoba, Del Valle y Cauca en Colombia respectivamente. El almidón se utiliza igualmente en la industria del plástico para producir plásticos biodegradables que requieren almidones que tienen gránulos pequeños (Wang et al. 1998).

1.5.2. Nacionales

Andia (2022) en su tesis “Adición de almidón de maíz para mejorar las propiedades del concreto $f'c=210$ kg/cm² en pavimentos rígidos, cusco 2022” el objetivo principal de este estudio es investigar cómo la adición de almidón de maíz afecta las propiedades físicas y mecánicas del concreto con una resistencia nominal de $f'c$ 210 kg/cm². La metodología empleada fue de tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo y un diseño experimental cuasiexperimental. Se realizó una comparación del concreto patrón y concreto con adiciones de almidón de maíz en porcentajes del 2.5 %, 5 % y 7.5 %. Las conclusiones obtenidas de la investigación indican que a medida que se aumenta el porcentaje de adición de almidón de maíz, se un incremento de la trabajabilidad en 8 %,14 % y 24 %, respectivamente. En cuanto a la absorción a los 28 días se observó que a medida que se añade más almidón de maíz, la absorción de humedad en el concreto disminuye 4 %, 3.9 %, 3.60 %, 3.6 %. En relación con la resistencia a la compresión del concreto, se obtuvo una mayor resistencia al agregar un 5 % de almidón de maíz, el cual llega a una resistencia de 219.47 kg/cm² a comparación con el concreto patrón que solo brinda 211.59 kg/cm². Por último, en cuanto a la prueba de flexión del concreto, se encontró que la adición del 5 % de almidón de maíz proporciona una mayor resistencia, llegando a una resistencia de 28.21 kg/cm², a comparación con el concreto patrón que solo brinda a 26.59 kg/cm². Según el estudio se recomendó usar como máximo 5 % de almidón de maíz como adición. Se puede notar que el uso del almidón de está en función de una adición, pero no hay un beneficio ambiental en el uso de adiciones naturales, por lo que hace faltan estudios donde se sustituya materiales del concreto por materiales sostenibles.

1.5.3. Locales

Barrientos (2021) de acuerdo con su tesis "Propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en pavimentos rígidos con adición de almidón de cebada" se planteó como objetivo general usar una adición natural de almidón de cebada para evaluar la influencia en las propiedades del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ usado en pavimentos rígidos. La metodología indica que se añadió cantidades de almidón de 3 % y 5 % del peso del cemento al concreto y se comparó con el concreto patrón sin adiciones. Los ensayos se realizaron a la compresión y flexión del concreto. La conclusión general muestra 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 %, esto sugiere que hay un límite máximo del 3 % donde el almidón mejora la trabajabilidad. Con respecto a los resultados de absorción del concreto 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, que manera que a los 28 días difieren en un 0.19 % con 3 % de adición y 0.79 % con 5 % de adición lo que conlleva al uso excesivo de agua al inicio de la mezcla. La resistencia a la compresión de la muestra patrón sin adición fue superada en 6.33 % con un 5 % de adición en el $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ de diseño y la resistencia a la flexión de la muestra patrón fue superada en un 9.9 % con un 5 % de adición en el módulo de rotura. De acuerdo con estos resultados se muestra que la adición de almidón en el concreto tiene un límite del 3 % que se debe usar como máximo. A mayores cantidades, las propiedades físicas y mecánicas se ven afectadas, el consumo de agua es mayor y por lo tanto no aporta beneficios en las propiedades del concreto; por lo que se podría plantear estudio posterior con un porcentaje mayor al 3 % junto con un plastificante reductor de agua que neutralice los problemas evidenciados en la tesis.

1.6. METODOLOGÍA

La metodología se basa en el método científico. El método científico no tiene una definición clara a nivel global, pero se puede afirmar que es "un método o procedimiento que ha caracterizado a la ciencia natural desde el siglo XVII, que consiste en la observación sistemática, medición y experimentación, y la formulación, análisis y modificación de las hipótesis." (Oxford English Dictionary, 2017)

1.6.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada porque se caracteriza por su enfoque en la solución de problemas prácticos y la aplicación directa de los resultados para mejorar situaciones reales.

1.6.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación de la tesis es correlacional porque se pretende encontrar una relación entre las propiedades del concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ al cual se le añade un aditivo superplastificante de manera constante junto a otra adición natural de forma variable.

1.6.3. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es de tipo experimental debido a que se puede manipular directamente las variables en los ensayos de laboratorio para medir la influencia que tiene entre las variables. Se presentan los puntos donde se desarrollarán los siguientes temas:

- a) Se obtienen los agregados para la mezcla de concreto y luego son transportados al laboratorio para realizar el estudio de los agregados.
- b) Se adquieren el almidón de maíz, el superplastificante y el cemento en centros comerciales que son llevados al laboratorio para la fabricación de vigas y probetas de concreto.
- c) Se realiza el diseño de las mezclas de concreto con la adición de almidón de maíz (AM) en las cantidades propuestas de 2 %, 4 % y 6 % respecto al peso del cemento y 1.25 % de superplastificante (SP) del peso del cemento.
- d) La muestra de estudio está conformada por 36 probetas para compresión, 36 vigas para flexión y 36 probetas para tracción. Son 108 muestras de concreto en total.

- e) Con ayuda de una mezcladora se prepara la mezcla de concreto para obtener homogeneidad y se extrae una parte para los ensayos físicos del concreto y la otra parte para fabricar las 108 muestras de concreto.
- f) A los 7, 14 y 28 días se irán ensayando las muestras, probetas y vigas de concreto para conocer sus resistencias a la compresión, flexión y tracción donde se registrarán los valores que se obtienen para su posterior análisis.

Se analizarán los resultados de los ensayos donde se compararán las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ con 1.25 % de superplastificante constante al cual se le añade almidón de maíz en porcentajes de 2 %, 4 % y 6 % del peso del cemento con una muestra patrón de concreto simple sin aditivo.

Se presenta un diagrama de flujo en la Figura 1 que resume lo expresado anteriormente.

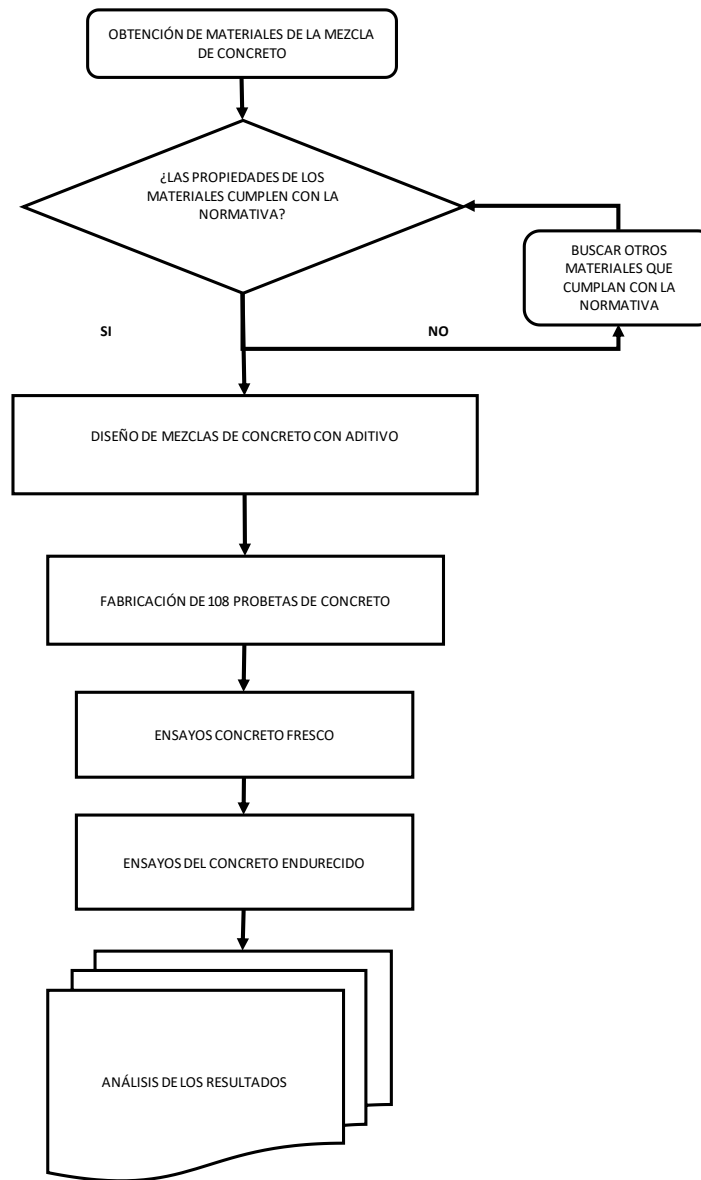


Figura N°1: Diagrama de flujo de ensayos

Fuente: elaboración propia, 2024

1.6.4. Población

La población a la que se dirige la investigación es el conjunto de las probetas del laboratorio LEM de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Se establecieron criterios para la inclusión de los materiales para la población que se está investigando. Se presentan las características de aceptación en la Tabla 1.

Tabla N°1: Características de aceptación los ingredientes de mezcla

MATERIALES	DESCRIPCIÓN
Cemento	Resistencia, finura, consistencia, retención de agua y retardo de hidratación.
Agregado fino	Debe tener granulometría adecuada y estar libre de impureza.
Agregado grueso	Debe ser resistente, limpio y tener una granulometría adecuada
Agua	Debe ser potable, libre de sustancias químicas perjudiciales y adecuada para el consumo humano
Aditivo superplastificante	Debe ser compatible con los materiales utilizados
Almidón de maíz	Debe ser compatible con los materiales utilizados y estar libre de impureza.

Fuente: elaboración propia, 2024

Se establecieron criterios para la exclusión de los materiales para la población que se está investigando lo cual se puede ver en la Tabla 2.

Tabla N°2: Características de exclusión de los ingredientes de mezcla

MATERIALES	DESCRIPCIÓN
Cemento	Si contiene altos niveles de compuestos químicos perjudiciales o impurezas
Agregado fino	Granulometría no cumple con los límites especificados, si contiene una cantidad excesiva de material orgánico o impurezas
Agregado grueso	Contiene una cantidad excesiva de partículas quebradizas o la granulometría no cumple
Agua	Contiene sustancias químicas contaminantes que puedan afectar las propiedades del concreto
Aditivo superplastificante	No cumple con las normas específicas de calidad y rendimiento para su uso en el concreto.
Almidón de maíz	Si su compatibilidad con los materiales del concreto no está garantizada.

Fuente: elaboración propia, 2024

1.6.5. Muestra

Según la Norma Técnica de Edificación E.60 Concreto Armado se debe tomar para cada periodo de análisis una cantidad mínima de 2 a 3 muestras, de esta forma se puede tener una mejor dispersión y un análisis de valores confiable.

Para el ensayo de resistencia a la compresión del concreto se presenta las muestras para los ensayos, una cantidad de 3 probetas de concreto por edad y porcentaje de almidón de maíz añadido, ver Tabla 3.

Tabla N°3: Muestras para el ensayo de compresión

Ensayo de resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$			
Adición (%)	Edad 7 días	Edad 14 días	Edad 28 días
Patrón+ 0 %	3	3	3
Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM	3	3	3
Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM	3	3	3
Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM	3	3	3

Fuente: elaboración propia, 2024.

Para el ensayo de resistencia a la flexión del concreto se presenta las muestras para los ensayos, una cantidad de 3 vigas por edad y porcentaje de almidón de maíz añadido, ver Tabla 4.

Tabla N°4: Muestras para el ensayo de flexión

Ensayo de resistencia a la flexión del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$			
Adición (%)	Edad 7 días	Edad 14 días	Edad 28 días
Patrón+ 0 %	3	3	3
Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM	3	3	3
Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM	3	3	3
Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM	3	3	3

Fuente: elaboración propia, 2024.

Para el ensayo de resistencia a la flexión del concreto se presenta las muestras para los ensayos, una cantidad de 3 probetas por edad y porcentaje de almidón de maíz añadido, ver Tabla 5.

Tabla N°5: Muestras para el ensayo de tracción

Ensayo de resistencia a la tracción del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$			
Adición (%)	Edad 7 días	Edad 14 días	Edad 28 días
Patrón+ 0 %	3	3	3
Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM	3	3	3
Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM	3	3	3
Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM	3	3	3

Fuente: elaboración propia, 2024

Para el ensayo de resistencia a la trabajabilidad del concreto se presenta la cantidad de las muestras de 3 ensayos por edad y porcentaje de almidón de maíz añadido, ver Tabla 6.

Tabla N°6: Muestras para el ensayo de trabajabilidad

Ensayo de slump del concreto $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$		
Adición (%)	Cantidad	Resultados
Patrón+ 0 %	3	Promedio (pulg.)
Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM	3	Promedio (pulg.)
Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM	3	Promedio (pulg.)
Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM	3	Promedio (pulg.)

Fuente: elaboración propia, 2024

Para el ensayo de resistencia a la trabajabilidad del concreto se presenta la cantidad de las muestras de 3 ensayos por edad y porcentaje de almidón de maíz añadido, ver Tabla 7.

Tabla N°7: Muestras para el ensayo de densidad

Ensayo de peso unitario del concreto $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$		
Adición (%)	Cantidad	Resultados
Patrón+ 0 %	3	Promedio (g/cm^3)
Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM	3	Promedio (g/cm^3)
Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM	3	Promedio (g/cm^3)
Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM	3	Promedio (g/cm^3)

Fuente: elaboración propia, 2024

Numero de probetas en total = 108 muestras

1.6.6. Técnicas e instrumentos

La técnica para la recolección de información de datos es a través de pruebas y ensayos en el laboratorio, de acuerdo con ello es que se podrán obtener los datos para las propiedades físicas del concreto y en el estado endurecido las propiedades mecánicas como de resistencia a la compresión y tracción del concreto.

Los instrumentos son formatos que se dan en el laboratorio LEM UNI de acuerdo con las normas y especificaciones técnicas que se mencionaron anteriormente.

1.6.7. Variables y Matriz

Las variables se refieren a aspectos que muestran cualidades, propiedades o características observables de las unidades estudiadas, para poner ejemplos tenemos a grupos sociales, individuos, procesos, hechos, etc. (Hernández, 2014)

1.6.7.1. Variable independiente

Almidón de maíz y superplastificante

1.6.7.2. Variable dependiente

Propiedades del concreto estructural para $f'c=210\text{kg/cm}^2$

1.6.7.3. Matriz de consistencia

La matriz de consistencia de este proyecto de investigación establece una clara alineación entre los distintos componentes del estudio, asegurando la coherencia interna. Comienza con la formulación del problema de investigación y la pregunta principal, seguida por los objetivos generales y específicos que guían el estudio.

Se detallan las hipótesis y variables del estudio. La metodología describe el tipo de investigación, la población y muestra seleccionada, así como los instrumentos y técnicas de recolección y análisis de datos, ver Tabla 8.

Tabla N°8: Matriz de Consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	variables e indicadores			Metodología
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente	Indicadores	Fuente de información	Método: Científico
¿De qué manera mejora las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c=210 kg/cm² con 1.25 % de superplastificante constante donde se le añade almidón de maíz en porcentajes de 2 %, 4 % y 6 % del peso del cemento comparado con una muestra patrón de concreto simple sin aditivo?	Estudiar las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c=210 kg/cm² con 1.25 % de superplastificante constante donde se le añade almidón de maíz en porcentajes de 2 %, 4 % y 6 % del peso del cemento y compararlo con una muestra patrón de concreto simple sin aditivo.	La adición de almidón de maíz influye significativamente en las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c=210 kg/cm² con un 1.25 % de aditivo superplastificante constante y 2 %, 4 % y 6 % de adición de almidón de maíz del peso del cemento comparado con un concreto patrón sin aditivo.	Almidón de maíz y superplastificante	Porcentaje (%)	Ensayo de laboratorio (balanza)	Tipo de Investigación: Aplicada
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variable Dependiente	Indicadores	Fuente de información	Enfoque: Cuantitativo
¿De qué manera mejora las propiedades físicas, trabajabilidad y densidad, del concreto f'c=210 kg/cm² con 1.25 % de superplastificante constante donde se le añade almidón de maíz en porcentajes de 2 %, 4 % y 6 % del peso del cemento comparado con una muestra patrón de concreto simple sin aditivo?	Determinar las propiedades físicas, trabajabilidad y densidad, del concreto f'c=210 kg/cm² con un 1.25% de aditivo superplastificante constante y 2%, 4% y 6% de adición de almidón de maíz del peso del cemento para compararlas con las propiedades físicas del concreto tradicional sin aditivo.	La adición de almidón de maíz influye significativamente en las propiedades físicas, trabajabilidad y densidad, del concreto f'c=210kg/cm² con un 1.25 % de aditivo superplastificante constante y 2 %, 4 % y 6 % de adición de almidón de maíz del peso del cemento comparado con un concreto patrón sin aditivo.	Propiedades físicas y mecánicas del concreto	Slump (Pulg.)	Ensayo de laboratorio NTP 339.035	Nivel de Investigación: correlacional
				Densidad (g/cm³)	Ensayo de laboratorio (NTP 339.046)	Diseño de la Investigación: experimental
				Resistencia a la Compresión (kg/cm²)	Ensayo de laboratorio (NTP. 339.034)	Muestra: 108 probetas
				Resistencia a la Flexión (kg/ cm²)	Ensayo de laboratorio (NTP. 339.078)	Muestreo: No probabilístico
				Resistencia a la Tracción (kg/cm²)	Ensayo de laboratorio (NTP 339.084)	Instrumento de recolección de datos: Fichas de laboratorio

Fuente: Elaboración propia, 2024

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Materiales sostenibles

Los materiales de construcción sostenible son aquellos que, en su fabricación, uso y disposición final, tienen un impacto ambiental reducido en comparación con los materiales tradicionales. Estos materiales promueven la eficiencia energética, la reducción de residuos, el uso de recursos renovables y la minimización de emisiones contaminantes. A continuación, se describen algunos ejemplos de materiales de construcción sostenible:

- **Bambú:** Es un material renovable que crece rápidamente y tiene una resistencia comparable a la del acero. Se utiliza en estructuras, pisos y revestimientos.
 - **Madera certificada:** La madera obtenida de bosques gestionados de manera sostenible, garantiza prácticas de tala responsables.
 - **Hormigón reciclado:** Utiliza agregados reciclados en lugar de agregados vírgenes, reduciendo la necesidad de extracción de nuevos recursos y la generación de residuos.
 - **Aislantes naturales:** Materiales como lana de oveja, celulosa (proveniente de papel reciclado) y cáñamo son alternativas sostenibles a los aislantes tradicionales.
 - **Ladrillos ecológicos:** Fabricados con materiales reciclados, residuos industriales o mediante procesos que requieren menos energía y generan menos emisiones.
 - **Paneles solares y tejas fotovoltaicas:** Utilizan la energía solar para generar electricidad, reduciendo la dependencia de fuentes de energía no renovables.
- (Charles J. Kibert, 2016)

Muchas veces en las construcciones solo se toman en cuenta aspectos técnicos y económicos, lo cual no involucra el material que tendría impacto sobre el ambiente. La elección entonces debe tener en cuenta el ciclo de vida de los materiales y el consumo de energía en todos los procesos involucrados. Los investigadores actuales

muestran que hay principios comunes para encaminar hacia el fin de usar materiales sostenibles. (Borsani, 2011)

- La elección de productos y materiales que usen los recursos de manera eficiente.
- Elección de productos y materiales que reduzcan la cantidad de energía y la incorporación de carbón.
- Evitar los productos y materiales que puedan ser dañinos para el ser humano y el ambiente en distintas fases del ciclo de vida.
- Los materiales elegidos que permitan la actuación del diseño sustentable de acuerdo con las estrategias de esta. (Borsani, 2011)

2.1.2. Propiedades de los agregados

Los agregados tienen varias propiedades que se clasifican como las propiedades físicas (densidad, porosidad, peso unitario, porcentaje de vacíos, humedad), mecánicas (resistencia, tenacidad, dureza, módulo de elasticidad), térmicas (coeficiente de expansión, calor específico, conductividad térmica) y las propiedades químicas (Reacción Álcali-Sílice, Reacción Álcali-carbonatos) (Torre, 2004)

Las normativas que se usaron en los ensayos la presente tesis se mencionan a continuación, donde también se indica a qué ensayo hacen referencia, ver Tabla 9.

Tabla N°9: Resumen de normativas usadas para los ensayos

Norma	Ensayo
NTP 400.012	Granulometría de agregados
NTP 400.017	Peso unitario de los agregados
NTP 400.021	Peso específico y absorción de agregado grueso
NTP 400.022	Peso específico y absorción de agregado fino
NTP 339.035	Asentamiento del concreto de cemento portland
NTP 339.084	Resistencia a la tracción simple del concreto
NTP 339.078	Resistencia a la flexión de vigas de concreto
NTP 339.034	Resistencia a la compresión simple del concreto

Fuente: Elaboración propia, 2024

A) AGREGADO FINO

- Granulometría del agregado fino

La NTP 400.012 establece los criterios para los ensayos de los agregados finos y los agregados gruesos y el global. Se menciona la abertura de los tamices para el agregado fino, ver Tabla 10.

Tabla N°10: Abertura de los tamices para el agregado fino

Malla	Abertura (mm)
3/8"	9.50
N°4	4.75
N°8	2.36
N°16	1.18
N°30	0.60
N°50	0.30
N°100	0.15

Fuente: Medina y Moreno, 2018

✓ Materiales:

Agregado fino: el material extraído pertenece a la cantera Merced en Huachipa. Se tomó como muestra una cantidad mínima de 300 g.

✓ Equipos:

- Balanza electrónica: con aproximación de 0.1g.
- Horno: a temperaturas de 110 ± 5 °C.
- Tamices de acuerdo normativa: NTP 350.001

✓ Procedimiento:

El procedimiento consiste en método del cuarteo donde se toma la muestra y con ayuda de una espátula se le da la forma de cono para luego dividirla diagonalmente

en 4 partes iguales sobre una superficie. De las cuatro partes se toma dos para el ensayo de granulometría.

Las dos partes escogidas se colocan en un horno que estará graduado a una temperatura de 110 ± 5 °C. la muestra que se extrae del horno es pesada en una balanza, luego se ordenan los tamices en orden decreciente con respecto a sus dimensiones.

Finalmente se procede con colocar la muestra en el tamiz superior verificando que en el fondo este una base y la tapa superior en el primer tamiz; se agitan los tamices de forma circular durante 5 minutos. Se pesa el agregado fino retenido por cada tamiz para continuar con los otros ensayos.

✓ Cálculos:

El módulo de fineza se calcula de la siguiente forma

$$\text{Modulo de Fineza} = \frac{\text{sumatoria de porcentajes retenidos acumulados}}{100}$$

- Contenido de humedad del agregado fino

El contenido de humedad del agregado fino se determina en base a la norma NTP 339.185.

✓ Materiales:

Agregado fino: el material extraído pertenece a la cantera Merced en Huachipa.

✓ Equipos:

- Horno: a temperatura con precisión 110 ± 5 °C.
- Taras: recipientes que son de metal
- Balanza electrónica: que tienen una aproximación de 0.1g.

✓ Procedimiento:

El procedimiento consiste en obtener el material en un recipiente metálico, el agregado fino se pesa en una balanza con una exactitud de 0.1 %.

En una tara se pesa el agregado fino en una balanza con una precisión de 0.1g. el siguiente paso consiste en llevar el recipiente a un horno que tendrá una temperatura de 110 ± 5 °C., pasados las 24 horas se retira la muestra y se vuelve a pesar para obtener el peso del agregado fino para finalmente realizar los cálculos respectivos.

✓ Cálculos:

La siguiente expresión matemática siguiente permite hallar la cantidad de humedad en el agregado fino.

$$P = \frac{100 * (W - D)}{D}$$

Fuente: (NTP 339.185, 2011).

Donde:

- P = Contenido de humedad (%).
 - W = Peso de la muestra original (g).
 - D = Peso de la muestra seca (g).
-
- Peso unitario del agregado fino

El peso unitario del agregado fino se calcula en base a lo que se estableció en la norma NTP 400.017.

✓ Materiales:

Agregado fino: el material extraído pertenece a la cantera Merced en Huachipa.

✓ Equipos:

- Recipiente: es un molde de forma cilíndrica metálica.
- Balanza electrónica: tiene una precisión de 0.1 %.
- Horno: con una temperatura de 110 ± 5 °C.
- Varilla de apisonado: es lisa y tiene dimensiones de 12" x 3/8"
- Cucharón: se trata de instrumento para mover el material

✓ Procedimiento:

El procedimiento consiste en pesar un recipiente vacío donde se realizará el llenado del material del agregado fino. El agregado fino es llevado a un horno de una temperatura 110 ± 5 °C durante 24 horas.

Luego el llenado del agregado fino consiste en usar el cucharón para pasar la muestra del horno al recipiente vacío. Se llena hasta la tercera parte donde se dará 25 golpes con la varilla para lograr un apisonado perfecto.

Solo la tercera parte está llenada por lo que se procede con el llenado y apisonado dos veces más hasta alcanzar el borde superior del recipiente. Sobre el borde superior se enrasa con la varilla y se pesa el recipiente junto con el agregado fino. Finalmente se proceden con los cálculos para dar el valor del peso unitario.

✓ Cálculos

Se usa la siguiente expresión matemática para el cálculo del peso unitario en base a los establecido en la norma NTP - 400.017

$$U = \frac{M - E}{V}$$

En la cual las variables significan:

- M = Masa del recipiente más material (kg).
- E = Masa del recipiente vacío (kg).

- V = Volumen de recipiente (m^3).
- Peso específico y absorción agregado fino

Se han calculado los valores del peso específico y la absorción en base lo establecido en la normal NTP 400.022.

✓ Materiales:

Agregado fino: el material extraído pertenece a la cantera de Merced en Huachipa.

✓ Equipos:

- Balanza electrónica: con exactitud de 0.1g.
- Picnómetro: es un matraz volumétrico que tiene cabida de 500 cm^3 .
- Horno: que tiene una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Apisonador de metal: se trata de una barra de peso aproximado de 340 g y con 25 mm
- Molde cónico metálico

✓ Procedimiento:

Lo que se realiza en primer lugar es poner la muestra del agregado por 24 horas en un horno, para luego sacar la muestra y colocar en un recipiente con agua por un tiempo de 24 horas. Se continua con la colocación de la muestra en un cono metálico donde se rellena hasta la tercera parte del cono metálico, se apisonó con 25 golpes con la varilla y se repite el procedimiento de llenado y apisonado por dos veces más. Cuando se retira el molde cónico metálico, se verifica que el agregado alcanzó el estado de saturada someramente seca.

Con dicho material lo toma 500g y se coloca en un picnómetro de donde se extraen las burbujas. Se evalúa el picnómetro y luego se comprueba con agua. La muestra finalmente se coloca en un horno por 24 horas y se pesa cuando el agregado esté seco.

✓ Cálculos

La expresión matemática siguiente permite calcular el peso específico de los agregados finos según la norma (NTP 400.022)

Peso específico:

$$Pe.m = \frac{W_o}{(V - V_a)}$$

Porcentaje de absorción:

$$Absorcion(\%) = \frac{(500 - W_o)}{W_o} * 100$$

Donde:

- W_o = Peso en el aire de la muestra secada al homo (g)
- V = Volumen del recipiente de frasco (cm^3)
- V_a = Peso (gr) o volumen (cm^3) del agua añadida al recipiente.

B) AGREGADO GRUESO

- Granulometría del agregado grueso

Para el ensayo de granulometría del agregado grueso, el proceso se basa en la norma peruana NTP 400.012. De acuerdo con esta norma, la cantidad que se debe utilizar para el ensayo del agregado grueso depende del tamaño máximo nominal (TMN) del agregado. Esta norma proporciona directrices específicas para asegurar que la muestra sea representativa y adecuada para obtener resultados precisos y consistentes.

Se muestra la cantidad mínima para el ensayo de granulometría para el agregado grueso, ver Tabla 11.

Tabla N°11: Cantidad mínima de las muestras de agregado grueso

Tamaños máximos nominales de abertura cuadrada (pulg)	Cantidad mínima de muestra de ensayo (kg)
3/8	1.00
1/2	2.00
3/4	5.00
1	10.00
1 1/2	15.00
2	20.00
2 1/2	35.00
3	60.00
3 1/2	100.00
4	150.00

Fuente: NTP 400.012, 2013.

✓ Materiales:

- Agregado grueso: el material extraído pertenece a la cantera gloria/ carretera central.

✓ Equipos:

- Balanza electrónica: con aproximación de 0.1g.
- Horno: a temperaturas de 110 ± 5 °C.
- Tamices de acuerdo normativa: NTP 350.001

Se menciona la abertura de los tamices para el ensayo del agregado grueso, ver Tabla 12.

Tabla N°12: Abertura de los tamices para la granulometría

Malla (Pulg.)	Abertura (mm)
1	25.00
$\frac{3}{4}$	19.00
$\frac{1}{2}$	12.50
$\frac{3}{8}$	9.50
N°4	4.75
N°8	2.36
N°16	1.18

Fuente: Cruz, 2019.

✓ Procedimiento:

El procedimiento consiste en el método del cuarteo donde se toma la muestra y con ayuda de una espátula se le da la forma de cono para luego dividirla diagonalmente en 4 partes iguales sobre una superficie. De las cuatro partes se toma dos para el ensayo de granulometría.

Las dos partes escogidas se colocan en un horno que estará graduado a una temperatura de 110 ± 5 °C. la muestra que se extrae del horno es pesada en una balanza, luego se ordenan los tamices en orden decreciente con respecto a sus dimensiones.

Finalmente se procede con colocar la muestra en el tamiz superior verificando que en el fondo este una base y la tapa superior en el primer tamiz; se agitan los tamices de forma circular durante 5 minutos. Se pesa el agregado grueso retenido por cada tamiz para continuar con los otros ensayos.

- Contenido de humedad del agregado grueso

El ensayo del contenido de humedad se realiza de acuerdo con lo establecido en la norma peruana NTP 339.185.

✓ Materiales:

Agregado grueso: el material extraído pertenece a la cantera de la Merced en Huachipa.

✓ Equipos:

- Balanza electrónica: tiene proximidad de 0.1g.
- Horno: con una temperatura de 110 ± 5 °C.
- Taras: son recipientes de metal

✓ Procedimiento:

El procedimiento consiste en obtener el material en un recipiente metálico, el agregado grueso se pesa en una balanza con una exactitud de 0.1 %.

En una tara se pesa el agregado grueso en una balanza que tiene una precisión de 0.1g. El siguiente paso consiste en llevar el recipiente a un horno que tendrá una temperatura de 110 ± 5 °C., pasados las 24 horas se retira la muestra y se vuelve a pesar para obtener el peso del agregado grueso para finalmente realizar los cálculos respectivos.

✓ Cálculos:

La siguiente expresión matemática permite obtener el contenido de humedad del agregado grueso según la norma peruana.

$$P = \frac{100 * (W - D)}{D}$$

Donde:

- P = Contenido de humedad (%).
- W = Peso de la muestra original (g).
- D = Peso de la muestra seca (g).

- Peso unitario agregado grueso

El ensayo del peso unitario del agregado grueso se realiza de acuerdo a los establecido en la norma peruana NTP 400.017.

- ✓ Materiales:

Agregado grueso: el material extraído pertenece a la cantera de cantera glorias/ carretera central

- ✓ Equipos:

- Recipiente: es un molde de forma cilíndrica metálica.
- Balanza electrónica: tiene una precisión de 0.1 %.
- Horno: con una temperatura de 110 ± 5 °C.
- Varilla de apisonado: es lisa y tiene dimensiones de 12" x 3/8"
- Cucharón: se trata de instrumento para mover el material

- ✓ Procedimiento:

El procedimiento consiste en pesar un recipiente vacío donde se realizará el llenado del material del agregado grueso. El agregado es llevado a un horno de una temperatura 110 ± 5 °C durante 24 horas.

Luego el llenado del agregado grueso consiste en usar el cucharón para pasar la muestra del horno al recipiente vacío. Se llena hasta la tercera parte donde se dará 25 golpes con la varilla para lograr un apisonado perfecto.

Solo la tercera parte está llenada por lo que se procede con el llenado y apisonado dos veces más hasta alcanzar el borde superior del recipiente. Sobre el borde superior se enrasa con la varilla y se pesa el recipiente junto con el agregado grueso. Finalmente se proceden con los cálculos para dar el valor del peso unitario.

✓ Cálculos

Según la siguiente expresión matemática se puede calcular el peso unitario del agregado grueso según la norma NTP 400.017, 2013.

$$U = \frac{M - E}{V}$$

Las variables:

- M = Masa del recipiente más material (kg).
 - E = Masa del recipiente vacío (kg).
 - V = Volumen del recipiente (m^3).
- Peso específico y absorción del agregado grueso

Para el ensayo de peso específico y absorción según lo que indica la norma NTP 400.021 se utiliza una cantidad de agregado grueso de acuerdo con el tamaño nominal TMN, para ello hacemos uso de la Tabla 13.

Tabla N°13: Peso mínimo de las muestras para los ensayos

Tamaños nominales máximos (Pulg.)	Peso mínimo de la muestra de ensayo (kg)
½ o menor	2.00
¾	3.00
1	4.00
1 ½	5.00
2	8.00
2 ½	12.00
3	18.00
3 ½	25.00
4	40.00
5	75.00
6	125.00

Fuente: NTP 400.021,2013.

