



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Evaluación de las propiedades físico – mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ agregando biopolímero lignina, Lima 2022

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

AUTORES:

Encarnación Llana, Alexis Anthony (orcid.org/0000-0001-8251-8572)

Moriano Almora, Marcos Esau (orcid.org/0000-0001-5174-7030)

ASESOR:

Mg. Ing. Casso Valdivia, Hugo (orcid.org/0000-0002-7891-0819)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño sísmico y estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria:

Se lo dedicamos a Dios, ya que siempre nos acompañó durante la carrera. Asimismo, a nuestros padres, hermanos y tíos, porque gracias a la confianza y aliento brindado por ellos, es que hemos conseguido el objetivo de realizarnos profesionalmente.

Agradecimiento:

Agradecemos a la Universidad César Vallejo, por abrirnos la puerta y encaminarnos en la formación de la carrera.

Agradecemos a todos nuestros docentes que día a día nos han nutrido con sus conocimientos. Asimismo, un agradecimiento especial a nuestro asesor de tesis el Ing. Casso Valdivia Hugo.

Además, agradecemos a todos nuestros compañeros, que durante esta etapa universitaria nos han apoyado de distintas maneras para seguir adelante en la carrera.

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vii
Resumen	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	16
3.1. Tipo y diseño de investigación	16
3.2. Variables y operacionalización	17
3.3. Población, muestra y muestreo	17
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	19
3.5. Procedimientos.....	20
3.6. Método de análisis de datos	20
3.7. Aspectos éticos	21
IV. RESULTADOS	22
V. DISCUSIÓN.....	75
VI. CONCLUSIONES	77
VII. RECOMENDACIONES.....	78
REFERENCIAS	79
ANEXOS.....	83

Índice de tablas

Tabla 1. Cuando existe desviación estándar	12
Tabla 2. Cuando no existe desviación estándar.....	12
Tabla 3. Clasificación de grupos respecto a la adición de biopolímero lignina.	18
Tabla 4. Cantidad de ensayos a compresión.	18
Tabla 5. Cantidad de ensayos a tracción diametral.	18
Tabla 6. Cantidad de ensayos a flexión en vigas.	19
Tabla 7. Agregado fino, datos de la granulometría.	23
Tabla 8. Agregado grueso, datos de la granulometría.	24
Tabla 9. Agregado grueso, datos de la humedad.	26
Tabla 10. Agregado fino, datos de la humedad.....	26
Tabla 11. Agregado fino, PUS.	27
Tabla 12. Agregado fino, PUC.	27
Tabla 13. Agregado grueso, PUS.	28
Tabla 14. Agregado grueso, PUC.....	29
Tabla 15. Agregado fino, PE y absorción.....	30
Tabla 16. Agregado grueso datos del P.E y absorción.	31
Tabla 17. Agregado grueso, resultados P.E y absorción.	32
Tabla 18. Datos de los elementos que componen el concreto.	32
Tabla 19. Dosificación con agregados en seco.....	33
Tabla 20. Dosificación con agregados húmedos.....	34
Tabla 21. Dosificación base o patrón para 0.057 m3.	35
Tabla 22. Dosificación G-1 para 0.057 m3.....	35
Tabla 23. Dosificación G-2 para 0.057 m3.....	36
Tabla 24. Dosificación G-3 para 0.057 m3.....	36
Tabla 25. Datos del asentamiento (slump).....	39
Tabla 26. Resistencia a compresión, resultados a los 7 días.	42
Tabla 27. Resistencia a compresión, resultados en porcentaje a los 7 días.	44
Tabla 28. Resistencia a compresión, resultados a los 14 días.....	45
Tabla 29. Resistencia a compresión, resultados en porcentaje a los 14 días.	46
Tabla 30. Resistencia a compresión, resultados a los 28 días.....	48
Tabla 31. Resistencia a compresión, resultados en porcentaje a los 28 días.	49
Tabla 32. Resistencia a tracción, resultados a los 7 días.....	51

Tabla 33. Resistencia a tracción, resultados en porcentaje a los 7 días.	52
Tabla 34. Resistencia a tracción, resultados a los 14 días.	54
Tabla 35. Resistencia a tracción, resultados en porcentaje a los 14 días.	55
Tabla 36. Resistencia a tracción, resultados a los 28 días.	57
Tabla 37. Resistencia a tracción, resultados en porcentaje a los 28 días.	58
Tabla 38. Resistencia de flexión en vigas, a los 7 días.	60
Tabla 39. Resistencia de flexión en vigas, porcentaje a los 7 días.	61
Tabla 40. Resistencia de flexión en vigas, a los 14 días.	62
Tabla 41. Resistencia de flexión en vigas, porcentaje a los 14 días.	64
Tabla 42. Resistencia de flexión en vigas, a los 28 días.	65
Tabla 43. Resistencia de flexión en vigas, porcentaje a los 28 días.	66
Tabla 44. Pruebas de normalidad, compresión.	67
Tabla 45. ANOVA, compresión.	68
Tabla 46. Comparaciones múltiples, compresión.	69
Tabla 47. Tukey, compresión.	70
Tabla 48. Pruebas de normalidad, tracción.	71
Tabla 49. ANOVA, tracción.	71
Tabla 50. Comparaciones múltiples, tracción.	72
Tabla 51. Tukey, tracción.	73
Tabla 52. Pruebas de normalidad, flexión.	74
Tabla 53. Prueba de Kruskal-Wallis.	74

Índice de figuras

Figura 1.	Cono de Abrams.....	10
Figura 2.	Procedimiento de la medida del Slump.....	11
Figura 3.	Esquema de la prueba radial	13
Figura 4.	Monómeros de la Biopolímero lignina	14
Figura 5.	Biopolímero lignina en polvo	15
Figura 6.	Agregado fino.	22
Figura 7.	Agregado fino, curva de la granulometría.	23
Figura 8.	Agregado grueso	24
Figura 9.	Agregado grueso, curva de la granulometría.	25
Figura 10.	PUC y PUS del agregado grueso	28
Figura 11.	Agregado fino, conito de arena.....	30
Figura 12.	Agregado grueso, peso de la muestra en agua	31
Figura 13.	Cortando el bagazo de caña de azúcar	37
Figura 14.	Proceso de extracción y precipitación de biopolímero lignina	37
Figura 15.	Proceso de secado y producto final de biopolímero lignina	38
Figura 16.	Probetas cilíndricas y prismáticas (vigas).	38
Figura 17.	Slump de todos los grupos definidos	40
Figura 18.	Proceso para medir el slump	41
Figura 19.	Ensayo a compresión	42
Figura 20.	Resistencia a compresión, resultados a los 7 días	43
Figura 21.	Resistencia a compresión, resultados en porcentaje a los 7 días	44
Figura 22.	Resistencia a compresión, resultados a los 14 días	46
Figura 23.	Resistencia a compresión, resultados en porcentaje a los 14 días	47
Figura 24.	Resistencia a compresión, resultados a los 28 días	49
Figura 25.	Resistencia a compresión, resultados en porcentaje a los 28 días	50
Figura 26.	Ensayo a tracción	51

Figura 27.	Resistencia a tracción, 7 días.	52
Figura 28.	Resistencia a tracción, en porcentaje a los 7 días.	53
Figura 29.	Resistencia a tracción, 14 días.	55
Figura 30.	Resistencia a tracción, en porcentaje a los 14 días.	56
Figura 31.	Resistencia a tracción, 28 días.	58
Figura 32.	Resistencia a tracción, en porcentaje a los 28 días.	59
Figura 33.	Ensayo a flexión	60
Figura 34.	Resistencia a flexión, 7 días.	61
Figura 35.	Resistencia a flexión, en porcentaje a los 7 días.	62
Figura 36.	Resistencia a flexión, 14 días.	63
Figura 37.	Resistencia a flexión, en porcentaje a los 14 días.	64
Figura 38.	Resistencia a flexión, 28 días.	65
Figura 39.	Resistencia a flexión, en porcentaje a los 28 días.	67

Resumen

En la presente tesis, se tuvo como objetivo general, evaluar el mejoramiento de las propiedades físico - mecánicas del concreto adicionando biopolímero lignina. Asimismo, como objetivos específicos, determinar la resistencia a compresión, tracción y flexión del concreto $f'c$ 210 Kg/cm² al agregar 1, 1.5, 2% de biopolímero lignina. Al respecto del marco metodológico, se le consideró de tipo aplicada, y de diseño cuasiexperimental, el cual consistió de ensayar 72 probetas cilíndricas y 24 vigas prismáticas.

Asimismo, se llegó a la conclusión que, las propiedades físicas como el slump se vuelven más trabajables, puesto que, el slump aumento de un valor de 2.2" (5.5 cm) en el grupo patrón sin lignina, a 2.8" (7 cm) en el grupo G-1 con 1% de lignina. Sin embargo, al respecto de las propiedades mecánicas se disminuyó considerablemente la resistencia al utilizar lignina en la mezcla, ya que, se obtuvo pérdidas de hasta menos 11%, 10% y 7% en compresión, tracción y flexión respectivamente.

Palabras clave: concreto, lignina, compresión, tracción, flexión.

Abstract

In this thesis, the general objective was to evaluate the improvement of the physical-mechanical properties of concrete by adding lignin biopolymer. Likewise, as specific objectives, to determine the compressive, tensile and flexural strength of the concrete f'c 210 Kg/cm² by adding 1, 1.5, 2% of lignin biopolymer. Regarding the methodological framework, it was considered an applied type, and a quasi-experimental design, which consisted of testing 72 cylindrical specimens and 24 prismatic beams.

Likewise, it was concluded that physical properties such as slump become more workable, since the slump increased from a value of 2.2" (5.5 cm) in the standard group without lignin, to 2.8" (7 cm). in group G-1 with 1% lignin. However, regarding the mechanical properties, the resistance was considerably decreased when using lignin in the mixture, since losses of up to minus 11%, 10% and 7% were obtained in compression, traction and bending, respectively.

Keywords: concrete, lignin, compression, traction, bending.

I. INTRODUCCIÓN

Al respecto de la realidad problemática, el material más utilizado en el Perú es el concreto, ya que debido a sus cualidades físicas y mecánicas se le utiliza de diversas maneras y en distintas obras. Sin embargo, en el campo del concreto aún hay mucho por descubrir, experimentar y conocer. Por ende, es de suma importancia que el profesional encargado dosifique correctamente los elementos que participan en su elaboración, para así lograr que el concreto cumpla con las necesidades requeridas. Al respecto Rivva (2019), todavía hay mucho por descubrir, al respecto de las propiedades y virtudes que brinda el concreto. Por lo tanto, se infiere que, aunque el concreto se utiliza muy frecuentemente en diversas obras del país, todavía es desconocido un sin fin de aplicaciones y dosificaciones, asimismo, de adiciones que se le puede agregar con la finalidad de mejorar sus cualidades.

Asimismo, durante muchos años y hasta la actualidad, se siguen experimentado y buscando mejorar mucho más aun las cualidades que pueda brindar el concreto, este fin principalmente adicionando y experimentado día a día con productos y aditivos, uno de ellos es el biopolímero lignina. Teniendo como eje principal que mejore las resistencias mecánicas, pero que a su vez no reste cualidades como por ejemplo en la trabajabilidad que es muy importante para su puesta en obra.

Al respecto LignoCOST (2019), como adhesivo natural, el biopolímero lignina tiene un enorme potencial en una amplia gama de aplicaciones, es la sustancia que da firmeza a los árboles, las hierbas y la paja. El biopolímero lignina, por ejemplo, ya se utiliza con éxito en productos como el cemento, el asfalto en emulsión, los compuestos y los adhesivos para tableros de fibra. Sin embargo, hasta ahora todavía no se ha explotado todo su potencial.

Además, conocer el uso correcto y sobre todo las proporciones idóneas, son las que llevarán a tener un concreto que cumpla con las expectativas deseadas.