✓ Materiales:

Agregado grueso: el material extraído pertenece a la cantera de cantera gloria/carretera central.

✓ Equipos:

- Balanza electrónica: con una precisión de 0.1g.
- Horno: que tenga una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

✓ Procedimiento:

El procedimiento consiste en colocar la muestra de los agregados en un horno a una temperatura de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por un tiempo de 24 horas. Posteriormente se sumergen las muestras en recipiente lleno de agua por un tiempo de 24 horas; luego se saca la muestra para secar el agregado con una tela absorbente hasta que se desvanezca los trozos visibles de agua, presentes en el agregado. Se pesan los agregados en su estado que es llamado estado saturado superficialmente seco en una balanza electrónica.

Finalmente, lo que se hace es colocar los agregados en su estado someramente seco en la cesta de alambre, para finalmente sumergirlo en agua y pesarlo de nuevo.

✓ Cálculos

Para los cálculos para el peso específico de masa y absorción del agregado grueso se utilizaron las siguientes expresiones matemáticas:

Peso específico de masa (Pem):

$$P_{em} = \frac{A}{(B - C)}$$

Absorción (Ab):

$$Ab(\%) = \frac{(B - A)}{A} * 100$$

Las variables representan lo siguiente:

- A = Peso de la muestra seca en el aire (g).
- B = Peso de la muestra saturada de superficie seca en el aire (g).
- C = Peso en el agua de la muestra saturada (g).

2.1.3. Propiedades físicas del concreto

Las propiedades físicas del concreto son varias, con diferentes terminologías de acuerdo con los lugares. Algunas que se pueden mencionar la manejabilidad, la consistencia, densidad del concreto y otras características relacionadas con el concreto fresco. (Pacheco, 2017)

2.1.3.1. Actividades preliminares

a) Elaboración de la mezcla de concreto

La elaboración de la mezcla de concreto requiere una serie de equipos y materiales específicos para garantizar su correcta preparación y calidad. Entre los equipos necesarios se incluyen una pala, un trompo mecánico y recipientes para las probetas de concreto. Los materiales fundamentales para la mezcla son el agregado grueso, el agregado fino, el cemento, el agua y los aditivos.

El agregado grueso proporciona la estructura principal del concreto, mientras que el agregado fino ayuda a llenar los espacios entre los componentes más grandes. El cemento actúa como el aglutinante que une todos los materiales cuando se mezcla con agua. Los aditivos, por su parte, se utilizan para modificar y mejorar las propiedades del concreto, tales como su trabajabilidad, tiempo de fraguado y durabilidad. La combinación adecuada de estos elementos es esencial para obtener un concreto de alta calidad, que cumpla con las especificaciones y requisitos del proyecto.

b) Colocación de la mezcla al molde

Los equipos necesarios incluyen moldes metálicos con dimensiones de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura, petróleo, una brocha, una varilla lisa de acero, un martillo de goma y un cucharón.

El procedimiento comienza aplicando petróleo en la superficie interior de los moldes metálicos, utilizando una brocha. A continuación, se llena el molde con la mezcla de concreto utilizando un cucharón. Cuando el molde está lleno hasta un tercio de su capacidad, se golpea la mezcla con una varilla de acero para compactarla, y se le dan 15 golpes con un martillo de goma en las paredes externas del molde.

Este proceso se repite tres veces hasta que el molde está completamente lleno, asegurando una compactación adecuada en cada etapa. Finalmente, los moldes llenos se dejan reposar durante 24 horas para que el concreto fragüe correctamente. Cuando pasan las 24 horas después de colocar el concreto en los moldes, se procede con retirar de los recipientes.

c) Curado del concreto

El curado del concreto consiste básicamente en llevar las probetas de concreto a un depósito de agua donde se les sumerge antes de la realización de los ensayos. De acuerdo con la programación de los ensayos se realiza en las fechas de los 7, 14, 28 días. (NTP 339.034)

2.1.3.2. Ensayo de revenimiento (NTP 339.035)

El objetivo de la norma es establecer el método del ensayo para determinar el asentamiento del cemento portland. Puede ser en el laboratorio y en el campo.

“Una muestra de concreto fresco mezclado, se coloca en un molde con forma de cono trunco, y se compacta por varillado. El molde se retira hacia arriba permitiendo que el concreto se asiente. La distancia vertical entre la posición inicial y la desplazada, medida en el centro de la superficie superior del concreto, se informa como el

asentamiento del concreto.” (NTP 339.035). el ensayo de revenimiento se puede observar de forma gráfica en la Figura 2.

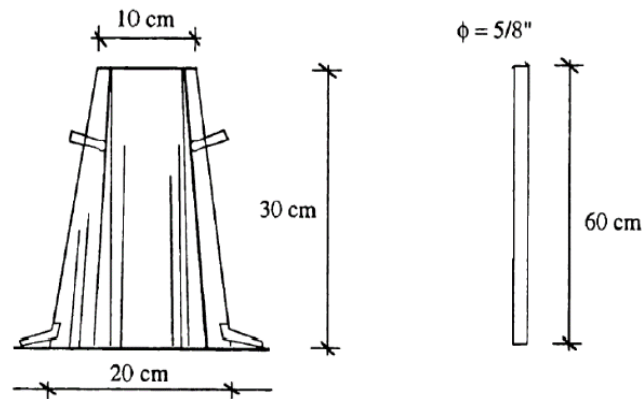


Figura N°2: Instrumento para el ensayo de consistencia

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

Equipos

- Cono de Abrams
- Varilla de acero
- Regla metálica
- Cucharón

Materiales

- Concreto con aditivo y adición en estado fresco

El procedimiento que sigue es que se llena el molde cónico de metal conocido como el cono de Abrams hasta una tercera parte con ayuda del cucharón la mezcla en estado fresco.

Cuando se llegue a la altura de la tercera parte del molde cónico, con uso de la varilla metálica se apisona con 25 golpes y estos se repita dos veces más hasta llegar a completar el concreto fresco a la altura del molde cónico.

Luego se retira lentamente el cono de Abrams para dejar la mezcla de concreto y se continúa con la medición de la diferencia de alturas entre la mezcla de concreto y la del molde metálico con la regla y la varilla.

2.1.3.3. Peso Unitario del concreto endurecido (NTP 339.046)

El peso unitario del concreto endurecido es una medida que indica la densidad del concreto una vez ha fraguado y alcanzado su resistencia final. Se expresa en unidades de peso por volumen, típicamente en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3) o libras por pie cúbico (lb/ft^3). El peso unitario sirve para determinar la relación entre masa y volumen del concreto para ser comparado con el peso unitario de diseño.

Equipos

- Balanza de precisión de 1 gr
- Wincha
- Vernier

Materiales

- Probetas de concreto con aditivo y adición en estado fresco

El procedimiento que sigue es que primero se desmoldaron con mucho cuidado las probetas de concreto. Se tomaron las medidas de diámetro y altura de cada probeta para determinar su volumen, y se registraron las medidas.

Luego con ayuda de la balanza se tomó el peso de cada probeta y se registraron, para que finalmente se determine el peso específico del concreto dividiendo el peso de la probeta en kg entre el volumen en m^3 . (NTP 339.046)

2.1.4. Propiedades mecánicas del concreto

En la actualidad todavía no se puede validar una ley general para la descripción del concreto en una estructura sometida a fuerza, sin embargo, lo que se realiza es estudiar el comportamiento del concreto endurecido para poder inferir el comportamiento del concreto en la estructura. Entre las propiedades del concreto endurecido tenemos a la permeabilidad, durabilidad, resistencia térmica, resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, resistencia a la flexión. (Pacheco, 2017)

2.1.4.1. Resistencia a la compresión (NTP 339.034)

Esta norma tiene como objetivo establecer el método para el ensayo a compresión de las probetas cilíndricas y también la extracción de las diamantinas de concreto. Según (Rivva López, Naturaleza y Materiales del Concreto, 2000) “La resistencia es el máximo esfuerzo que puede ser soportado por el concreto sin romperse”

Procedimiento

- Materiales:

Especímenes de probetas de concreto con las proporciones de 0 %, 2 %, 4 % y 6 % del almidón de maíz y una cantidad constante de aditivo superplastificante de 1.25 % de Z RR Plast.

- Equipos:

- Se hace uso de una regla pie de rey.
- Se trata de una máquina de compresión que consiste en una prensa hidráulica.

Los procesos para los ensayos de la resistencia a la compresión de las probetas de concreto consisten inicialmente en la medición de las dimensiones de las probetas para la verificación de estas magnitudes. Posteriormente se colocan en la prensa hidráulica en base a la programación y la proporción del concreto.

La forma en que se realiza el ensayo a compresión se muestra en la Figura 3, donde se detalla la sección preferida de rodamiento, rotula, el soporte y las dimensiones mínimas del radio, ver Figura 3.

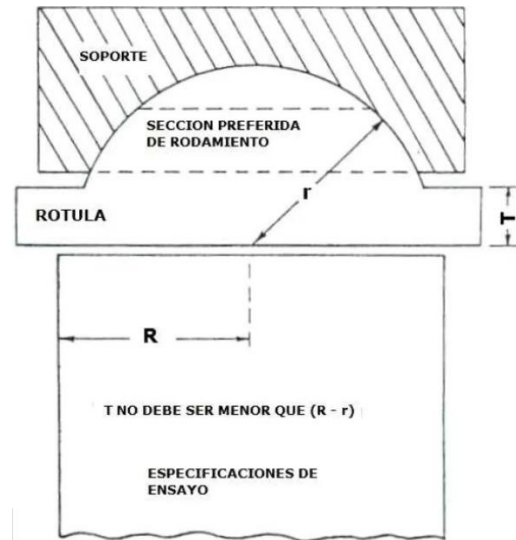


Figura N°3: Diagrama de resistencia a la compresión

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

Cálculos

La siguiente expresión matemática permite encontrar la resistencia a la compresión.

$$F'_c = \frac{4G}{\pi D^2}$$

Fuente: (NTP 339.034, 2013).

En la cual las variables representan lo siguiente:

- F'_c = Resistencia a la compresión del concreto (kg/cm^2)
- D = Diámetro de la probeta cilíndrica (cm)
- G = Carga máxima de rotura (kg)

2.1.4.2. Resistencia a la Flexión (NTP 339.078)

La resistencia a la flexión del concreto se refiere a la capacidad del material para resistir fuerzas que tienden a doblarlo. Es una medida de la tensión máxima que el concreto puede soportar antes de que se fracture o falle cuando está sujeto a un esfuerzo de flexión.

El objetivo de la norma es establecer el método para realizar el ensayo de flexión para vigas de concreto simplemente apoyadas o vigas que son extraídas del concreto endurecido.

Procedimiento

- Materiales:

Especímenes de vigas de concreto con las proporciones de 0 %, 2 %, 4 % y 6 % del almidón de maíz y una cantidad constante de aditivo superplastificante de 1.25 % de Z RR Plast.

- Equipos:

- Se trata de una máquina de ensayo a flexión
- También se hace uso de una regla pie de rey.

El ensayo a flexión consiste en colocar cargas en los tercios de la viga de concreto, esta carga se aplica hasta que ocurra la falla. El cálculo de la resistencia a la flexión se calcula de acuerdo con la ubicación de donde ocurrió la falla; puede ser a un tercio medio o a una distancia no mayor del 5 % de la luz libre.

Cuando se tienen las vigas en el curado, se procede inmediatamente a realizar los ensayos, dado que una muestra con a la superficie seca arroja menores resultados.

Se coloca las vigas para el ensayo apoyado en uno de sus lados con respecto a la posición de moldeado. Se aplica la carga a una velocidad constante, esto hasta que se produce la rotura de la viga.

La forma en que se realiza el ensayo a flexión del concreto se muestra en la siguiente imagen donde se colocan las cargas son a los tercios extremos de las viguetas rectangulares, ver Figura 4.

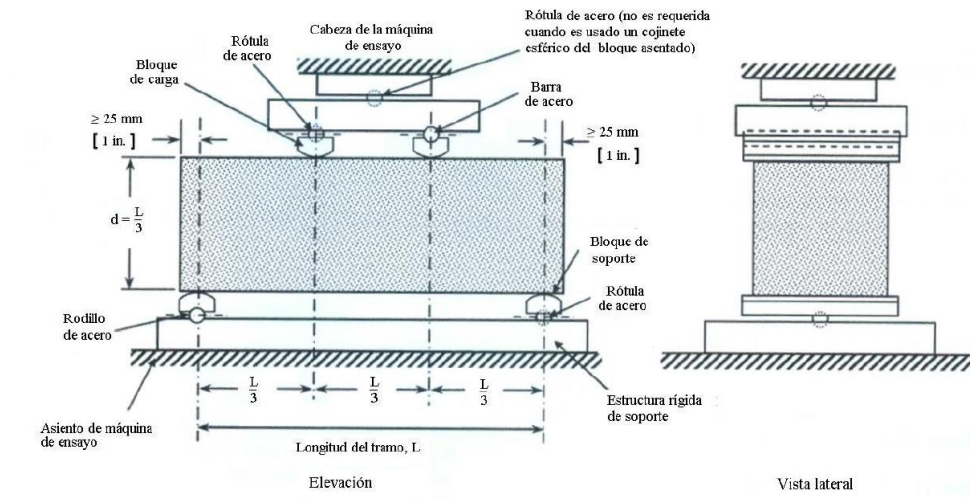


Figura N°4: Diagrama de un dispositivo para ensayar a flexión vigas

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

Cálculos

Cuando la falla ocurre en dentro del tercio medio de la luz, el cálculo del módulo de rotura se obtiene de la siguiente forma:

$$M_r = \frac{PL}{bh^2}$$

Donde:

- M_r = es el modulo de rotura, en MPa
- P = es la carga máxima de rotura por la máquina de ensayo, en N
- L = es la luz entre apoyos, medido en mm
- B = es el ancho promedio de la viga en la sección de falla
- H = es la altura promedio en la sección de falla

Cuando la falla ocurre dentro del tercio medio y con una distancia que sea no mayor del 5 % de la luz libre, se calcula el modulo de rotura de la siguiente forma.

$$M_r = \frac{3Pa}{bh^2}$$

En la cual:

a : es una distancia promedio de la línea de falla y el apoyo mas cercano. Se mide a lo largo de la línea central en la superficie inferior de la viga, medido en mm.

2.1.4.3. Resistencia a la Tracción (NTP 339.084)

La resistencia a la tracción del concreto se refiere a la capacidad del material para resistir fuerzas que intentan estirarlo o separarlo. Es una medida de la durabilidad y seguridad estructural.

Esta Norma Técnica Peruana presenta las pautas para determinar la fuerza de tracción indirecta de muestras cilíndricas de concreto, como los cilindros moldeados y los testigos diamantinos.

Procedimiento

- Materiales:

Especímenes de probetas de concreto con las proporciones de 0 %, 2 %, 4 % y 6 % del almidón de maíz y una cantidad constante de aditivo superplastificante de 1.25 % de Z RR Plast.

- Equipos:

- Se utiliza una máquina de tracción.
- También se hace uso de una regla pie de rey.

El procedimiento consiste en dibujar líneas diametrales en los extremos de los especímenes usando un dispositivo que asegure que ambas líneas estén en el mismo plano axial.

Se determina el diámetro del espécimen con una aproximación de 0.25 mm como promedio de las tres mediciones tomadas en los extremos y en la parte central. La longitud se tomará como el promedio de dos mediciones como mínimo con una aproximación de 2.0 mm en los planos que contienen las líneas marcadas.

Para la ubicación del espécimen centrar un listón en la barra que sirve de soporte en la parte inferior, colocar la probeta de concreto en el listón de modo que las líneas

marcadas queden en los extremos queden verticalmente y centrada sobre el listón. Colocar un segundo listón en la probeta y centrar con las líneas marcadas en la probeta.

Se deben posicionar los listones de soporte, el cilindro de ensayo y la platina adicional utilizando la guía de alineación. Es importante colocar la guía en el centro de modo que la platina suplementaria y el centro del cilindro estén alineados con el centro del plato esférico del cabezal.

Como ejemplo del dispositivo utilizado para el ensayo de tracción del concreto, se muestra en la siguiente imagen el lugar de aplicación de una carga diametral en la parte superior, es vista también de parte lateral y de frente, ver Figura 5.

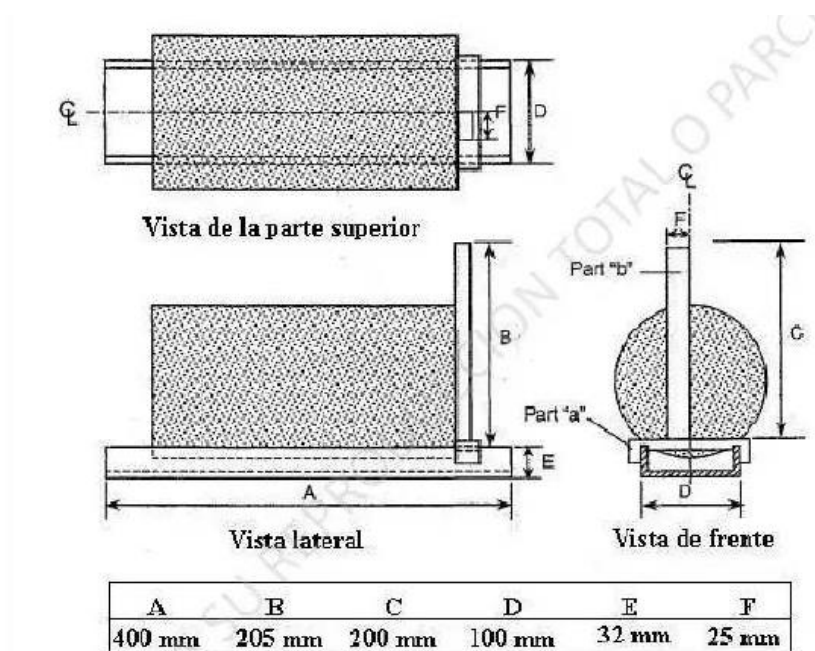


Figura N°5: Diagrama de un dispositivo para ensayar a tracción vigas

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

Cálculos

La siguiente expresión matemática permite encontrar la resistencia a la compresión.

$$T = \frac{2P}{\pi ld}$$

En la cual las variables representan lo siguiente:

- T = Resistencia a tracción indirecta (MPa)
- P = Máxima carga aplicada indicada por la carga de ensayo, N
- l = Longitud mm (kg)
- d = Diámetro mm

2.1.5. Diseño de mezcla

2.1.5.1. Definición

Es el procedimiento donde se puede determinar las características requeridas del concreto que puede ser especificado se llama diseño de mezcla. El proceso para determinar las cantidades de los ingredientes que entran en la mezcla de concreto se llama diseño de mezcla, deben ser materiales locales que cumplan con las características especificadas. (Torre, 2004)

Deben cumplir los siguientes puntos:

- La trabajabilidad debe ser aceptable en el concreto fresco
- Resistencia, durabilidad y una uniformidad del concreto estado endurecido.
- Costos económicos

2.1.5.2. Diseño de la mezcla Bolomey

El método del Bolomey, utilizado en esta investigación para la dosificación de mezclas de concreto, es una técnica común en la construcción. Desarrollado por el ingeniero suizo J. Bolomey, se basa en el equilibrio de los volúmenes absolutos de los componentes del concreto.

Este método consta de dos etapas: primero, se determina el contenido de pasta (cemento, agua, aditivos y adiciones) para asegurar la trabajabilidad y resistencia deseada; segundo, se selecciona el contenido de agregados (arena y grava) para llenar los espacios y lograr la densidad adecuada del concreto.

El método en cuestión es una mejora del proceso desarrollado por Fuller y resulta útil para el diseño de hormigones en masa cuando se cuenta con información sobre la cantidad de cemento, el tipo de cemento, la granulometría y el tamaño máximo del árido a utilizar, así como el sistema de compactación que se empleará.

a) Selección de la resistencia promedio requerida

Al no contar con datos previos y no tener un coeficiente de variación, la selección de la resistencia promedio se realizará de la misma manera que el diseño de ACI.

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$(f'_c + 84) \rightarrow f'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$$

b) Selección del asentamiento

El asentamiento es un requerimiento del diseño de mezcla que debe cumplir con lo estipulado en el diseño de ACI, ver Tabla 14.

Tabla N°14: Asentamiento para diversos tipos de estructuras

Tipo de estructuras	Asentamiento (pulg)	
	Maximo	Minimo
Zapatas y muros de cimentacion reforzados	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	1"
Muros, pavimentos y losas	3"	1"
Concreto ciclópeo.	2"	1"

Fuente: Coasaca, 2018.

c) Selección del TMN

Se determinará el tamaño máximo según la nueva definición indicada de la presente investigación, sobre que el tamaño máximo será la abertura del menor tamiz que retiene menos del 25 % del agregado de mayor tamaño.

d) Selección del volumen unitario de agua

Por ser este método de la misma naturaleza que la de Füller, la selección del volumen unitario de agua en la mezcla se realizara de la misma manera que el método de Füller.

e) Cálculo de la cantidad de agua

Considerando el TM, el asentamiento requerido y perfil de Agregado triturado, se obtendrá la siguiente cantidad de agua, independiente de la resistencia requerida, ver Tabla 15.

Tabla N°15: Cantidad de agua por m³ para tamaños máximos

Tamaño máximo del agregado mm (pulg)	Agregado redondeado (kgf)	Agregado triturado (kgf)
12.7 (1/2")	199	214
19.1 (3/4")	184	199
25.4 (1")	178	193
38.1 (1 1/2")	166	181
50.8 (2")	157	172
76.2 (3")	148	163
152.4 (6")	131	145

Fuente: Coasaca, 2018.

La corrección a la cantidad de agua escogida se dará por el asentamiento ya que el requerido es mayor al de las condiciones estándar por lo que se incrementara en un porcentaje, ver tabla 16.

Tabla N°16: Corrección de la cantidad de agua en la mezcla

Condiciones	Modificación de la cantidad de agua
Por cada 25 mm de aumento o disminución en el asentamiento	$\pm 3 \%$
Arenas trituradas	+6.8 %
Hormigones poco trabajables	-3.6 %

Fuente: Coasaca, 2018.

f) Selección de contenido de aire

La selección del contenido de aire seguirá la misma metodología que el diseño de ACI; por lo que hace uso de la Tabla 17 para determinar el contenido de aire atrapado.

Tabla N°17: Contenido de aire atrapado

Tamaño máximo nominal del agregado (pulg)	Tamaño máximo nominal del agregado (mm)	Aire atrapado
3/8"	9.5	3.00 %
1/2"	12.5	2.50 %
3/4"	19	2.00 %
1"	25	1.50 %
1 1/2"	37.5	1.00 %
2"	50	0.50 %
3"	75	0.30 %
6"	150	0.20 %

Fuente: Coasaca, 2018.

g) Determinación de la relación agua/cemento

De darse la cantidad mínima de cemento se hallará la relación a/c con el dato adicional de la cantidad de agua antes calculada, sin embargo, si es que no se tiene un peso exacto de cemento a utilizar, se procederá de la misma manera que el método de Füller, con la siguiente ecuación:

$$\frac{a}{c} = \frac{1}{Z}$$

$$Z = (K1 * Rm) + 0.5$$

- K1 = Factor que depende de la forma del agregado. Generalmente de 0.0030 a 0.0045 para piedra chancada o triturada y 0.0045 a 0.0070 para canto rodado o piedra redondeada.
- Rm = Resistencia promedio requerida.

h) Determinación del peso del cemento

El peso del cemento se calculará con los datos de volumen unitario de agua y la relación a/c calculada en los anteriores pasos, sin embargo, cabe recalcar que para este tipo de métodos se suele considerar una cantidad mínima de cemento, de ser esta mayor a la calculada el valor que se tiene de dato se impondrá en el diseño.

$$\text{Peso cemento} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{Volumen unitario de agua (lt/m}^3\text{)}}{\text{Relacion agua/cemento}}$$

Considerando que una bolsa de cemento contiene 42.5 kg, se puede determinar la cantidad de cemento necesaria por bolsas.

$$\text{Peso cemento} \left(\frac{\text{Bls}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{FC (Kg/m}^3\text{)}}{42.5 \text{ kg/bolsa}}$$

i) Determinación del porcentaje del cemento como agregado

Como se mencionó anteriormente, este diseño tiene la característica de que toma al cemento como un agregado fino y considera su porcentaje de participación en el agregado global. Para hallar el porcentaje del cemento se determina con la siguiente ecuación:

$$t0(\%) = \frac{C / dc}{1.0 - (A + \% \text{ Aire})}$$

Donde:

- C (kg/m³) = Peso del cemento por metro cubico de concreto
A (m³) = Volumen unitario del agua por metro cubico de concreto
% Aire (m³) = Porcentaje de aire en la mezcla, calculado anteriormente
dc (kg/m³) = Peso específico del cemento
t0 (%) = Porcentaje de participación del cemento de agregado global

j) Determinación de la curva de Bolomey

Para determinar la curva de Bolomey se aplicará su fórmula

$$Y = A + (100 - A) * \sqrt{\frac{d}{D}}$$

- Y (%) = Porcentaje acumulado que pasa por la malla de abertura “d”.
- d (mm) = Abertura de la malla en referencia
- D (mm) = Tamaño máximo del agregado total
- A = Coeficiente empírico que depende de la forma del agregado y consistencia del concreto

De acuerdo con la consistencia de la mezcla de concreto y el asentamiento, se selecciona el factor "A", el cual es un coeficiente empírico utilizado para determinar la curva de Bolomey. Los valores del factor "A" se eligen a partir de la Tabla 18.

Tabla N°18: Coeficiente empírico para el método de Bolomey

Forma del agregado	Consistencia de la mezcla	Asentamiento (mm)	A
Redondeada	Seca – Plástica	0 – 50	10
	Blanda	50 – 100	11
	Fluida	100 – 200	12
Angular	Seca – Plástica	0 – 50	12
	Blanda	50 – 100	13
	Fluida	100 – 200	14

Fuente: Coasaca, 2018.

k) Método por módulo de fineza

En este método se procederá de manera similar a la realizada en el método de Füller, siendo este método de módulo de fineza más exacto que por el de tanteo, y se determina de la siguiente manera:

En esta ocasión se desarrolló un sistema de ecuaciones de forma $n+1$ con incógnitas de igual manera $n+1$ (t_n), donde podremos hallar el porcentaje ideal para cada agregado independiente incluyendo el cemento, resultando en las siguientes:

$$t_0 + t_1 + t_2 + \dots + t_n = 100 \%$$

$$MFB_n = \frac{MF_0 * t_0 + MF_1 * t_1 + MF_2 * t_2 \dots + MF_n * t_n}{t_0 + t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

Dónde:

- MF_0 = Modulo de fineza del cemento, considerado en este método como cero.
- $MF_1, MF_2, \dots, MF_n$ = Modulo de fineza de los agregados 1, 2, ... n.
- $t_0, t_1, t_2, \dots, t_n$ = Porcentaje del volumen absoluto del cemento (t_0) y de los agregados 1, 2, ... n. dentro de agregado global
- $MFB_1, MFB_2, \dots, MFB_n$ = Modulo de fineza de la curva de Bolomey con los tamaños máximos de cada agregado 1, 2, ... n

l) Determinación de volúmenes absolutos (agua y aire)

Como se conoce el peso en kg, y el peso específico del agua y aire, se puede calcular los volúmenes de cada componente.

$$\text{Volumen del aire (m}^3\text{)} = \frac{\% \text{ Aire}}{100}$$

$$\text{Volumen del agua (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso unitario del agua (Lt/m}^3\text{)}}{\text{Peso Especif. del agua (lts/m}^3\text{)}}$$

Para conocer el volumen absoluto de estos componentes del concreto, basta con sumar sus volúmenes (m³).

$$\text{Vol. abs. (aire y agua) (m}^3\text{)} = \text{Vol. aire} + \text{Vol. agua}$$

m) Determinación del volumen absoluto de los agregados

Como los datos de los volúmenes absolutos de los demás componentes son conocidos, se puede hallar con una sencilla operación el volumen del agregado global (agregado fino + grueso). De igual manera que el método de Fuller en este caso se tiene que considerar que el volumen de la pasta (cemento + agua) es algo inferior que la suma de los volúmenes absolutos de cemento y agua, por lo que para obtener un metro cubico es necesario 1.025 de componentes.

$$\text{Vol. de agregado global (m}^3\text{)} = 1.025 - \text{Vol. abs. (agua y aire)}$$

n) Determinación del volumen absoluto de los agregados

Habiendo obtenido en el paso anterior los porcentajes de participación de cada agregado, se puede determinar el volumen absoluto de cada uno:

$$\text{Volumen Cemento (m}^3\text{)} = \frac{t_0}{100} \times \text{Vol. de agregado global (m}^3\text{)}$$

$$\text{Volumen A. F. (m}^3\text{)} = \frac{\alpha}{100} \times \text{Vol. de agregado global (m}^3\text{)}$$

$$\text{Volumen A. G. (m}^3\text{)} = \frac{\beta}{100} \times \text{Vol. de agregado global (m}^3\text{)}$$

o) Determinación de pesos secos de los agregados

Para hallar el peso en kilogramos por metro cubico, solo basta con multiplicar los volúmenes de dichos componentes de agregados por su respectivo peso específico.

$$\text{Cemento (kg/m}^3\text{)} = \text{Volumen Cemento(m}^3\text{)} * \text{Peso Especif. Cemento}$$

$$\text{Wseco A. F. (kg/m}^3\text{)} = \text{Volumen A. F. (m}^3\text{)} * \text{Peso Especif. A. F.}$$

$$\text{Wseco A. G (kg/m}^3\text{)} = \text{Volumen A. G. (m}^3\text{)} * \text{Peso Especif. A. G.}$$

Para comprobar que se procedió de una manera correcta, el peso del cemento calculado anteriormente con el volumen unitario de agua y la relación agua/cemento, debe coincidir peso de cemento calculado en este paso.

p) Presentación de valores de diseño

Se presenta los pesos de los componentes en estado seco, es recomendable comprobar que la suma de los volúmenes resulte en la unidad (1.025 m³) para evitar errores de cálculo.

q) Ajuste por humedad de los agregados

Se procede a realizar la corrección por humedad y absorción de los agregados.

r) Determinación de la proporción en peso

Para finalizar se presenta la proporción de los materiales en peso según la cantidad de cemento, y en el caso del agua en función a la cantidad de bolsas de cemento (Lt/bolsa).

2.1.6. Análisis Estadístico y Prueba de Hipótesis

2.1.6.1. Conceptos estadísticos

Se definen las principales herramientas que se usarán para el estudio de la presente investigación.

- **Sujeto:** se trata del objeto de investigación que puede una entidad animada o inanimada, como ejemplo tenemos a personas, cosas o magnitudes, entre otros.
- **Población:** se trata de un conjunto de sujetos que tienen una característica que sea común entre ellos y observable.
- **Muestra:** es un subconjunto de individuos de una población la cual debe ser representativa, es decir debe reflejar las características especiales de la población.
- **Variable:** se refiere a una característica que puede variar y esta variación puede ser observada, medida y estudiada. Las variables pueden ser continuas y discontinuas de acuerdo con su naturaleza.
- **Parámetro:** son magnitudes contantes que representan a una población. Se tiene por ejemplo (μ , σ).
- **Estadística:** La Estadística es la ciencia que se encarga de recoger, organizar e interpretar los datos. (Javier Gorgas et. al. 2011)

2.1.6.2. Medidas de variación y dispersión

Está relacionado con las medidas de tendencia central y que tan concentrados se encuentran de estas medidas o que tan dispersos se encuentran los datos. Se usará la media aritmética.

- La media aritmética

Es la caracterización de un grupo de datos que representa el promedio de ellos, es una de las tres medidas de tendencia central. Se puede obtener la media aritmética empleando la siguiente fórmula:

$$\bar{X} = \frac{f_1 * X_1 + f_1 * X_2 + f_1 * X_3 + \dots f_1 * X_n}{n}$$

- La varianza:

Es una medida que expresa la dispersión de los datos respecto a su media, matemáticamente se expresa de la siguiente forma:

$$\hat{S}^2 = \frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + (X_3 - \bar{X})^2 + \dots (X_n - \bar{X})^2}{n - 1}$$

- La desviación estándar

Es una medida que muestra la dispersión de los datos, a diferencia de la varianza, es la raíz cuadrada de la varianza. Se puede obtener el cálculo de la desviación estándar empleando la siguiente fórmula:

$$S = \frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + (X_3 - \bar{X})^2 + \dots (X_n - \bar{X})^2}{n - 1}$$

2.1.6.3. Distribución de t de Student

La distribución de t de Student surge cuando la población es pequeña, se considera a una población pequeña una cantidad menor a 30 individuos. El problema es de estimar la media de esta población. Existen dos tipos de hipótesis y tienen sus requisitos.

- Muestras independientes y menores a 30
- Datos distribuidos según la distribución normal en cada grupo
- Las varianzas de las dos muestras deben ser iguales

a) Hipótesis de dos colas

La prueba bilateral, también conocida como prueba a dos colas, es un método estadístico utilizado para determinar si existe una diferencia significativa entre una muestra y una población o entre dos muestras. A diferencia de la prueba unilateral, que solo considera una dirección de efecto, la prueba bilateral evalúa ambos extremos de la distribución. Esto significa que se investiga si el valor observado es significativamente mayor o menor que el valor esperado.

En la figura de la campana (ver Figura 6) las áreas sombreadas en ambos extremos de la curva representan las regiones de rechazo, donde se rechaza la hipótesis nula si el valor del estadístico de prueba cae dentro de estas áreas.

Prueba bilateral o a dos colas:

$$(H_0) \mu = X; H_1 \neq X$$

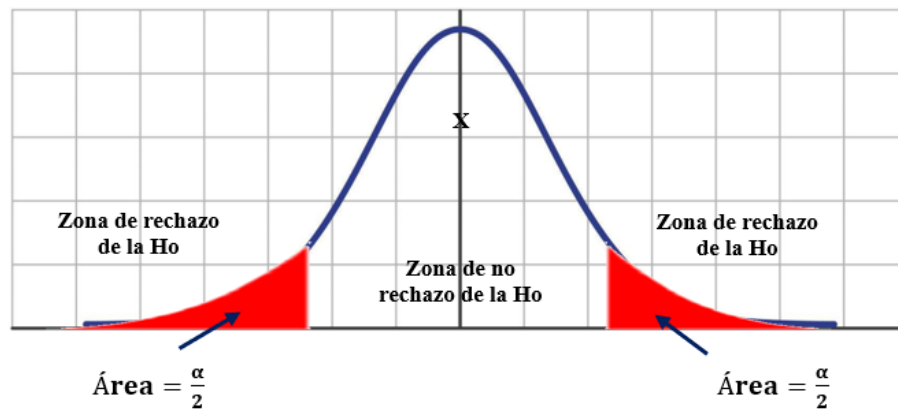


Figura N°6: Zona de no rechazo hipótesis de dos colas

Fuente: Elaboración propia, 2024

b) Hipótesis de una cola

La prueba unilateral, también conocida como prueba de una cola, es un método estadístico utilizado para determinar si hay una diferencia significativa en una dirección específica entre una muestra y una población o entre dos muestras. A diferencia de la prueba bilateral, que evalúa ambos extremos de la distribución, la prueba unilateral se centra únicamente en una cola de la distribución. Esto significa que se investiga si el valor observado es significativamente mayor o menor que el valor esperado, pero no ambos.

En la figura de la campana (ver Figura 7), el área sombreada en uno de los extremos de la curva representa la región de rechazo, donde se rechaza la hipótesis nula si el valor del estadístico de prueba cae dentro de esta área.

Prueba unilateral con cola hacia la derecha:

$$H_0: \mu \leq X; H_1: \mu > X$$

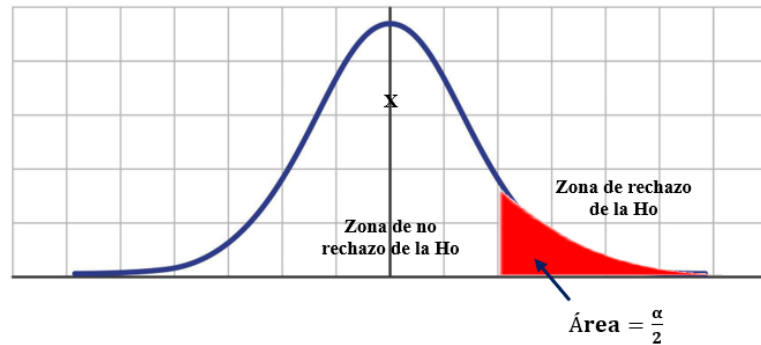


Figura N°7: Zona de no rechazo hipótesis de una cola

Fuente: Elaboración propia, 2024

2.1.6.4. Prueba de hipótesis

Se refiere a la aseveración o a la afirmación de una característica de una población que puede ser cierta o no, cuando no sea posible trabajar con la población se hace uso de muestras, de donde se puede conocer los parámetros.

La afirmación es sobre un parámetro y con la prueba de hipótesis es que se acepta o rechaza la afirmación. Los pasos para la realización de la prueba de hipótesis son 6:

- Definir el parámetro que se va a estudiar
- Establecer la hipótesis nula que generalmente es una igualdad
- Establecer la hipótesis alternativa que puede ser bilateral o unilateral.
- Establecer el valor de significancia
- Definir un t estadístico de prueba para aceptar o rechazar la hipótesis.
- Establecer la región de rechazo de acuerdo con el t estadístico

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Aditivos del concreto

Los aditivos del concreto son sustancias que se añaden a la mezcla de concreto en pequeñas cantidades para modificar sus propiedades en estado fresco y endurecido. Estos aditivos pueden mejorar la trabajabilidad, acelerar o retardar el tiempo de fraguado, aumentar la resistencia, reducir la permeabilidad, entre otras funciones. (M. S. Shetty, 2005)

La ASTM C 494 explica que existen clasificaciones de los aditivos que se mencionan en los siguientes puntos:

- TIPO A: Reductores de agua.
- TIPO B: Retardadores de fragua.
- TIPO C: Acelerantes
- TIPO D: Reductores de agua-retardadores de fragua
- TIPO E: Reductores de agua – Acelerantes
- TIPO F: Súper Reductores de agua
- TIPO G: Super Reductores de agua – acelerante. (Rodríguez, 2018)

2.2.2. Almidón de maíz y otros tipos de harinas

El almidón es un polímero natural que se encuentra en forma de gránulos, estos consisten en estructuras macromoleculares ordenadas en capas y cuyas características en cuanto a composición, cantidad y forma varían de acuerdo con el tipo de fuente de la que provenga siendo en su forma natural; la fuente de reserva alimenticia predominante en las plantas (Maya, 2013)

Los almidones comerciales se obtienen de semillas de cereales como el maíz, el trigo, arroz y de algunas raíces y tubérculos como las papas y la yuca, aunque también pueden obtenerse de otras fuentes como el plátano, por ejemplo.

El almidón está compuesto fundamentalmente por dos polímeros de glucosa: amilosa y amilopectina. Los gránulos también contienen trazas de otros constituyentes como lípidos polares, nitrógeno y fósforo, en forma de fosfolípidos, que, en muchas

ocasiones, juegan un rol importante en las propiedades funcionales del almidón (Belitz, 1997).

La relación amilosa / amilopectina y su organización física dentro de la estructura granular, les confieren a los almidones propiedades fisicoquímicas y funcionales características (Bello-Pérez, 1995).

Propiedades del almidón

- El almidón tiene alta absorción de agua cercano al 6 % según lo establecido por la investigación de Armando Alvis, Carlos Velez, Hector Villada y Maite Rada-Mendoza de las universidades de Cordova, Del Valle y Cauca en Colombia respectivamente.
- El uso del almidón de maíz se justifica por un desarrollo sostenible debido a su bajo costo y amplia disponibilidad, el almidón se ha incorporado a una variedad de productos industriales (Harsch,1993)

Hay estudios con el uso de almidón de maíz en diferentes porcentajes, por ejemplo, Afroz, Manzur, Borno, Hasanuzzaman y Hossain (2022) han descubierto que una pequeña cantidad de adición de almidón, que oscila entre el 0,5 % y el 2,5 % del contenido de cemento en peso, aumenta la fluidez y el tiempo de fraguado del mortero de cemento, manteniendo los parámetros de resistencia, durabilidad y contracción dentro de un rango aceptable. Dentro del alcance de este estudio, la adición de 1 %–1,5 % de almidón en peso de cemento mostró un rendimiento mejorado en términos de tiempo de fraguado y flujo. Por otro lado, Barrientos (2021) descubrió que la adición de almidón en el concreto tiene un límite del 3 % que se debe usar como máximo. A mayores cantidades, las propiedades físicas y mecánicas se ven afectadas, el consumo de agua es mayor y por lo tanto no aporta beneficios en las propiedades del concreto.

Los porcentajes que se ha usado son superiores al 2 % porque ya hay evidencia de estudios con porcentajes similares menores, pero por la innovación de la sustitución del cemento por almidón de maíz se usó porcentajes menores aun, que en este caso son del 2 %, 4 % y 8 %.

La obtención de almidón de maíz es fácil de conseguir en los mercados tradicionales, en las regiones donde se producen. En la siguiente imagen (ver Figura 8) se muestra el almidón, también conocido como maicena, que se utilizó en el desarrollo de la presente tesis.



Figura N°8: Almidón de maíz en bolsas de 24 kg.

Fuente: Elaboración propia, 2024

2.2.3. Superplastificante

El aditivo superplastificante Z RR Plast es un líquido aditivo de múltiples funciones para el concreto, que actúa como plastificante y reductor de agua, y tiene un efecto retardante, especialmente en condiciones climáticas calurosas. Esto permite prolongar el tiempo de manejabilidad del concreto, aumentar su durabilidad y reducir la contracción y permeabilidad durante el fraguado. Además, como plastificante, proporciona un mayor asentamiento (slump) a la mezcla de concreto sin necesidad de añadir agua adicional, ver Figura 9.



Figura N°9: Aditivo superplastificante

Fuente: Elaboración propia, 2024

Se recomienda usar el porcentaje de 1.25 % que viene a ser la media los límites recomendados de parte de los fabricantes para que tenga el comportamiento de superplastificantes en condiciones locales. (Z Aditivos, 2023)

Ventajas:

- Mayor trabajabilidad especial para concretos caravista.
- No necesita aumentar el contenido de agua por m^3
- Aumenta la resistencia final.
- Disminuye la energía de compactación (Chuceado, vibrado)
- Reduce en un 15-20 % el agua de amasado (opcional)
- Aumenta el asentamiento (slump) 6" – 9" (Dependiendo del diseño)

Características:

- Proporciona manejabilidad para bombear las mezclas a distancia.
- Permite que el concreto sea transportado a distancia sin perder trabajabilidad.
- Por el asentamiento (slump) que proporciona al concreto permite una buena colocación de este evitando las cangrejeras.
- Incrementa la cohesividad del concreto fluido disminuyendo la segregación y exudación.
- Especial para plantas funcionando como retardante-súper plastificante.

2.2.4. Concreto

2.2.4.1. Definición

"El concreto es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia" (Abanto Flavio, 2009)

"El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material heterogéneo. Algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto" (Abanto Flavio, 2009)

2.2.4.2. Componentes del concreto

El concreto moderno está compuesto por los siguientes componentes:

Concreto = Cemento Portland + Agregados + Aire + Agua + Aditivos (ver Figura 10)

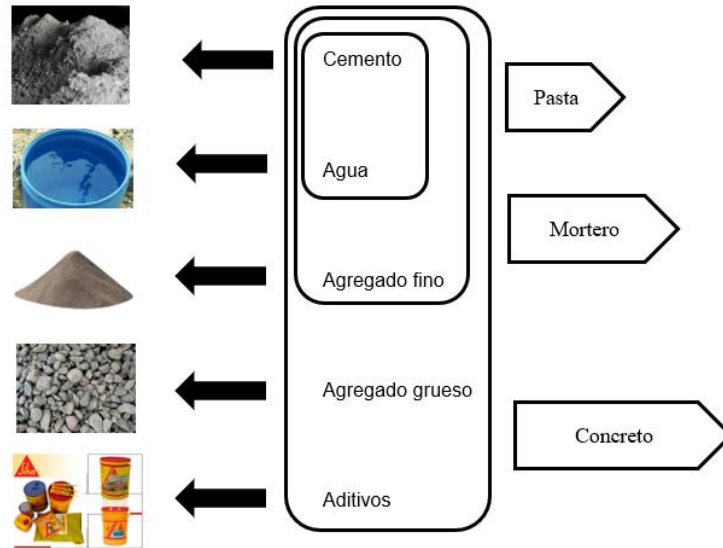


Figura N°10: Componentes del concreto

Fuente: Elaboración propia, 2024

a) Cemento

Es un material que están pulverizados y que al añadirles agua tienen la propiedad de fraguar y endurecer. Forman una pasta conglomerada que pueden endurecer cuando están dentro del agua y también en el aire. Finalmente, este material se vuelve estable (Rivva, 2010)

“El cemento portland es un aglomerante hidrófilo, resulta de la calcinación de rocas calizas, arcillas y areniscas de forma que se obtiene un polvo muy fino que tiene la propiedad de adquirir resistencia y adherencia cuando se le agrega agua” (Lea, 1988)

El cemento está compuesto por una variedad de compuestos químicos que contribuyen a sus propiedades y comportamiento en diferentes aplicaciones. Cada uno de estos compuestos desempeña un papel específico en el proceso de fraguado y endurecimiento del cemento. La siguiente Tabla 19 muestra un resumen detallado de estos compuestos químicos.

Tabla N°19: Compuestos químicos del cemento

	Compuesto Químico	Procedencia usual
95 %	Óxido de calcio (CaO)	Rocas Calizas
	Óxido de Sílice (SiO ₂)	Areniscas
	Óxido de aluminio (Al ₂ O ₃)	Arcillas
	Óxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	Arcillas, Mineral de Hierro, Pirita
5 %	Óxidos de Magnesio, Sodio	Minerales varios
	Potasio, Titanio, Azufre	
	Fósforo y Manganeseo	

Fuente: (Pasquel, 1998)

Además, la proporción de estos componentes puede variar según el tipo de cemento y su uso previsto. Existe un porcentaje típico de intervención como se puede ver en la tabla 20.

Tabla N°20: Porcentajes de intervención de los compuestos químicos

Óxido componente	Porcentaje típico	Abreviatura
CaO	61 %-67 %	C
(SiO ₂)	20 %-27 %	S
(Al ₂ O ₃)	4 %-7 %	A
(Fe ₂ O ₃)	2 %-4 %	F
SO ₃	1 %-3 %	-
MgO	1 %-5 %	-
K ₂ O y Na ₂ O	0.25 %-1.25 %	-

Fuente: (Pasquel, 1998)

Para los ensayos de la presente tesis se ha utilizado el Cemento tipo I Sol elaborado a base de Clinker y yeso. Usado en todo tipo de construcciones gracias al buen desarrollo de resistencias que posee a la compresión.

Beneficios:

- ✓ El acelerado desarrollo de resistencias iniciales permite un menor tiempo en el desencofrado.

- ✓ Excelente desarrollo de resistencias.
- ✓ Excelente desarrollo en resistencias a la compresión.
- ✓ Buena trabajabilidad.

Usos:

- ✓ Fabricación de concretos de mediana y alta resistencia a la compresión.
- ✓ Construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requieren características especiales o no especifique otro tipo de cemento.
- ✓ Preparación de concretos para cimientos, sobrecimientos, zapatas, vigas, columnas y techado.

La imagen muestra una bolsa de cemento Portland Tipo 1 Sol que es utilizado en el desarrollo de la tesis (ver Figura 11), utilizado comúnmente en construcciones generales debido a su alta resistencia y versatilidad.



Figura N°11: Cemento Sol utilizado para la mezcla

Fuente: Elaboración propia, 2024

b) Agua

El agua el concreto es un elemento fundamental porque está relacionado con la trabajabilidad, con la resistencia mecánica del concreto endurecido.

Existen requisitos que deben cumplir el agua para que se pueda utilizar en la mezcla de concreto. A continuación, se presenta la Tabla 21 con valores máximos que son permisibles en el agua para su uso en una mezcla de concreto.

Tabla N°21: Valores máximos de sustancias disueltas

SUSTANCIAS DISUELTAS	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles	1500 ppm
P. H.	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Fuente (Abanto, 2009)

c) Agregado fino

Los agregados naturales para el concreto se tratan de una mezcla de rocas y minerales que componen aproximadamente el 60 % al 75 % del volumen total del concreto. Los agregados finos tienen la característica de ser arena natural o piedra triturada con dimensiones menores a 5 mm (0.2 pulg). Para los ensayos de la presente tesis se ha extraído el agregado fino de la cantera Gloria que se ve en la fotografía siguiente, ver Figura 12.



Figura N°12: Cantera gloria carretera central

Fuente: Elaboración propia 2024

d) Agregado grueso

Los agregados gruesos consisten en un ser gravas o piedras trituradas que son de dimensiones mayores a 5mm. Y varían entre 9.5mm y 37.5 cm. (PCA, 2004), El agregado grueso se ha extraído de la cantera Gloria, ubicada en la carretera central (ver Figura 13).



Figura N°13: Cantera la Merced en Huachipa

Fuente: Elaboración propia, 2024

2.2.5. Desarrollo sostenible

El desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (CMMAD, 1998)

El desarrollo sostenible es un enfoque de desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades. Este concepto se basa en tres pilares fundamentales: el crecimiento económico, la inclusión social y la protección del medio ambiente. Integrar estos tres aspectos es esencial para alcanzar un desarrollo equilibrado y duradero. (Naciones Unidas, 1987)

2.2.6. Concreto sostenible

Por lo tanto, el concreto sostenible es aquel material que está compuesto por materiales alternativos a los tradicionales que reduzcan los efectos ambientales en menor proporción comparado con el concreto tradicional.

CAPÍTULO III: ENSAYOS FÍSICOS DEL CONCRETO

3.1. ENSAYOS PRELIMINARES

3.1.1. Propiedades de los agregados

a) Análisis de la granulometría del agregado fino

Para el ensayo de la granulometría el peso inicial para el agregado fino es de 713.35 g y se procedió con el ensayo con los materiales mencionados en el marco teórico.

Se puede ver en la Figura 14 el agregado fino junto con los tamices, distribuidos de acuerdo con las aberturas en forma descendente a su diámetro, para el ensayo de granulometría en Laboratorio de Ensayos de Materiales.



Figura N°14: Ensayo de granulometría del agregado fino

Fuente: Elaboración propia, 2024

La siguiente tabla presenta los resultados del análisis granulométrico del agregado fino; el porcentaje que pasa a través de cada malla se compara con el límite superior e inferior, ver Tabla 22.

Tabla N°22: Análisis granulométrico del agregado fino

Malla	Abert. (mm)	Peso Ret. (g)	P. ret (%)	P. Ret. Acum. (%)	P. que pasa (%)	Límite inferior	Límite superior
3/8"	9.52	14.38	2.02	2.02	97.98	100 %	100 %
N°4	4.75	13.48	1.89	3.91	96.09	95 %	100 %
N°8	2.36	114.62	16.07	19.97	80.03	80 %	100 %
N°16	1.18	183.39	25.71	45.68	54.32	50 %	85 %
N°30	0.6	179.80	25.20	70.89	29.11	25 %	60 %
N°50	0.3	170.81	23.94	94.83	5.17	5 %	30 %
N°100	0.15	18.88	2.65	97.48	2.52	0 %	10 %
fondo	-	17.98	2.52	100.00	0.00	-	-
TOTAL	-	713.35	100	ERROR=	0.00%	-	-

Fuente: Elaboración propia, 2024

Fórmula % PASA = 100 – % Retenido Acumulado

Los porcentajes retenidos acumulados usados son los siguientes tamices NTP: N°100, N°50, N°30, N°16, N°8, N°4, 3/8", 3/4", 1 1/2", 3". Se ha calculado el módulo de fineza con la siguiente expresión:

$$\text{Modulo de Fineza} = \frac{\text{sumatoria de porcentajes retenidos acumulados}}{100}$$

Del ensayo se obtuvo que el módulo de fineza MF=3.35

En la figura 15 se muestra la curva granulométrica del agregado fino; además se puede observar que el porcentaje que pasa está dentro de los límites inferior y superior.

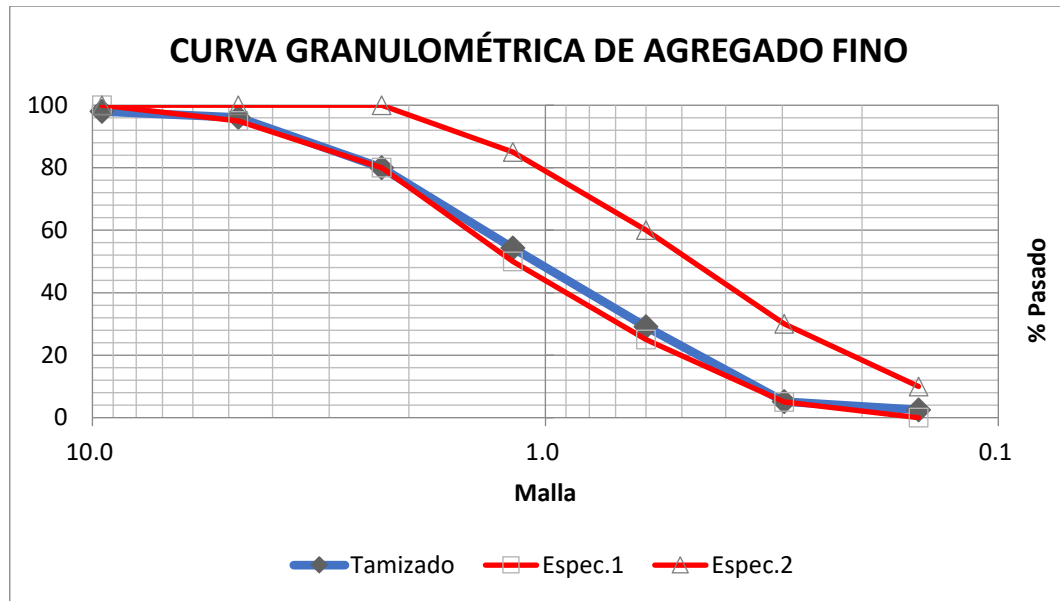


Figura N°15: Curva granulométrica del agregado fino
Fuente: Elaboración propia, 2024.

b) Análisis de la granulometría del Agregado grueso

Se procedió con colocar la muestra en el tamiz superior verificando que en el fondo este una base y la tapa superior en el primer tamiz; se agitan los tamices de forma circular durante 5 minutos (ver Figura 16).



Figura N°16: Ensayo de la granulometría del agregado grueso
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

El peso inicial para el agregado grueso es de 2440g. La Tabla 23 muestra los resultados del análisis; el porcentaje que pasa a través de cada malla se comparan con los límites establecidos para evaluar la conformidad del agregado con las especificaciones normativas.

Tabla N°23: Análisis granulométrico del agregado grueso

Malla	Abert. (mm)	Peso Ret. (g)	P. ret (%)	P. Ret. Acum. (%)	P. que pasa (%)	Límite	Límite
						inferior	superior
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1/2"	12.7	145.24	5.95	5.95	94.05	90.00	100.00
3/8"	9.52	1161.90	47.62	53.57	46.43	40.00	70.00
#4	4.76	1016.67	41.67	95.24	4.76	0.00	15.00
fondo		116.19	4.76	100.00	0.00	0.00	
		2440		ERROR=	0.00 %		

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Fórmula % PASA = 100 – % Retenido Acumulado

Los porcentajes retenidos acumulados usados son los siguientes tamices NTP: N°100, N°50, N°30, N°16, N°8, N°4, 3/8", 3/4", 1 1/2", 3". Se ha calculado el módulo de fineza con la siguiente expresión:

Se ha calculado el módulo de fineza con la siguiente expresión:

$$\text{Modulo de Fineza} = \frac{\text{sumatoria de porcentajes retenidos acumulados}}{100}$$

De acuerdo con los ensayos del agregado grueso, se obtuvo un tamaño nominal de TNM=3/4", MF=7.19

En la figura 17 se muestra la curva granulométrica del agregado grueso; además se puede observar que el porcentaje que pasa está dentro de los límites inferior y superior.

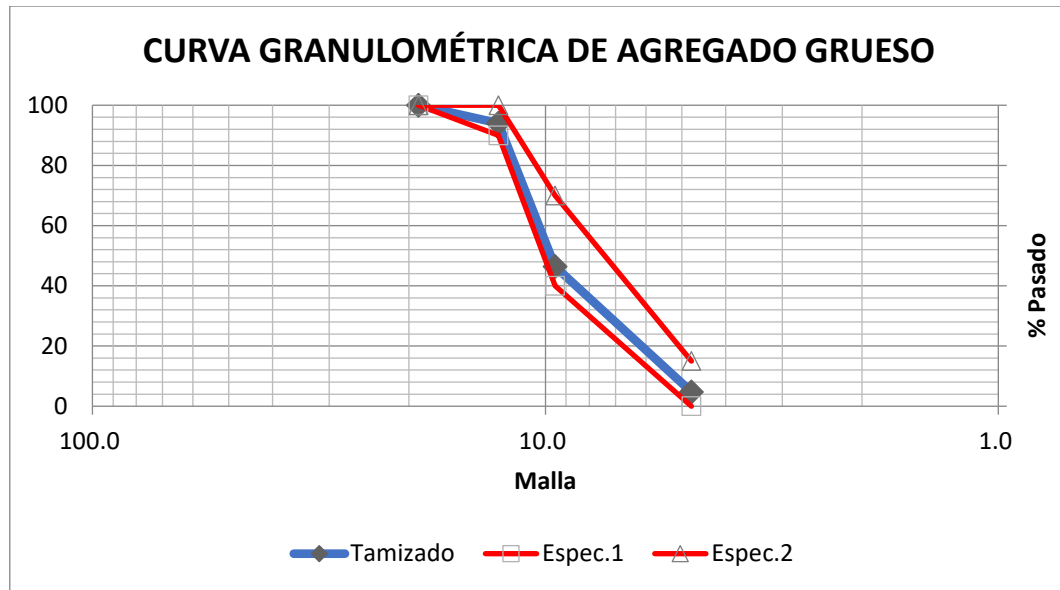


Figura N°17: Curva granulométrica del agregado grueso

Fuente: Elaboración propia, 2024.

c) Contenido de humedad del agregado fino

El resultado del porcentaje de humedad del agregado fino se muestra como el promedio de los dos ensayos antecesores, el promedio expresado en porcentaje (%) es de 2.61 % de humedad que contiene el agregado fino, ver Tabla 24.

Tabla N°24: Porcentaje de humedad del agregado fino

Número de Ensayo	Masa al inicio (g)	Masa al final (g)	Porcentaje de humedad (%)	Promedio (%)
1	485.42	472.7	2.69 %	2.61 %
2	547.41	533.9	2.53 %	

Fuente: Elaboración propia, 2024.

d) Contenido de humedad del agregado grueso

El resultado del porcentaje de humedad del agregado grueso se muestra como el promedio de los dos ensayos antecesores, el promedio expresado en porcentaje (%) es de 0.38 % de humedad que contiene el agregado grueso, ver Tabla 25.

Tabla N°25: Porcentaje de humedad del agregado grueso

Número de Ensayo	Masa al inicio (g)	Masa al final (g)	Porcentajes de humedad (%)	Promedio (%)
1	567.56	565.30	0.40 %	0.38 %
2	646.12	643.80	0.36 %	

Fuente: Elaboración propia, 2024.

e) Peso unitario compactado del agregado fino

El peso unitario del agregado fino se determina como el promedio de tres ensayos anteriores. En la Tabla 26 se muestra el procedimiento de cálculo y el resultado, que arroja un valor de 1726 g/cm³.

Tabla N°26: Peso unitario seco compactado del agregado fino

Número de Ensayo	Peso del recipiente más muestra (g)	Peso del recipiente (g)	Volumen del recipiente (cm ³)	Peso unitario del agregado (g/cm ³)	Promedio de pesos unitarios (g/cm ³)
1	9641	6023	2096	1.7261	1726
2	9621	6023	2096	1.7166	
3	9657	6023	2096	1.7338	

Fuente: Elaboración propia, 2024.

f) Peso unitario compactado del agregado grueso

El peso unitario del agregado fino se determina como el promedio de tres ensayos anteriores. En la Tabla 27 se muestra el procedimiento de cálculo y el resultado, que arroja un valor de 1708 g/cm³.

Tabla N°27: Peso unitario seco compactado del agregado grueso

Número de Ensayo	Peso del recipiente más muestra (g)	Peso del recipiente (g)	Volumen del recipiente (cm³)	Peso unitario del agregado (g/cm³)	Promedio de pesos unitarios (g/cm³)
1	6314	1372	2894	1.7077	1708
2	6316	1372	2894	1.7084	
3	6313	1372	2894	1.7073	

Fuente: Elaboración propia, 2024.

g) Peso específico y absorción del agregado fino

El peso específico y la absorción del agregado fino se determinan mediante el cálculo del promedio de las 2 muestras anteriores. Encontramos que el peso específico es de 2.61 g/cm³ y la absorción es del 1.61 %, ver Tabla 28.

Tabla N°28: Peso específico y absorción del agregado fino

Descripción	Und.	Muestra 1	Muestra 2	Promedio
Volumen de agua en la fiola	cm³	500.00	500.00	-
Peso de la muestra SSS	g	500.00	500.00	-
Peso de la fiola	g	186.40	188.00	-
Peso de la fiola + Agua	g	684.70	686.10	-
Peso de la fiola + Muestra SSS	g	686.40	688.00	-
Peso de la fiola+ Muestra SSS+ Agua	g	998.20	999.50	-
Peso del agua	g	311.80	311.50	-
Peso de la muestra secada al horno	g	492.08	492.37	-
Peso Específico de Masa	g/cm³	2.61	2.61	2.61
Absorción	%	1.61	1.55	1.58

Fuente: Elaboración propia, 2024.

h) Peso específico y absorción del agregado grueso

El peso específico y la absorción del agregado fino se determinan mediante el cálculo del promedio de las 2 muestras anteriores. Encontramos que el peso específico para el agregado grueso es de 2.73 g/cm³ y la absorción es del 1.03 %, ver Tabla 29.

Tabla N°29: Pesos específicos y absorción del agregado grueso

Descripción	Und.	Muestra 1	Muestra 2	Promedio
Peso de la muestra SSS	g	3152.45	3197.28	-
Peso de la muestra SSS en el agua	g	1980.43	2001.98	-
Peso de la muestra secada al horno	g	3120.00	3165.00	-
Peso Específico de Masa	g/cm ³	1.98	2.22	2.10
Peso específico de masa SSS	g/cm ³	2.69	2.67	2.68
Peso específico aparente	g/cm ³	2.74	2.72	2.73
Absorción	%	1.04	1.02	1.03

Fuente: Elaboración propia, 2024

i) Resumen de propiedades de los agregados

Los valores de las propiedades de los agregados fino y grueso obtenidos a través de los ensayos realizados en esta tesis se detallan en la Tabla 33.

Tabla N°30: Propiedades de las características de los agregados

Ensayo	Agregado fino	Agregado Grueso
TMN	---	3/4
% Humedad	2.61	0.38
% Absorción	1.58	1.03
Peso específico masa (kg/cm ³)	2.65	2.67
PUC (kg/cm ³)	1708	1398
PUS (kg/cm ³)	1528	1726
MF	3.35	7.19

Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.1.2. Diseño de mezcla método Bolomey

Para nuestro caso se va a diseñar un concreto de $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$. En primer lugar, se selecciona el asentamiento que debe cumplir con lo estipulado en el diseño de ACI, ver Tabla 25.

a) Selección de la resistencia promedio requerida

Al no contar con datos previos y no tener un coeficiente de variación, la selección de la resistencia promedio se realizará de la misma manera que el diseño de ACI.

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$
$$(f'_c + 84) \rightarrow f'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$$

b) Selección del asentamiento

El asentamiento es un requerimiento del diseño de mezcla que debe cumplir con lo estipulado en el diseño de ACI, ver Tabla 14.

$$\text{Slump} = 3''$$

c) Selección del TMN

Se determinará el tamaño máximo según la nueva definición indicada de la presente investigación, sobre que el tamaño máximo será la abertura del menor tamiz que retiene menos del 25 % del agregado de mayor tamaño.

$$\text{TM} = 1/2''$$

d) Selección del volumen unitario de agua

Por ser este método la selección del volumen unitario de agua en la mezcla se realizará de la forma, ver Tabla 15.

$$\text{Cantidad de agua} = 214 \text{ lt/m}^3$$

e) Cálculo de la cantidad de agua

Modificación de la cantidad de agua, se incrementará en un porcentaje +6.8 %, ver Tabla 16.

Cantidad de agua corregida = 230 lt/m³

f) Selección de contenido de aire

Se hace uso de la Tabla 17 para determinar el contenido de aire atrapado.

Cont. de aire = 2.00 %

g) Determinación de la relación agua/cemento

$$\frac{a}{c} = \frac{1}{Z}$$

$$Z = (K1 * Rm) + 0.5$$

Donde:

- K1 = Factor que depende de la forma del agregado.
- Rm = Resistencia promedio requerida.

En este caso por ser el agregado grueso de perfil triturado consideramos un factor de forma K1 = 0.003 (Coasaca, 2018, p150)

$$Z = (0.003 * 294) + 0.5$$

$$Z = 1.429$$

$$a/c = 1/1.429$$

$$a/c = 0.70$$

h) Determinación del peso del cemento

$$\text{Peso cemento} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{Volumen unitario de agua (lt/m}^3\text{)}}{\text{Relacion agua/cemento}}$$

$$\text{Peso cemento} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{230 \text{ (lt/m}^3\text{)}}{0.70} = 329.00 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso cemento} \left(\frac{\text{Bls}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{FC (Kg/m}^3\text{)}}{42.5 \text{ kg/bolsa}}$$

$$\text{Peso cemento} \left(\frac{\text{Bls}}{\text{m}^3} \right) = \frac{329.00 \text{ (Kg/m}^3\text{)}}{42.5 \text{ kg/bolsa}} = 7.7 \text{ bolsas/m}^3$$

i) Determinación del porcentaje del cemento como agregado

$$t_0(\%) = \frac{C / d_c}{1 - (A + \% \text{ Aire})}$$

Donde:

- C (kg/m³) = Peso del cemento por metro cubico de concreto
- A (m³) = Volumen unitario del agua por metro cubico de concreto
- % Aire (m³) = Porcentaje de aire en la mezcla, calculado anteriormente
- dc (kg/m³) = Peso específico del cemento
- t₀ (%) = Porcentaje de participación del cemento de agregado global

se remplaza los datos calculados:

$$t_0(\%) = \frac{329.00 / 3150}{1 - (0.230 + 0.020)}$$

$$t_0 = 13.91 \%$$

j) Determinación de la curva de Bolomey

Los valores del factor "A" se eligen a partir de la Tabla 24.

$$Y = A + (100 - A) * \sqrt{\frac{d}{D}}$$

Donde:

- Y (%) = Porcentaje acumulado que pasa por la malla de abertura "d".