Por lo tanto, es de suma importancia conocer el comportamiento del concreto con cada producto que se le agregue o adicione, así como también estar al tanto de la reacción que genera en sus propiedades, puesto que dicho conocimiento permitirá

mejorar cada día en conocimiento y en técnicas a lo que respecta del concreto y la construcción.

Asimismo, considerando la formulación del problema, se estableció como problema general a responder la interrogante de ¿Cómo influirá en las propiedades físico – mecánicas del concreto $f'c$ 210 kg/cm² el agregar biopolímero lignina? Además, esto conllevó a plantear problemas específicos los cuales son ¿Mejorará la resistencia a compresión del concreto $f'c$ 210 Kg/cm² al agregar biopolímero lignina? Así como también, ¿Mejorará la resistencia a tracción del concreto $f'c$ 210 Kg/cm² al agregar biopolímero lignina?, y, ¿Mejorará la resistencia a flexión del concreto $f'c$ 210 Kg/cm² al agregar biopolímero lignina?

Considerando la justificación del estudio, desde una perspectiva teórica, el presente estudio tiene como finalidad plantear y realizar los métodos y procedimientos que se necesitan para evaluar cómo influirá en las propiedades físico – mecánicas del concreto $f'c = 210$ kg/cm² el agregar el biopolímero lignina, considerando como bases de conocimiento al RNE, la NTP, asimismo, la ASTM, y además, el ACI, dichas pautas de conocimiento se utilizarán como camino para desarrollar los objetivos trazados.

Asimismo, desde una perspectiva práctica, se justifica para analizar y entender lo que pueda aportar en las cualidades del concreto, el adicionar lignina. Puesto que, con el pasar de los años todo se desarrolla y evoluciona, esto debido a que siempre se busca alternativas de mejora, ya sea en las propiedades de resistencia, o también a la par en los costos que genera.

Además, desde una perspectiva metodológica, se justifica, puesto que, para desarrollar la tesis se procede inicialmente con conocer los agregados, a través de los ensayos correspondientes. Ya con los valores respectivos de las propiedades de los agregados se realiza la dosificación de la mezcla, la cual se identificará como mezcla o grupo patrón, puesto que, servirá de base para sobre ella adicionar en proporciones de 1%, 1.5% y 2 % lignina en relación a lo que pese el cemento. Asimismo, se elaborará probetas cilíndricas y vigas con las mezclas mencionadas, para su posterior ensayo respectivo.

Para darle solución a los problemas planteados, se estableció objetivos a desarrollar, siendo el general evaluar el mejoramiento de las propiedades físico - mecánicas del concreto adicionando biopolímero lignina. Asimismo, esto conllevó a plantear objetivos específicos de los mismos los cuales son determinar la resistencia a compresión del concreto $f'c$ 210 Kg/cm² al agregar 1, 1.5, 2% de biopolímero lignina, determinar la resistencia a tracción del concreto $f'c$ 210 Kg/cm² al agregar 1, 1.5, 2% de biopolímero lignina, y, determinar la resistencia a flexión del concreto $f'c$ 210 Kg/cm² al agregar 1, 1.5, 2% de biopolímero lignina.

Al respecto de las hipótesis a desarrollar, se estableció afirmar como hipótesis general que, adicionando biopolímero lignina existe variación de las propiedades físico - mecánicas del concreto. Además, esto conllevó a plantear hipótesis específicas las cuales son adicionando biopolímero lignina al concreto $f'c$ 210 Kg/cm², existe variación de la resistencia a la compresión, adicionando biopolímero lignina al concreto $f'c$ 210 Kg/cm², existe variación de la resistencia a la tracción, y, adicionando biopolímero lignina al concreto $f'c$ 210 Kg/cm², existe variación de la resistencia a la flexión.

II. MARCO TEÓRICO

Al respecto de los antecedentes, la presente tesis, no cuenta con antecedentes nacionales directamente relacionados, ya que en el Perú el biopolímero lignina no se ha utilizado aún como adición del concreto. Sin embargo, existen antecedentes de tesis en donde el biopolímero lignina si se ha utilizado en mezcla asfáltica en caliente, con resultados favorables, los cuales son presentados a continuación.

Flores y Orosco (2020), en su tesis, se propusieron por objetivo evaluar la vida útil de la mezcla asfáltica al agregar lignina. Como metodología de investigación se consideró un diseño cuasi experimental y transversal, puesto que, al cambiar ciertos valores de la variable independiente (a través de los porcentajes de lignina), se esperará una respuesta de la variable dependiente, el cual será motivo de estudio, asimismo, este proceso se realiza en un lapso determinado de tiempo. Asimismo, el estudio consideró 3 proporciones de lignina, se adicionó 5%, 10%, y 15%. También, se realizó 68 briquetas, para los 4 ensayos marshal y el ensayo de cantabro. Además, sus principales conclusiones son que, a través del método Marshall se comprobó que la mezcla con 5% de lignina es la que brindó mayores beneficios respecto a las características que se busca. Así como también, se demostró a través de la prueba de cantabro, que la mezcla con 5% de lignina aporta en disminuir el desgaste ya que obtuvo 1.7% menos de desgaste en comparación a la muestra sin lignina que llegó a desgastarse en 7.2%.

Atachagua y Rosales (2019), en su tesis, se propusieron por objetivo evaluar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica al agregar lignina. Se procedió a realizar un cuasiexperimento para cumplir con los objetivos trazados. El cual consistió en utilizar 2 proporciones de lignina, se adicionó en porcentajes de 10%, y 15%. Además, se realizó 45 briquetas, para los 3 ensayos marshal. Asimismo, sus principales conclusiones son que, analizando el comportamiento mecánico para cada contenido de asfalto que van desde 5%, 5.5%, 6.0%, 6.5% y 7.0% para los 3 diseños tanto convencional y modificado con biopolímero lignina se determinó que el contenido más favorable fue de 6% de asfalto, por otro lado, de acuerdo a los indicios de los resultados obtenidos existió un incremento favorable respecto diseño donde se adiciono el 10% de lignina. Así como también, la estabilidad con el porcentaje de 10% de adición de lignina obtuvo un valor numérico de 1932.4kg.

lo cual existió una varianza de un incremento favorable de 31.87% respecto al convencional con un valor de 1465.4 kg. con el contenido óptimo de asfalto de 6%.

Al respecto de los antecedentes internacionales, se recopiló información de las diversas investigaciones en el mundo que utilizaron lignina en la composición de todo lo relacionado a la construcción, los cuales se presentan a continuación.

Klapiszewska et al. (2019), en su publicación titulada "Production of cement composites using alumina-lignin hybrid materials admixture" publicado Universidad de Wroclaw, Polonia, 2019. Se propone producir compuestos como mezclas funcionales para morteros de cemento utilizando mezcla de materiales híbridos de alúmina- lignina. En el marco de este estudio, se diseñaron y obtuvieron materiales híbridos de Al₂O₃-lignina diferentes en cuanto a la relación de peso de los componentes inorgánicos y orgánicos. Asimismo, sus principales conclusiones son que, se confirmó que la presencia de lignina en los compuestos de cemento contribuye al aumento de la plasticidad de la mezcla. Además, los resultados más favorables de las pruebas de aplicación se obtuvieron para sistemas híbridos de alúmina-lignina con proporciones de peso iguales a 5:1, en el cual la resistencia a compresión aumento de 35.3 Mpa a 41.2 Mpa y la resistencia a flexión aumento de 7.1 Mpa a 8.1 Mpa en ambos casos utilizando alúmina-lignina en 0.5% en relación al peso del cemento. Así como también que el análisis de estos sistemas indicó que existe una clara mejora de las propiedades mecánicas, con una mejora simultánea de la plasticidad de la mezcla en comparación con la muestra de referencia.

Feraidon (2013), en su publicación titulada "Researchers building stronger, greener concrete with biofuel byproducts", presentada para optar el título profesional de doctor en Ingeniería Civil, publicada por la Universidad Estatal de Kansas, Estados Unidos, 2013. En el presente trabajo se utilizó subproductos de producción de bioetanol como lo es la lignina para producir un material para usar en concreto como reemplazo parcial del cemento. Asimismo, sus principales conclusiones son que, cuando los investigadores agregaron el subproducto de ceniza con alto contenido de lignina al cemento, la ceniza reaccionó químicamente con el cemento para hacerlo más fuerte. Así como también que los investigadores probaron el material de concreto terminado y encontraron que reemplazar el 20% del cemento con

material celulósico después de la quema aumentó la resistencia del concreto en un 32%.

Hong (2007), en su publicación titulada “Effect of Lignin Addition on Characteristics of Cement Pastes”, presentado por el departamento de ingeniería, publicado por la Universidad Nacional Kangwon, Korea, 2007. En la presente investigación se estudió el efecto de la adición de lignina en las características de las pastas de cemento portland. La lignina se añadió al cemento en la proporción de 0,5 a 2,0% sobre la base del peso seco. Los especímenes fueron curados por 3, 7, 14, y 28 días. Asimismo, sus principales conclusiones son que, la adición de lignina en 0.5% mejoró de una manera resaltante la resistencia a la compresión de las pastas de cemento, aproximadamente 30 %. Así como también que la adición de lignina en 2.0% mejoró de una manera resaltante la resistencia a la compresión de las pastas de cemento, aproximadamente 60 %.

Huang et al. (2018), en su estudio, se propuso por objetivo, preparar lignosulfonatos a partir de ligninas de biorrefinería por sulfometilación y aplicarlas como reductor de agua para hormigón. Asimismo, sus principales conclusiones son que, agregando 0.2 % en peso de AL-LG, EHR-LG y CM-LG, la resistencia que se obtuvo a la compresión a los 28 días de los concretos aumentó de 38.4 Mpa a 41.6, 42.6 y 40.9 Mpa, respectivamente. Así como también que estos hallazgos sugieren que el lignosulfonato de la lignina de biorrefinería por sulfometilación puede cumplir con los estándares industriales como reductores de agua para aditivos de cemento.

Kavya et al. (2021), en su estudio, se propuso por objetivo, evaluar los efectos de las nanofibrillas de celulosa ligno y delignificadas en la hidratación y las propiedades mecánicas de la pasta de cemento. Asimismo, sus principales conclusiones son que, se encontró que la adición de LCNF (nanofibrillas de lignocelulosa) mejora la trabajabilidad de los lotes de pasta de cemento en dosis de 0.05% y 0.1%. A una dosis del 0,1%, las muestras que contenían DCNF (nanofibrillas de celulosa delignificada) mostraron una menor trabajabilidad en comparación con la del lote de control. Independientemente de las dosis y el contenido fino, los lotes que contenían LCNF tenían una mejor trabajabilidad en comparación con los lotes de DCNF. Y, a una dosis de 0.05%, la resistencia a la flexión de la pasta de cemento se incrementó hasta en un 107% debido a la adición

de LCNF con un contenido fino del 60%. En el caso de DCNF a una dosis de 0.05%, el aumento máximo de la resistencia a la flexión fue del 53%, observado en el lote de contenido fino del 95%. A una dosis del 0,1%, las resistencias a la flexión de la pasta de cemento aumentaron en un 111% tanto para DCNF como para LCNF. Así como también que la adición de DCNF mostró un aumento máximo del 15% en la resistencia a la compresión en dosis de 0.05% y 0.1% después de 90 días de curado sellado. El aumento máximo en las resistencias a la compresión de 90 días de pasta de cemento curada debido a la adición de LCNF fue de alrededor del 16% observado a una dosis del 0,1%. Además, este artículo de investigación reveló que la aplicación de LCNF como aditivo produce un rendimiento superior de la pasta de cemento en comparación con los de DCNF. Se observó además que el contenido fino deseado de los lotes de CNF para la aplicación en materiales a base de cemento es de alrededor del 75% tanto para DCNF como para LCNF. Por lo tanto, para la aplicación en la industria del cemento y el hormigón, un aditivo LCNF de bajo costo con contenido fino reducido tiene más potencial en comparación con el DCNF típicamente disponible y costoso con contenidos finos muy altos (>95%).

Wenming et al. (2015), en su estudio, se propuso por objetivo, preparar lignina kraft de madera blanda sulfometilada como dispersante para mezcla de cemento. Asimismo, sus principales conclusiones son que, la lignina sulfometilada con una densidad de carga más alta adsorbió más en partículas de cemento y mejoró la fluidez de una pasta de cemento de manera más efectiva que los lignosulfonatos comerciales. Así como también que la adición de 0,5 % en peso de lignina sulfometilada a la pasta de cemento aumentó la fluidez de la pasta de 65 mm a 200 mm, mientras que la adición de 0,4 % en peso de lignina kraft no modificado a la pasta dio como resultado una fluidez de 70 mm.

Gupta et al. (2015), en su estudio, se propuso por objetivo, demostrar que la lignina kraft puede formar la base de superplastificantes de alto rendimiento en cemento hidráulico. Asimismo, sus principales conclusiones son que, los resultados indican que el control de la arquitectura de la lignina injertada en polímero puede mejorar significativamente su rendimiento como superplastificante para el cemento.

Rodriguez et al. (2016), en su estudio, se propuso por objetivo, evaluar las propiedades físicas del asfalto modificado con lignina. Asimismo, sus principales

conclusiones son que, se determinó que utilizando 15% de lignina se mejora considerablemente las propiedades de la mezcla respecto a la rigidez. Asimismo, en 33.7% se mejoró las cualidades reológicas.

Barros (2017), en su estudio, se propuso por objetivo, analizar el envejecimiento del asfalto modificado con diversas proporciones de lignina. Asimismo, sus principales conclusiones son que, se determinó, que la lignina aporta a cumplir un papel de antioxidante en la mezcla asfáltica, asimismo, al respecto del comportamiento a temperaturas altas y bajas también se evidenció un gran aporte de la lignina en su composición.

Casado et al. (2019), en su estudio, se propuso por objetivo, analizar cómo se comportan durante 1 año las mezclas asfálticas con adición de lignina sub producto de etanol. Asimismo, sus principales conclusiones son que, se concluyó, que efectivamente aporta la lignina al respecto de las deflexiones, puesto que al pasar el tiempo aún se mantienen dentro de lo permisible por las normas. Asimismo, al respecto de la resistencia al deslizamiento, también se consiguió mejoras en un 10%.

Dos Santos et al. (2019), en su estudio, se propuso por objetivo, mejorar agregando lignina a la mezcla asfáltica, la capacidad a las deformaciones constantes, provocadas por los cambios de temperatura o por la fatiga que se manifiestan en grietas. Asimismo, sus principales conclusiones son que, de todos los porcentajes adicionados, el que mejor participa es el de 6% de lignina, manifestándose en el asfalto a través de prevenir la oxidación del mismo.

Ramesh et al. (2020), en su estudio, se propuso por objetivo, evaluar cómo se comporta el asfalto con adición de lignina. Asimismo, sus principales conclusiones son que, considerando que se utilizó lignina en 5%, 10%, 15%, 20% y 25%; y a su vez comparando entre ellos con cual se obtuvo mayor aporte, cabe destacar al 10% de adición de lignina, puesto que, aumento hasta en 6 mm respecto al ensayo de penetración.

Al respecto de las teorías relacionadas al tema, el concreto en particular es de suma importancia conocer que, se obtiene de una reacción química al mezclar agua, cemento, agregados, y aire. Asimismo, también se suele utilizar aditivos que

permiten conseguir ciertas particularidades y cualidades que uno busca dotar al mismo (Abanto, 2018).

Es importante considerar, que la calidad final obtenida, no depende exclusivamente de los insumos que conforman la mezcla, sino que, mucho importa la forma de mezclar los componentes de la misma, de cómo se trasladan al punto final, la manera de colocarla, además, de algo que es muy importante y necesario como el curado (Harmsen, 2017).

Al respecto de los participantes que componen el concreto, se menciona al cemento y es de suma importancia conocer que, al calentar materiales calcáreos y arcillas a cierta temperatura, se puede obtener así el Clinker, el cual, a su vez al convertirlo en polvo, da la formación a lo que se conoce como cemento (Harmsen, 2017).

Al respecto de la participación del agua en el concreto, pues tiene que ser de calidad, puesto que, de eso depende que las cualidades del mismo puedan desarrollarse en su máxima expresión. Asimismo, está prohibido utilizar agua que contenga impurezas (Abanto, 2018).

Los agregados, también son participantes que componen el concreto, por lo tanto, conocer que, es un material granular, que puede ser obtenido de la naturaleza, o también de forma artificial. Asimismo, que en presencia del cemento pueden convertirse en concreto o mortero (MCVS-E.060, 2009).

Al respecto de la participación de los agregados en el concreto, se puede mencionar que volumen ocupan las tres cuartas partes aproximadamente. Asimismo, que al igual que la participación del agua, los agregados también tienen que estar sin contaminantes que disminuyan la calidad de la misma, ya que tendrán influencia directa en el producto final, que es el concreto (Abanto, 2018).

Para que un agregado participe en la elaboración del concreto existen ciertos criterios que deben cumplir según la NTP. Asimismo, en el caso los agregados no cumplieran con ciertos requisitos, entonces lo que se hace es realizar muestras las cuales serán sometidas a ensayos respectivos, y con los resultados certifiquen que si puede llegar a obtener las resistencias requeridas (MCVS-E.060, 2009).

Al respecto del límite entre un agregado grueso y fino, se puede considerar al tamiz N4 como frontera entre ambos. Así entonces, si pasa dicho tamiz sería agregado fino, y si no lo pasa será considerado agregado grueso.

Módulo de fineza, es un parámetro el cual permite distinguir si el agregado es grueso o fino. Asimismo, su cálculo se obtiene de sumar los porcentajes acumulados que se retienen en ciertos tamices indicados, además, a dicho cálculo se le multiplica por 0.01 (Abanto, 2018).

Trabajabilidad, es la cualidad que presenta una mezcla, en este caso de concreto de mezclarse, colocarse y compactarse de forma fácil, asimismo, evitando que ocurra segregación o exudación de la misma (Abanto, 2018).

Consistencia, representa lo húmedo que se encuentra el concreto. Asimismo, está relacionada en mayoría con la cantidad de agua vertida en ella. Asimismo, el ensayo de consistencia del Concreto, sirve para conocer cuál es el comportamiento del concreto, cuando se encuentra en la fase fresca. Además, también se le conoce como slump test.

Al respecto de los equipos a utilizar en el ensayo se destaca, la participación de un cono con medidas de base 0.1 m y 0.2 m. y de alto 0.3 m. Asimismo, una barra acero de 0.6 m que sea liso y de 5/8" con punta semiesférica.

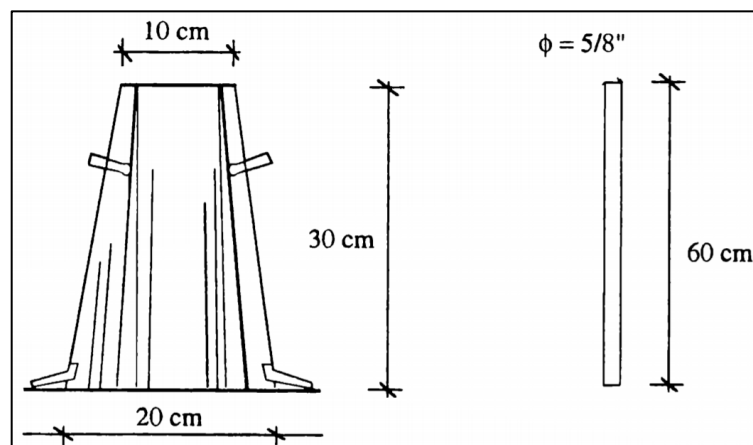


Figura 1. Cono de Abrams

Fuente: Abanto, 2018

El procedimiento para colocar el concreto es en 3 niveles o capas, luego de cada nivel se realiza la compactación con 25 golpes de varilla. Asimismo, una

vez lleno el cono, este se retira en un lapso de tiempo menor a 5 segundos. Además, todo el procedimiento en si no debe sobrepasar los 120 segundos.

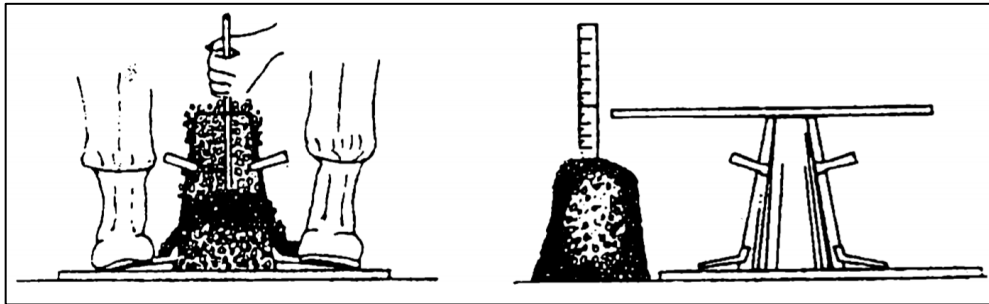


Figura 2. Procedimiento de la medida del Slump

Fuente: Abanto, 2018

Segregación, cuando se separa el agregado grueso o se aísla en ciertos lugares del concreto, se conoce como segregación, lo cual es visible formando cangrejeras. Asimismo, esto ocurre en mayoría de veces por vaciar el concreto a alturas mayores de 50 cm. (Abanto, 2018).

Exudación, cuando el agua del concreto sube a la superficie de la misma, se pierde dicho liquido en otras partes del concreto, lo cual genera muchos problemas, uno de los cuales puede ser que en la parte donde se acumula la mayor parte del agua se disminuye de la resistencia estimada, puesto que, el factor agua cemento estimado ya no sería el mismo que el previamente dosificado (Abanto, 2018).

Tiempo de fraguado, se considera a todo lo que demora en transcurrir hasta que el concreto pueda obtener su fase endurecida. Asimismo, a través de la aguja de Vicat se puede conocer ese lapso de tiempo.

En relación a las propiedades mecánicas de compresión, esta resistencia se obtiene, a través del ensayo a compresión, en el cual se utilizan probetas cilíndricas de 0.15 m y 0.3 m de altura, el concreto vertido se retira después de 24 horas del molde, para pasar a la etapa de curado durante 28 días normalmente. Además, el mínimo de muestras a promediar será de 2 (Harmsen, 2017).

Cuando se dosifica una mezcla, siempre se dosifica para una f'_{cr} , puesto que, esto garantizaría obtener resistencias no menores a las verdaderamente necesitadas f'_{c} . Asimismo, al respecto de esto, la E.060 presenta pautas a considerar en su desarrollo.

Tabla 1. Cuando existe desviación estándar

Resistencia especificada a la compresión, Mpa	Resistencia promedio requerida a la compresión, Mpa
$f'c \leq 35$	Usar el mayor resultado de:
	$f'cr = f'c + 1.34 Ss$
	$f'cr = f'c + 2.33 Ss - 3.5$
$f'c > 35$	Usar el mayor resultado de:
	$f'cr = f'c + 1.34 Ss$
	$f'cr = 0.9 f'c + 2.33 Ss$

Fuente: MVCS-RNE-E.060, 2009

Si no existiese datos en cantidad suficiente como para hallar la desviación estándar, entonces considerar lo que la tabla siguiente plantea.

Tabla 2. Cuando no existe desviación estándar

Resistencia especificada a la compresión, Mpa	Resistencia promedio requerida a la compresión, Mpa
$f'c < 21$	$f'cr = f'c + 7.0$
$21 \leq f'c \leq 35$	$f'cr = f'c + 8.5$
$f'c > 35$	$f'cr = 1.1 f'c + 5.0$

Fuente: MVCS-RNE-E.060, 2009

En relación a las propiedades mecánicas de tracción, si se observa a mayor escala que el ojo humano, se apreciaría que en el concreto existen muchas grietas finas, debido a ello es que la resistencia a tracción del mismo es relativamente muy baja, considerando un 10% aproximado de lo que resiste a compresión (McCormac, 2018).