- d (mm) = Abertura de la malla en referencia
- D (mm) = Tamaño máximo del agregado total
- A = Coeficiente empírico que depende de la forma del agregado y consistencia del concreto

$$A = 13 \text{ TM de } 3/4''$$

Se muestra la curva de Bolomey después de aplicar la expresión y luego al porcentaje de 100 % se le resta el resultado para obtener tras la sumatoria un módulo de fineza de Bolomey, ver Tabla 31.

Tabla N°31: Curva de Bolomey

Datos Curva de Bolomey			
Malla	Tamaño del tamiz (mm)	Y %	(100-Y) %
2 ½"	63.5	171.71	0.00
2"	50.8	154.97	0.00
1 ½"	38.1	135.97	0.00
1"	25.4	113.44	0.00
¾"	19.05	100.00	0.00
½"	12.7	84.06	15.94
3/8"	9.525	74.56	25.44
¼"	6.35	63.29	36.71
# 4	4.75	56.52	43.48
# 8	2.36	43.72	56.28
# 16	1.18	34.77	65.23
# 30	0.6	28.56	71.44
# 50	0.3	24.05	75.95
# 100	0.15	20.86	79.14
# 200	0.075	18.60	81.40
Total, MFB2			551.65

Fuente: Elaboración propia, 2024.

k) Método por módulo de fineza

$$t_0 + t_1 + t_2 + \dots + t_n = 100 \%$$

$$MFB_n = \frac{MF_0 * t_0 + MF_1 * t_1 + MF_2 * t_2 \dots + MF_n * t_n}{t_0 + t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

Dónde:

- MF_0 = Modulo de fineza del cemento, considerado en este método como cero.
- $MF_1, \dots, MF_n$ = Modulo de fineza de los agregados 1, 2, ... n.
- $t_0, t_1, \dots, t_n$ = Porcentaje del volumen absoluto del cemento (t_0) y de los agregados 1, 2, ... n. dentro de agregado global
- $MFB_1, \dots, MFB_n$ = Modulo de fineza de la curva de Bolomey con los tamaños máximos de cada agregado 1, 2, ... n

Se resuelven las ecuaciones y se obtienen los resultados de los porcentajes del volumen de los componentes.

$$t_1 = \frac{100(MF_2 - MFB_2) - (t_0 * MF_2)}{MF_2 - MF_1}$$

$$t_2 = 100 \% - (t_0 + t_1)$$

Se reemplaza los datos calculados en las expresiones siguientes:

$$MFB_n = 551.65 \%$$

$$t_1 = \frac{100(7.19 - 5.51) - (13.91 * 7.19)}{7.19 - 3.35}$$

$$t_1 = 43.32$$

$$t_2 = 100 - (17.2 + 30.93)$$

$$t_2 = 42.77$$

Cemento	A.F.	A.G.
$t_0 = 13.91 \%$	$t_1 = 43.32 \%$	$t_2 = 42.77 \%$

l) Determinación de volúmenes absolutos (agua y aire)

Como se conoce el peso en kg, y el peso específico del agua y aire, se puede calcular los volúmenes de cada componente.

$$\text{Volumen del aire (m}^3\text{)} = \frac{\% \text{ Aire}}{100}$$

$$\text{Volumen del aire (m}^3\text{)} = \frac{\% 2.00}{100}$$

$$\text{Volumen del agua (m}^3\text{)} = \frac{230(\text{Lt/m}^3)}{1000 (\text{lts/m}^3)}$$

$$\text{Volumen del agua (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso unitario del agua (Lt/m}^3\text{)}}{\text{Peso Especif. del agua (lts/m}^3\text{)}}$$

$$\text{Vol. abs. (aire y agua) (m}^3\text{)} = 0.02 + 0.230$$

$$\text{Vol. abs. (aire y agua)(m}^3\text{)} = 0.250\text{m}^3$$

m) Determinación del volumen absoluto de los agregados

$$\text{Vol. de agregado global (m}^3\text{)} = 1 - 0.250$$

$$\text{Vol. de agregado global (m}^3\text{)} = 0.750\text{m}^3$$

n) Determinación del volumen absoluto de los agregados

$$\text{Volumen Cemento (m}^3\text{)} = \frac{t_0}{100} \times \text{Vol. de agregado global (m}^3\text{)}$$

$$\text{Volumen A. F. (m}^3\text{)} = \frac{\alpha}{100} \times \text{Vol. de agregado global (m}^3\text{)}$$

$$\text{Volumen A. G. (m}^3\text{)} = \frac{\beta}{100} \times \text{Vol. de agregado global (m}^3\text{)}$$

Se reemplaza los datos calculados:

$$\text{Volumen Cemento (m}^3\text{)} = \frac{13.91}{100} * 0.750(\text{m}^3) = 0.104$$

$$\text{Volumen A. F. (m}^3\text{)} = \frac{43.32}{100} * 0.750 (\text{m}^3) = 0.325$$

$$\text{Volumen A. G. (m}^3\text{)} = \frac{42.77}{100} * 0.750 (\text{m}^3) = 0.321$$

o) Determinación de pesos secos de los agregados

$$\text{Cemento (kg/m}^3\text{)} = \text{Volumen Cemento(m}^3\text{)} * \text{Peso Especif. Cemento}$$

$$\text{Wseco A. F. (kg/m}^3\text{)} = \text{Volumen A. F. (m}^3\text{)} * \text{Peso Especif. A. F.}$$

$$\text{Wseco A. G (kg/m}^3\text{)} = \text{Volumen A. G. (m}^3\text{)} * \text{Peso Especif. A. G.}$$

Se reemplaza los datos calculados:

$$\text{Cemento } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) = 0.104(\text{m}^3) * 3150 = 329 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Wseco A. F. } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) = 0.325 (\text{m}^3) * 2610 = 848 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Wseco A. G } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) = 0.321 (\text{m}^3) * 2670 = 858 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

p) Ajuste por humedad de los agregados

Se procede con el ajuste por humedad de los resultados, dado que estos todavía se encuentran en estado seco, para ello se le multiplica por el porcentaje de humedad. Ver Tabla N°32.

Tabla N°32: Diseño seco y corregido de los componentes

COMPONENTE	DISEÑO SECO		DISEÑO CORREGIDO	
	PESO	VOLUMEN	PESO	VOLUMEN
	kg/ m ³	m ³	kg/ m ³	m ³
Aire	-	0.020	-	0.020
Agua	230.00	0.230	226.88	0.227
Cemento	328.57	0.104	328.57	0.104
A.F.	848.00	0.325	870.13	0.333
A.G.	856.51	0.321	859.76	0.322
TOTAL	2263.07	1.000	2285.34	1.007

Fuente: Elaboración propia, 2024.

q) Determinación de la proporción en peso

Los resultados de la dosificación, de acuerdo con el método Bolomey se procedió con las cantidades de los ingredientes de la mezcla de concreto para las tres dosificaciones del almidón de maíz con un aditivo superplastificante Z RR Plast, ver Tabla 33.

Tabla N°33: Dosificación de concreto para 108 muestras

Material	Patrón+ 0 %	Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM	Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM	Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM
Cemento kg.	59.14	57.96	56.78	55.59
Agua lt.	40.84	40.11	40.12	40.14
Agregado fino kg.	156.66	157.33	157.83	158.33
Agregado grueso kg.	154.98	155.65	156.14	156.64
Superplastificante g.	-	724.50	709.70	694.90
Almidón g.	-	1182.9	2365.70	3548.6

Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.1.2.1. Elaboración de la mezcla de concreto:

Se observa el proceso de vertido de la mezcla de concreto desde el trompo hacia una carretilla. Este concreto recién mezclado se preparó para ser utilizado en la elaboración de las probetas necesarias para las pruebas físicas y mecánicas, ver Figura 18.



Figura N°18: Preparación de la mezcla en el trompo

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

3.2. ENSAYO DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO

El procedimiento que sigue es que se llena el molde cónico de metal conocido como el cono de Abrams hasta una tercera parte con ayuda del cucharón la mezcla en estado fresco. Cuando se llegue a la altura de la tercera parte del molde cónico, con uso de la varilla metálica se apisona con 25 golpes y estos se repita dos veces más hasta llegar a completar el concreto fresco a la altura del molde cónico. Luego se retira lentamente el cono de Abrams para dejar la mezcla de concreto y se continúa con la medición de la diferencia de alturas entre la mezcla de concreto y la del molde metálico con la regla y la varilla, ver Figura 19.



Figura N°19: Asentamiento del concreto

Fuente: Elaboración propia, 2023.

3.2.1. Resultados del ensayo del asentamiento del concreto

Se muestran los resultados de los ensayos para la medición de la trabajabilidad del concreto fresco, de acuerdo con los porcentajes añadidos de almidón de maíz (ver Tabla 34). También se muestra el porcentaje de variación respecto al asentamiento de concreto patrón.

Tabla N°34: Resultados del asentamiento del concreto

Patrón + % Superplastificante + % Almidón de maíz	Asentamiento (Pulg.)	Promedio
Patrón+ 0 %	6	5.5 pulg
	4.8	
	5.7	
Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM	7.6	8.0 pulg
	8.5	
	7.9	
Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM	7	7.0 pulg
	7.6	
	6.4	

Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM	6.3	6.0 pulg
	5.5	
	6.2	

Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.3. ENSAYO DE LA DENSIDAD DEL CONCRETO

El ensayo de la densidad del concreto endurecido consiste en medir con precisión sus dimensiones (longitud, ancho y altura, o diámetro y altura para cilindros) y se pesa en una balanza de alta precisión (ver Figura 20). A continuación, se calcula el volumen de la muestra en función de sus dimensiones y se determina la densidad dividiendo el peso por el volumen.

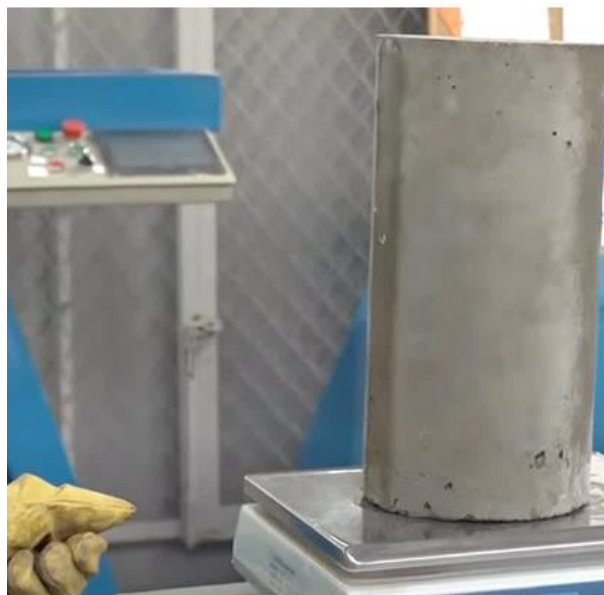


Figura N°20: Peso de la probeta

Fuente: Elaboración propia, 2023.

3.3.1. Resultados del ensayo de la densidad del concreto

Se presentan los resultados de los ensayos para la medición de la densidad del concreto endurecido según los porcentajes añadidos de almidón de maíz. También se muestra la media de la densidad del concreto. (ver Tabla 35)

Tabla N°35: Resultados de la densidad del concreto

Patrón + % Superplastificante + % Almidón de maíz	Densidad (g/cm³)	Promedio (g/cm³)
Patrón+ 0 %	2.342	2.34
	2.350	
	2.338	
Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM	2.341	2.35
	2.371	
	2.334	
Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM	2.352	2.33
	2.339	
	2.291	
Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM	2.325	2.32
	2.292	
	2.354	

Fuente: Elaboración propia, 2023.

CAPÍTULO IV: ENSAYOS MECÁNICOS DEL CONCRETO

Las probetas y vigas de concreto se han depositado en el recipiente de curado y se han identificado con el nombre a la persona que le pertenece los ensayos, la fecha en la que se fabricaron las probetas y el porcentaje al que pertenece de acuerdo con el diseño, ver Figura 21.

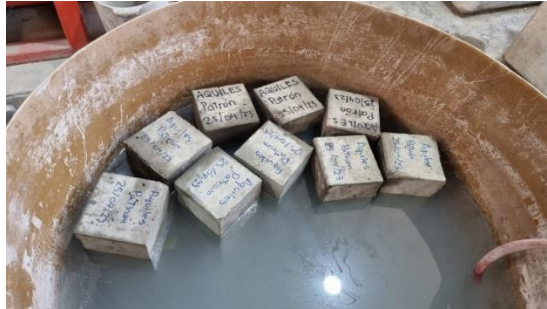


Figura N°21: Curado de los especímenes de concreto

Fuente: Elaboración propia, 2023

4.1. ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Los procesos para los ensayos de la resistencia a la compresión de las probetas de concreto consisten inicialmente en la medición de las dimensiones de las probetas para la verificación de estas magnitudes. Posteriormente se colocan en la prensa hidráulica en base a la programación y la proporción del concreto, ver Figura 22.



Figura N°22: Ensayo de compresión del concreto

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Para el ensayo a compresión del concreto se han fabricado 36 probetas de concreto que fueron dosificadas con diferentes porcentajes de almidón de maíz y de aditivo superplastificante.

4.1.1. Resultados del ensayo a la compresión del concreto

a) Resistencias a la compresión del concreto a los 7 días

Aquí se puede observar las resistencias a la compresión a los 7 días y las resistencias a la compresión promedio de las probetas de concreto a diferentes dosificaciones, ver Tabla 36.

Tabla N°36: Promedio de resistencias a la compresión a los 7 días

Patrón + % Superplastificante + % Almidón de maíz	Probeta	Resistencia a la compresión (kg/cm²)	Promedio (kg/cm²)
Patrón+ 0 %	P-01	168.80	187.48
	P-02	198.56	
	P-03	195.08	
Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM	A-01	216.73	200.26
	A- 02	210.50	
	A-03	173.55	
Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM	B-01	204.15	206.72
	B-02	202.32	
	B-03	213.71	
Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM	C-01	175.59	179.95
	C-02	175.54	
	C-03	188.73	

Fuente: Elaboración propia, 2024.

b) Resistencias a la compresión del concreto a los 14 días

Aquí se puede observar las resistencias a la compresión a los 14 días y el promedio las resistencias a la compresión de las probetas de concreto a diferentes dosificaciones, ver Tabla 37.

Tabla N°37: Promedio de resistencias a la compresión a los 14 días

Patrón + %Superplastificante + %Almidón de maíz	Probeta	Resistencia a la compresión (kg/cm²)	Promedio (kg/cm²)
Patrón+ 0 %	P-04	207.92	201.22
	P-05	194.06	
	P-06	201.69	
Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM	A-04	227.85	233.23
	A- 05	240.77	
	A-06	231.09	
Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM	B-04	221.12	223.71
	B-05	216.97	
	B-06	233.03	
Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM	C-04	199.34	201.51
	C-05	198.56	
	C-06	206.63	

Fuente: Elaboración propia, 2024.

c) Resistencias a la compresión del concreto a los 28 días

Aquí se puede observar las resistencias a la compresión a los 28 días y el promedio de las resistencias a la compresión de las probetas de concreto a diferentes dosificaciones, ver Tabla 38.

Tabla N°38: Promedio de resistencias a la compresión a los 28 días

Patrón + % Superplastificante + % Almidón de maíz	Probeta	Resistencia a la compresión (kg/cm²)	Promedio (kg/cm²)
Patrón+ 0 %	P-01	206.08	217.72
	P-02	225.84	
	P-03	221.26	
Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM	A-01	244.85	257.06
	A- 02	273.75	
	A-03	252.59	

Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM	B-01	244.79	243.31
	B-02	245.16	
	B-03	239.99	
Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM	C-01	200.33	215.42
	C-02	224.77	
	C-03	221.17	

Fuente: Elaboración propia, 2024.

4.2. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

Para el ensayo a flexión del concreto se han fabricado 36 vigas de concreto que fueron dosificadas con diferentes porcentajes de almidón de maíz y de aditivo superplastificante.

En la Figura 23, se puede observar la máquina de ensayo de flexión del concreto en el preciso momento en que se produce la rotura de la viga. La imagen captura el instante en que la viga cede bajo la carga aplicada, proporcionando datos cruciales sobre la capacidad estructural y la integridad del material.



Figura N°23: Máquina de ensayo a flexión

Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.2.1. Resultados del ensayo a la flexión del concreto

a) Resistencias de la flexión del concreto a los 7 días

Aquí se puede observar las resistencias de la flexión a los 7 días y las resistencias de la flexión promedio de las probetas de concreto a diferentes dosificaciones, ver Tabla 39.

Tabla N°39: Promedio de resistencias de la flexión a los 7 días

Patrón + % Superplastificante + % Almidón de maíz	Probeta	Resistencia a la flexión (kg/cm²)	Promedio (kg/cm²)
Patrón+ 0 %	P-01	24.62	25.05
	P-02	24.64	
	P-03	25.89	
Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM	A-01	30.99	29.82
	A- 02	28.91	
	A-03	29.55	
Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM	B-01	27.68	27.28
	B-02	24.80	
	B-03	29.38	
Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM	C-01	28.85	30.09
	C-02	32.14	
	C-03	29.28	

Fuente: Elaboración propia, 2024.

b) Resistencias a la flexión del concreto a los 14 días

Se puede observar las resistencias a la flexión a los 14 días y las resistencias a la flexión promedio de las probetas de concreto a diferentes dosificaciones, ver Tabla 40.

Tabla N°40: Promedio de resistencias a la flexión a los 14 días

Patrón + % Superplastificante + % Almidón de maíz	Probeta	Resistencia a la flexión (kg/cm²)	Promedio (kg/cm²)
Patrón+ 0 %	P-01	36.31	33.52
	P-02	33.62	
	P-03	30.62	

Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM	A-01	31.25	31.98
	A- 02	32.40	
	A-03	32.28	
Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM	B-01	24.50	26.45
	B-02	29.92	
	B-03	24.91	
Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM	C-01	29.93	27.56
	C-02	27.30	
	C-03	25.47	

Fuente: Elaboración propia, 2024.

c) Resistencias a la flexión del concreto a los 28 días

Se puede observar las resistencias a la flexión a los 28 días y las resistencias a la flexión promedio de las probetas de concreto a diferentes dosificaciones, ver Tabla 41.

Tabla N°41: Promedio de resistencias a la flexión a los 28 días

Patrón + % Superplastificante + % Almidón de maíz	Probeta	Resistencia a la flexión (kg/cm²)	Promedio (kg/cm²)
Patrón+ 0 %	P-01	33.78	33.42
	P-02	32.89	
	P-03	33.60	
Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM	A-01	33.04	31.01
	A- 02	32.47	
	A-03	27.53	
Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM	B-01	27.98	29.69
	B-02	28.93	
	B-03	32.17	
Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM	C-01	28.85	30.09
	C-02	32.14	
	C-03	29.28	

Fuente: Elaboración propia, 2024.

4.3. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

Para el ensayo a flexión del concreto se han fabricado 36 probetas de concreto que fueron dosificadas con diferentes porcentajes de almidón de maíz y de aditivo superplastificante.

Para la ubicación del espécimen centrar un listón en la barra que sirve de soporte en la parte inferior, colocar la probeta de concreto en el listón de modo que las líneas marcadas queden en los extremos queden verticalmente y centrada sobre el listón. Colocar un segundo listón en la probeta y centrar con las líneas marcadas en la probeta. Ver Figura 24.



Figura N°24: Máquina de tracción

Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.3.1. Resultados del ensayo a la tracción del concreto

a) Resistencias a la tracción del concreto a los 7 días

Aquí se puede observar las resistencias a la tracción a los 7 días y las resistencias a la tracción promedio de las probetas de concreto a diferentes dosificaciones, ver Tabla 42.

Tabla N°42: Promedio de resistencias a la tracción a los 7 días

Patrón + % Superplastificante + % Almidón de maíz	Probeta	Resistencia a la tracción (kg/cm²)	Promedio (kg/cm²)
Patrón+ 0 %	P-01	11.84	11.90
	P-02	11.93	
	P-03	11.92	
Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM	A-01	25.06	23.08
	A- 02	24.49	
	A-03	19.68	
Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM	B-01	18.29	20.67
	B-02	22.42	
	B-03	21.30	
Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM	C-01	11.65	17.15
	C-02	21.19	
	C-03	18.63	

Fuente: Elaboración propia, 2024.

b) Resistencias a la tracción del concreto a los 14 días

Aquí se puede observar las resistencias a la tracción a los 14 días y las resistencias a la tracción promedio de las probetas de concreto a diferentes dosificaciones, ver Tabla 43.

Tabla N°43: Promedio de resistencias a la tracción a los 14 días

Patrón + % Superplastificante + % Almidón de maíz	Probeta	Resistencia a la tracción (kg/cm²)	Promedio (kg/cm²)
Patrón+ 0 %	P-01	23.95	27.23
	P-02	24.18	
	P-03	33.56	
Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM	A-01	22.02	22.94
	A- 02	20.21	
	A-03	26.60	

Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM	B-01	21.53	18.58
	B-02	15.87	
	B-03	18.34	
Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM	C-01	18.00	20.35
	C-02	24.76	
	C-03	18.29	

Fuente: Elaboración propia, 2024.

c) Resistencias a la tracción del concreto a los 28 días

Aquí se puede observar las resistencias a la tracción a los 28 días y las resistencias a la tracción promedio de las probetas de concreto a diferentes dosificaciones, ver Tabla 44.

Tabla N°44: Promedio de resistencias a la tracción a los 28 días

Patrón + % Superplastificante + % Almidón de maíz	Probeta	Resistencia a la tracción (kg/cm²)	Promedio (kg/cm²)
Patrón+ 0 %	P-01	21.62	24.69
	P-02	28.72	
	P-03	23.74	
Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM	A-01	21.30	22.24
	A- 02	23.99	
	A-03	21.42	
Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM	B-01	22.90	24.07
	B-02	22.68	
	B-03	26.64	
Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM	C-01	24.43	23.62
	C-02	21.99	
	C-03	24.44	

Fuente: Elaboración propia, 2024.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. ANÁLISIS DE ENSAYOS FÍSICOS

5.1.1. Análisis del ensayo del asentamiento

Se muestran los resultados de los ensayos para la medición de la trabajabilidad del concreto fresco, de acuerdo con los porcentajes añadidos de almidón de maíz y superplastificante. También se muestra el porcentaje de variación respecto al asentamiento de concreto patrón. (ver Tabla 45).

Tabla N°45: Resultados del asentamiento del concreto

Patrón + % Superplastificante + % Almidón de maíz	Asentamiento (pulg.)	Porcentaje de variación
Patrón+ 0 %	5.50	-
Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM	8.00	45.5 %
Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM	7.00	27.3 %
Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM	6.00	10.0 %

Fuente: Elaboración propia, 2024.

El gráfico de resultados de asentamiento del concreto (ver Figura 25) presenta una clara tendencia en relación con la incorporación de la adición de almidón de maíz y aditivo superplastificante. Al comparar el diseño de concreto patrón con aquellos que incluyen un porcentaje de adición y aditivo, se observa una mejora significativa en el asentamiento.

Sin embargo, al aumentar el porcentaje de adición de almidón de maíz más allá de cierto umbral, se aprecia una disminución de la mejora adicional. Esto sugiere que existe un punto óptimo en la dosificación de la adición en términos de asentamiento, después del cual no se obtiene un beneficio sustancial en la trabajabilidad del concreto.

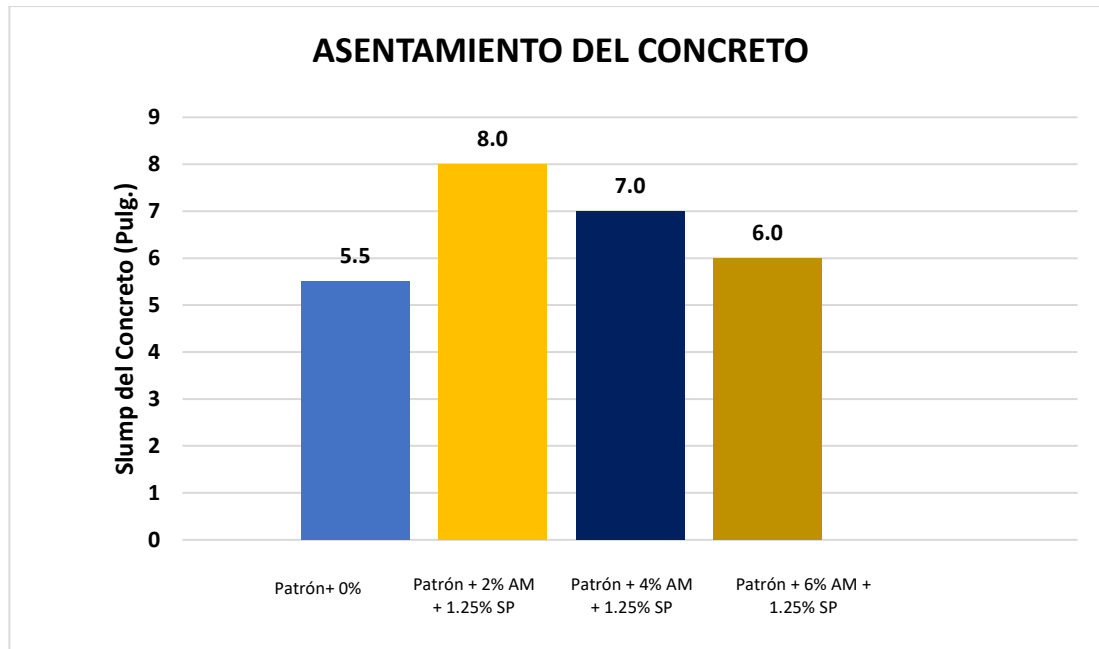


Figura N°25: Trabajabilidad del concreto

Fuente: Elaboración propia, 2024.

- Prueba de hipótesis para el ensayo del asentamiento

Para realizar esta prueba utilizamos como referencia primero la media del asentamiento ($\bar{x}$) del de concreto 210 kg/cm², con ello se plantea las hipótesis y los grados de libertad, ver Tabla 46.

Tabla N°46: Pasos de la prueba de hipótesis del asentamiento

Pasos de T de Student	Valores
Hipótesis nula Ho	$\mu = 3$ pulg.
Hipótesis alternativa H1	$\mu > 3$ pulg
Nivel de significancia (α)	$\alpha = 0.05$
Grados de libertad Gl= n-1	Gl= 2
Tc (T critico)	Tc= 2.92
T estadístico	$T = \frac{\bar{x} - u}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$

Fuente: Elaboración propia, 2024.

La prueba de hipótesis para los resultados de las muestras a las que se añadieron diferentes porcentajes de almidón de maíz, con el objetivo de identificar una diferencia significativa en el asentamiento del concreto respecto al patrón, se presenta en la Tabla 47.

Tabla N°47: Prueba la prueba de hipótesis del asentamiento del concreto

Patrón + % Superplastificante + % Almidón de maíz	Media ($\bar{x}$) Pulg.	S	T	Signo	Tc
Patrón+ 0 %	5.5	-	-	-	-
Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM	8.0	0.46	18.90	>	+ 2.95
Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM	7.0	0.60	11.55	>	+ 2.95
Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM	6.0	0.44	11.92	>	+ 2.95

Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la prueba del asentamiento del concreto, los valores calculados del T estadístico son mayores que el valor crítico ($T > T_c = 2.95$) a un nivel de significancia del 0.05. Esto indica que se encuentra una diferencia significativa en el asentamiento entre el concreto patrón y las mezclas con diferentes porcentajes de adiciones de almidón de maíz, lo que sugiere que las modificaciones en la composición afectan de manera estadísticamente significativa al asentamiento del concreto.

5.1.2. Análisis del ensayo de la densidad

Se presentan los resultados de los ensayos para la medición de la densidad del concreto endurecido a los 28 días según los porcentajes añadidos de almidón de maíz. También se muestra el porcentaje de variación respecto a la densidad del concreto patrón, ver Tabla 48.

Tabla N°48: Resultados de la densidad del concreto

Patrón + % Superplastificante + % Almidón de maíz	Densidad (g/cm³)	Porcentaje de Variación
Patrón+ 0%	2.34	-
Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM	2.35	0.22 %
Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM	2.33	-0.68 %
Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM	2.32	-0.84 %

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Los ensayos realizados para evaluar la densidad del concreto, incluyendo un diseño patrón y mezclas con diferentes niveles de adición de almidón de maíz, revelaron una falta de variación significativa en los resultados (Ver Figura 26).

En otras palabras, no se observaron diferencias notables en las mediciones de densidad entre las distintas mezclas de concreto probadas. Esto sugiere que, en el contexto de este estudio, la variación en los porcentajes de adición de almidón de maíz no influyó de manera apreciable en la densidad del concreto.

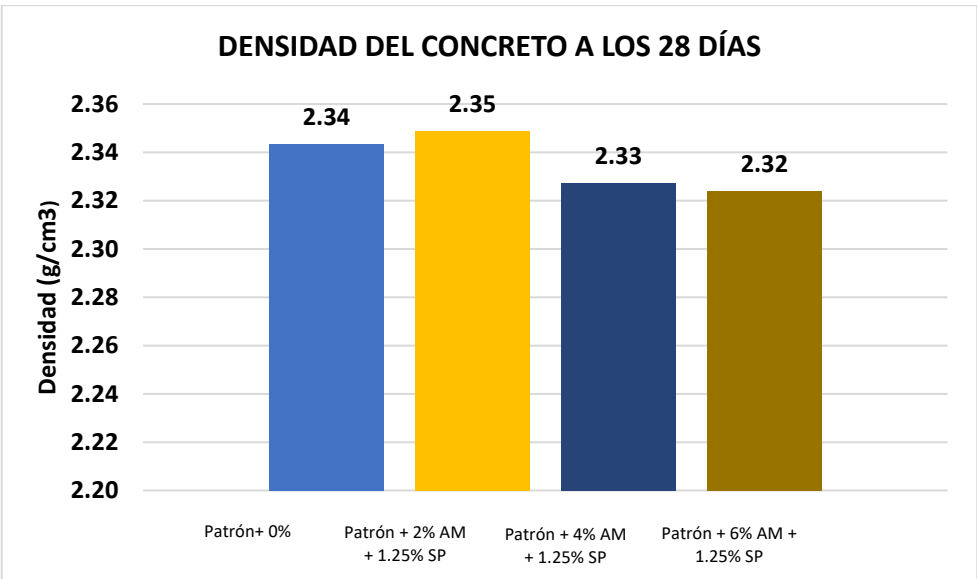


Figura N°26: Densidad del concreto

Fuente: Elaboración propia, 2024.

- Prueba de hipótesis para el ensayo de la densidad

Para realizar esta prueba de T de Student utilizamos como referencia primero la media ($\bar{x}$) de la densidad de concreto 210 kg/cm² a los 28 días, con ello se plantea las hipótesis y los grados de libertad, ver Tabla 49.

Tabla N°49: Pasos para la prueba de hipótesis de la densidad del concreto

Pasos de T de Student	Valores
Hipótesis nula Ho:	$\mu = 2.34 \text{ g/cm}^3$
Hipótesis alternativa H1:	$\mu > 2.34 \text{ g/cm}^3$
Nivel de significancia (α)	$\alpha = 0.05$
Grados de libertad Gl= n-1	Gl= 2
Tc (T critico)	Tc= 2.92
T estadístico	$T = \frac{\bar{x} - u}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$

Fuente: Elaboración propia, 2024.

La prueba de hipótesis para los resultados de las muestras a las que se añadieron diferentes porcentajes de almidón de maíz, 2 %, 4 % y 6 %, con el objetivo de identificar una diferencia significativa en la densidad del concreto respecto al patrón, se presenta en la Tabla 50.

Tabla N°50: Prueba de la prueba de hipótesis de la densidad del concreto

Patrón + % Superplastificante + % Almidón de maíz	$\bar{x}$ g/cm ³	S	T	Signo	Tc
Patrón+ 0 %	2.34	-	-	-	-
Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM	2.35	0.02	0.77	<	+ 2.95
Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM	2.33	0.03	-0.68	>	- 2.95
Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM	2.32	0.03	-0.89	>	- 2.95

Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la prueba de densidad del concreto, los valores calculados del T estadístico son menores que el valor crítico ($T < T_c = 2.95$) a un nivel de significancia del 0.05. Esto indica que no se encuentra una diferencia significativa en la densidad entre el concreto patrón y las mezclas con diferentes porcentajes de adición de almidón de maíz, lo que sugiere que las modificaciones en la composición no afectan de manera estadísticamente significativa a la densidad del concreto.

5.2. ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS MECÁNICOS

5.2.1. Análisis del ensayo de compresión

El análisis se realizó mediante una comparativa de las resistencias a la compresión del concreto tras la dosificación encontradas en los ensayos tomando en cuenta el tiempo similar a las que fueron ensayadas las probetas de concreto.