Para conocer la resistencia a tracción se utiliza el ensayo a compresión diametral, así como también el ensayo en vigas a través del módulo de ruptura. Esto debido a que no se puede realizar una prueba directa por la dificultad de ejercer el agarre de las muestras en sus extremos.

La siguiente ecuación permite obtener la resistencia a tracción, a través del ensayo a compresión diametral.

$$f_t = \frac{2P}{\pi LD}$$

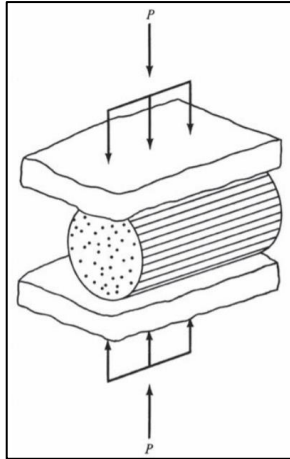


Figura 3. Esquema de la prueba radial

Fuente: McCormac, 2018

En relación a las propiedades mecánicas de flexión, a través de realizar pruebas de carga en vigas, se pueden obtener los datos necesarios para obtener el módulo de ruptura que es propiamente dicha la resistencia a tracción por flexión. Asimismo, en términos de análisis se obtiene de multiplicar la carga por la distancia que delimitan los apoyos, todo esto a su vez dividido por la base de la cara transversal y por altura al cuadrado de la misma.

$$\text{Módulo de ruptura} = PL/(bd^2)$$

Durabilidad, Influye a lo que este expuesto, ya que eso determinará que tan durable será el concreto.

Curado del concreto, es el tratamiento que se da al concreto para mantenerlo hidratado, ya que solo así se podrá obtener sus mejores cualidades. Asimismo, este procedimiento se puede realizar dejándolo en agua completamente sumergido, o también rociar agua constantemente.

Al respecto de las teorías relacionadas al tema, el biopolímero lignina en particular es de suma importancia conocer que, como adhesivo natural, la lignina tiene un enorme potencial en una amplia gama de aplicaciones. Sin embargo, aún no se ha explotado todo su potencial industrial. Es barato, porque es abundante en la naturaleza, de hecho, la lignina es la sustancia que da firmeza (rigidez) a los árboles, hierbas y paja (LignoCOST, 2019).

En la siguiente figura, se aprecia los componentes químicos de la lignina.

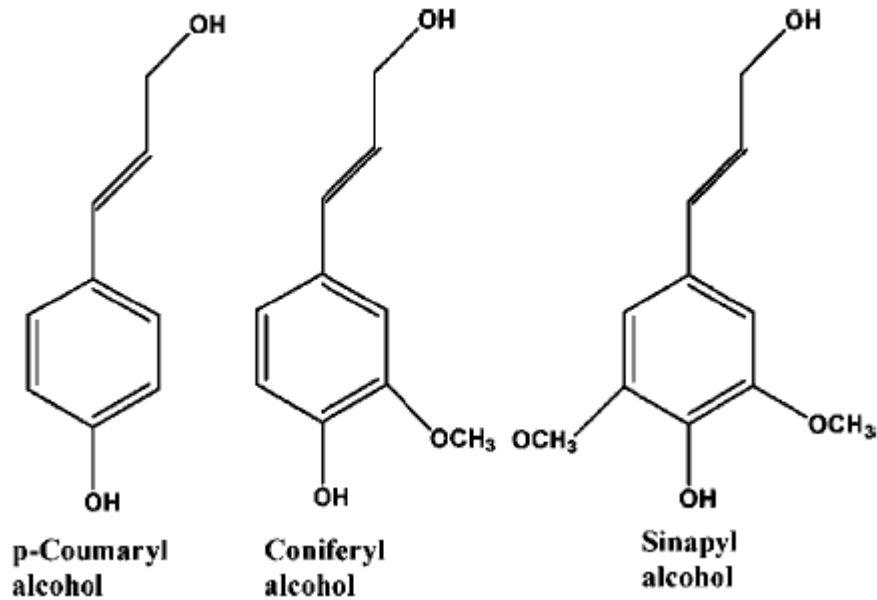


Figura 4. Monómeros de la Biopolímero lignina

Fuente: Ortiz, 2017

Entre sus aplicaciones, se menciona que, utilizar subproductos de producción de bioetanol como lo es la lignina para producir un material para usar en concreto como reemplazo parcial del cemento. Cuando los investigadores agregaron el subproducto de ceniza con alto contenido de biopolímero lignina al cemento, la ceniza reaccionó químicamente con el cemento para hacerlo más fuerte. Los investigadores probaron el material de concreto terminado y encontraron que reemplazar el 20 por ciento del cemento con material celulósico después de la quema aumentó la resistencia del concreto en un 32% (Feraidon, 2013).



Figura 5. Biopolímero lignina en polvo

Fuente: Carbonero, 2020

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

Existen 2 fines que debe cubrir una investigación, una de ellas es aportar en conocimientos y teorías, a esta se la conoce como básica. Asimismo, el otro fin es desarrollar soluciones a problemas que se plantean, y a esta se la conoce como aplicada (Hernández y Mendoza, 2018).

Por lo tanto, considerando dichos fines de la investigación, la presente tesis encaja en tipo aplicada.

3.1.2 Diseño de investigación

Cuasiexperimental es el presente proyecto, además, transversal.

En un experimento se maniobra una variable para saber cómo repercute en la otra variable que es conocida como dependiente. El cuasiexperimento es similar con la diferencia que los grupos a utilizar ya están definidos con anticipación (Hernández y Mendoza, 2018).

En la presente tesis se estableció las proporciones de lignina a utilizar en cada grupo antes de experimentar, es por ello considerado un cuasiexperimento, asimismo, la idea final es conocer cómo influye en la variable dependiente que son las propiedades mecánicas del concreto.

La investigación transversal considera recolectar los datos necesarios de los ensayos realizados en un periodo de tiempo el cual ya está definido o determinado (Hernández y Mendoza, 2018).

3.1.3 Nivel de estudio

Es explicativo puesto que, tiene por parámetro central dar a conocer la relación de causa, entre la variable independiente adición de biopolímero lignina (formando grupos con 1%, 1.5%, y 2%) y la incidencia que pueda generar en la variable dependiente propiedades físico – mecánicas del concreto.

3.1.4 Enfoque

Cuantitativa es el presente proyecto, debido a que, todo el proceso es observable y sobre todo cuantificable.

Cuantitativa es porque proporciona la alternativa de poder sistematizar los resultados de una manera amplia, asimismo, permite controlar los fenómenos que ocurren, además, un criterio de tener en cuenta el conteo y la magnitud de dichos fenómenos (Hernández y Mendoza, 2018).

3.2. Variables y operacionalización

Variables

V1: Propiedades físico - mecánicas del concreto (dependiente)

V2: Adición de biopolímero lignina (independiente)

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1 Población

La población considera a todo conjunto finito o infinito de elementos o sujetos, que comparten el mismo entorno, además, al respecto del tiempo también se encuentran en el mismo (Hernández y Mendoza, 2018).

Se tomó en cuenta como población para realizar los ensayos, a todas las probetas cilíndricas y vigas.

3.3.2 Muestra

Si a la población se le divide en partes o sub conjuntos, y posterior a ello se elige una sola parte o un sub conjunto que permita establecer características, propiedades y rasgos de dicha población, entonces dicha división elegida es la muestra (Hernández y Mendoza, 2018).

La muestra considerada, consistió en 72 probetas en forma de cilindro de 0.1 m base y 0.2 m de altura para compresión y tracción. Asimismo, las vigas a ensayadas fueron 24.

Clasificación de grupos respecto a la adición de biopolímero lignina.

Tabla 3. Clasificación de grupos respecto a la adición de biopolímero lignina.

GRUPOS	DOSIFICACIÓN
GP	Sin biopolímero lignina
G1	Biopolímero lignina (1% peso del cemento)
G2	Biopolímero lignina (1.5% peso del cemento)
G3	Biopolímero lignina (2% peso del cemento)

Tabla 4. Cantidad de ensayos a compresión.

COMPRESIÓN			
Grupos	Días		
	7	14	28
GP	3	3	3
G1	3	3	3
G2	3	3	3
G3	3	3	3
	12	12	12
TOTAL	36		

Tabla 5. Cantidad de ensayos a tracción diametral.

TRACCIÓN DIAMETRAL			
Grupos	Días		
	7	14	28
GP	3	3	3
G1	3	3	3
G2	3	3	3
G3	3	3	3
	12	12	12
TOTAL	36		

Tabla 6. Cantidad de ensayos a flexión en vigas.

FLEXIÓN VIGAS			
Grupos	Días		
	7	14	28
GP	2	2	2
G1	2	2	2
G2	2	2	2
G3	2	2	2
	8	8	8
TOTAL	24		

3.3.3 Muestreo

Al respecto del muestreo utilizado, se tiene en cuenta el no probabilístico.

Cuando la muestra se escoge teniendo en cuenta características que favorecen a la investigación y por tanto no se utiliza la probabilidad, entonces corresponde utilizar el no probabilístico (Hernández y Mendoza, 2018).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se utilizará el cuestionario como instrumento, esto permitirá la obtención de datos importantes para la investigación. Asimismo, el cuestionario se aplicará por intermedio de la ficha técnica.

Asimismo, las fichas técnicas utilizadas, son desarrolladas, y aplicadas en función de lo que las entidades encargadas indican, dichas instituciones son el RNE, NTP, ASTM, y ACI.

3.4.1 Validez y confiabilidad

Si se desea medir que tan similar son los resultados de una misma prueba en reiteradas ocasiones, entonces se aplica la confiabilidad. Al respecto mientras más similitud se obtiene repitiendo las pruebas, entonces más confiable es (Hernández y Mendoza, 2018).

Se considera confiable, cuando al realizar ensayos repetitivos a través de un instrumento a un objeto o individuo, este entrega resultados similares del mismo en cada repetición de prueba (Hernández y Mendoza, 2018).

Asimismo, al respecto de la presente investigación, las fichas que se usaron en el desarrollo de la tesis, han sido referenciadas de lo que indican las normas vigentes. Por lo tanto, los instrumentos que se utilizaron se presentan como válidos y confiables.

3.5. Procedimientos

En primera instancia se ubicó el laboratorio en el cual se han realizado todas las pruebas definidas en la presente tesis el cual es JCH SAC, dicho laboratorio demuestra validez y confiabilidad, puesto que, tiene el certificado de calibración de todas las herramientas a utilizar, así como también, todos los ensayos son en base a las normas vigentes respectivas.

Se realizó el estudio de los agregados, ya que conocer sus propiedades, permitió realizar la dosificación del concreto, en este caso aplicando la metodología que expone el ACI 211.

Se procedió a realizar la mezcla considerada como patrón o base, el cual sirvió de referente para crear los demás grupos, a los cuales se le adiciono lignina en proporciones de 1%, 1.5% y 2%, en relación a lo que pesaba el cemento en la mezcla base.

Asimismo, apenas se realizó la mezcla se procedió a realizar el ensayo de asentamiento, el cual permitió conocer el slump de cada grupo definido.

Acto seguido, se procedió a llenar los moldes de las muestras, entre los cuales se consideró probetas cilíndricas y prismáticas.

A las 24 horas de colocado en los moldes, se retiró las muestras de dicho molde, para empezar el curado de las muestras en agua.

Luego, a los 7, 14 y 28 días se realizaron los ensayos correspondientes a las muestras.

3.6. Método de análisis de datos

Ya realizado las pruebas respectivas, se empezó a analizar los datos obtenidos, a través del software Excel, en dicho programa se armó tablas representativas de los resultados obtenidos, así como también tablas

comparativas, gráficos de columnas, y curvas de desarrollo de la resistencia según los días transcurridos.