También se ha realizado la prueba de hipótesis mediante t de Student para medir el nivel de significancia de las resistencias a compresión del concreto promedio en las diferentes dosificaciones de almidón de maíz y superplastificante a los 28 días respecto a la resistencia del concreto patrón sin aditivo.

- a) Comparación de resistencias a la compresión del concreto a los 7 días, ver Tabla 51.

Tabla N°51: Resistencias a la compresión a los 7 días

Patrón + % Superplastificante + % Almidón de maíz	Resistencia F'c (kg/cm²)	Porcentaje de variación
Patrón+ 0 %	187.48	-
Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM	200.26	6.82 %
Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM	206.72	10.26 %
Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM	179.95	-4.02 %

Fuente: Elaboración propia, 2024.

El gráfico siguiente muestra que la resistencia a compresión del concreto a los 7 días aumenta de manera significativa con la adición de la adición de almidón de maíz hasta

alcanzar un punto de inflexión en el porcentaje 4 % AM + 1.25 % SP a partir del cual no se observa una mejora adicional significativa, ver Figura 27.

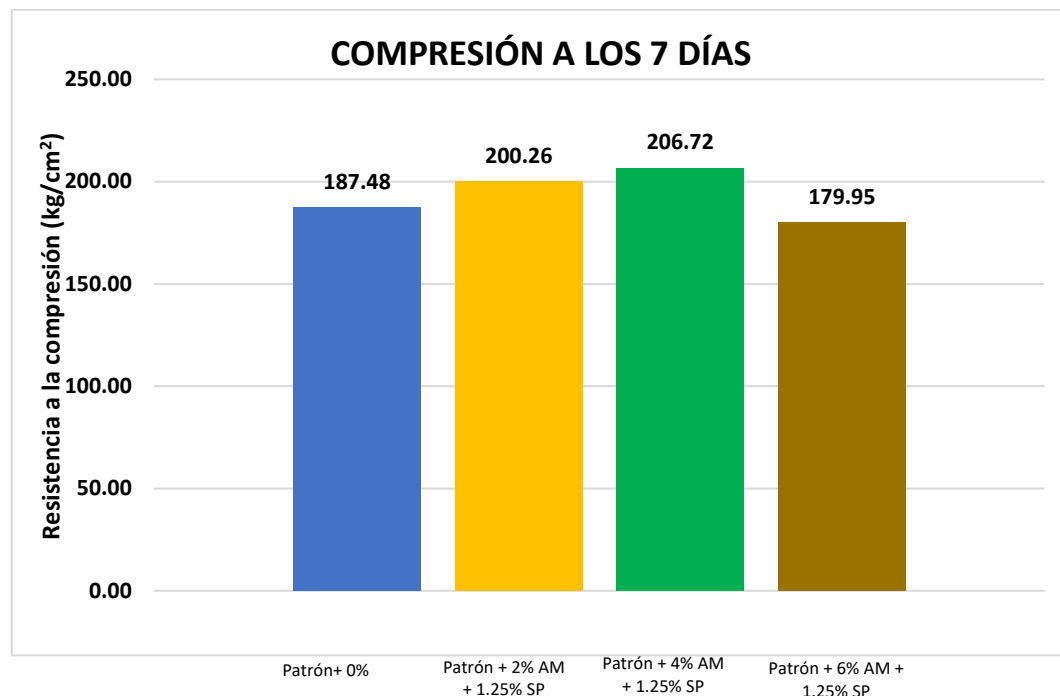


Figura N°27: Comparación a la compresión a los 7 días del concreto

Fuente: Elaboración propia, 2024.

b) Comparación de resistencias a la compresión del concreto a los 14 días, ver Tabla 52.

Tabla N°52: Resistencias a la compresión a los 14 días

Patrón + % Superplastificante + % Almidón de maíz	Resistencia F'c (kg/cm²)	Porcentaje de variación
Patrón+ 0 %	201.22	-
Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM	233.23	15.91 %
Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM	223.71	11.18 %
Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM	201.51	0.14 %

Fuente: Elaboración propia, 2024.

El gráfico siguiente muestra que la resistencia a compresión del concreto a los 14 días aumenta de manera significativa con la adición de almidón de maíz hasta alcanzar un

punto de inflexión en el porcentaje 2 % AM + 1.25 % SP, a partir del cual no se observa una mejora adicional significativa, ver Figura 28.

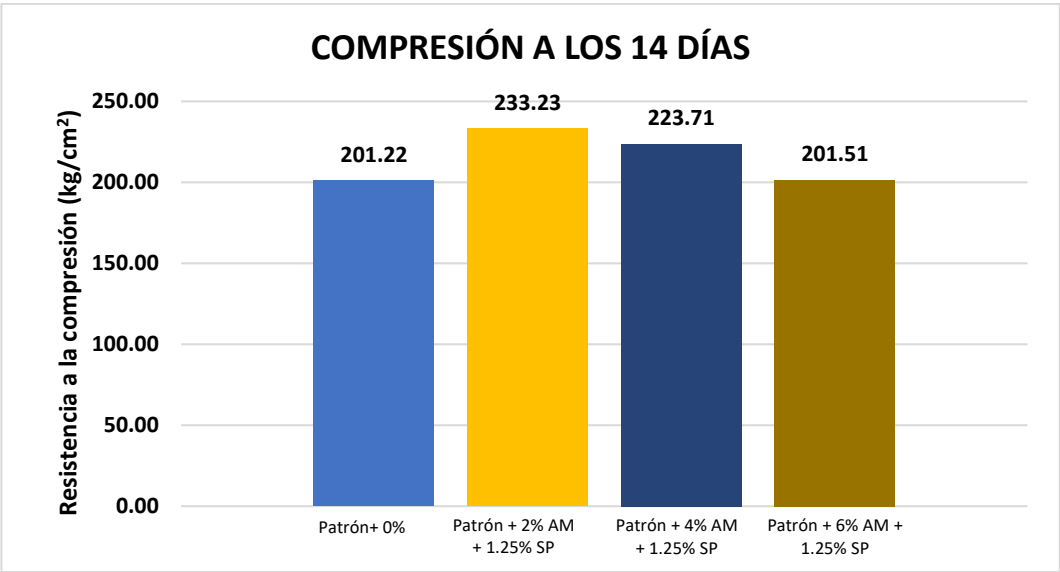


Figura N°28: Comparación a la compresión a los 14 días del concreto
Fuente: Elaboración propia, 2024.

c) Comparación de resistencias a la compresión del concreto a los 28 días, ver Tabla 53.

Tabla N°53: Resistencias a la compresión a los 28 días

Patrón + % Superplastificante + % Almidón de maíz	Resistencia f'c (kg/cm²)	Porcentaje de Variación
Patrón+ 0 %	217.72	-
Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM	257.06	18.07 %
Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM	243.31	11.75 %
Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM	215.42	-1.06 %

Fuente: Elaboración propia, 2024.

El gráfico siguiente muestra que la resistencia a compresión del concreto a los 28 días aumenta de manera significativa con la adición de almidón de maíz hasta alcanzar un punto de inflexión en el porcentaje 2 % AM + 1.25 % SP, a partir del cual no se observa una mejora adicional significativa, ver Figura 29.

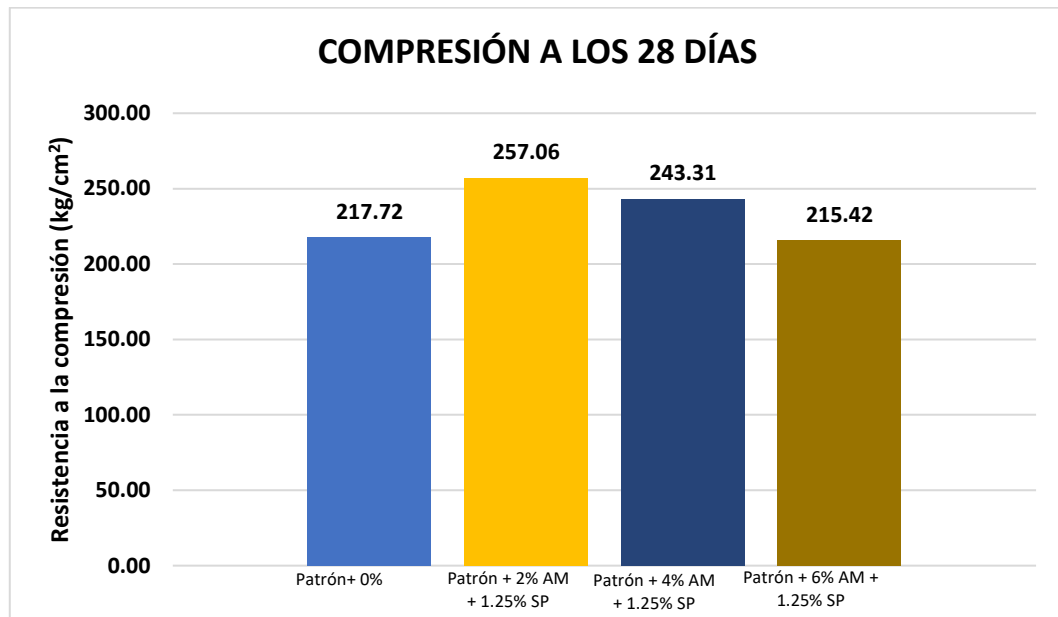


Figura N°29: Comparación a la compresión a los 28 días del concreto

Fuente: Elaboración propia, 2024.

- Prueba de hipótesis para el ensayo a la compresión

Para realizar esta prueba de T de Student utilizamos como referencia primero la media ($\bar{x}$) de las resistencias a compresión del concreto 210 kg/cm² a los 28 días con la dosificación, con ello se plantea las hipótesis y los grados de libertad, ver Tabla 54.

Tabla N°54: Pasos de la prueba de hipótesis de la compresión

Pasos de T de Student	Valores
Hipótesis nula Ho:	$\mu = 210 \text{ kg/cm}^2$
Hipótesis alternativa H1:	$\mu > 210 \text{ kg/cm}^2$
Nivel de significancia (α)	$\alpha = 0.05$
Grados de libertad Gl= n-1	Gl= 2
Tc (T critico)	Tc= 2.92
T estadístico	$T = \frac{\bar{x} - u}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$

Fuente: Elaboración propia, 2024.

La prueba de hipótesis para los resultados de las muestras a las que se añadieron diferentes porcentajes de almidón de maíz, 2 %, 4 % y 6 %, con el objetivo de identificar una diferencia significativa en la resistencia a la compresión del concreto a los 28 días respecto al concreto patrón, se muestra en la Tabla 55.

Tabla N°55: Prueba de hipótesis para la compresión del concreto

Patrón + % Superplastificante + % Almidón de maíz	Promedio kg/cm²	S	T	Signo	Tc
Patrón+ 0 %	217.72	-	-	-	-
Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM	257.06	14.96	5.45	>	+ 2.95
Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM	243.31	2.89	20.00	>	+ 2.95
Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM	215.42	13.20	0.71	<	+ 2.95

Fuente: Elaboración propia, 2024.

- En la prueba de resistencia a la compresión, el valor calculado del estadístico $T=5.45$ supera el valor crítico ($T > T_c=2.95$) a un nivel de significancia del 0.05. Esto indica una diferencia significativa en la resistencia entre el concreto Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM y el concreto patrón, con el primero siendo más resistente.
- En la prueba de resistencia a la compresión, el valor calculado del estadístico $T=20.00$ supera el valor crítico ($T > T_c=2.95$) a un nivel de significancia del 0.05. Esto indica una diferencia significativa en la resistencia entre el concreto Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM y el concreto patrón, con el primero siendo más resistente.
- En la prueba de resistencia a la compresión, el valor calculado del estadístico $T=0.71$ no supera el valor crítico ($T < T_c=2.95$) a un nivel de significancia del 0.05. Esto indica que no existe una diferencia significativa en la resistencia entre el concreto Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM y el concreto patrón, con el segundo siendo más resistente.

5.2.2. Análisis del ensayo de flexión

El análisis se realizó mediante una comparativa de las resistencias a la flexión del concreto tras la dosificación encontradas en los ensayos tomando en cuenta el tiempo similar a las que fueron ensayadas las probetas de concreto.

También se ha realizado la prueba de hipótesis mediante t de Student para medir el nivel de significancia de las resistencias a la flexión del concreto promedio en las diferentes dosificaciones de almidón de maíz y superplastificante a los 28 días respecto a la resistencia del concreto patrón sin aditivo.

- a) Comparación de resistencias a la flexión del concreto a los 7 días, ver Tabla 56.

Tabla N°56: Resistencias a la flexión a los 7 días

Patrón + % Superplastificante + % Almidón de maíz	Resistencia F'c (kg/cm²)	Porcentaje de variación
Patrón+ 0 %	25.05	-
Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM	29.82	19.04 %
Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM	27.28	8.90 %
Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM	30.09	20.12 %

Fuente: Elaboración propia, 2024.

La figura siguiente muestra que la resistencia a la flexión del concreto a los 7 días aumenta ligeramente con la adición de almidón de maíz hasta alcanzar un punto de inflexión en el porcentaje 2 % AM + 1.25 % SP, a partir del cual no se observa una mejora adicional significativa comparada con las resistencias anteriores, ver Figura 30.

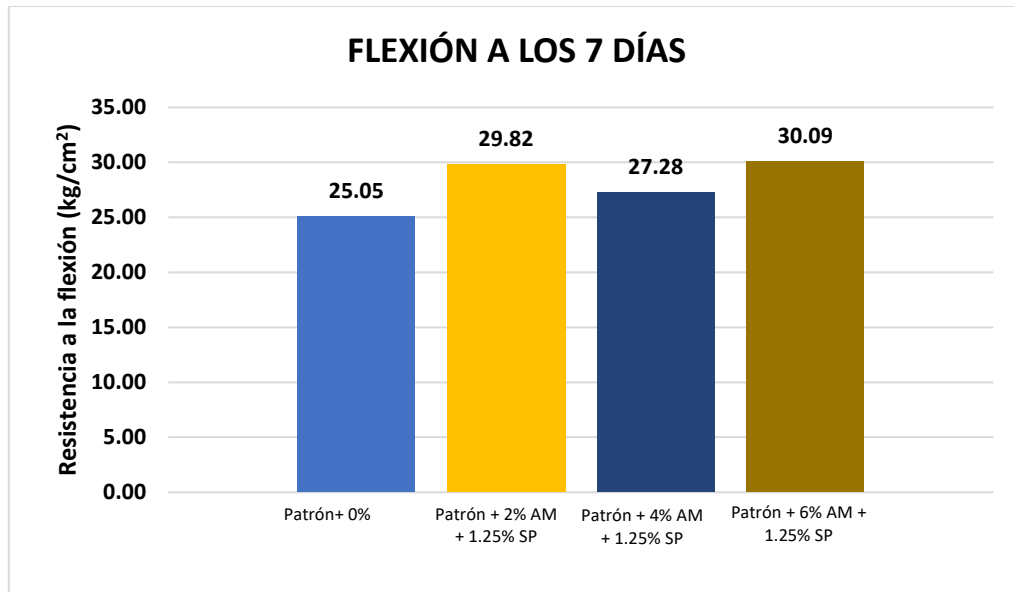


Figura N°30: Comparación a la flexión a los 7 días del concreto

Fuente: Elaboración propia, 2024.

- b) Comparación de resistencias a la flexión del concreto a los 14 días, ver Tabla 57.

Tabla N°57: Resistencias a la flexión a los 14 días

Patrón + % Superplastificante + % Almidón de maíz	Resistencia F'c (kg/cm²)	Porcentaje de variación
Patrón+ 0 %	33.52	-
Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM	31.98	-4.59 %
Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM	26.45	-21.09 %
Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM	27.56	-17.78 %

Fuente: Elaboración propia, 2024.

La figura siguiente muestra que la resistencia a la flexión del concreto a los 14 días disminuye ligeramente con la adición de almidón de maíz en el porcentaje 2 % AM + 1.25 % SP, a partir del cual se observa una disminución constante en los siguientes porcentajes comparada con las resistencias anteriores, ver Figura 31.

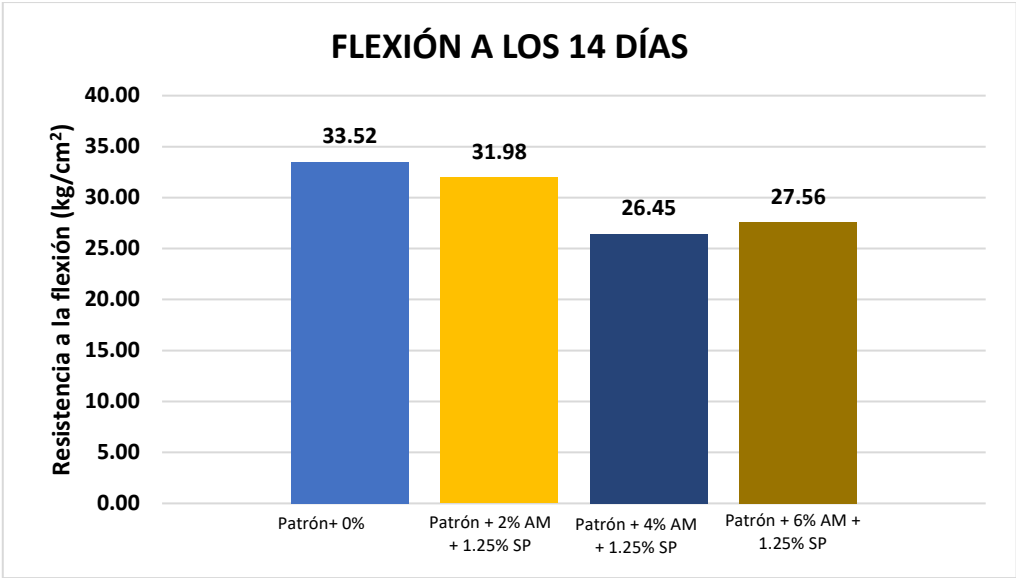


Figura N°31: Comparación a la flexión a los 14 días del concreto
Fuente: Elaboración propia, 2024.

c) Comparación de resistencias de la flexión del concreto a los 28 días, ver Tabla 58.

Tabla N°58: Resistencias a la flexión a los 28 días

Patrón + % Superplastificante + % Almidón de maíz	Resistencia F'c (kg/cm²)	Porcentaje de variación
Patrón+ 0 %	33.42	-
Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM	31.01	-7.21 %
Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM	30.09	-9.96 %
Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM	29.69	-11.16 %

Fuente: Elaboración propia, 2024.

El gráfico siguiente muestra que la resistencia a la flexión del concreto a los 28 días disminuye ligeramente con la adición de almidón de maíz en el porcentaje 2 % AM + 1.25 % SP, a partir del cual se observa una disminución constante en los siguientes porcentajes comparada con las resistencias anteriores, ver figura 32.

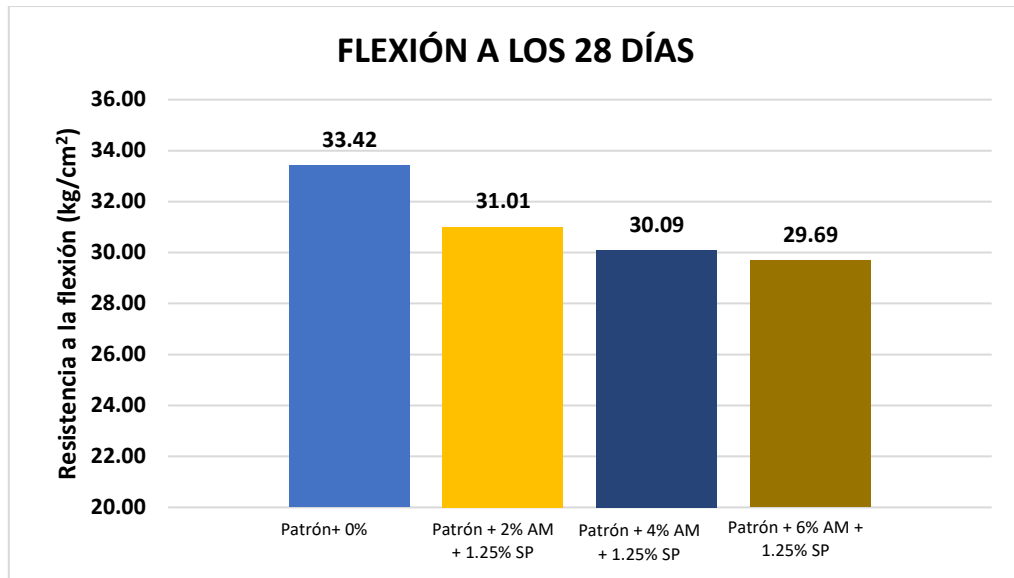


Figura N°32: Comparación a la flexión a los 28 días del concreto

Fuente: Elaboración propia, 2024.

- Prueba de hipótesis para el ensayo a la flexión

Para realizar esta prueba de T de Student utilizamos como referencia primero la media ($\bar{x}$) de las resistencias a la flexión del concreto 210 kg/cm² a los 28 días, ver Tabla 59.

Tabla N°59: Pasos de la prueba de hipótesis a flexión

Pasos de T de Student	Valores
Hipótesis nula Ho:	$\mu = 33.42 \text{ kg/cm}^2$
Hipótesis alternativa H1:	$\mu > 33.42 \text{ kg/cm}^2$
Nivel de significancia (α)	$\alpha = 0.05$
Grados de libertad Gl= n-1	Gl= 2
Tc (T critico)	Tc= 2.92
T estadístico	$T = \frac{\bar{x} - u}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$

Fuente: Elaboración propia, 2024.

La prueba de hipótesis para los resultados de las muestras a los 28 días a las que se añadieron diferentes porcentajes de almidón de maíz, 2 %, 4 % y 6 %, con el objetivo

de identificar una diferencia significativa en la resistencia a la flexión del concreto a los 28 días respecto al concreto patrón, se muestra en la Tabla 60.

Tabla N°60: Prueba de hipótesis de la flexión del concreto

Patrón + % Superplastificante + % Almidón de maíz	Promedio kg/cm²	S	T	Signo	Tc
Patrón+ 0 %	33.42	-	-	-	-
Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM	31.01	3.03	-1.38	>	-2.95
Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM	30.09	2.20	-2.94	>	-2.95
Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM	29.69	1.79	-3.23	<	-2.95

Fuente: Elaboración propia, 2024.

- En la prueba de resistencia a la flexión del concreto Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM, el valor calculado del estadístico $T = -1.38$ es menor que el valor crítico ($T < T_c = 2.95$) a un nivel de significancia del 0.05. En consecuencia, no se encuentra evidencia de una diferencia significativa en la resistencia a la flexión entre el concreto con adición de almidón de maíz y el concreto patrón.
- En la prueba de resistencia a la flexión del concreto Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM, el valor calculado del estadístico $T = -2.94$ es menor que el valor crítico (T_c calculado < 2.95) a un nivel de significancia del 0.05. En consecuencia, no se encuentra evidencia de una diferencia significativa en la resistencia a la flexión entre el concreto con adición de almidón de maíz y el concreto patrón.
- En la prueba de resistencia a la flexión del concreto Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM, el valor calculado del estadístico $T = -3.23$ es menor que el valor crítico (T calculado < -2.95) a un nivel de significancia del 0.05. En consecuencia, sí se encuentra evidencia de una diferencia significativa en la resistencia a la flexión entre el concreto con adición de almidón de maíz y el concreto patrón.

5.2.3. Análisis del ensayo de tracción

El análisis se realizó mediante una comparativa de las resistencias a la tracción del concreto tras la dosificación encontradas en los ensayos tomando en cuenta el tiempo similar a las que fueron ensayadas las probetas de concreto.

También se ha realizado la prueba de hipótesis mediante t de Student para medir el nivel de significancia de las resistencias a la tracción del concreto promedio en las diferentes dosificaciones de almidón de maíz y superplastificante a los 28 días respecto a la resistencia del concreto patrón sin aditivo.

- a) Comparación de resistencias a la tracción del concreto a los 7 días, ver Tabla 61.

Tabla N°61: Resistencias a la tracción los 7 días

Patrón + % Superplastificante + % Almidón de maíz	Resistencia F'c (kg/cm²)	Porcentaje de variación
Patrón+ 0 %	11.90	-
Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM	23.08	93.95 %
Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM	20.67	73.70 %
Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM	17.15	44.12 %

Fuente: Elaboración propia, 2024.

El gráfico muestra que la resistencia a la tracción del concreto a los 7 días aumenta ligeramente con la adición de almidón de maíz hasta alcanzar un punto de inflexión en el porcentaje 2 % AM + 1.25 % SP, a partir del cual no se observa una mejora adicional significativa comparada con las resistencias anteriores, ver Figura 33.

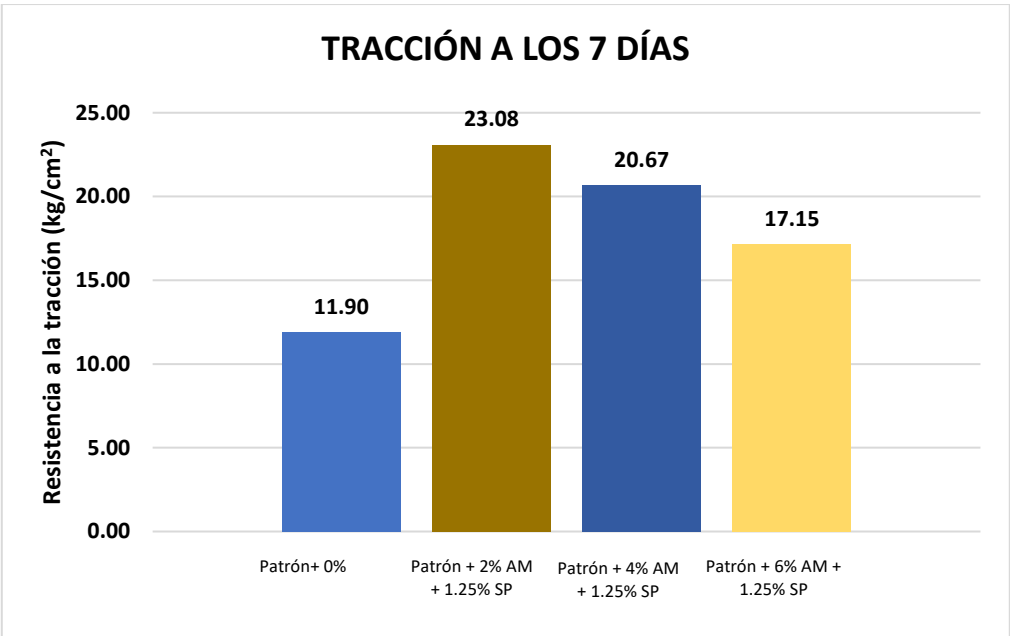


Figura N°33: Comparación a la tracción a los 7 días del concreto

Fuente: Elaboración propia, 2024.

b) Comparación de resistencias de la tracción del concreto a los 14 días, ver Tabla 62.

Tabla N°62: Resistencias a la tracción a los 14 días

Patrón + % Superplastificante + % Almidón de maíz	Resistencia F'c (kg/cm²)	Porcentaje de variación
Patrón+ 0 %	27.23	-
Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM	22.94	-15.75 %
Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM	18.58	-31.77 %
Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM	20.35	-25.27 %

Fuente: Elaboración propia, 2024.

El gráfico muestra que la resistencia a la tracción del concreto a los 14 días disminuye ligeramente con la adición de almidón de maíz en el porcentaje 2 % AM + 1.25 % SP, a partir del cual se observa una disminución constante en los siguientes porcentajes comparada con las resistencias anteriores, ver Figura 34.

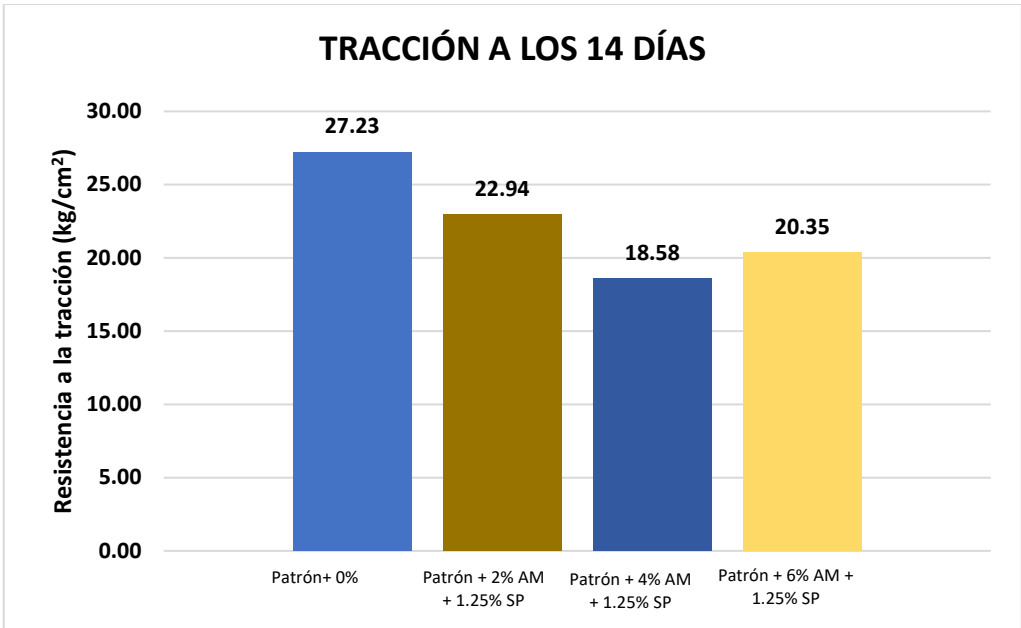


Figura N°34: Comparación a la tracción a los 14 días del concreto
Fuente: Elaboración propia, 2024.

c) Comparación de resistencias a la tracción del concreto a los 28 días, ver Tabla 63.

Tabla N°63: Resistencias a la tracción a los 28 días

Patrón + % Superplastificante + % Almidón de maíz	Resistencia F’c (kg/cm²)	Porcentaje de variación
Patrón+ 0%	24.69	-
Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM	22.24	-9.95 %
Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM	24.07	-2.51 %
Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM	23.62	-4.34 %

Fuente: Elaboración propia, 2024.

El gráfico muestra que la resistencia a la tracción del concreto a los 28 días disminuye ligeramente con la adición de almidón de maíz en los tres porcentajes de adición de almidón de maíz, sin embargo, no se observa una variación significativa en los porcentajes comparada con la resistencia anterior esperada del concreto patrón, ver figura 35.

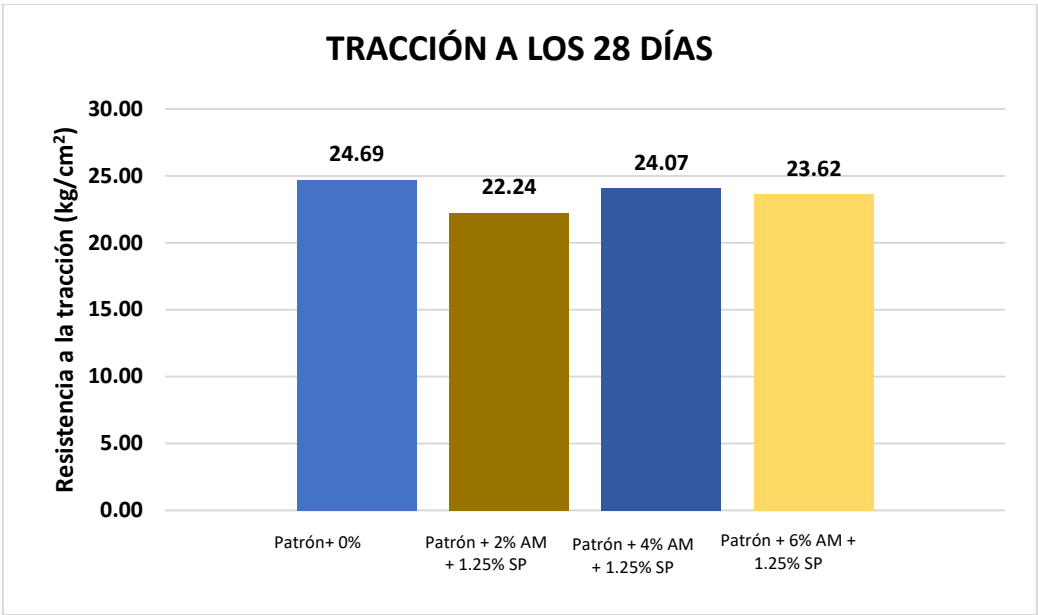


Figura N°35: Comparación a la tracción a los 28 días del concreto
Fuente: Elaboración propia, 2024.

- Prueba de hipótesis para el ensayo a la tracción

Para realizar esta prueba de T de Student utilizamos como referencia primero la media ($\bar{x}$) de las resistencias a la tracción del concreto 210 kg/cm² a los 28 días, ver Tabla 64.

Tabla N°64: Pasos de la prueba de hipótesis a la tracción

Pasos de T de Student	Valores
Hipótesis nula Ho:	$\mu = 24.69 \text{ kg/cm}^2$
Hipótesis alternativa H1:	$\mu > 24.69 \text{ kg/cm}^2$
Nivel de significancia (α)	$\alpha = 0.05$
Grados de libertad Gl= n-1	Gl= 2
Tc (T critico)	Tc= 2.92
T estadístico	$T = \frac{\bar{x} - u}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$

Fuente: Elaboración propia, 2024.