Al respecto de la granulometría, se presenta en tabla según los tamices utilizados, los porcentajes retenidos, entre otros datos. Asimismo, se presenta en gráfico la curva que forma la granulometría, el cual sirve visualmente para poder observar si el agregado se encuentra dentro de los márgenes recomendados por el ASTM.

Las características de los agregados también se presentan en tablas, las cuales exponen los valores recolectados en laboratorio y los valores obtenidos a través de ellos.

La dosificación de las proporciones a utilizar al respecto de los materiales que participan en la elaboración del concreto, también se presentan en tablas en las cuales se detalla la cantidad a utilizar.

Al respecto de los ensayos de resistencia, se presentan en tablas los valores obtenidos de cada muestra, asimismo, el promedio representativo de un grupo de ellas, dicho dato servirá para graficar en columnas comparativas. Asimismo, comparar en cuanto de porcentaje aumenta o disminuye dicha capacidad de resistencia obtenida.

3.7. Aspectos éticos

Los que desarrollan la tesis se comprometen en recolectar los resultados de los ensayos tal y como se muestren en los certificados del laboratorio, asimismo, de procesar con criterio y responsabilidad dichos resultados en base a las normas vigentes, para cumplir con los objetivos planteados y llegar a las conclusiones correctas. Además, se toma en cuenta la información relacionada al tema de otros autores, considerando citar dichos autores a través de lo que indica las normas ISO.

IV. RESULTADOS

Considerando los objetivos a cumplir en la tesis, se realizó un conjunto de procedimientos y ensayos en laboratorio, que permitieron obtener los datos suficientes para poder desarrollar, analizar y concluir ciertas interrogantes. Dichos procedimientos y resultados se presentan a continuación.

Análisis de agregados

Al respecto de los agregados, se consideró adquirir de la cantera Jicamarca. Asimismo, recalcar que el estudio de dichos agregados es de suma importancia, puesto que, conocer sus características permite elaborar una mezcla adecuada a lo necesitado.

Análisis Granulométrico

Para desarrollar dicho análisis se tuvo presente la N.T.P. 400.012 y ASTM C 136. Asimismo, una de las finalidades es conseguir el módulo de fineza y el tamaño máximo nominal, en el agregado fino y grueso respectivamente.

Agregado Fino



Figura 6. Agregado fino.

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 7 se expone los valores obtenidos en la granulometría del agregado fino. Asimismo, cabe resaltar que se consideró la N.T.P. 400.012 y ASTM C 136 en el proceso.

Además, al respecto del módulo de fineza se obtuvo un valor de 3.14. Dicho dato es útil para una posterior dosificación utilizando el ACI 211.

Tabla 7. Agregado fino, datos de la granulometría.

Malla		Peso Retenido (g)	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "LIM INF"	ASTM "LIM SUP"
3/8"	9.5 mm				100.00	100.00	100.00
# 4	4.75 mm	21.5	5.55	5.55	94.45	95.00	100.00
# 8	2.36 mm	52.6	13.57	19.12	80.88	80.00	100.00
# 16	1.18 mm	92.2	23.79	42.92	57.08	50.00	85.00
# 30	600 µm	95.9	24.75	67.66	32.34	25.00	60.00
# 50	300 µm	65.5	16.90	84.57	15.43	5.00	30.00
# 100	150 µm	36.5	9.42	93.99	6.01	0.00	10.00
Fondo	-	23.3	6.01	100.00	0.00	-	-
						MF	3.14

En la siguiente figura, se aprecia la curva que forma el agregado fino con su granulometría, verificando que dicha línea de la curva está dentro de los márgenes establecidos por la ASTM C33.

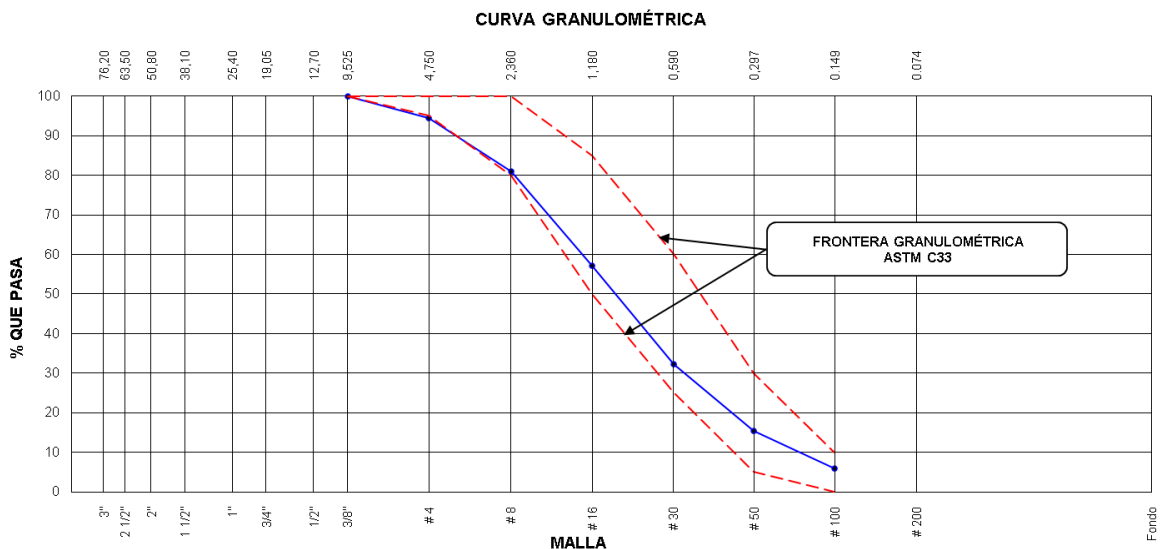


Figura 7. Agregado fino, curva de la granulometría.

Fuente: Elaboración propia.

Agregado Grueso



Figura 8. Agregado grueso

Fuente: Elaboración propia.

Para desarrollar el procedimiento se referenció de la N.T.P. 400.012 y ASTM C 136.

En la Tabla 8, se detalla los datos recolectados del análisis realizado al agregado grueso, siendo lo resaltante de esta evaluación, obtener el valor del tamaño máximo nominal de dicha muestra, que en este caso fue $\frac{3}{4}$ ". Considerando este valor al ser la primera malla en la que se retiene parte del agregado.

Tabla 8. Agregado grueso, datos de la granulometría.

Malla		Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "LIM INF"	ASTM "LIM SUP"
4"	100.00 mm					100.00	100.00
3 1/2"	90.00 mm					100.00	100.00
3"	75.00 mm					100.00	100.00
2 1/2"	63.00 mm					100.00	100.00
2"	50.00 mm					100.00	100.00
1 1/2"	37.50 mm				100.00	100.00	100.00
1"	25.00 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19.00 mm	856.0	9.09	9.09	90.91	90.00	100.00
1/2"	12.50 mm	1118.0	11.88	20.97	79.03	60.00	75.00
3/8"	9.50 mm	2027.0	21.53	42.50	57.50	20.00	55.00
# 4	4.75 mm	4696.0	49.88	92.38	7.62	0.00	10.00

# 8	2.36 mm	717.0	7.62	100.00	0.00	0.00	5.00
# 16	1.18 mm		0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
# 30	600 µm		0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
# 50	300 µm		0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
# 100	150 µm		0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
Fondo	-	0.0	0.00	100.00	0.00	-	-

En la siguiente figura, se observa la curva que forma el agregado grueso con su granulometría, verificando que dicha línea de la curva está en mayor parte dentro de los márgenes establecidos por la ASTM C33.

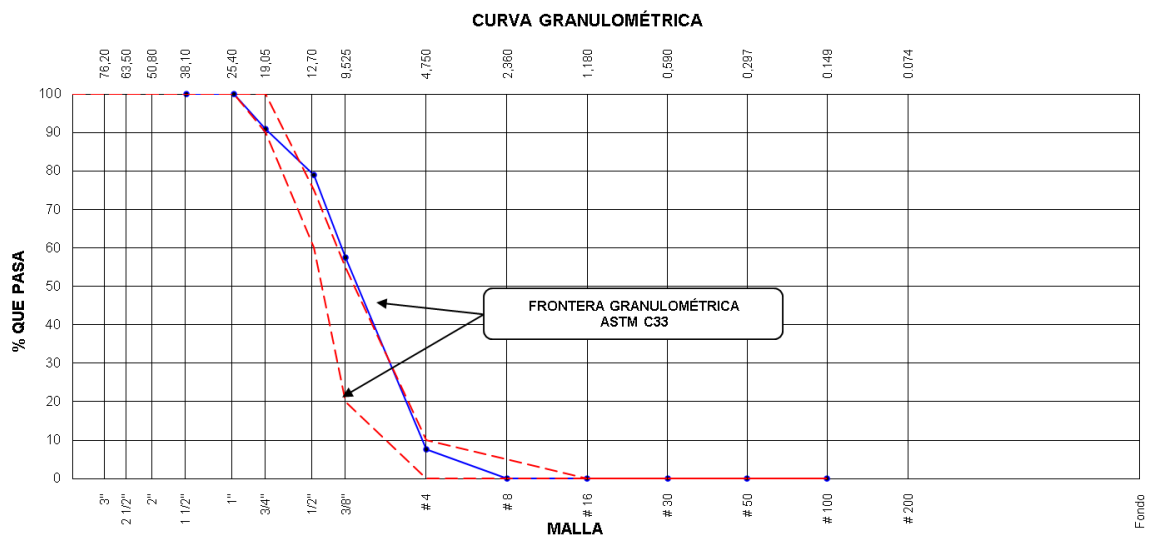


Figura 9. Agregado grueso, curva de la granulometría.

Fuente: Elaboración propia.

Contenido de humedad

Se tiene como referente al respecto del procedimiento a utilizar lo que señala la ASTM C566.

Se pesa la muestra de agregado grueso antes y después de secarlo al horno durante 1 día. Asimismo, también se tiene en cuenta el peso del recipiente utilizado. Entonces recapitulando la muestra húmeda es el agregado tal y como se obtiene, y la muestra seca es la que se retira del horno.

En la Tabla 9, se detallan algunos valores del agregado grueso, los cuales al procesarlos nos brindan un valor en porcentaje de 0.43%.

Tabla 9. *Agregado grueso, datos de la humedad.*

DESCRIPCION	UND.	DATOS
Masa del Recipiente	g	200.2
Masa del Recipiente + muestra húmeda	g	2812.2
Masa del Recipiente + muestra seca	g	2801.1
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.43

Similar a lo que se hace en el agregado grueso, en el fino también se pesa la muestra antes y después de secarlo al horno durante 1 día. Asimismo, también se tiene en cuenta el peso del recipiente utilizado. Entonces recapitulando la muestra húmeda es el agregado tal y como se obtiene, y la muestra seca es la que se retira del horno.

En la Tabla 10, se detallan algunos valores del agregado fino, los cuales al procesarlos nos brindan un valor en porcentaje de 1.61%.

Tabla 10. *Agregado fino, datos de la humedad.*

DESCRIPCION	UND.	DATOS
Masa del Recipiente	g	52.3
Masa del Recipiente + muestra húmeda	g	411.9
Masa del Recipiente + muestra seca	g	406.2
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	1.61

Peso unitario suelto (PUS) y compactado (PUC)

Para desarrollar el procedimiento se tiene en cuenta la ASTM C29 / C29M

En la Tabla 11 se indican los datos que se han obtenido en los ensayos, considerando el peso del recipiente en donde se coloca el agregado fino, asimismo también se presenta el volumen de dicho envase. Luego se procede a llenar el recipiente y obtener el peso. Ya con estos datos es posible determinar el PUS,

teniendo en consideración que se repite 3 veces para obtener un promedio, que en este caso ha sido de 1603 Kg/m³.

Tabla 11. *Agregado fino, PUS.*

IDENTIFICACIÓN	1	2	3	PROMEDIO
Peso de molde (kg)	1.070	1.070	1.070	
Volumen de molde (m ³)	0.002875	0.002875	0.002875	
Peso de molde + muestra suelta (kg)	5.680	5.660	5.694	
Peso de muestra suelta (kg)	4.610	4.590	4.624	
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m³)	1603	1597	1608	1603

En la Tabla 12 se indican los datos que se han obtenido en los ensayos, considerando el peso del recipiente en donde se coloca el agregado fino, asimismo también se presenta el volumen de dicho envase. Luego se procede a llenar el recipiente y compactar en 3 capas, para luego obtener el peso. Ya con estos datos es posible determinar el PUC, teniendo en consideración que se repite 3 veces para obtener un promedio, que en este caso ha sido de 1827 Kg/m³.

Tabla 12. *Agregado fino, PUC.*

IDENTIFICACIÓN	1	2	3	PROMEDIO
Peso de molde (kg)	1.070	1.070	1.070	
Volumen de molde (m ³)	0.002875	0.002875	0.002875	
Peso de molde + muestra compactada (kg)	6.312	6.330	6.325	
Peso de muestra compactada (kg)	5.242	5.260	5.255	
PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m³)	1823	1830	1828	1827



Figura 10. PUC y PUS del agregado grueso

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 13 se indican los datos que se han obtenido en los ensayos, considerando el peso del recipiente en donde se coloca el agregado grueso, asimismo también se presenta el volumen de dicho envase. Luego se procede a llenar el recipiente y obtener el peso. Ya con estos datos es posible determinar el PUS, teniendo en consideración que se repite 3 veces para obtener un promedio, que en este caso ha sido de 1458 Kg/m³.

Tabla 13. Agregado grueso, PUS.

IDENTIFICACIÓN	1	2	3	PROMEDIO
Peso de molde (kg)	2.251	2.251	2.251	
Volumen de molde (m ³)	0.009113	0.009113	0.009113	
Peso de molde + muestra suelta (kg)	15.574	15.510	15.540	
Peso de muestra suelta (kg)	13.323	13.259	13.289	
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m ³)	1462	1455	1458	1458

En la Tabla 14 se indican los datos que se han obtenido en los ensayos, considerando el peso del recipiente en donde se coloca el agregado grueso, asimismo también se presenta el volumen de dicho envase. Luego se procede a llenar el recipiente y compactar en 3 capas, para luego obtener el peso. Ya con estos datos es posible determinar el PUC, teniendo en consideración que se repite 3 veces para obtener un promedio, que en este caso ha sido de 1606 Kg/m³.

Tabla 14. *Agregado grueso, PUC.*

IDENTIFICACIÓN	1	2	3	PROMEDIO
Peso de molde (kg)	2.251	2.251	2.251	
Volumen de molde (m ³)	0.009113	0.009113	0.009113	
Peso de molde + muestra compactada (kg)	16.896	16.884	16.870	
Peso de muestra compactada (kg)	14.645	14.633	14.619	
PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m³)	1607	1606	1604	1606

Peso específico (PE) y absorción del agregado fino

Para desarrollar el procedimiento se tiene en cuenta la ASTM C128.

En la siguiente figura, se puede apreciar el conocido como conito de arena, el cual ayuda a decidir si el agregado fino, se encuentra saturado con superficie seca.



Figura 11. Agregado fino, conito de arena

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 15 se detallan los valores obtenidos durante el procedimiento, dichos datos han permitido conocer que el agregado fino tiene 2648 Kg/m³ como valor de peso específico y 1.36% de absorción.

Tabla 15. Agregado fino, PE y absorción.

	IDENTIFICACIÓN	1
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (SSS)	500.0
B	Peso Frasco + agua	642.8
C	Peso en el Frasco agua + muestra SSS	954.0
D	Peso del Mat. Seco	493.3
Pe Bulk (Base seca) o Peso específico de masa = $D/(B+A-C)$		2.613
Pe Bulk (Base Saturada) o Peso específico SSS = $A/(B+A-C)$		2.648
Pe Aparente (Base seca) o Peso específico aparente = $D/(B+D-C)$		2.709
% Absorción = $100*((A-D)/D)$		1.36

Peso específico (PE) y absorción del agregado grueso

Para desarrollar el procedimiento se tiene en cuenta la ASTM C127.

En la siguiente figura se muestra uno de los pasos importantes, que es la obtención del peso en el agua del agregado. Asimismo, previamente el agregado fue saturado en agua, y posteriormente se le seco con una toalla, para tenerlo saturado con superficie seca.



Figura 12. Agregado grueso, peso de la muestra en agua
Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 16 se detallan los valores obtenidos durante el procedimiento, dichos datos han permitido conocer que el agregado grueso tiene 2734 Kg/m³ como valor de peso específico y 0.65% de absorción como se muestra en la Tabla 17.

Tabla 16. Agregado grueso datos del P.E y absorción.

DATOS		A
1	Peso de la muestra sss	3251.0
2	Peso de la muestra sss sumergida	2062.0
3	Peso de la muestra secada al horno	3230.0

Tabla 17. *Agregado grueso, resultados P.E y absorción.*

RESULTADOS	1
Peso específico de masa	2.717
Peso específico de masa S.S.S	2.734
Peso específico aparente	2.765
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.65

Diseño de mezclas

Se considero dosificar considerando lo que recomienda el ACI 211, esto con la finalidad de conseguir el concreto base o patrón "G-P", que sirvió de referente en el cual se adicionó lignina en distintas proporciones.

Al respecto de la mezcla que servirá de base, la resistencia estimada es de 294 Kg/cm², puesto que la E.060 señala que al realizar el diseño de concreto se estime una adición 84 Kg/cm² de resistencia en el caso no se cuente con datos anteriores a dicha realización de mezcla, entonces se le agrega dicho valor al 210 Kg/cm² que deseamos obtener.

A través del estudio de agregados, se recolecto información necesaria, las cuales se presentan en la Tabla 18.

Tabla 18. *Datos de los elementos que componen el concreto.*

Material	Peso específico (Kg/m³)						
Cemento	3110						
Agua	1000	Humedad (%)	Abs (%)	MF	P.U.S	P.U.C	TMN
Agregado grueso	2734	0.43	0.65	5.44	1458	1606	3/4"
Agregado fino	2648	1.61	1.36	3.14	1603	1827	---

Se partió de considerar que el slump a obtener es de 7.5 cm a 10 cm aproximadamente.

Entonces cotejando con lo que indica el ACI 211, para dicho slump, y para un agregado de TMN de $\frac{3}{4}$, se tiene que utilizar un aproximado de 205 L/m³. Además, que, al considerar tal cantidad, se tendrá un contenido de aire de 2%

Al considerar obtener 294 Kg/cm² de resistencia, entonces se interpola los valores para obtener el factor que relaciona el agua con el cemento, el cual es 0.55 acorde a lo que se requiere.

Operando el factor de 0.55, y con el valor de agua que ya teníamos previamente de 205 L/m³, entonces se llega a determinar cuánto de cemento se utiliza en dicha mezcla, el cual es 372.7 Kg.

Para conocer cuánto de agregado grueso se utiliza en la mezcla, es importante cotejar los valores del TMN Y MF de los agregados que se está utilizando con lo que indica el ACI 211, en el cual también brinda un factor a utilizar, que en este caso es de 0.586. Asimismo, dicho factor se multiplica al PUC, para tener el valor en kilogramos de la cantidad de agregado grueso que participa, que es en este caso es 941.12 Kg

La metodología para obtener la cantidad de agregado fino en la mezcla, es considerar el volumen que ocupan todos los otros participantes de dicha mezcla ya que al conocer su peso solo se tiene que multiplicar por su peso específico respectivo. Asimismo, ya conocidos los volúmenes y como se dosifica para 1 m³, entonces la cantidad en Kilogramos del agregado fino será el que se obtenga para completar la cantidad 1 m³ de mezcla.

En la Tabla 19, se detalla los pesos de cada participante de la mezcla hallada.

Tabla 19. *Dosificación con agregados en seco.*

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	373	Kg
Agua	205	Litro
Agregado fino	823	Kg
Agregado grueso	941	Kg

Asimismo, cabe resaltar que a tabla anterior es considerando los agregados en seco, ósea sin humedad y sin absorción, cosa que en la realidad no es así, por lo

tanto, se tiene que hacer un ajuste considerando dichos factores acordes a la realidad.

Al respecto de considerar la humedad, se multiplica cada peso obtenido de agregado por la característica en porcentaje de humedad respectiva, ya sea del grueso o del fino, así se obtuvo valores de 945.2 Kg y 836 Kg respectivamente.

Asimismo, la diferencia entre la humedad y la absorción, brinda valores de -0.2% y 0.3%, en agregado grueso y fino respectivamente. Además, resaltar que este dato obtenido de la diferencia es conocido como la humedad superficial.

Entonces si se quiere saber cuánto aporta el agregado al respecto de la humedad, se consigue multiplicando la humedad superficial por lo que pesa el agregado en estado húmedo. Asimismo, en la presente dosificación se obtuvo -2.1 L y 2.06 L en el agregado grueso y fino respectivamente. Además, se suman ambos respetando el signo correspondiente de cada uno, con lo cual se obtiene -0.04 L, que en este caso es un valor casi insignificante, pero que no siempre será así, y que por ello se tiene que realizar los cálculos previamente descritos.

Para obtener la cantidad de agua realmente colocada en la mezcla, se resta a lo que se tiene 205 L lo que aportan los agregados participantes que en este caso al ser negativo -0.04 L se sumaría, pero como es un valor muy bajo prácticamente es el mismo resultado 205 L.

En la Tabla 20, se detalla en los pesos de cada participante de la mezcla hallada, considerando las características de los agregados al respecto de la humedad y absorción.

Tabla 20. *Dosificación con agregados húmedos.*

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	373	Kg
Agua	205	Litro
Agregado fino	837	Kg
Agregado grueso	945	Kg

Grupo Patrón (G-P):

En la Tabla 21 se considera el tamaño y capacidad de la mezcladora entonces, se estimó proporciones menores a 1 m³, por ejemplo, en tandas de 0.057 m³.

Tabla 21. *Dosificación base o patrón para 0.057 m³.*

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	21.26	Kg
Agua	11.69	Litro
Agregado fino	47.71	Kg
Agregado grueso	53.87	Kg

Grupo 1 (G-1):

Se consideró agregar lignina en 1% en proporción a lo que pese el cemento.

En la Tabla 22 se considera el tamaño y capacidad de la mezcladora entonces, se estimó proporciones menores a 1 m³, por ejemplo, en tandas de 0.057 m³.

Tabla 22. *Dosificación G-1 para 0.057 m³.*

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	21.26	Kg
Agua	11.69	Litro
Agregado fino	47.71	Kg
Agregado grueso	53.87	Kg
Lignina	212.61	g

Grupo 2 (G-2):

Se consideró agregar lignina en 1.5% en proporción a lo que pese el cemento.

En la Tabla 23 se considera el tamaño y capacidad de la mezcladora entonces, se estimó proporciones menores a 1 m³, por ejemplo, en tandas de 0.057 m³.

Tabla 23. *Dosificación G-2 para 0.057 m3.*

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	21.26	Kg
Agua	11.69	Litro
Agregado fino	47.71	Kg
Agregado grueso	53.87	Kg
Lignina	318.92	g

Grupo 3 (G3):

Se consideró agregar lignina en 2% en proporción a lo que pese el cemento.

En la Tabla 24 se considera el tamaño y capacidad de la mezcladora entonces, se estimó proporciones menores a 1 m3, por ejemplo, en tandas de 0.057 m3.

Tabla 24. *Dosificación G-3 para 0.057 m3.*

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	21.26	Kg
Agua	11.69	Litro
Agregado fino	47.71	Kg
Agregado grueso	53.87	Kg
Lignina	425.22	g

Lignina procedimiento de extracción

Al respecto de la lignina, se consideró obtener dicho elemento procesando químicamente el bagazo de la caña. Para este propósito se cortó dicho bagazo en pequeños trozos, para luego ser llevado a un laboratorio químico especializado.