La prueba de hipótesis para los resultados de las muestras a los 28 días a las que se añadieron diferentes porcentajes de almidón de maíz, 2 %, 4 % y 6 %, con el objetivo

de identificar una diferencia significativa en la resistencia a la tracción del concreto a los 28 días respecto al concreto patrón, se muestra en la Tabla 65.

Tabla N°65: Prueba de hipótesis de la tracción del concreto

Patrón + % Superplastificante + % Almidón de maíz	Promedio kg/cm²	S	T	Signo	T c
Patrón+ 0 %	24.69	-	-	-	-
Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM	22.24	1.520	-2.80	>	±2.95
Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM	24.07	2.225	-0.48	>	±2.95
Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM	23.62	1.414	-1.31	>	±2.95

Fuente: Elaboración propia, 2024.

- En la prueba de resistencia a tracción del concreto Patrón + 1.25 % SP + 2 % AM, el valor calculado del estadístico $T = -2.80$ es menor que el valor crítico ($T \text{ calculado} < T_c = 2.95$) a un nivel de significancia del 0.05. Por lo tanto, no se encuentra evidencia de una diferencia significativa en la resistencia a tracción entre el concreto con adición de almidón de maíz y el concreto patrón.
- En la prueba de resistencia a tracción del concreto Patrón + 1.25 % SP + 4 % AM, el valor calculado del estadístico $T = -0.48$ es menor que el valor crítico ($T \text{ calculado} < T_c = 2.95$) a un nivel de significancia del 0.05. Por lo tanto, no se encuentra evidencia de una diferencia significativa en la resistencia a tracción entre el concreto con adición de almidón de maíz y el concreto patrón.
- En la prueba de resistencia a tracción del concreto Patrón + 1.25 % SP + 6 % AM, el valor calculado del estadístico $T = -1.31$ es menor que el valor crítico ($T \text{ calculado} < T_c = 2.95$) a un nivel de significancia del 0.05. Por lo tanto, no se encuentra evidencia de una diferencia significativa en la resistencia a tracción entre el concreto con adición de almidón de maíz y el concreto patrón.

CONCLUSIONES

La trabajabilidad del concreto muestra un incremento significativo en los tres casos estudiados tras la adición variable de almidón de maíz y 1.25 % de superplastificante constante, comparado con un concreto patrón sin aditivo. Para una adición del 2 % de almidón de maíz y 1.25 % de superplastificante se registró un aumento del 45.5 % en el asentamiento. Para una adición del 4 % de almidón de maíz y 1.25 % de superplastificante, se constató un incremento del 27.10 % en el asentamiento. Asimismo, al utilizar un 6 % de almidón de maíz y 1.25 % de superplastificante, se evidenció un aumento del 10.0 % en el asentamiento. Estos hallazgos sugieren que el porcentaje de dosificación de almidón de maíz como sustituto del cemento para mejorar la trabajabilidad del concreto que debe usar es hasta del 6 % junto con 1.25 % de superplastificante.

La densidad del concreto muestra una disminución, aunque no significativa, para los casos del 4 % y 6 % de almidón de maíz junto con 1.25 % de superplastificante constante, comparado con un concreto patrón sin aditivo. Para una adición del 2 % de almidón de maíz y 1.25 % de superplastificante se registró un aumento del 0.22 % en la densidad. Para una adición del 4 % de almidón de maíz y 1.25 % de superplastificante se constató una disminución del 0.68 % en la densidad. Asimismo, al utilizar un 6 % de almidón de maíz y 1.25 % de superplastificante se evidenció una disminución del 0.84 % en la densidad. Los resultados de los ensayos de densidad del concreto indican que la incorporación de diferentes porcentajes de almidón de maíz como sustituto del cemento y 1.25 % de superplastificante en la mezcla no produce diferencias significativas en la densidad del material.

La resistencia a compresión del concreto muestra un aumento significativo en esta propiedad por la adición de almidón de maíz para los porcentajes del 2 % y 4 % junto con 1.25 % de superplastificante constante comparado con un concreto patrón sin aditivo. Para una adición del 2 % de almidón de maíz y 1.25 % de superplastificante, se registró un aumento del 18.07 % en la resistencia a compresión. Al emplear una adición del 4 % de almidón de maíz y 1.25 % de superplastificante, se constató un incremento del 11.75 % en la resistencia a compresión. Además, al aumentar la adición a un 6% de almidón de maíz y 1.25% de superplastificante, se evidenció una

disminución del 1.06 % en la resistencia a compresión. Por lo tanto, se considera un límite máximo de adición del 6 % de almidón de maíz como sustituto del cemento y 1.25 % de superplastificante para preservar la resistencia del concreto.

Sobre la resistencia a la flexión, tras la adición variable de almidón de maíz y 1.25 % de superplastificante constante, comparado con un concreto patrón sin aditivo, se observa una disminución no significativa en la propiedad en concentraciones del 2 % y 4 % y una disminución significativa para el 6 % de almidón de maíz. Para una adición del 2 % de almidón de maíz y 1.25 % de superplastificante, se registró una disminución del 7.21 % en la resistencia a la flexión. Al emplear una adición del 4 % de almidón de maíz y 1.25 % de superplastificante, se constató una reducción del 9.96 % en la resistencia a la flexión. Asimismo, al aumentar la adición a un 6 % de almidón de maíz y 1.25 % de superplastificante, se evidenció una disminución del 11.16 % en la resistencia a la flexión. Esto sugiere que la inclusión de almidón de maíz en el concreto puede afectar negativamente la resistencia a la flexión. Por lo que se considera un límite máximo del 4 % de almidón de maíz como sustituto del cemento y 1.25 % de superplastificante para preservar esta propiedad del concreto.

En la tracción diametral del concreto se observa que la inclusión variable del almidón de maíz junto con 1.25 % de superplastificante constante disminuye, aunque no significativamente, la resistencia a la tracción en los tres porcentajes estudiados comparado con un concreto patrón sin aditivo. Para una adición del 2 % de almidón de maíz y 1.25 % de superplastificante, se registró una disminución del 9.95 % en la resistencia a tracción diametral. Al emplear una adición del 4 % de almidón de maíz y 1.25 % de superplastificante, se constató una disminución del 2.51 % en la resistencia a tracción diametral. Además, al aumentar la adición a un 6 % de almidón de maíz y 1.25 % de superplastificante, se evidenció una disminución del 4.34 % en la resistencia a tracción diametral. Estos hallazgos indican que la adición de almidón de maíz en el concreto que se debe usar como sustituto del cemento es hasta del 6 % junto con 1.25 % de superplastificante para mantener la propiedad de la tracción diametral del concreto.

En conclusión, los resultados de este estudio indican que la adición de almidón de maíz como sustituto del cemento hasta con un 4 % de contenido del peso del cemento

y 1.25 % de superplastificante, comparado con un concreto patrón sin aditivo tuvo un impacto positivo en la trabajabilidad y en la resistencia a la compresión del concreto. Para el caso de la resistencia a la flexión se puede observar que hay una disminución en los módulos de resistencia en los tres porcentajes, volviéndose la disminución significativa con la adición del 6 % de almidón de maíz y 1.25 % de superplastificante. En la resistencia a la tracción diametral del concreto no se observaron variaciones significativas, pero sí decrementos en los módulos de las resistencias mecánicas para los porcentajes estudiados. Estos hallazgos sugieren que un contenido máximo del 4 % de almidón de maíz como sustituto del cemento y 1.25 % de superplastificante preserva las propiedades del concreto de 210 kg/cm².

La inclusión variable del almidón de maíz junto con 1.25 % de superplastificante constante muestra en los resultados de densidad una disminución de este valor a medida que se aumentan los porcentajes de almidón de maíz, este resultado se explica debido a que, según investigaciones previas, el almidón de maíz se degrada con el tiempo, lo que incrementa la cantidad de poros en el concreto y, por ende, reduce su densidad. Estos hallazgos confirman la teoría propuesta. El análisis de la densidad también produce un concreto auto degradable, lo cual podría ser útil para construcciones que requieren resistencias estructurales de 210 kg/cm² pero que se desintegren con el tiempo sin contaminar el ambiente. Por ejemplo, para construcciones temporales como fosas sépticas en zonas rurales que se utilizan hasta dos años y luego se sellan, muros de contención temporales en proyectos de excavación que se desintegran al finalizar la obra, y caminos provisionales en sitios mineros que desaparecen sin dejar residuos duraderos, facilitando la restauración del entorno natural y minimizando el impacto ambiental

En resumen, la adición de almidón de maíz con un máximo del 4 % como sustituto del cemento y el uso de un aditivo de 1.25 % de superplastificante en conjunto en el concreto 210 kg/cm² mejora aspectos clave como la trabajabilidad y la resistencia a la compresión, preservando la resistencia a la flexión y tracción. El concreto desarrolla resistencias mecánicas altas a edades tempranas. También tiene el potencial de fomentar prácticas de construcción más sostenibles sin la necesidad de aumentar la cantidad de agua en la mezcla. Al reducir la cantidad de cemento requerido en la mezcla, el uso de almidón de maíz contribuye a la autodegradación y uso de

materiales más limpios. Esta iniciativa no solo mejora la eficiencia en la construcción, sino también reduce el impacto ambiental, promoviendo así un enfoque más ecológico y responsable en la industria de la construcción.

RECOMENDACIONES

Se recomienda el uso máximo de almidón de maíz del 4 % del peso del cemento como su reemplazo con 1.25 % de superplastificante en conjunto en la mezcla de concreto dado que los resultados revelan una mejora significativa en la trabajabilidad y resistencia a la compresión en comparación con el concreto tradicional. Con esta recomendación se busca resaltar la conveniencia de emplear la adición de almidón de maíz en proyectos de construcción donde la facilidad de manipulación y la resistencia a la compresión del concreto sea esencial, buscando así aumentar la eficiencia y la calidad del trabajo final.

Se recomienda más investigación para explorar a fondo el potencial del almidón de maíz como sustituto del cemento junto con la inclusión del superplastificante en el concreto. Este estudio ha evidenciado mejoras en la resistencia a la compresión del concreto, una cualidad esencial en diversas aplicaciones constructivas. Asimismo, la naturaleza biodegradable del almidón de maíz lo posiciona como una alternativa atractiva en proyectos temporales o con enfoque en la sostenibilidad ambiental. Sería beneficioso para futuras investigaciones ampliar esta línea de estudio, incluyendo una evaluación detallada de costos para comparar su viabilidad económica. Estos análisis podrían respaldar su utilidad y eficacia en la construcción de proyectos donde se requiera alta resistencia y consideraciones ecológicas.

Para futuras investigaciones, se podría modificar las dosificaciones de los almidones junto con el superplastificante. Por ejemplo, una posibilidad es reducir la cantidad de superplastificante a menos del 1 % para que actúe como plastificante, ya que el concreto obtenido tiene un slump alto, el cual se puede reducir, aumentando así la resistencia a la compresión del concreto. Además, se podría incrementar la cantidad de almidón, aumentando el reemplazo de cemento. La combinación de estos ajustes podría resultar en una optimización del desempeño del concreto en términos de resistencia mecánica y degradabilidad, abriendo el camino a aplicaciones más amplias y sostenibles en la industria de la construcción.

Si en futuras investigaciones se logra alcanzar una resistencia máxima al incluir el almidón y superplastificante, se podría considerar incrementar el porcentaje de adición de almidón de maíz con el objetivo de obtener resistencias menores, es decir,

adecuadas para aplicaciones no estructurales. Este enfoque permitiría explorar un rango más amplio de aplicaciones, identificando así otro pico menor de $f'c=210$ kg/cm². Al hacerlo, se podría determinar un porcentaje máximo de almidón que sea superior al estudiado en esta tesis, lo cual proporcionaría una mayor comprensión sobre el límite de adición de almidón. Además, esta estrategia contribuiría a obtener un concreto aún más degradable, favoreciendo su uso en aplicaciones donde la sostenibilidad y la degradabilidad sean prioritarias.

Se recomienda investigaciones adicionales para determinar los efectos a largo plazo de la sustitución de almidón por el cemento, aunque hay estudios indirectos donde se ha probado que la durabilidad del concreto con almidón de maíz se mantiene todavía a la edad de 1 año pero que este se descompone a los 2 años, todavía no se ha probado con el reemplazo parcial del cemento. Con ello se puede asegurar el cumplimiento de las normativas y estándares de construcción vigentes por lo que sugiere investigar más a fondo la relación entre las propiedades estudiadas. Esto podría proporcionar información valiosa sobre cómo interactúan estas propiedades y cómo pueden optimizarse en conjunto.

La aplicación de los resultados obtenidos en entornos de laboratorio a situaciones reales de construcción está sujeta a una serie de variables que pueden influir significativamente en los resultados. Por lo que se recomienda evaluar aspectos como las variaciones en las condiciones climáticas, o la exposición del concreto con la adición y aditivo estudiados a la intemperie ya que pueden tener un impacto considerable en las propiedades del concreto. Por lo tanto, es esencial tener en cuenta estas variables al aplicar los hallazgos de laboratorio en futuros proyectos de construcción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akindahunsi, A., y Schmidt, W. (2013). *The influence of starches on some properties of concrete*. [Paper presentation] The International Conference on Advances in Cement and Concrete Technology in Africa, Johannesburg, South Africa.
- Alvis, A., Vélez, C. A., Villada, H. S., y Rada-Mendoza, M. (2008). Análisis físico-químico y morfológico de almidones de ñame, yuca y papa y determinación de la viscosidad de las pastas. *Información tecnológica*, 19(1), 19-28.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7313950>
- American Concrete Institute. (2019). *Guide to evaluation of strength test results of concrete* (ACI 214R-11). ACI.
- Andia Marranillo, J. K. (2022). *Adición de almidón de maíz para mejorar las propiedades del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en pavimentos rígidos*, Cusco 2022. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/92672>
- Barrientos Ayma, S. (2021). *Propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en pavimentos rígidos con adición de almidón de cebada*, Cusco 2021. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/64582>
- Coapaza Aguilar, H., y Cahui Hilazaca, R. A. (2018). *Influencia del aditivo superplastificante en las propiedades del concreto $F'C = 210 \text{ kg/cm}^2$ como alternativa de mejora en los vaciados de techos de vivienda autoconstruidos en Puno*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano Puno]. Repositorio Institucional UNAP.
<https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/7352>
- Coasaca Condori, G. R. (2018). *Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto Utilizando Distintos Métodos de Diseños de Mezclas con los Materiales Típicos de la Provincia de Arequipa*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica Santa María]. Repositorio Institucional UCSM.
<https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/7730>

- Ferrández García, M. T., Ferrández Villena, M., Andreu Rodríguez, J., y García Ortuño, T. (2017). *Estudio de los usos del almidón en la construcción*. [Presentación de Artículo] Acta XIV Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas, Orihuela, Alicante, España.
- Glenn, G. M., Gray, G. M., Orts, W. J., & Wood, D. W. (1999). Starch-based lightweight concrete: effect of starch source, processing method, and aggregate geometry. *Industrial Crops and Products*, 9(2), 133-144.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669098000247?via%3Dihub>
- Altuna, A. I., Lanas, J., y Álvarez, J. I. (2011). Efecto de un polímero natural biodegradable en las propiedades de morteros de cal en estado endurecido. *Materiales de construcción*, 61(302), 257-274.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3675952>
- Kaplan, D. (2008). *Statistical modeling: A fresh approach* (2nd ed.). Springer.
- Maya Cruz, D. (2017). *Estudio y aplicación del almidón de maíz*. [Tesis de pregrado, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio institucional IPN.
<https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/24229/1/Tesis%20Estudio%20y%20aplicaci%C3%B3n%20del%20almid%C3%B3n%20de%20maiz..pdf>
- Mehta, P. K., y Monteiro, P. J. M. (2003). *Concreto: Microestructura, propiedades y materiales* (2a ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Mindess, S., Young, J. F., & Darwin, D. (2003). *Concrete* (2nd ed.). Prentice Hall.
- Orr, D. W. (2004). *Earth in mind: On education, environment, and the human prospect* (10th Anniversary ed.). Island Press.
- Tan, H., Zheng, X., Ma, L., Huang, H., & Xia, B. (2017). A study on the effects of starches on the properties of alkali-activated cement and the potential of starch as a self-degradable additive. *Energies*, 10(7), 1048.
<https://www.mdpi.com/1996-1073/10/7/1048>

Tulip, S., Nahar, N., Sarker, N. C., Yang, M., Ulven, C., & Monono, E. M. Physical and Mechanical Properties of Cornstarch-Based Construction Materials in Place of Cement. Available at SSRN 4481451.

https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4481451

United Nations. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*.

<https://digitallibrary.un.org/record/139811?v=pdf>

Vidal Moya, J. L. (2017). *Efecto del almidón como aditivo natural en las propiedades mecánicas y físicas de un mortero de cemento* [Proyecto de disertación, Universidad Católica de la Santísima Concepción]. Repositorios Latinoamericanos.

<http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1228610>

ANEXOS

	Pág.
Anexo A: Panel Fotográfico	136
Anexo B: Datos Experimentales	140
Anexo C: Tablas y Figuras.....	178

Anexo A: Panel Fotográfico

A.1. Lavado De Agregados

En la fotografía se muestra el proceso de lavado de agregados: se vierte agua en un balde con el agregado, se agita suavemente para separar las partículas no deseadas, se inclina el recipiente para eliminar el agua sucia.



A.2. Peso específico del agregado fino

En la imagen, se observa en el laboratorio manipulando una fiola de picnómetro para determinar el peso específico del agregado fino. Se llena el picnómetro con el agregado fino previamente secado y pesado.



A.3. Grabando y etiquetando probetas

En la imagen se muestra en el laboratorio, donde varias probetas de concreto recién fabricadas están dispuestas ordenadamente. Se está grabando y etiquetando cada probeta recién moldeada con información identificativa.



A.4. Granulometría del agregado fino

La fotografía muestra los tamices para el ensayo de granulometría de agregado fino. Se vierte una cantidad específica de muestra del agregado fino. Se agita para permitir el paso del material a través de las aberturas de los tamices.



A.5. Cuarteo de agregados

Al realizar el cuarteo del agregado fino, se coloca una cantidad representativa sobre una superficie plana y se mezcla para homogeneizarla. Se retira dos porciones opuestas para descartarlas. Posteriormente, se repite el proceso con las dos porciones restantes



A.6. Granulometría del agregado grueso

En la imagen se observa el procedimiento donde se coloca muestras de agregados en bandejas para luego introducirlas en un horno especializado. Se distribuye uniformemente la muestra en las bandejas para iniciar el proceso de secado. El entorno muestra el ensayo de determinación de humedad en los agregados.



A.7. Preparación de moldes de probetas

En la imagen se observa la aplicación de un agente desmoldante dentro de los moldes para la fabricación de probetas de concreto. Se utiliza un aplicador especial para asegurar una cobertura uniforme en las superficies internas de los moldes. Esto asegura un proceso de desmolde posterior más eficiente y sin daños, permitiendo que las probetas conserven su integridad estructural para las pruebas de resistencia una vez que el concreto haya fraguado y endurecido adecuadamente.



Anexo B: Datos Experimentales

LEM - FIC - UNI
DISEÑO DE MEZCLAS $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

CLIENTE : Aquiles
OBRA : tesis

Nº Expediente: aquiles-2

ITEM	Arena	Piedra
P.e	2.61	2.67
P.U.S	1528	1398
P.U.C	1708	1726
Ab (%)	1.56	1.03
Hum (%)	2.61	0.38
T.M	---	3/4"
M.F	3.35	7.19

Agua Propia **NO**

CEMENTO	SOL Tipo I
P.E	3.15

AIRE	% AIRE atrap
	2

OTROS	A/C	AGUA
	0.70	230
	0.70	230
	0.70	230
	0.70	230

ADITIVO 1	MARCA	P.E	% W Cemento
	P.E		0.00

ADITIVO 2	MARCA	P.E	% W Cemento
	P.E		0.00

ADITIVO 3	MARCA	P.E	% W Cemento
	P.E		0.00

ADICIÓN 1	MARCA	P.E	kg/m ³
	P.E		

COMBINACIÓN D1 (%) 49.7 50.3
COMBINACIÓN D2 (%) 49.7 50.3
COMBINACIÓN D3 (%) 49.7 50.3
COMBINACIÓN D4 (%) 49.7 50.3

F.E. 7d 2/05/2023 F.E. 28d 23/05/2023 F.V. 25/04/2023 Volumen tanda 0.180

MATERIAL	Peso Seco	P.e	Vol. Abs.	D.U.S.	D.O.	D.U.O.	mez (Kg)	P/bol C.	P. VOL	Bol Cem.
Cemento	329	3.15	0.1043	1	329	1.0	59.14	Kg	42.5	7.7
Agua	230	1	0.2300	0.7	227	0.69	40.84	Lt	29.3	29.3
Arena	848	2.61	0.3247	2.58	870	2.65	156.66	Kg	112.6	2.60
Piedra	858	2.67	0.3210	2.61	861	2.62	154.98	Kg	111.4	2.81
Aire	2	100	0.0200							
Aditivo 1	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.00	0.0000	0.0	g	0.0000	
Aditivo 2	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.00	0.0000	0.0	g	0.0000	
Aditivo 3	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.00	0.0000	0.0	g	0.0000	
Adición 1	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.00	0.0000	0.0	g	0.0000	
P.U.C.S.	2267	SUMA	0.3543	P.U.C.F.	2287	6.9598				

Corrección de agua: 19.07
Agua arena: 8.66
Agua piedra: -5.55
BALDE 1/3 pie³ 2.52
Volumen Moide 1/3 pie³ < 0.00943895m³
1/4 pie³ < 0.00707921m³
PUCF 0

LEM - FIC - UNI
DISEÑO DE MEZCLAS $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

CLIENTE : Aquiles
OBRA : tesis

Nº Expediente: aquiles-2

ITEM	Arena	Piedra
P.e	2.61	2.67
P.U.S	1528	1398
P.U.C	1708	1726
Ab (%)	1.58	1.03
Hum (%)	2.61	0.38
T.M	---	3/4"
M.F	3.35	7.19

Agua Propia **NO**

CEMENTO	SOL Tipo I
P.E	3.15

AIRE	% AIRE atrap
	2

OTROS	A/C	AGUA
	0.70	230
	0.70	230
	0.70	230
	0.70	230

ADITIVO 1	MARCA	Z RR Plast - 971	P.E	% W Cemento
	P.E			1.20
	P.E			1.25

ADITIVO 2	MARCA	P.E	% W Cemento
	P.E		0.00

ADITIVO 3	MARCA	P.E	% W Cemento
	P.E		0.00

ADICIÓN 1	MARCA	P.E	Almidon de maiz	kg/m ³
	P.E		0.00	
	P.E		2.00	

COMBINACIÓN D1 (%) 49.7 50.3
COMBINACIÓN D2 (%) 49.7 50.3
COMBINACIÓN D3 (%) 49.7 50.3
COMBINACIÓN D4 (%) 49.7 50.3

F.E. 7d 3/05/2023 F.E. 28d 24/05/2023 F.V. 26/04/2023 Volumen tanda 0.180

MATERIAL	Peso Seco	P.e	Vol. Abs.	D.U.S.	D.O.	D.U.O.	mez (Kg)	P/bol C.	P. VOL	Bol Cem.
Cemento	322	3.15	0.1022	1	322	1.0	57.96	Kg	42.5	7.6
Agua	226	1	0.2260	0.701785714	223	0.69	40.11	Lt	29.4	29.4
Arena	852	2.61	0.3261	2.65	874	2.71	157.33	Kg	115.4	2.67
Piedra	861	2.67	0.3224	2.68	865	2.69	155.65	Kg	114.1	2.88
Aire	2	100	0.0200							
Aditivo 1	4.03	1.20	0.0034	0.0125	4.03	0.0125	724.5	g	0.5313	
Aditivo 2	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.00	0.0000	0.0	g	0.0000	
Aditivo 3	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.00	0.0000	0.0	g	0.0000	
Adición 1	6.57	0.00	0.0000	0.0204	6.57	0.0204	1182.9	g	0.8673	
P.U.C.S.	2274	SUMA	0.3518	P.U.C.F.	2294	7.1248				

Corrección de agua: 18.68
Agua arena: 8.70
Agua piedra: -5.57
BALDE 1/3 pie³ 2.52
Volumen Moide 1/3 pie³ < 0.00943895m³
1/4 pie³ < 0.00707921m³
PUCF 0

LEM - FIC - UNI
DISEÑO DE MEZCLAS $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

CLIENTE : Aquiles
OBRA : tesis

Nº Expediente: aquiles-2

ITEM	Arena	Piedra
P.e	2.61	2.67
P.U.S	1528	1398
P.U.C	1708	1726
Ab (%)	1.58	1.03
Hum (%)	2.81	0.38
TNM	---	3/4"
MF	3.35	7.19

AGREGADOS

COMBINACIÓN D1 (%) 49.7 50.3
COMBINACIÓN D2 (%) 49.7 50.3
COMBINACIÓN D3 (%) 49.7 50.3
COMBINACIÓN D4 (%) 49.7 50.3

Agua Propia NO

CEMENTO	SOL Tipo I
P.E	3.15

AIRE	% AIRE atrap
2	

OTROS	A/C	AGUA
	0.70	230
	0.70	230
	0.70	230

ADITIVO 1	MARCA	Z RR Plast - 971
P.E		1.20
% W Cemento		1.25

ADITIVO 2	MARCA	% W Cemento
P.E		0.00

ADITIVO 3	MARCA	% W Cemento
P.E		0.00

ADICIÓN 1	MARCA	Almidón de maíz
P.E		0.00
kg/m ³		4.00

Patón + 4% AM + 1.25% SP

TÉCNICO G.P.L. APOYO L.O.R.

OBS: Peso Unitario: 18.85 Tº: 26.3°C

Corrección de agua: 18.85
Agua arena: 8.73
Agua piedra: 5.53
BALDE 1/3 pie³ 2.52
Volumen Molde
114 pie³ x 0.00943895m³
114 pie³ x 0.00707921m³

PUCF PU

LEM - FIC - UNI
DISEÑO DE MEZCLAS $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

CLIENTE : Aquiles
OBRA : tesis

Nº Expediente: aquiles-2

ITEM	Arena	Piedra
P.e	2.61	2.67
P.U.S	1528	1398
P.U.C	1708	1726
Ab (%)	1.58	1.03
Hum (%)	2.81	0.38
TNM	---	3/4"
MF	3.35	7.19

AGREGADOS

COMBINACIÓN D1 (%) 49.7 50.3
COMBINACIÓN D2 (%) 49.7 50.3
COMBINACIÓN D3 (%) 49.7 50.3
COMBINACIÓN D4 (%) 49.7 50.3

Agua Propia NO

CEMENTO	SOL Tipo I
P.E	3.15

AIRE	% AIRE atrap
2	

OTROS	A/C	AGUA
	0.70	230
	0.70	230
	0.70	230

ADITIVO 1	MARCA	Z RR Plast - 971
P.E		1.20
% W Cemento		1.25

ADITIVO 2	MARCA	% W Cemento
P.E		0.00

ADITIVO 3	MARCA	% W Cemento
P.E		0.00

ADICIÓN 1	MARCA	Almidón de maíz
P.E		0.00
kg/m ³		6.00

Patón + 6% AM + 1.25% SP

TÉCNICO G.P.L. APOYO L.O.R.

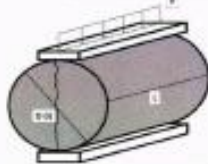
OBS: Peso Unitario: 18.74 Tº: 25.0°C

Corrección de agua: 18.74
Agua arena: 8.76
Agua piedra: 5.61
BALDE 1/3 pie³ 2.55
Volumen Molde
114 pie³ x 0.00943895m³
114 pie³ x 0.00707921m³

PUCF PU

Temp. 25.0

**INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ALMIDÓN DE MAÍZ CON 1.25 % DE SUPERPLASTIFICANTE
EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO**
Bach. Aquiles Santos Carbajal

FORMATO DE ENSAYO				Código:	I/C		N° Expediente:
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA EN MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO NTP 339.084 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral				Versión:	01		N° Factura:
				Página:	de		N° Orden de Pago:
				Fecha:	30/11/2023		
TIPO DE SERVICIO:		NORMAL	☐	PREFERENCIAL	☐		
CÁLCULO DE DENSIDAD:		SÍ	☐	NO	☐		
Información: * Se deberán registrar los valores correspondiente al diámetro (D ₀) en los extremos y centro de la probeta cilíndrica de concreto. * Se deberán calcular la Resistencia a la Tracción indirecta del concreto con una aproximación de 0.05 Mpa (0.5 kg/cm ²).							
Fecha de término del ensayo: _____							
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (cm)	LARGO (cm)	MASA ² (kg)	CARGA MÁXIMA (kg)
		OBTENCIÓN	ENSAYO				
1	Patrón - 1	25/11/23	21/11/23	4.92 10.06 10.23	20.4 20.3	3812.5	6765
2	Patrón - 2	"	"	10.07 10.24 10.24	20.1 20.4	3862.9	6773
3	Patrón - 3	"	"	10.04 10.24 10.25	20.4 20.7	3944.9	7084
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							

² Referable únicamente cuando se solicite cálculo de densidad. Folios

Revisado por el personal del LEM

OBSERVACIONES:

Máquina de Ensayo: ELB 2 Certificado de calibración: LF-B-050-2023

Ing. Responsable: MDT Técnico: GPL 

*Ver CONDICIONES GENERALES DE SERVICIO JL-DOC-09 en la página web del Laboratorio www.lem.uni.edu.pe

FORMATO DE ENSAYO				Código: 100		Versión: 01		Página: 01		Fecha: 18/10/2023	
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGAS DE CONCRETO NTF 329.079/329.079 CONCRETO. Método de ensayo para determinar la Resistencia a la Flexión del Concreto en Vigas Simplemente Apoyadas con cargas a los tercios del tramo / en el centro del tramo.											
UBICACIÓN DE LA CARGA:		CARGA A LOS TERCIOS ☐		CARGA EN EL CENTRO ☐						N° Expediente:	
TIPO DE SERVICIO:		NORMAL ☐		PREFERENCIAL ☐						N° Factura:	
CÁLCULO DE DENSIDAD:		SI ☐		NO ☐						N° Orden de Pago:	
INFORMACIÓN: - La viga tendrá una luz libre entre apoyos equivalente a 3 veces su altura con una tolerancia del 2%. - Si no se obtiene un contacto completo entre la viga y los bloques de aplicación de la carga, será necesario reorientar, fijar o colocar una cuña de cuero. - Si la falla se encuentra fuera del tercio medio y a una distancia mayor al 5% de la luz libre se rechazará el ensayo. - Las vigas de concreto se ensayarán por los laterales, no por el lado superior durante el ensayo. * Usar si la falla está fuera del tercio central o si se aplica la carga a los tercios de la luz libre.											
Fecha de término del ensayo: _____											
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		ANCHO (mm) (C.M)	ALTO (mm) (C.M)	LARGO (L) (mm) (C.M)	LUZ LIBRE (L) (mm) (C.M)	CARGA MÁXIMA (kg)	DISTANCIA A LA FRACTURA (X) *		
		OBTENCIÓN	ENSAYO								
1	Patrón - 1	25/11/23	21/05/23	15.98 15.11 14.97	14.95 15.56 15.42	50.3 53	45	2030			
2	Patrón - 2	25/11/23	21/05/23	15.30 15.41 15.51	15.19 15.03 14.93	50.2	45	1920			
3	Patrón - 3	" "	21/05/23	15.56 15.55	14.96 15.09	50.3	45	2010			
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											

F. de A.

Realizado por el personal del LEM

OBSERVACIONES:

Máquina de Ensayo: TOKYO KOKI SEI20540 Certificado de calibración: CNC-054-2022
 Ing. Responsable: M.A.T Técnico: A.S.V

*Ver CONDICIONES GENERALES DE SERVICIO JJ-DOC-09 en la página web del Laboratorio www.lem.unl.edu.pe

FORMATO DE ENSAYO				Código:	FEL-AC-PR-01			
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS NTP 339.034 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas				Versión:	32			
				Página:	... de ...			
				Fecha:	04/06/2023			
TIPO DE SERVIDO:		NORMAL ☐		PREFERENCIAL ☐				
CÁLCULO DE DENSIDAD:		SÍ ☐		NO ☐				
INFORMACIÓN: - Los especímenes no serán ensayados si cualquier diámetro individual difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro por más del 2%. - Si las bases de los especímenes de ensayo se apartan de la perpendicularidad a los ejes por más de 0.5° estas serán cortadas o cepilladas para cumplir la tolerancia indicada, o capados de conformidad con la NTP 339.037 o cuando se permita, la NTP 339.239. - Entrega de informe: 3 días hábiles a partir de la fecha. - Las casillas sombreadas serán rellenas únicamente por el Técnico encargado del Ensayo.				TIPOS DE FRACTURA 				
Fecha de término del ensayo:								
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (mm) (in)	ALTURA (mm) (in)	MASA ¹ (kg)	CARGA MÁXIMA (kg)	TIPO DE FRACTURA
		OBTENCIÓN	ENSAYO					
1	Patrón - 1	25/04/23	04/05/23	10.16 10.18	20.62 20.66	3935.6	16890	2
2	Patrón - 2	"	"	10.19 10.22	20.32 20.46	3926.8	15873	5
3	Patrón - 3	"	"	10.16 10.24	20.24 20.23	3843.0	16448	6
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

¹ Rellenable únicamente cuando se solicita cálculo de densidad. 14 días

Revisado por el personal del LEM

OBSERVACIONES:

Máquina de Ensayo: ELE#2 Certificado de calibración: LP-B-050-2023

Ing. Responsable: M.A.T Técnico: G.P.L.