Figura 13. Cortando el bagazo de caña de azúcar

Fuente: Elaboración propia.

El procedimiento descrito por el laboratorio SLAB, para procesar el bagazo de caña a lignina, es primero triturar dicho bagazo para su posterior secado, después con hidróxido de sodio se realiza la extracción. Asimismo, todo lo insoluble es retirado y se precipita la lignina disminuyendo el pH hasta un valor de 2 con ayuda del ácido sulfúrico, luego se filtra y se seca por 300 minutos a 40 °C.



Figura 14. Proceso de extracción y precipitación de biopolímero lignina

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura se observa el horno que se utilizó a 40 °C en un tiempo de 300 minutos, para así obtener el producto final.



Figura 15. Proceso de secado y producto final de biopolímero lignina

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura se observa los moldes recién vaciados de concreto, los cuales también están enmarcados con etiquetas para su reconocimiento posterior según el grupo al que pertenece.



Figura 16. Probetas cilíndricas y prismáticas (vigas).

Fuente: Elaboración propia.

Asentamiento

Se tomó en cuenta para su procedimiento y desarrollo del mismo a la N.T.P. 339.035.

Tabla 25. Datos del asentamiento (slump).

Grupo	Slump (pulgada)	Slump (cm)
G-P (0% lignina)	2.2	5.5
G-1 (1% lignina)	2.8	7
G-2 (1.5% lignina)	2.5	6.4
G-3 (2% lignina)	2.4	6

En la Tabla 25, así como también en la siguiente figura se representa a través del gráfico de columnas, los valores en pulgadas de las medidas del slump de todos los grupos ensayados. Se puede apreciar que en la muestra base o patrón G-P se consiguió un valor de 2.2" (5.5 cm). Asimismo, en G-1, el valor obtenido aumenta ya que es de 2.8" (7 cm). No obstante, en G-2 y G-3 disminuye respecto a G-1, con valores de 2.5" (6.4 cm) y 2.4" (6 cm) respectivamente, pero aun así estos slump son mayores que los obtenidos por la mezcla G-P. Por ende, se infiere que, la adición de biopolímero lignina aumenta el slump de la mezcla de concreto, puesto que todos los grupos con adición de lignina superaron en slump al concreto patrón. Asimismo, tener en cuenta que no necesariamente a mayor cantidad de lignina se obtiene mayor slump, ya que el grupo 1 (1% de lignina), obtuvo mayor slump que los otros grupos que se les adiciono mayor porcentaje de lignina

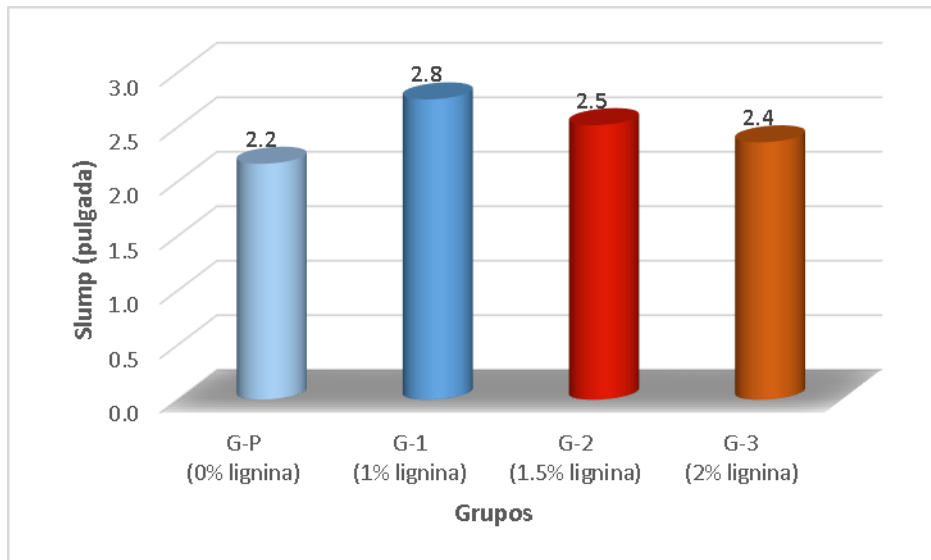


Figura 17. Slump de todos los grupos definidos

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura, se aprecia parte del procedimiento desarrollado en laboratorio, con el cual se pudo obtener el slump de las muestras de concreto. Se resalta el proceso en el cual se llena el cono en 3 niveles, considerando compactar una vez lleno cada nivel 25 veces con la varilla. Acto seguido de llenar el cono, se lo retira y se procede a tomar la medida, tomando como referente el cono colocado de forma inversa.

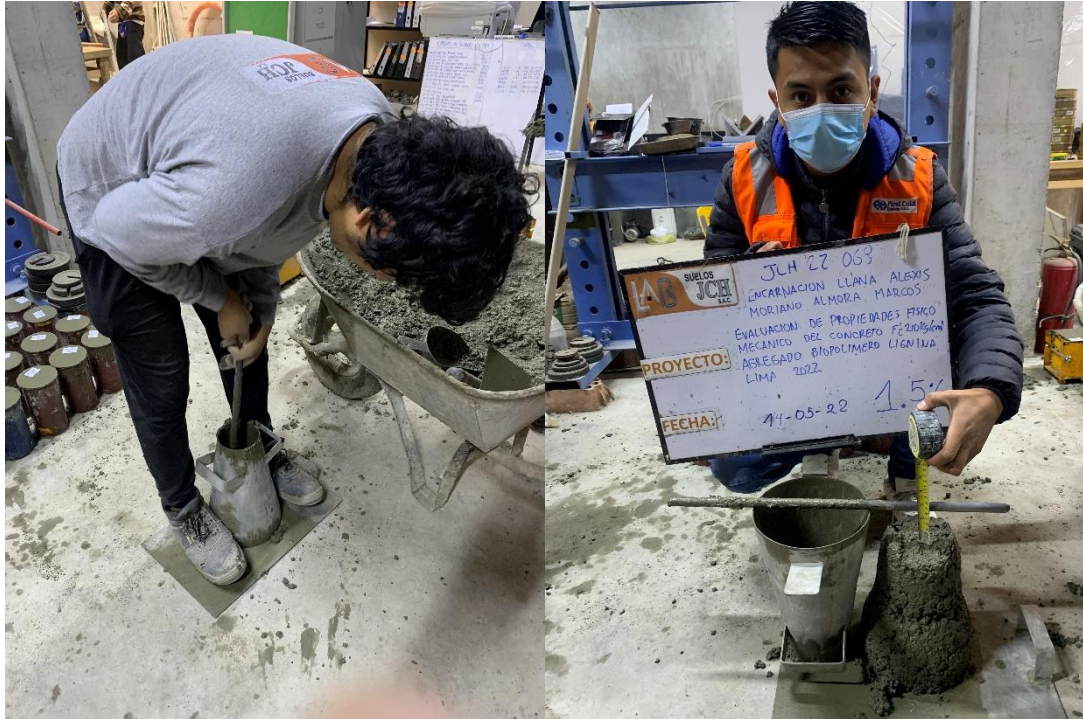


Figura 18. Proceso para medir el slump

Fuente: Elaboración propia.

Curado del concreto

Al respecto de curar el concreto el procedimiento se referenció de la N.T.P. 339.033. 2009. En la cual indica que una de las maneras es aplicarles constantemente agua a las muestras, realizando esto a través de sumergir dichas probetas completamente en agua hasta el día en que se realizó el ensayo respectivo.

Resistencia a compresión

Se consideró como base referente respecto al procedimiento a desarrollar a la N.T.P. 339.034.2015 y ASTM C 39.



Figura 19. Ensayo a compresión

Fuente: Elaboración propia.

Resultados a los 7 días

Tabla 26. Resistencia a compresión, resultados a los 7 días.

Grupo	Resistencia especificada (Kg/cm ²)	Resistencia requerida (Kg/cm ²)	Resistencia obtenida (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
G-P (0% lignina)	210	294	230	230
	210	294	217	
	210	294	243	
G-1 (1% lignina)	210	294	196	191
	210	294	186	
	210	294	191	
G-2 (1.5% lignina)	210	294	179	181
	210	294	184	
	210	294	181	
G-3 (2% lignina)	210	294	187	187
	210	294	190	
	210	294	184	

En la Tabla 26 previamente expuesta, se aprecia los grupos ensayados a la prueba a compresión. Asimismo, se resalta que las resistencias obtenidas a los 7 días por

parte del grupo patrón G-P, obtuvo como valor promedio 230 Kg/cm², siendo este grupo el que mayor valor obtuvo respecto a los otros grupos a los cuales se le adicionó lignina en su mezcla.

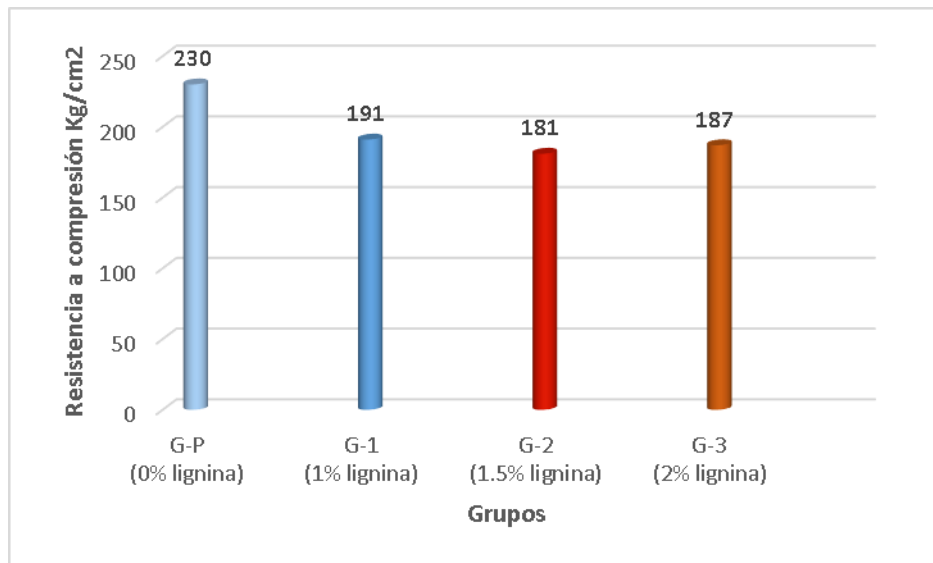


Figura 20. Resistencia a compresión, resultados a los 7 días

Fuente: Elaboración propia.

En la figura previamente expuesta, se grafica por medio de columnas, los promedios de las probetas ensayadas a compresión a los 7 días. Asimismo, se consideró 3 probetas de la misma muestra para promediar sus resultados. Se aprecia que G-P que es la mezcla base es quien obtuvo mayor valor con 230 kg/cm² y G-2 que es la mezcla con lignina en 1.5% es quien menor resistencia consiguió con 181 Kg/cm². Por lo tanto, se deduce que agregar lignina disminuye la resistencia a compresión.

Tabla 27. Resistencia a compresión, resultados en porcentaje a los 7 días.

Grupo	Resistencia a compresión (Kg/cm ²)	
	7 días	Porcentaje %
G-P (0% lignina)	230	100
G-1 (1% lignina)	191	83
G-2 (1.5% lignina)	181	79
G-3 (2% lignina)	187	81

En la Tabla 27 previamente expuesta, se detalla la variación en porcentaje que ocurre al agregar lignina a la mezcla patrón de concreto G-P. Asimismo, dicha muestra G-P es considerada con el valor de 100%, ya que de ella se desprenden los cambios de resistencia presentados en los otros grupos. Además, cabe destacar, que la lignina tuvo un efecto negativo en la resistencia a compresión, siendo el grupo G-2 el de menor resistencia obtenida, en el cual se disminuyó dicha resistencia hasta en 21%.