*Ver CONDICIONES GENERALES DE SERVICIO IL-DOC-09 en la página web del Laboratorio www.lem.unsi.edu.pe

FORMATO DE ENSAYO						Código:	S/C:		N° Expediente:
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA EN MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO						Versión:	01		N° Factura:
NTP 339.084 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral						Página:	de		N° Orden de Pago:
						Fecha:	10/11/2021		
TIPO DE SERVICIO:		NORMAL		☐		PREFERENCIAL		☐	
CÁLCULO DE DENSIDAD:		SI		☐		NO		☐	
Información: * Se deberán registrar los valores correspondiente al diámetro (D(I)) en los extremos y centro de la probeta cilíndrica de concreto * Se deberán calcular la Resistencia a la Tracción indirecta del concreto con una aproximación de 0.05 Mpa (0.5 kg/cm²)									
Fecha de término del ensayo: _____									
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (cm)	LARGO (cm)	MASA ¹ (kg)	CARGA MÁXIMA (kg)		
		OBTENCIÓN	ENSAYO						
1	Patrón - 1	25-04-23	9-05-23	9.97 9.96 10.19	20.36 20.47	3766.6	7700		
2	Patrón - 2	"	"	10.01 10.11 10.12	20.51 20.46	3964.2	7851		
3	Patrón - 3	"	"	10.13 10.18 10.07	20.37 20.27	3923.8	* 7613		
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									

¹ Rellenable únicamente cuando se solicita cálculo de densidad. 14 días

Rellenado por el personal del LDM

OBSERVACIONES:

Máquina de Ensayo: ELCA2
 Certificado de calibración: LP-B-030-2023
 Ing. Responsable: MDJ
 Técnico: A. P. L.

* Ver CONDICIONES GENERALES DE SERVICIO IL-DOC-09 en la página web del Laboratorio www.lcm.uni.edu.pe

FORMATO DE ENSAYO						Código:	Versión:	Página:	Fecha:
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGAS DE CONCRETO NTF 335.079/335.079 CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en Vigas Simplemente Apoyadas con cargas a los tercios del tramo / en el centro del tramo.						N.C.	01	1 de 1	01/11/2021
UBICACIÓN DE LA CARGA: TIPO DE SERVICIO: CÁLCULO DE DENSIDAD:		CARGA A LOS TERCIOS: ☐ NORMAL: ☐ SI: ☐		CARGA EN EL CENTRO: ☐ PREFERENCIAL: ☐ NO: ☐		 Diagrama de una viga simplemente apoyada con carga a los tercios. Diagrama de una viga simplemente apoyada con carga en el centro.			
INFORMACIÓN: - La viga tendrá una luz libre entre apoyos equivalente a 3 veces su altura con una tolerancia del 2%. - Si no se obtiene un contacto completo entre la viga y los bloques de aplicación de la carga, será necesario reemplazar, fijar o colocar una cuña de cuero. - Si la falla se encuentra fuera del tercio medio y a una distancia mayor al 5% de la luz libre se rechazará el ensayo. - Las vigas de concreto se ensayarán por los laterales, no por el lado superior durante el vaciado. - Llenar si la falla está fuera del tercio central o si se aplica la carga a los tercios de la luz libre.									
Fecha de término del ensayo: _____									
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		ANCHO (mm) (m)	ALTO (mm) (m)	LARGO (L) (mm) (m)	LUZ LIBRE (L ₀) (mm) (m)	CARGA MÁXIMA (kg)	DISTANCIA A LA FRACTURA (X) *
		OBTENCIÓN	ENSAYO						
1	Patrón - 1	25/1/23	9/05/23	15.5 15.2 15.2	15.2 15.3 15.1	50	45	2840	
2	Patrón - 2	"	"	15.4 15.5 15.4	15.6 15.3 15.6	50	45	2770	
3	Patrón - 3	"	"	15.5 15.2 15.6	15.3 15.3 15.3	50.1	45	2480	
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									

Rellenado por el personal del LDM: _____ 14 días

OBSERVACIONES:
 Máquina de ensayo: TOKYOKOKI SEIZOSHO
 Ing. Responsable: M.A.T.

Certificado de calibración: CH-054-2022
 Técnico: A.S.V.

*Ver CONDICIONES GENERALES DE SERVICIO IL-D0C-09 en la página web del Laboratorio: www.lam.unl.edu.pe

FORMATO DE ENSAYO		Código: F01-AC-F0-01		N° Expediente:										
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS		Versión: 12		<table border="1" style="width: 100%; height: 30px;"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>										
NTP 330.034 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas		Página: 1 de 1												
		Fecha: 09/06/2021												
TIPO DE SERVICIO: NORMAL ☐ PREFERENCIAL ☐ CÁLCULO DE DENSIDAD: SI ☐ NO ☐		TIPOS DE FRACTURA  TIPO 1  TIPO 2  TIPO 3  TIPO 4  TIPO 5  TIPO 6												
INFORMACIÓN: - Los especímenes no serán ensayados si cualquier diámetro individual difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro por más del 2%. - Si las bases de los especímenes de ensayo se apartan de la perpendicularidad a los ejes por más de 0.5° estos serán cortados o cepillados para cumplir la tolerancia indicada, o capeados de conformidad con la NTP 330.037 o cuando se permita, la NTP 330.236. - Entrega de informe: 3 días hábiles a partir de la fecha. - Las celdas sombreadas serán rellenas únicamente por el Técnico encargado del Ensayo.														
Fecha de término del ensayo: _____														
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	MASA ¹ (kg)	CARGA MÁXIMA (kg)	TIPO DE FRACTURA						
		OBTENCIÓN	ENSAYO											
1	Patrón-1	25/04/23	23/05/23	10.19 10.21	20.44 20.37	3909.7	16839	2						
2	Patrón-2	"	"	10.18 10.22	20.30 20.45	3921.0	18454	2						
3	Patrón-3	"	"	10.18 10.17	20.56 20.71	3924.7	17491	2						
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														

¹ Rellenable únicamente cuando se solicita cálculo de densidad. 28 días

Rellenado por el personal del LEM

OBSERVACIONES:

Máquina de Ensayo: FLG #2 Certificado de calibración: LF-B-050-2023

Ing. Responsable: MAT Técnico: G.P.L

*Ver CONDICIONES GENERALES DE SERVICIO IL-005-08 en la página web del laboratorio www.lem.unl.edu.pe

FORMATO DE ENSAYO				Código:	I/C		N° Expediente:
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA EN MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO				Verificación:	SI		N° Factura:
NTP 389.084 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral				Página:	de		N° Orden de Pago:
				Fecha:	20/11/2021		
TIPO DE SERVICIO:		NORMAL		☐		PREFERENCIAL	☐
CÁLCULO DE DENSIDAD:		SI		☐		NO	☐

Información:

- * Se deberán registrar los valores correspondiente al diámetro [D(t)] en los extremos y centro de la probeta cilíndrica de concreto
- * Se deberán calcular la Resistencia a la Tracción Indirecta del concreto con una aproximación de 0.05 Mpa (0.5 kg/cm²)

Fecha de término del ensayo: _____

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (cm)	LARGO (cm)	MASA ¹ (kg)	CARGA MÁXIMA (kg)
		OBTENCIÓN	ENSAYO				
1	Patrón - 1	25/10/23	28/05/21	10.3 10.31 10.39	20.34 20.31	3877.6	7132
2	Patrón - 2	"	"	9.76 9.72 10.70	20.5 20.2	3781.6	9113
3	Patrón - 3	"	"	10.07 10.19 10.11	20.2 20.4	3875.3	7664
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							

¹ Rellenable únicamente cuando se solicite cálculo de densidad. 28 días

Rellenado por el personal del IEM

OBSERVACIONES:

Maquina de Ensayo: FLM Certificado de calibración: LF-B-050-2023

Ing. Responsable: MAT Técnico: A.S.V

*Ver CONDICIONES GENERALES DE SERVICIO JL-DOC-09 en la página web del Laboratorio www.iem.unl.edu.pe

FORMATO DE ENSAYO									
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGAS DE CONCRETO								Código: _____ Versión: _____ Página: _____ Fecha: 2013/03/13	
UBICACIÓN DE LA CARGA: ☐ CARGA A LOS TERCIOS ☐ CARGA EN EL CENTRO		TIPO DE SERVIDO: ☐ NORMAL ☐ PREFERENCIAL		CÁLCULO DE DENSIDAD: ☐ SI ☐ NO		N° Expediente: _____ N° Factura: _____ N° Orden de Pago: _____			
INFORMACIÓN: La viga tendrá una luz libre entre apoyos equivalente a 3 veces su altura con una tolerancia del 2%. Si no se obtiene un contacto completo entre la viga y los bloques de aplicación de la carga, será necesario reforzar, tipo o colocar una capa de acero. Si la falla se encuentra fuera del tercio medio y a una distancia mayor al 5% de la luz libre, se rechazará el ensayo. Las vigas de concreto se ensayarán por los laterales, no por el lado superior durante el vaciado. Usar si la falla está fuera del tercio central o si se aplica la carga a los tercios de la luz libre.									
ha de término del ensayo: _____									
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		ANCHO (mm) (cm)	ALTO (mm) (cm)	LARGO (L) (mm) (cm)	LUZ LIBRE (L ₀) (mm) (cm)	CARGA MÁXIMA (kg)	DISTANCIA A LA FRACTURA (X) *
		OBTENCIÓN	ENSAYO						
1	M1 Padón	25/1/13	23/6/13	15,6 15,5 15,4	15,2 15,3 15,2	49,9	45	2700	
2	Padón M2	"	"	15,3 16,1 16,3	15,6 16,0 16,2	50,2	45	2950	
3	Padón M3	"	"	17,8 16,8 16,2	16,2 15,5 15,2	50,0	45	3090	
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									

28 días

Elaborado por el personal del LMI

OBSERVACIONES:

Máquina de ensayo: T0 K10 K0A-1 501205410

Ing. Responsable: MNT

Certificado de calibración: EMC - 014 - 2012

Técnico: RIV

*Ver CONDICIONES GENERALES DE SERVICIO (I-DOC-09) en la página web del Laboratorio www.lmi.unl.edu.pe

**INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ALMIDÓN DE MAÍZ CON 1.25 % DE SUPERPLASTIFICANTE
EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO**
Bach. Aquiles Santos Carbajal

FORMATO DE ENSAYO				Código:	N/C		N° Expediente:
 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA EN MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO NTP 339.084 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral				Versión:	01		N° Factura:
				Página:	de		N° Orden de Pago:
				Fecha:	30/12/2021		
TIPO DE SERVICIO:		NORMAL ☐		PREFERENCIAL ☐			
CÁLCULO DE DENSIDAD:		SÍ ☐		NO ☐			
Información: * Se deberán registrar los valores correspondiente al diámetro (D0) en los extremos y centro de la probeta cilíndrica de concreto * Se deberán calcular la Resistencia a la Tracción indirecta del concreto con una aproximación de 0.05 Mpa (0.5 kg/cm ²)							
							
Fecha de término del ensayo: _____							
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (cm)	LARGO (cm)	MASA ¹ (kg)	CARGA MÁXIMA (kg)
		OBTENCIÓN	ENSAYO				
1	2/	26/04/2021	03/05/21	10.13 10.11 10.08	20.51 20.59	3930.8	8166
2	2/	"	"	9.92 10.07 10.24	20.61 20.57	3871.5	7981
3	2/	"	"	10.07 10.22 10.28	20.73 20.79	3897.6	6351
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							

¹ Redondeable únicamente cuando se solicita cálculo de densidad. 7 días

Revisado por el personal del LEM

OBSERVACIONES:

Máquina de Ensayo: ELG # 2 Certificado de calibración: 4F-B-050-2023

Ing. Responsable: MAI Técnico: G. P. L.

*Ver CONDICIONES GENERALES DE SERVICIO IL-DOC-09 en la página web del Laboratorio www.lem.uni.edu.pe

FORMATO DE ENSAYO									
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGAS DE CONCRETO NTF 800.078/818.079 CONCRETO. Método de ensayo para determinar la Resistencia a la Flexión del Concreto en Vigas Simplemente Apoyadas con cargas a los tercios del tramo / en el centro del tramo.					Código: MC Versión: 02 Página: 01 Fecha: 16/11/2021		N° Expediente: N° Factura: N° Orden de Pago:		
UBICACIÓN DE LA CARGA:		CARGA A LOS TERCIOS: ☐		CARGA EN EL CENTRO: ☐					
TIPO DE SERVICIO:		NORMAL: ☐		PREFERENCIAL: ☐					
CÁLCULO DE DENSIDAD:		SI: ☐		NO: ☐					
INFORMACIÓN: - La viga tendrá una luz libre entre apoyos equivalente a 3 veces su altura con una tolerancia del 2%. - Si no se obtiene un contacto completo entre la viga y los bloques de aplicación de la carga, será necesario reorientar, ligar o colocar una caña de suero. - Si la falla se encuentra fuera del tercio medio y a una distancia mayor al 5% de la luz libre se rechazará el ensayo. - Las vigas de concreto se ensayarán por los laterales, no por el lado superior durante el vaciado. * Usar si la falla está fuera del tercio central o si se aplica la carga a los tercios de la luz libre.									
Fecha de término del ensayo: _____									
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		ANCHO (mm)	ALTO (mm)	LARGO (L) (mm)	LUZ LIBRE (L _l) (mm)	CARGA MÁXIMA (kg)	DISTANCIA A LA FRACTURA (X) *
		DETENCIÓN	ENSAYO						
1	2/ Patrón - 1	26/4/23	3/05/23	15.61 15.42 15.22	15.31 15.11 15.01	53	45	2435	
2	2/ Patrón - 2	"	3/05/23	15.38 15.33 15.32	14.82 15.05 15.03	52	46	2215	
3	2/ Patrón - 3	"	3/05/23	15.38 15.22 15.12	15.30 15.40 15.66	52	45	2390	
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									

Revisado por el personal del LEM: 7 días

OBSERVACIONES:

Máquina de Ensayo: TOKYO KOKI SEIZOSHO Certificado de calibración: CMC-054-2022
 Ing. Responsable: MAT Técnico: J. J. O.

*Ver CONDICIONES GENERALES DE SERVICIO S-GOC-09 en la página web del Laboratorio www.lem.unl.edu.pe

FORMATO DE ENSAYO				Código:	FEI-AC-PH-01		N° Expediente:	
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS				Versión:	12			
NTP 339.034 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas				Página:	— de —			
				Fecha:	08/06/2021			
TIPO DE SERVICIO:		NORMAL ☐		PREFERENCIAL ☐				
CÁLCULO DE DENSIDAD:		SÍ ☐		NO ☐				
INFORMACIÓN: - Los especímenes no serán ensayados si cualquier diámetro individual difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro por más del 2%. - Si las bases de los especímenes de ensayo se apartan de la perpendicularidad a los ejes por más de 0.5" estas serán cortadas o cepilladas para cumplir la tolerancia indicada, o capoteadas de conformidad con la NTP 339.037 o cuando se permita, la NTP 339.216 - Entrega de informe: 3 días hábiles a partir de la fecha - Las celdas sombreadas serán rellenas únicamente por el Técnico encargado del Ensayo.								
Fecha de término del ensayo: _____								
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	MASA ¹ (kg)	CARGA MÁXIMA (kg)	TIPO DE FRACTURA
		OBTENCIÓN	ENSAYO					
1	2/	26-04-23	10-01-23	10.16 10.20	20.71 20.68	3884.0	78545	2
2	2/	"	"	10.14 10.15	20.80 20.31	3840.8	79462	3
3	2/	"	"	10.09 10.10	20.60 20.62	3942.8	18496	2
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

¹ Rellenable únicamente cuando se solicita cálculo de densidad. 14 días

Rellenado por el personal del LEM

OBSERVACIONES:

Máquina de Ensayo: ELE # 2 Certificado de calibración: LF-B-050-2023
MAT G. PL

FORMATO DE ENSAYO				Código:	S/C		N° Expediente:
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA EN MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO				Versión:	01		N° Factura:
NTP 339.084 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral				Página:	de 01		N° Orden de Pago:
				Fecha:	10/11/2023		
TIPO DE SERVICIO:		NORMAL		☐	PREFERENCIAL	☐	
CÁLCULO DE DENSIDAD:		SI		☐	NO	☐	

Información:

- * Se deberán registrar los valores correspondiente al diámetro (D₀) en los extremos y centro de la probeta cilíndrica de concreto
- * Se deberán calcular la Resistencia a la Tracción indirecta del concreto con una aproximación de 0.05 Mpa (0.5 kg/cm²)

Fecha de término del ensayo: _____

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (cm)	LARGO (cm)	MASA ¹ (kg)	CARGA MÁXIMA (kg)
		OBTENCIÓN	ENSAYO				
1	2/	26/04/23	10/04/23	10.09 10.14 10.21	20.4 20.2	3868.5	7326
2	2/	"	"	10.09 10.16 10.21	20.3 20.0	3885.0	6498
3	2/	"	"	10.05 10.07 10.18	20.1 20.5	3839.8	8566
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							

¹ Reducible únicamente cuando se solicita cálculo de densidad. 14 días

Revisado por el personal del LEM

OBSERVACIONES:

Maquina de Ensayo: ELE#2

Ing. Responsable: MAP

Certificado de calibración: LF-B-050-2023

Técnico: G. PL

*Ver CONDICIONES GENERALES DE SERVICIO JI-00C-05 en la página web del Laboratorio www.lem.un.edu.pe

FORMATO DE ENSAYO				Código:	N°		N° Expediente:
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGAS DE CONCRETO				Versión:	01		N° Factura:
NTF 200.076/200.079 CONCRETO. Método de Ensayo para determinar la Resistencia a la Flexión del Concreto en Vigas Simplemente Apoyadas con cargas a los tercios del tramo / en el centro del tramo.				Página:	de ...		N° Orden de Pago:
				Fecha:	20/12/2023		
UBICACIÓN DE LA CARGA:		CARGA A LOS TERCIOS	☐	CARGA EN EL CENTRO	☐		
TIPO DE SERVICIO:		NORMAL	☐	PREFERENCIAL	☐		
CÁLCULO DE DENSIDAD:		SI	☐	NO	☐		

INFORMACIÓN:

- La viga tendrá una luz libre entre apoyos equivalente a 3 veces su altura con una tolerancia del 2%.
- Si no se obtiene un contacto completo entre la viga y los bloques de aplicación de la carga, será necesario reforzar, fijar o colocar una cuña de cuero.
- Si la falla se encuentra fuera del tercio medio y a una distancia mayor al 5% de la luz libre se rechazará el ensayo.
- Las vigas de concreto se ensayarán por los laterales, no por el lado superior durante el vaciado.

* Llevar a la falla está fuera del tercio central o si se aplica la carga a los tercios de la luz libre

Fecha de término del ensayo: _____

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		ANCHO (mm)	ALTO (mm)	LARGO (L) (mm)	LUZ LIBRE (L) (mm)	CARGA MÁXIMA (kg)	DISTANCIA A LA FRACTURA (X) *
		OBTENCIÓN	ENSAYO						
1	2/	26/04/23	10/05/23	16.2 15.4 15.4	15.3 15.1 16.2	50.5	45	2460	
2	2/	10	11	15.0 14.9 14.9	15.1 15.4 14.9	50.2	45	2430	
3	2/	12	13	13.6 15.4 15.1	15.7 15.6 15.5	50	45	2740	
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									

Refinado por el personal del LEM: _____ 14 días

OBSERVACIONES: _____

Maquina de Ensayo: TOKYO KOKI 9E E20040

Certificado de calibración: CMC-054-2022

Ing. Responsable: HPS

Técnico: JJD

*Ver CONDICIONES GENERALES DE SERVICIO IL-DOC-09 en la página web del Laboratorio www.lim.uni.edu.pe

FORMATO DE ENSAYO				Código: F31-AC-P8-01				
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS				Versión: 01				
NTP 339.034 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas				Página: — de —				
				Fecha: 06/06/2021				
TIPO DE SERVICIO:		NORMAL ☐ PREFERENCIAL ☐						
CÁLCULO DE DENSIDAD:		SÍ ☐ NO ☐						
INFORMACIÓN: - Los especímenes no serán ensayados si cualquier diámetro individual difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro por más del 2%. - Si las bases de los especímenes de ensayo se apartan de la perpendicularidad a los ejes por más de 0.5° estas serán cortadas o cepilladas para cumplir la tolerancia indicada, o capeadas de conformidad con la NTP 339.037 o cuando se permita, la NTP 339.216. - Entrega de informe: 3 días hábiles a partir de la fecha. - Las casillas sombreadas serán rellenas únicamente por el Técnico encargado del Ensayo.								
Fecha de término del ensayo: _____								
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	MASA ¹ (kg)	CARGA MÁXIMA (kg)	TIPO DE FRACTURA
		OBTENCIÓN	ENSAYO					
1	2/.	26/04	24/03	10.15 10.44	20.3 20.2	3850.0	19792	2.
2	2/.	26/04	"	9.96 10.00	20.5 20.2	3723.7	21414	2
3	2/.	26/04	"	10.13 10.08	20.4 20.5	3757.1	20257	2
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

¹ Rellenable únicamente cuando se solicita cálculo de densidad. 28 días

Rellenado por el personal del LDM

OBSERVACIONES:

Máquina de Ensayo: ELE # 2

Ing. Responsable: E.P.T

Certificado de calibración: LF-8-030-2023

Técnico: B.R.J

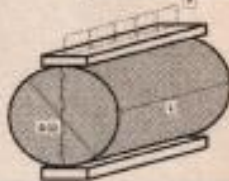
*Ver CONDICIONES GENERALES DE SERVICIO JL-00C-09 en la página web del Laboratorio www.lam.unl.edu.pe

FORMATO DE ENSAYO				Código:	S/C		N° Expediente:
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA EN MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO				Versión:	03		N° Factura:
NTP 233.084 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral				Página:	de		N° Orden de Pago:
				Fecha:	10/11/2023		
TIPO DE SERVIDO:		NORMAL	☐	PREFERENCIAL	☐		
CÁLCULO DE DENSIDAD:		SÍ	☐	NO	☐		

Información:

- * Se deberán registrar los valores correspondiente al diámetro (D) en los extremos y centro de la probeta cilíndrica de concreto
- * Se deberán calcular la Resistencia a la Tracción indirecta del concreto con una aproximación de 0.05 Mpa (0.5 kg/cm²)

Fecha de término del ensayo: _____



N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (cm)	LARGO (cm)	MASA ¹ (kg)	CARGA MÁXIMA (kg)
		OBTENCIÓN	ENSAYO				
1	2/1	20/09	24/03	10.16 10.24 10.08	20.3 20.2	3924.7	6896
2		"	"	10.25 10.19 10.06	20.1 20.4	3897.2	7748
3		"	"	10.10 10.18 10.04	20.2 20.2	3898.8	6866
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							

¹ Rellenable únicamente cuando se solicite cálculo de densidad.

Rellenado por el personal del LEM

OBSERVACIONES:

Maquina de Ensayo: ELC # 2 Certificado de calibración: LF-B-030-2023

Ing. Responsable: MAT Técnico: GFL

*Ver CONDICIONES GENERALES DE SERVICIO IL-DOC-05 en la página web del Laboratorio www.lem.uni.edu.pe

FORMATO DE ENSAYO									
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGAS DE CONCRETO NTF 320.078/318 (79) CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del Concreto en Vigas Simplemente Apoyadas con carga a los tercios del tramo / en el centro del tramo.						Código: 01 Versión: 01 Página: 01 Fecha: 20/11/2023	N° Expediente: N° Factura: N° Orden de Pago:		
UBICACIÓN DE LA CARGA: CARGA A LOS TERCIOS ☐		CARGA EN EL CENTRO ☐							
TIPO DE SERVICIO: NORMAL ☐		PREFERENCIAL ☐							
CÁLCULO DE DENSIDAD: SI ☐		NO ☐							
INFORMACIÓN: La viga tendrá una luz libre entre apoyos equivalente a 3 veces su altura con una tolerancia del 2%. Si no se obtiene un contacto completo entre la viga y los bloques de aplicación de la carga, será necesario reventar, har o colocar una ralla de cuarto. Si la falla se encuentra fuera del tercio medio y a una distancia mayor al 5% de la luz libre se rechazará el ensayo. Las vigas de concreto se ensayarán por los laterales, no por el lado superior durante el vaciado. Usar si la falla está fuera del tercio central e si se aplica la carga a los tercios de la luz libre.									
ha de término del ensayo: _____									
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		ANCHO (mm)	ALTO (mm)	LARGO (L) (mm)	LIZ LIBRE (L) (mm)	CARGA MÁXIMA (kg)	DISTANCIA A LA FRACTURA (X) *
		OBTENCIÓN	ENSAYO						
1	1	26/04	24/05/23	15.2 15.3 15.0	14.8 14.9 14.8	50	45 250	2450	
2	2	11	24/05/23	15.1 15.0 15.0	15.0 14.9 15.0	50	45 250	2430	
3	3	11	24/05/23	15.0 15.1 14.9	16.1 15.6 16.0	50	45 250	2320	
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									

Usado por el personal del LSI: 28 días
 RESERVACIONES:
 Máquina de Ensayo: TOKYO DOKI SEIZO 140 Certificado de calibración: CHL 054-1021
 Ing. Responsable: MAT Técnico: STU
*Ver CONDICIONES GENERALES DE SERVICIO L-DOC-09 en la página web del Laboratorio www.lens.unl.edu.pe

FORMATO DE ENSAYO						Código:	S/C		N° Expediente:
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA EN MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO						Versión:	01		N° Factura:
NTP 399.084 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral						Página:	01		N° Orden de Pago:
						Fecha:	18/11/2021		
TIPO DE SERVICIO:		NORMAL		☐		PREFERENCIAL		☐	
CÁLCULO DE DENSIDAD:		SI		☐		NO		☐	
Información: * Se deberán registrar los valores correspondiente al diámetro (D0) en los extremos y centro de la probeta cilíndrica de concreto * Se deberán calcular la Resistencia a la Tracción indirecta del concreto con una aproximación de 0.05 Mpa (0.5 kg/cm²)									
Fecha de término del ensayo: _____									
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (cm)	LARGO (cm)	MASA ¹ (kg)	CARGA MÁXIMA (kg)		
		OBTECCIÓN	ENSAYO						
1	PAT 4/	2-05-23	9-05-23	10.77 10.06 10.15	20.16 20.37	3732.8	6132		
2	PAT 4/	"	"	9.75 9.96 10.16	20.81 20.74	3799.8	7288		
3	PAT 4/	"	"	10.06 10.17 10.29	20.31 20.39	3879.9	6916		
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									

¹ Redondeable únicamente cuando se solicita cálculo de densidad. 7 días

Revisado por el personal del LEM

OBSERVACIONES:

Máquina de Ensayo: ELE #2 Certificado de calibración: LF-0-050-2023
 Ing. Responsable: MAT Técnico: G.P.L.

*Ver CONDICIONES GENERALES DE SERVICIO JL-DOC-09 en la página web del Laboratorio www.lem.unl.edu.pe

FORMATO DE ENSAYO				Código:	F21-AC-P0-01
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS NTP 339.034 CONCRETO, Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas				Versión:	12
				Página:	de
				Fecha:	05/06/2021

TIPO DE SERVICIO: NORMAL ☐ PREFERENCIAL ☐

CÁLCULO DE DENSIDAD: SÍ ☐ NO ☐

TIPOS DE FRACTURA

TIPO 1

TIPO 2

TIPO 3

TIPO 4

TIPO 5

TIPO 6

INFORMACIÓN:

- Los especímenes no serán ensayados si cualquier diámetro individual difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro por más del 2%.
- Si las bases de los especímenes de ensayo se apartan de la perpendicularidad a los ejes por más de 0.5° estas serán cortadas o cepilladas para cumplir la tolerancia indicada, o capeadas de conformidad con la NTP 339.037 o cuando se permita, la NTP 339.216.
- Entrega de informe: 3 días hábiles a partir de la fecha.
- Las casillas sombreadas serán rellenas únicamente por el Técnico encargado del ensayo.

Fecha de término del ensayo: _____

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	MASA ¹ (kg)	CARGA MÁXIMA (kg)	TIPO DE FRACTURA
		OBTENCIÓN	ENSAYO					
1	PAT 4/	02-05-23	9/05/23	10.19 10.19	20.40 20.24	3842.0	16649	5
2	PAT 4/	"	"	10.16 10.20	20.46 20.44	3858.9	16467	5
3	PAT 4/	"	"	10.19 10.12	20.63 20.70	3890.4	17309	2
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

¹ Rellenable únicamente cuando se solicita cálculo de densidad. 7 días

Rellenado por el personal del LEM

OBSERVACIONES:

Máquina de Ensayo: FLF-12

Certificado de calibración: LF-B-050-2023

FORMATO DE ENSAYO				Código: SAC				N° Expediente:	
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGAS DE CONCRETO				Versión: 00				N° Factor:	
MTP 338.676/339.079 CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en Vigas simplemente Apoyadas con carga a los tercios del tramo / en el centro del tramo.				Página: 1 de 1				N° Orden de Pago:	
				Fecha: 02/11/2022					
UBICACIÓN DE LA CARGA:		CARGA A LOS TERCIOS	☐	CARGA EN EL CENTRO		☐			
TIPO DE SERVICIO:		NORMAL	☐	PREFERENCIAL		☐			
CÁLCULO DE DENSIDAD:		SI	☐	NO		☐			
INFORMACIÓN: - La viga tendrá una luz libre entre apoyos equivalente a 3 veces su altura con una tolerancia del 2%. - Si no se obtiene un contacto completo entre la viga y los bloques de aplicación de la carga, será necesario reforzar, ligar o colocar una cuña de concreto. - Si la falla se encuentra fuera del tercio medio y a una distancia mayor al 10% de la luz libre se rechazará el ensayo. - Las vigas de concreto se ensayarán por los laterales, no por el lado superior durante el ensayo. - Usar si la falla está fuera del tercio central o si se aplica la carga a los tercios de la luz libre.									
Fecha de término del ensayo: _____									
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		ANCHO (mm)	ALTO (mm)	LARGO (L) (mm)	LUZ LIBRE (L) (mm)	CARGA MÁXIMA (kg)	DISTANCIA A LA FRACTURA (X) *
		PREPARACIÓN	ENSAYO						
1	PAT 4/	21/04/22	9/04/23	15.5 15.4 15.6	15.5 16.00 16.70	50.2		2400	
2	PAT 4/	"	"	15.7 15.5 15.4	15.6 15.3 15.3	49.9		2030	
3	PAT 4/	"	"	15.4 15.4 16.2	15.5 15.7 16.4	50.3		2520	
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									

7 días

Revisado por el personal del LDM

OBSERVACIONES:

Máquina de Ensayo: IDEIDKOL 56120SCHD Certificado de calibración: LP-B CHC-054-3032

Ing. Responsable: MAT Técnico: G.P.L.

*ver CONDICIONES GENERALES DE SERVICIO IL-000-05 en la página web del Laboratorio www.lam.un.edu.pe

FORMATO DE ENSAYO				Código: F01-AC-PB-60				N° Expediente: <table border="1" style="width: 100%; height: 30px;"> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>											
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS				Versión: 1.2															
NTP 339.034 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas				Página: --- de ---															
				Fecha: 09/06/2023		LEMA-LEMA													
TIPO DE SERVIDO:		NORMAL ☐		PREFERENCIAL ☐															
CÁLCULO DE DENSIDAD:		SÍ ☐		NO ☐															
INFORMACIÓN: - Los especímenes no serán ensayados si cualquier diámetro individual difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro por más del 2%. - Si las bases de los especímenes de ensayo se apartan de la perpendicularidad a los ejes por más de 0.5° estas serán cortadas o cepilladas para cumplir la tolerancia indicada, o capadas de conformidad con la NTP 339.037 o cuando se permita, la NTP 339.216. - Entrega de informe: 3 días hábiles a partir de la fecha. - Las casillas sombreadas serán rellenas únicamente por el Técnico encargado del ensayo.																			
Fecha de término del ensayo: _____																			
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	MASA ¹ (kg)	CARGA MÁXIMA (kg)	TIPO DE FRACTURA											
		OBTENCIÓN	ENSAYO																
1	PAT 4%	2-5-23	16-5-23	10.14 10.17	20.38 20.50	3.81	17856	2											
2	PAT 4%	2-5-23	16-5-23	10.08 10.06	20.68 20.66	3.84	17280	5											
3	PAT 4%	2-5-23	16-5-23	10.02 10.00	20.66 20.72	3.87	18339	2											
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			

¹ Rellenable únicamente cuando se solicita cálculo de densidad. 14 días

Rellenado por el personal del LEMA

OBSERVACIONES:

Máquina de Ensayo: ELE
Certificado de calibración: LF-B-050-2023

FORMATO DE ENSAYO						Código:	S/C		N° Expediente:
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA EN MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO						Versión:	01		N° Factura:
NTP 339.084 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral						Página:	01		N° Orden de Pago:
NTP 339.084 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral						Fecha:	10/11/2021		
TIPO DE SERVICIO:		NORMAL		PREFERENCIAL					
CÁLCULO DE DENSIDAD:		SÍ		NO					
Información: * Se deberán registrar los valores correspondiente al diámetro (D₀) en los extremos y centro de la probeta cilíndrica de concreto * Se deberán calcular la Resistencia a la Tracción indirecta del concreto con una aproximación de 0.05 Mpa (0.5 kg/cm²) Fecha de término del ensayo: _____									
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (cm)	LARGO (cm)	MASA ¹ (kg)	CARGA MÁXIMA (kg)		
		OBTENCIÓN	ENSAYO						
1	PAT 4%	2-5-23	16-5-23	99.4 99.5 99.3	20.4 20.3	3.77	6840		
2	PAT 4%	2-5-23	16-5-23	99.2 99.6 99.7	20.1 20.1	3.74	4996		
3	PAT 4%	2-5-23	16-5-23	99.1 99.4 99.2	20.5 20.3	3.75	5850		
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									

¹ Rellenable únicamente cuando se solicita cálculo de densidad. 14 días

Rellenado por el personal del LEM

OBSERVACIONES:

Máquina de Ensayo: ELE #2 Certificado de calibración: LE-B-050-2023
 Ing. Responsable: HAT Técnico: LOR

*Ver CONDICIONES GENERALES DE SERVICIO JL-DOC-09 en la página web del Laboratorio www.lem.uni.edu.pe

**INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ALMIDÓN DE MAÍZ CON 1.25 % DE SUPERPLASTIFICANTE
EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO**
Bach. Aquiles Santos Carbajal

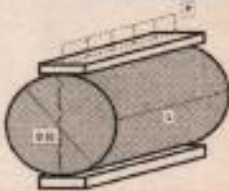
**INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ALMIDÓN DE MAÍZ CON 1.25 % DE SUPERPLASTIFICANTE
EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO**
Bach. Aquiles Santos Carbajal

FORMATO DE ENSAYO		Código:	SIC		N° Expediente:
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA EN MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO		Versión:	01		N° Factura:
NTP 399.084 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral		Página:	de 01		N° Orden de Pago:
		Fecha:	15/11/2021		
TIPO DE SERVICIO:	NORMAL	☐	PREFERENCIAL	☐	
CÁLCULO DE DENSIDAD:	SI	☐	NO	☐	

Información:

- * Se deberán registrar los valores correspondiente al diámetro (D0) en los extremos y centro de la probeta cilíndrica de concreto
- * Se deberán calcular la Resistencia a la Tracción indirecta del concreto con una aproximación de 0.05 Mpa (0.5 kg/cm²)

Fecha de término del ensayo: _____



N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (cm)	LARGO (cm)	MASA ¹ (kg)	CARGA MÁXIMA (kg)
		OBTENCIÓN	ENSAYO				
1	M ₁			10,12 10,14 10,15	20,38 20,56	3846,9	7464 8883
2	M ₂			9,91 10,01 10,30	20,61 20,45	3823,9	7379
3	M ₃			10,27 10,31 10,12	20,74 20,75	3820,8	8883
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							

¹ Rellenable únicamente cuando se solicita cálculo de densidad. 28 días

Rellenado por el personal del IEM

OBSERVACIONES:

Maquina de Ensayo: PLEW Certificado de calibración: LP-B-050-2023

Ing. Responsable: HAT Técnico: G.P.L.

*Ver CONDICIONES GENERALES DE SERVICIO JL-DOC-09 en la página web del Laboratorio www.lem.uni.edu.pe

**INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ALMIDÓN DE MAÍZ CON 1.25 % DE SUPERPLASTIFICANTE
EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO**
Bach. Aquiles Santos Carbajal

FORMATO DE ENSAYO		Código:	P03-AC-PR-01					
 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS NTP 339.034 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas	Versión:	02						
	Página:	01 de 01						
	Fecha:	05/06/2023						
TIPO DE SERVICIO: NORMAL ☐ PREFERENCIAL ☐		 UNI-LEM						
CÁLCULO DE DENSIDAD: SÍ ☐ NO ☐								
INFORMACIÓN: - Los especímenes no serán ensayados si cualquier diámetro individual difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro por más del 2%. - Si las bases de los especímenes de ensayo se apartan de la perpendicularidad a los ejes por más de 0.5° estas serán cortadas o cepilladas para cumplir la tolerancia indicada, o capeadas de conformidad con la NTP 339.037 o cuando se permita, la NTP 339.216 - Entrega de informe: 3 días hábiles a partir de la fecha - Las casillas sombreadas serán rellenas únicamente por el Técnico encargado del Ensayo.								
Fecha de término del ensayo: _____								
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	MASA ¹ (kg)	CARGA MÁXIMA (kg)	TIPO DE FRACTURA
		OBTENCIÓN	ENSAYO					
1	PAI 6%	5-05-23	10-05-23	10.03 10.05	20.40 20.72	3821.5	13901	2
2	PAI 6%	"	"	10.16 10.18	20.10 20.34	3841.5	14260	3
3	PAI 6%	"	"	10.16 10.11	20.73 20.75	3903.4	15226	2
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

¹ Rellenable únicamente cuando se solicita cálculo de densidad. 7 días

Rellenado por el personal del LEM

OBSERVACIONES:

Máquina de Ensayo: ELE Certificado de calibración: LE-B030-2023

FORMATO DE ENSAYO				Código:	S/C		N° Expediente:
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA EN MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO				Versión:	01		N° Factura:
NTP 338.084 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral				Página:	1 de 1		N° Orden de Pago:
NTP 338.084 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral				Fecha:	30/11/2021		
TIPO DE SERVICIO:		NORMAL		☐		PREFERENCIAL	
CÁLCULO DE DENSIDAD:		SÍ		☐		NO	
Información: * Se deberán registrar los valores correspondiente al diámetro [D(i)] en los extremos y centro de la probeta cilíndrica de concreto * Se deberán calcular la Resistencia a la Tracción indirecta del concreto con una aproximación de 0.05 Mpa (0.5 kg/cm²) Fecha de término del ensayo: _____							
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (cm)	LARGO (cm)	MASA ¹ (kg)	CARGA MÁXIMA (kg)
		OBTENCIÓN	ENSAYO				
1	PAT 6%	3/05/23	10/05/23	14.07 10.70 10.22	20.1 20.3	38012	6757
2	PAT 6%	"	"	10.11 10.27 10.31	20.3 20.2	38454	6894
3	PAT 6%	"	"	10.09 10.32 10.10	20.3 20.4	38323	6036
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							

¹ Referencia únicamente cuando se solicita cálculo de densidad. 7 días

Revisado por el personal del LEM

OBSERVACIONES:

Máquina de Ensayo: EIE #2 Certificado de calibración: LF-B-050-2023
 Ing. Responsable: M.D.T Técnico: G.P.L

*Ver CONDICIONES GENERALES DE SERVICIO JL-DOC-09 en la página web del Laboratorio www.lem.uni.edu.pe

FORMATO DE ENSAYO								Código:	N°
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGAS DE CONCRETO NTP 818.078/818.079 CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en Vigas Simplemente Apoyadas con carga a los tercios del tramo / en el centro del tramo.								S/C	81
								Versión:	de
								Página:	de
								Fecha:	20/11/2022

UBICACIÓN DE LA CARGA: ☐ CARGA A LOS TERCIOS ☐ CARGA EN EL CENTRO

TIPO DE SERVICIO: ☐ NORMAL ☐ PREFERENCIAL

CÁLCULO DE DENSIDAD: ☐ SI ☐ NO

N° Expediente:

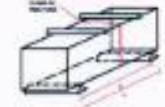
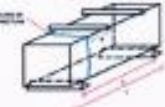
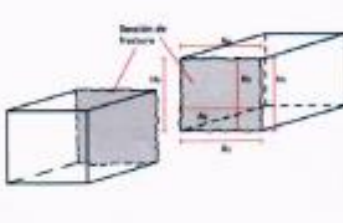
N° Factura:

N° Orden de Pago:

INFORMACIÓN:

- La viga tendrá una luz libre entre apoyos equivalente a 3 veces su altura con una tolerancia del 2%.
- Si no se obtiene un contacto completo entre la viga y los bloques de aplicación de la carga, será necesario refinar, ligar o colocar una cuña de castor.
- Si la falla se encuentra fuera del tercio medio y a una distancia mayor al 5% de la luz libre se rechazará el ensayo.
- Las vigas de concreto se ensayarán por los laterales, no por el lado superior durante el vaciado.

* Dejar si la falla está fuera del tercio central o si se aplica la carga a los tercios de la luz libre.

Fecha de término del ensayo: _____

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		ANCHO (mm)	ALTO (mm)	LARGO (L) (mm)	LUZ LIBRE (L ₀) (mm)	CARGA MÁXIMA (kg)	DISTANCIA A LA FRACTURA (X) *
		OBTENCIÓN	ENSAYO						
1	PAT 6/	03/04/23	10/04/23	15.8 15.1 15.2	15.2 15.2 15.0	50.4	45	2120	
2	PAT 6/	11	11	15.5 15.4 16.3	15.4 15.6 16.1	50.2	45	1950	
3	PAT 6/	11	12	15.3 15.6 15.2	15.3 15.1 15.5	50	45	1870	
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									

Revisado por el personal del LSI: 7 días

OBSERVACIONES:

Máquina de Ensayo: EM TOKYO KOKI SEJ20S(H) Certificado de calibración: CHC-054-2022

Ing. Responsable: H.A.T Técnico: G.P.L

*Ver CONDICIONES GENERALES DE SERVICIO JL-00C-09 en la página web del Laboratorio www.lam.unl.edu.pe

FORMATO DE ENSAYO				Código:	HE-AC-FR-01			
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS NTP 339.034 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas				Versión:	12			
				Página:	— de —			
				Fecha:	08/06/2021			
TIPO DE SERVICIO:		NORMAL ☐		PREFERENCIAL ☐				
CÁLCULO DE DENSIDAD:		SÍ ☐		NO ☐				
INFORMACIÓN: - Los especímenes no serán ensayados si cualquier diámetro individual difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro por más del 2%. - Si las bases de los especímenes de ensayo se apartan de la perpendicularidad a los ejes por más de 0.5° estas serán cortadas o cepilladas para cumplir la tolerancia indicada, o capeadas de conformidad con la NTP 339.037 o cuando se permita, la NTP 339.216. - Entrega de Informe: 3 días hábiles a partir de la fecha. - Las casillas sombreadas serán rellenas únicamente por el Técnico encargado del Ensayo.								
Fecha de término del ensayo: _____								
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	MASA ¹ (kg)	CARGA MÁXIMA (kg)	TIPO DE FRACTURA
		OBTENCIÓN	ENSAYO					
1	PAT 6 %	3-5-23	17-5-23	10.03 10.06	20.51 20.42	3.81	15797	3
2	PAT 6 %	3-5-23	17-5-23	9.89 10.1	20.60 20.78	3.73	15579	2
3	PAT 6 %	27-5-23	17-5-23	10.2 10.08	20.61 20.63	3.75	16686	5
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

¹ Rellenable únicamente cuando se solicita cálculo de densidad. 14 días

Rellenado por el personal del LEM

OBSERVACIONES:

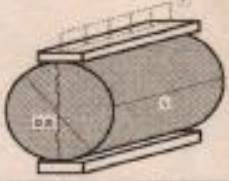
Máquina de Ensayo: LF-3 Certificado de calibración: LF-B-050-2028

FORMATO DE ENSAYO					Código:	1/C		N° Expediente:
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA EN MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO					Versión:	01		N° Factura:
NTP 339.084 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral					Página:	de		N° Orden de Pago:
					Fecha:	10/11/2001		
TIPO DE SERVICIO:		NORMAL		☐	PREFERENCIAL		☐	
CÁLCULO DE DENSIDAD:		SÍ		☐	NO		☐	

Información:

- * Se deberán registrar los valores correspondiente al diámetro (D₀) en los extremos y centro de la probeta cilíndrica de concreto.
- * Se deberán calcular la Resistencia a la Tracción Indirecta del concreto con una aproximación de 0.05 Mpa (0.5 kg/cm²)

Fecha de término del ensayo: _____



N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (cm)	LARGO (cm)	MASA ¹ (kg)	CARGA MÁXIMA (kg)
		OBTENCIÓN	ENSAYO				
1	PAT 6%	3-5-23	17-5-23	20.8 20.6 20.6	20.8 20.6 20.6	3.81	5830
2	PAT 6%	3-5-23	17-5-23	20.5 20.3 20.3	20.5 20.3 20.3	3.74	7996
3	PAT 6%	3-5-23	17-5-23	20.7 20.7 20.8	20.7 20.7 20.8	3.82	5972
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							

¹ Redondeable únicamente cuando se solicita cálculo de densidad. 14 días

Redondeado por el personal del LEM

OBSERVACIONES:

Máquina de Ensayo: ECE

Ing. Responsable: HAT

Certificado de calibración: LF-13-050-2023

Técnico: LOR Ad

* Ver CONDICIONES GENERALES DE SERVICIO IL-DOC-09 en la página web del Laboratorio www.lem.unl.edu.pe

**INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ALMIDÓN DE MAÍZ CON 1.25 % DE SUPERPLASTIFICANTE
EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO**
Bach. Aquiles Santos Carbajal

FORMATO DE ENSAYO						Código: F01-AC-PA-03		N° Expediente:										
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS						Versión: 12		<table border="1" style="width: 100%; height: 30px;"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>										
NTP 338.634 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas						Página: — de —												
Fecha: 05/06/2023																		
TIPO DE SERVIDO:		NORMAL		PREFERENCIA:														
CÁLCULO DE DENSIDAD:		SI		NO														
INFORMACIÓN: - Los especímenes no serán ensayados si cualquier diámetro individual difiere de cualquier otro diámetro del mismo diámetro por más del 2%. - Si los bases de los especímenes de ensayo se apartan de la perpendicularidad a los ejes por más de 0.5° estas serán cortadas o repiladas para cumplir la tolerancia indicada, a espesor de conformidad con la NTP 338.037 o (siendo se permita, la NTP 338-238). - Entrega de informe: 3 días hábiles a partir de la fecha. - Las casillas sombreadas serán rellenas únicamente por el Técnico encargado del Ensayo.																		
Tipos de fractura: TIPO 1 TIPO 2 TIPO 3 TIPO 4 TIPO 5 TIPO 6																		
Fecha de término del ensayo:																		
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	MASA ¹ (kg)	CARGA MÁXIMA (kg)	TIPO DE FRACTURA										
		OBTENCIÓN	ENSAYO															
1	PAT 6/.	3/05/23	31/05/23	10.12 10.22	20.3 20.5	3853.6	16273	5										
2	PAT 6/.	"	"	10.20 10.24	20.3 20.4	3844.5	18439	2										
3	PAT 6/.	"	"	9.95 9.94	20.5 20.3	3730.8	17180	2										
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		

¹ Reemplazable únicamente cuando se solicite cálculo de densidad.

Referenciado por el personal del CEM: 28 días

OBSERVACIONES:

Certificado de ensayo: ELC

Ing. Responsable: HAT

Certificado de calibración: LF-B-050-2023

Técnico: G.P.L.

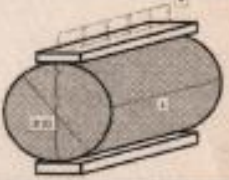
*Ver CONDICIONES GENERALES DE SERVIDO (I-DOC-09 en la página web del Laboratorio www.ingenieria.edu.pe)

FORMATO DE ENSAYO				Código:	U/C:		N° Expediente:
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA EN MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO				Versión:	01		N° Factura:
NTP 339.084 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral				Página:	— de —		N° Orden de Pago:
				Fecha:	10/11/2023		
TIPO DE SERVICIO:		NORMAL		☐		PREFERENCIAL ☐	
CÁLCULO DE DENSIDAD:		SI		☐		NO ☐	

Información:

- * Se deberán registrar los valores correspondiente al diámetro (D) en los extremos y centro de la probeta cilíndrica de concreto
- * Se deberán calcular la Resistencia a la Tracción indirecta del concreto con una aproximación de 0.05 Mpa (0.5 kg/cm²)

Fecha de término del ensayo: _____



N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		DIÁMETRO (cm)	LARGO (cm)	MASA ¹ (kg)	CARGA MÁXIMA (kg)
		OBTENCIÓN	ENSAYO				
1	PAT 6/.	9/15/23	31/05/23	9.80 9.94 10.01	20.7 20.6	3758.8 3748	7883
2	PDT 6/.	"	"	9.92 10.09 10.12	20.5 20.4	3760.7	7094
3	PAT 6/.	"	"	9.79 9.93 10.10	20.3 20.7	3748.7	7834
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							

¹ Referable únicamente cuando se solicita cálculo de densidad. 28 días

Refinado por el personal del LEM

OBSERVACIONES:

Máquina de Ensayo: ELB Certificado de calibración: LF-B-030-2023

Ing. Responsable: HAT Técnico: G.P.L

*Ver CONDICIONES GENERALES DE SERVICIO J-DOC-09 en la página web del Laboratorio www.lem.uni.edu.pe

FORMATO DE ENSAYO								Código: Versión: Página: Fecha: 10/11/2021		N° Expediente: N° Factura: N° Orden de Pago:	
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGAS DE CONCRETO NTP 538.876/320.075 CONCRETO. Método de Ensayo para determinar la Resistencia a la Flexión del Concreto en Vigas Simplemente Apoyadas con cargas a los tercios del tramo / en el centro del tramo.											
UBICACIÓN DE LA CARGA: TIPO DE SERVIDIO: CÁLCULO DE DENSIDAD:		CARGA A LOS TERCIOS NORMAL SI		CARGA EN EL CENTRO PREFERENCIA NO							
VERIFICACIÓN: La viga tendrá una luz libre entre apoyos equivalente a 2 veces su altura con una tolerancia del 2%. Si no se obtiene un contacto completo entre la viga y los bloques de aplicación de la carga, será necesario reventar, lijarse o colocar una celda de acero. Si la falla se encuentra fuera del tercio medio y a una distancia mayor al 5% de la luz libre se rechazará el ensayo. Las vigas de concreto se ensayarán por los laterales, no por el lado superior durante el vaciado. Usar si la falla está fuera del tercio central o si se aplica la carga a los tercios de la luz libre.											
Fecha de término del ensayo: _____											
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA		ANCHO (mm)	ALTO (mm)	LARGO (L) (mm)	LUZ LIBRE (L ₀) (mm)	CARGA MÁXIMA (kg)	DISTANCIA A LA FRACTURA (X) *		
		OBTENCIÓN	ENSAYO								
1	PAT 6/	3/03	31/03	15.6 15.7 15.7	15.0 15.0 15.0	50.2	45	2260			
2	PAT 6/	"	"	15.2 15.3 15.5	15.6 15.1 14.9	50.2	45	2530			
3	PAT 6/	"	"	15.1 15.0 15.2	15.4 15.3 15.3	50.1	45	2310			
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											

Elabrado por el personal del LMI: 28 días
 OBSERVACIONES:
 Máquina de Ensayo: TRK FORCE 35120SCH
 Ing. Responsable: HAT
 Certificado de calibración: CHC-054-2023
 Técnico: GPL
 Ver CONDICIONES GENERALES DE SERVICIO J-DOC-09 en la página web del Laboratorio www.lmi.un.edu.pe

Anexo C: Tablas y Figuras

Densidad del concreto

		D1 cm	D2 cm	G	D cm	H1	H2	DENSIDAD	PROMEDIO	PRUEBA DE HIPOTESIS	
0%	P1	10.19	10.21	3909.70	10.20	20.49	20.37	2.342	2.34	tc	2.95
0%	P2	10.18	10.22	3921.00	10.20	20.38	20.45	2.350		CALCULO DE T DE STUDENT	
0%	P3	10.18	10.17	3924.70	10.18	20.58	20.71	2.338			
2%	P1	10.15	10.14	3850.00	10.15	20.3	20.20	2.341	2.35	x	2.35
2%	P2	9.96	10.00	3723.70	9.98	20.5	20.2	2.371		s	0.02
2%	P3	10.13	10.08	3757.10	10.11	20.4	20.5	2.334		t	0.77
4%	P1	10.20	10.16	3930.40	10.18	20.64	20.61	2.352	2.33	x	2.33
4%	P2	9.96	10.01	3791.30	9.99	20.3	20.54	2.339		s	0.03
4%	P3	9.98	9.99	3748.20	9.99	20.5	20.52	2.291		t	-0.68
6%	P1	10.12	10.22	3853.60	10.17	20.3	20.5	2.325	2.32	x	2.32
6%	P2	10.20	10.24	3844.50	10.22	20.5	20.4	2.292		s	0.03
6%	P3	9.95	9.94	3730.80	9.95	20.5	20.3	2.354		t	-0.89

Asentamiento del concreto

Patrón + %Almidón de maíz + %Superplastificante	Asentamiento (Pulg.)	PROMEDIO	PRUEBA DE HIPOTESIS	
Patrón+ 0%	5.5	3	tc	2.95
Patrón + 2% AM + 1.25% SP	8	7.00	x	7.00
Patrón + 4% AM + 1.25% SP	6		s	1.00
Patrón + 6% AM + 1.25% SP	7		t	6.93
Patrón + %Almidón de maíz + %Superplastificante	Asentamiento (Pulg.)	PROMEDIO	PRUEBA DE HIPOTESIS	
Patrón+ 0%	5.5		tc	2.95
Patrón + 2% AM + 1.25% SP	7.6	8.00	x	8.00
Patrón + 4% AM + 1.25% SP	8.5		s	0.46
Patrón + 6% AM + 1.25% SP	7.9		t	18.90
Patrón + %Almidón de maíz + %Superplastificante	Asentamiento (Pulg.)	PROMEDIO	PRUEBA DE HIPOTESIS	
Patrón+ 0%	5.5		tc	2.95
Patrón + 2% AM + 1.25% SP	7	7.0	x	7.00
Patrón + 4% AM + 1.25% SP	7.6		s	0.60
Patrón + 6% AM + 1.25% SP	6.4		t	11.55
Patrón + %Almidón de maíz + %Superplastificante	Asentamiento (Pulg.)	PROMEDIO	PRUEBA DE HIPOTESIS	
Patrón+ 0%	5.5		tc	2.95
Patrón + 2% AM + 1.25% SP	6.3	6.0	x	6.00
Patrón + 4% AM + 1.25% SP	5.5		s	0.44
Patrón + 6% AM + 1.25% SP	6.2		t	11.92

Compresión

7 DIAS							
	$F'_c = \frac{4G}{\pi D^2}$						
		D1	D2	G	D	F'c	PROMEDIO
0	P1	10.16	10.17	13699	10.165	168.80	187.48
0	P2	10.11	10.05	15845	10.08	198.56	
0	P3	10.01	9.97	15291	9.99	195.08	
2	P1	10.03	10.05	17158	10.04	216.73	200.26
2	P2	10.18	10.24	17234	10.21	210.50	
2	P3	10.19	10.23	14209	10.21	173.55	
2	P1	10.19	10.19	16649	10.19	204.15	206.72
4	P2	10.16	10.2	16467	10.18	202.32	
4	P3	10.19	10.12	17309	10.155	213.71	
6	P1	10.03	10.05	13901	10.04	175.59	179.95
6	P2	10.16	10.18	14260	10.17	175.54	
6	P3	10.16	10.11	15226	10.135	188.73	

14 DIAS							
	$F'_c = \frac{4G}{\pi D^2}$						
		D1	D2	G	D	F'c	PROMEDIO
0	P1	10.16	10.18	16890	10.17	207.92	201.22
0	P2	10.19	10.22	15873	10.205	194.06	
0	P3	10.16	10.22	16448	10.19	201.69	
2	P1	10.16	10.2	18545	10.18	227.85	233.23
2	P2	10.14	10.15	19462	10.145	240.77	
2	P3	10.09	10.1	18496	10.095	231.09	
2	P1	10.14	10.14	17856	10.14	221.12	223.71
4	P2	10.08	10.06	17280	10.07	216.97	
4	P3	10.02	10	18339	10.01	233.03	
6	P1	10.03	10.06	15797	10.045	199.34	201.51
6	P2	9.89	10.1	15579	9.995	198.56	
6	P3	10.2	10.08	16686	10.14	206.63	

28 DIAS								
$F'c = \frac{4G}{\pi D^2}$								
		D1 cm	D2 cm	G	D cm	F'c kg/cm2	PROMEDIO kg/cm2	PRUEBA DE HIPOTESIS
0%	P1	10.19	10.21	16839.00	10.20	206.08	217.72	tc 2.95
0%	P2	10.18	10.22	18454.00	10.20	225.84		CALCULO DE T DE STUDENT
0%	P3	10.18	10.17	17991.00	10.18	221.26		
2%	P1	10.15	10.14	19792.00	10.15	244.85	257.06	x 257.06
2%	P2	9.96	10.00	21414.00	9.98	273.75		s 14.96
2%	P3	10.13	10.08	20257.00	10.11	252.59		t 5.45
4%	P1	10.20	10.16	19924.00	10.18	244.79	243.31	x 243.31
4%	P2	9.96	10.01	19197.00	9.99	245.16		s 2.89
4%	P3	9.98	9.99	18792.00	9.99	239.99		t 20.00
6%	P1	10.12	10.22	16273.00	10.17	200.33	215.42	x 215.42
6%	P2	10.20	10.24	18439.00	10.22	224.77		s 13.20
6%	P3	9.95	9.94	17180.00	9.95	221.17		t 0.71

Flexión del concreto

7 DIAS											
0			2			4			6		
2030	1920	2010	2435	2215	2390	2400	2030	2520	2260	2530	2310
45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
15.18	15.27	15.51	15.61	15.38	15.38	15.5	15.7	15.4	15.6	15.2	15.1
15.11	15.3	15.56	15.42	15.33	15.22	15.4	15.5	15.4	15.7	15.3	15
14.97	15.51	15.55	15.22	15.39	15.12	15.6	15.4	15.2	15.7	15.5	15.2
16.07	15.11	14.93	15.31	14.82	15.3	15.5	15.6	15.5	15	15.6	15.4
15.56	15.19	14.96	15.11	15.05	15.4	16	15.3	15.7	15	15.1	15.3
15.42	15.03	15.09	15.01	15.07	15.66	16.1	15.3	16.4	15	14.9	15.3
24.62	24.64	25.89	30.99	28.91	29.55	27.68	24.80	29.38	28.85	32.14	29.28
25.05			29.82			27.28			30.09		

$M_r = \frac{PL}{bh^2}$	14 DIAS											
	0			2			4			6		
P	2840	2770	2480	2460	2430	2740	2120	2460	1940	2320	2380	2240
L	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
b1	15.2	15.4	15.5	15.2	15	15.6	15.4	15.6	15.2	15.2	15.3	15.3
b2	15.3	15.5	15.2	15.4	14.9	15.4	15.3	15.4	15.3	15.1	15.2	15.5
b3	15.2	15.4	15.6	15.4	14.9	15.1	15.5	15.2	15.4	15	15.1	15.2
h1	15.2	15.6	15.3	15.3	15.1	15.9	16.1	15.5	15.1	15.1	16.2	16.2
h2	15.3	15.3	15.3	15.1	15.1	15.6	15.9	15.6	15.1	15.3	15.9	15.9
h3	15.1	15.6	15.5	15.2	14.9	15.8	15.7	15.4	15.2	15.2	16.1	16.1
Mr	36.31	33.62	30.62	31.25	32.40	32.28	24.50	29.92	24.91	29.93	27.30	25.47
	33.52			31.98			26.45			27.56		

$M_r = \frac{PL}{bh^2}$	28 DIAS											
	0			2			4			6		
P	2700	2950	3090	2450	2430	2320	2300	2440	2650	2260	2530	2310
L	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
b1	15.6	15.3	17.8	15.2	15.1	15	15.5	16.5	16.3	15.6	15.2	15.1
b2	15.5	16.1	16.8	15.3	15	15.1	15.7	15.5	15.3	15.7	15.3	15
b3	15.4	16.3	16.2	15	15	14.9	15.6	15.8	15.7	15.7	15.5	15.2
h1	15.2	15.6	16.2	14.8	15	16.1	15.4	15.5	15.4	15	15.6	15.4
h2	15.3	16	15.5	14.9	14.9	15.6	15.5	15.5	15.6	15	15.1	15.3
h3	15.2	16.2	15.2	14.8	15	16	15.3	15.3	15	15	14.9	15.3
Mr	33.78	32.89	33.60	33.04	32.47	27.53	27.98	28.93	32.17	28.85	32.14	29.28
	33.42			31.01			30.09			29.69		
	tc			x	s	t	x	s	t	x	s	t
	2.95			31.01	3.030	-1.377	29.69	2.198	-2.9388	30.09	1.786	-3.231

Tracción del concreto

7 DIAS						
MUESTRA	DIAMETRO	LARGO	MASA	CARGA MAXIMA	t	p
P	9.92	20.4		3812.5	11.84	11.90
	10.06					
	10.23					
P	10.07	20.1		3862.9	11.93	
	10.24					
	10.24					
P	10.04	20.4		3914.9	11.92	
	10.24					
	10.25					
2	10.1	20.51		8166	25.06	
	10.11					
	10.08					
2	9.92	20.61		7981	24.49	
	10.07					
	10.24					
2	10.07	20.13		6351	19.68	
	10.22					
	10.28					
4	10.77	20.16		6132	18.29	
	10.66					
	10.15					
4	9.75	20.81		7288	22.42	
	9.96					
	10.18					
4	10.06	20.31		6916	21.30	
	10.17					
	10.24					
6	10.07	20.1		3757	11.65	
	10.2					
	10.22					
6	10.11	20.3		6894	21.19	
	10.27					
	10.31					
6	10.09	20.3		6036	18.63	
	10.12					
	10.2					

14 DIAS						
MUESTRA	DIAMET	LARGO	MASA	CARGA MAXIMA	t	p
P	9.93	20.36		7700	23.95	27.23
	9.96					
	10.19	20.47				
P	10.01	20.55		7851	24.18	
	10.11					
	10.12	20.46				
P	10.13	20.37		7613	33.56	
	10.18					
	1.01	20.27				
2	10.9	20.4		7326	22.02	22.94
	10.19					
	10.21	20.2				
2	10.09	20.3		6498	20.21	
	10.18					
	10.21	20				
2	10.05	20.1		8566	26.60	
	10.09					
	10.16	20.5				
4	9.94	20.4		6840	21.53	18.58
	9.95					
	9.93	20.3				
4	9.97	20.1		4996	15.87	
	9.96					
	9.99	20.1				
4	9.95	20.5		5850	18.34	
	9.94					
	9.97	20.3				
6	9.97	20.8		5830	18.00	20.35
	9.95					
	9.96	20.6				
6	9.98	20.5		7996	24.76	
	9.97					
	9.99	20.7				
6	9.95	20.9		5972	18.29	
	9.97					
	9.99	20.8				

28 DIAS										
PORCENTAJE	MUESTRA	DIAMETRO	LARGO	CARGA MAXIMA	t kg/cm2	PROMEDIO kg/cm2	PRUEBA DE HIPOTESIS			
0%	P1	10.3	20.34	7132	21.62	24.69	tc	2.95		
		10.31								
		10.39	20.31							
0%	P1	9.76	20.5	9113	28.72		24.69	CALCULO DE T DE STUDENT		
		9.92								
		10.1	20.2							
0%	P1	10.07	20.2	7664	23.74			CALCULO DE T DE STUDENT		
		10.19								
		10.11	20.4							
2%	P2	10.16	20.3	6896	21.30	22.24		x	22.24	
		10.29								
		10.08	20.2							
2%	P2	10.21	20.1	7748	23.99		22.24	s	1.520	
		10.19								
		10.06	20.4							
2%	P2	10.1	20.2	6868	21.42			22.24	t	-2.80
		10.18								
		10.04	20.2							
4%	P3	10.12	20.38	7464	22.90	24.07			x	24.07
		10.14								
		10.15	20.56							
4%	P3	9.91	20.61	7379	22.68		24.07		s	2.225
		10.01								
		10.2	20.65							
4%	P3	10.27	20.74	8883	26.64			24.07	t	-0.48
		10.31								
		10.12	20.75							
6%	P4	9.8	20.7	7883	24.43	23.62			x	23.62
		9.94								
		10.1	20.6							
6%	P4	9.92	20.5	7094	21.99		23.62		s	1.414
		10.09								
		10.12	20.4							
6%	6%	9.79	20.3	7834	24.44			23.62	t	-1.31
		9.97								
		10.1	20.7							

Anexo D: Constancia de ensayos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

CONSTANCIA

EL JEFE DEL LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, deja constancia que:

El Sr. **AQUILES SANTOS CARBAJAL**, bachiller de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, identificado con DNI N° 71469503, realizó ensayos en el Laboratorio N° 1 de Ensayo de Materiales en el marco del desarrollo de la tesis titulada: **"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ALMIDÓN DE MAÍZ CON 1.25% DE SUPERPLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO"**, asesorado por el Ing. Rafael Cachay Huamán.

Se le brindó las facilidades del caso para la realización de los ensayos de la tesis en mención desde el 04 de abril hasta el 31 de mayo del 2023.

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

Lima, 12 de Marzo del 2024




Ing. Oscar Miranda Hospinal
Jefe (e) del Laboratorio
de Ensayo de Materiales

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú
Apartado Postal 1301 Lima 100 – Perú / Telefax: (511) 481-9845
Central Telefónica: 481-1070 Anexo: 4020



Engineering
Accreditation
Commission