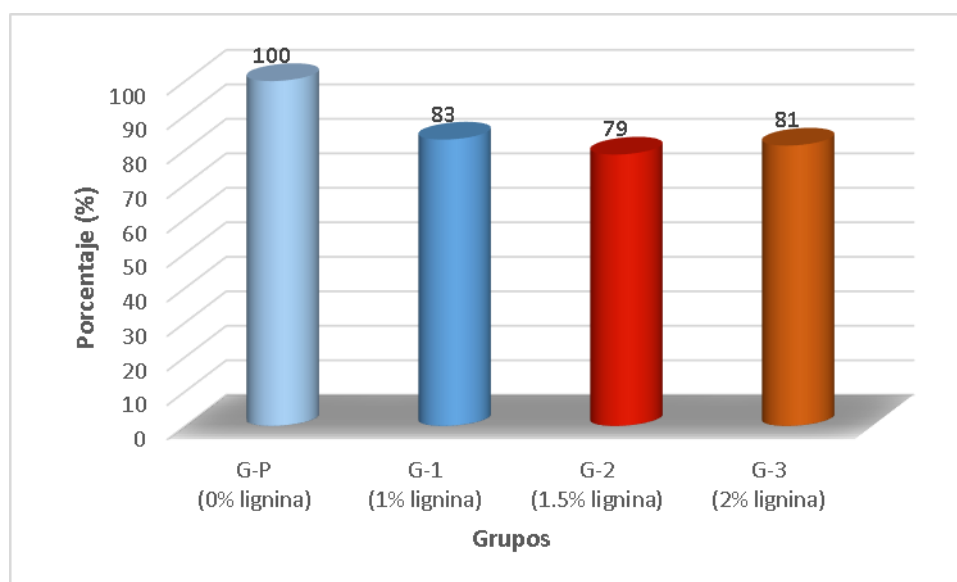


Figura 21. Resistencia a compresión, resultados en porcentaje a los 7 días

Fuente: Elaboración propia.

Resultados a los 14 días

Tabla 28. Resistencia a compresión, resultados a los 14 días.

Grupo	Resistencia especificada (Kg/cm ²)	Resistencia requerida (Kg/cm ²)	Resistencia obtenida (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
G-P (0% lignina)	210	294	248	251
	210	294	254	
	210	294	251	
G-1 (1% lignina)	210	294	238	236
	210	294	237	
	210	294	233	
G-2 (1.5% lignina)	210	294	219	223
	210	294	223	
	210	294	226	
G-3 (2% lignina)	210	294	209	213
	210	294	212	
	210	294	217	

En la Tabla 28 previamente expuesta, se aprecia los grupos ensayados a la prueba a compresión. Asimismo, se resalta que las resistencias obtenidas a los 14 días por parte del grupo patrón G-P, obtuvo como valor promedio 251 Kg/cm², siendo este grupo el que mayor valor obtuvo respecto a los otros grupos a los cuales se le adicionó lignina en su mezcla.

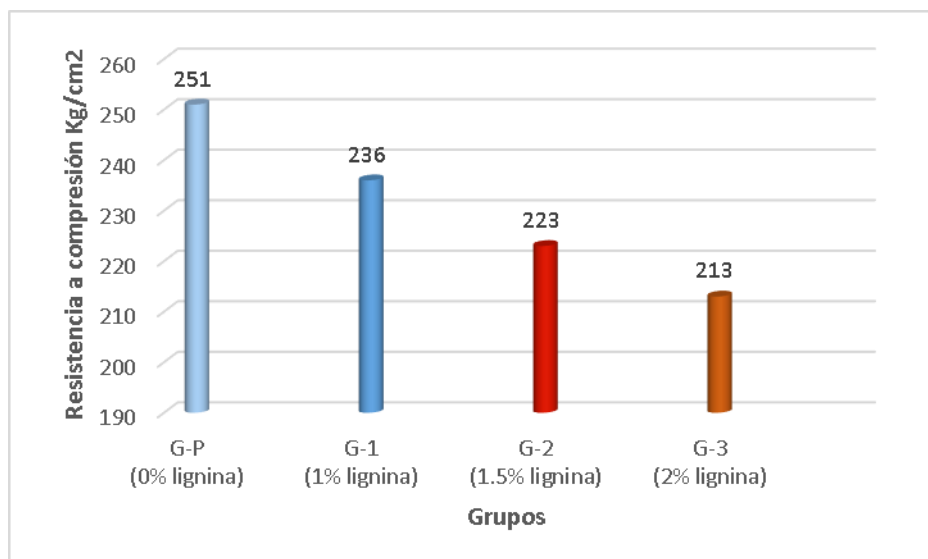


Figura 22. Resistencia a compresión, resultados a los 14 días

Fuente: Elaboración propia.

En la figura previamente expuesta, se grafica por medio de columnas, los promedios de las probetas ensayadas a compresión a los 14 días. Asimismo, se consideró 3 probetas de la misma muestra para promediar sus resultados. Se aprecia que G-P que es la mezcla base es quien obtuvo mayor valor con 251 kg/cm² y G-3 que es la mezcla con lignina en 2% es quien menor resistencia consiguió con 213 Kg/cm². Por lo tanto, se deduce que agregar lignina disminuye la resistencia a compresión.

Tabla 29. Resistencia a compresión, resultados en porcentaje a los 14 días.

Grupo	Resistencia a compresión (Kg/cm ²)	
	14 días	Porcentaje %
G-P (0% lignina)	251	100
G-1 (1% lignina)	236	94
G-2 (1.5% lignina)	223	89
G-3 (2% lignina)	213	85

En la Tabla 29 previamente expuesta, se detalla la variación en porcentaje que ocurre al agregar lignina a la mezcla patrón de concreto G-P. Asimismo, dicha

muestra G-P es considerada con el valor de 100%, ya que de ella se desprenden los cambios de resistencia presentados en los otros grupos. Además, cabe destacar, que la lignina tuvo un efecto negativo en la resistencia a compresión, siendo el grupo G-3 el de menor resistencia obtenida, en el cual se disminuyó dicha resistencia hasta en 15%.

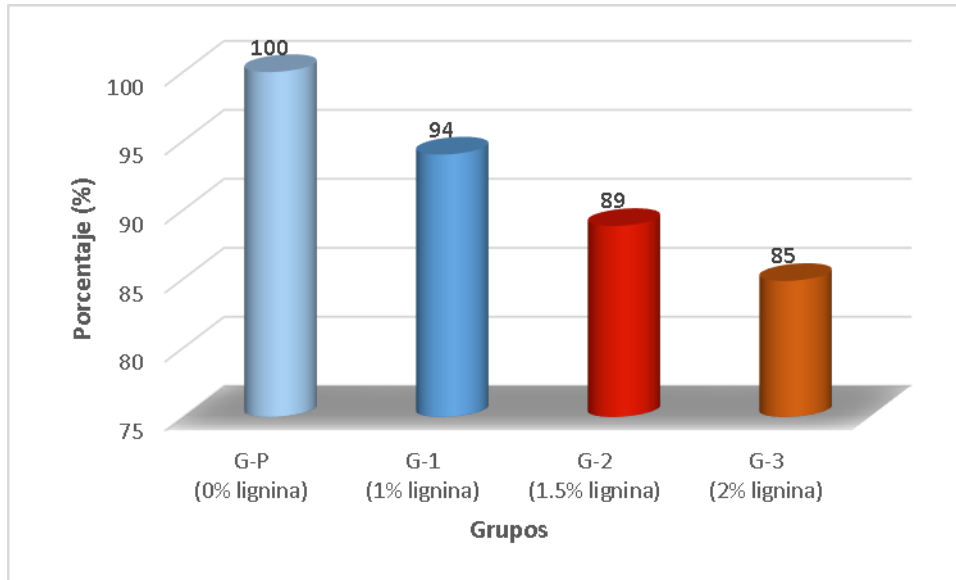


Figura 23. Resistencia a compresión, resultados en porcentaje a los 14 días
Fuente: Elaboración propia.

Resultados a los 28 días

Tabla 30. Resistencia a compresión, resultados a los 28 días.

Grupos	Resistencia especificada (Kg/cm ²)	Resistencia requerida (Kg/cm ²)	Resistencia obtenida (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
G-P (0% lignina)	210	294	279	278
	210	294	266	
	210	294	289	
G-1 (1% lignina)	210	294	266	261
	210	294	258	
	210	294	259	
G-2 (1.5% lignina)	210	294	244	250
	210	294	251	
	210	294	254	
G-3 (2% lignina)	210	294	241	247
	210	294	260	
	210	294	240	

En la Tabla 30 previamente expuesta, se aprecia los grupos ensayados a la prueba a compresión. Asimismo, se resalta que las resistencias obtenidas a los 28 días por parte del grupo patrón G-P, obtuvo como valor promedio 278 Kg/cm², siendo este grupo el que mayor valor obtuvo respecto a los otros grupos a los cuales se le adicionó lignina en su mezcla.

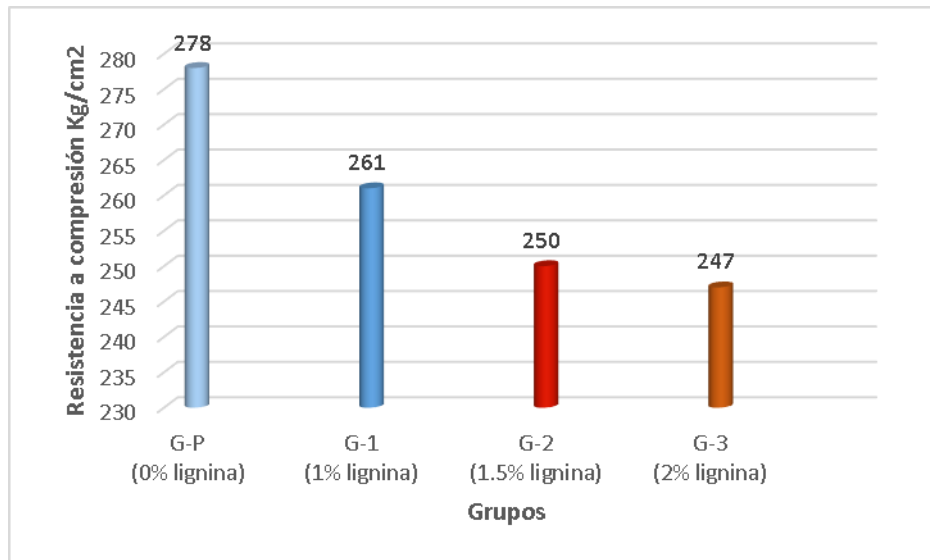


Figura 24. Resistencia a compresión, resultados a los 28 días

Fuente: Elaboración propia.

En la figura previamente expuesta, se grafica por medio de columnas, los promedios de las probetas ensayadas a compresión a los 28 días. Asimismo, se consideró 3 probetas de la misma muestra para promediar sus resultados. Se aprecia que G-P que es la mezcla base es quien obtuvo mayor valor con 278 kg/cm² y G-3 que es la mezcla con lignina en 2% es quien menor resistencia consiguió con 247 Kg/cm². Por lo tanto, se deduce que agregar lignina disminuye la resistencia a compresión.

Tabla 31. Resistencia a compresión, resultados en porcentaje a los 28 días.

Grupo	Resistencia a compresión (Kg/cm ²)	
	28 días	Porcentaje %
G-P (0% lignina)	278	100
G-1 (1% lignina)	261	94
G-2 (1.5% lignina)	250	90
G-3 (2% lignina)	247	89

En la Tabla 31 previamente expuesta, se detalla la variación en porcentaje que ocurre al agregar lignina a la mezcla patrón de concreto G-P. Asimismo, dicha

muestra G-P es considerada con el valor de 100%, ya que de ella se desprenden los cambios de resistencia presentados en los otros grupos. Además, cabe destacar, que la lignina tuvo un efecto negativo en la resistencia a compresión, siendo el grupo G-3 el de menor resistencia obtenida, en el cual se disminuyó dicha resistencia hasta en 11%.

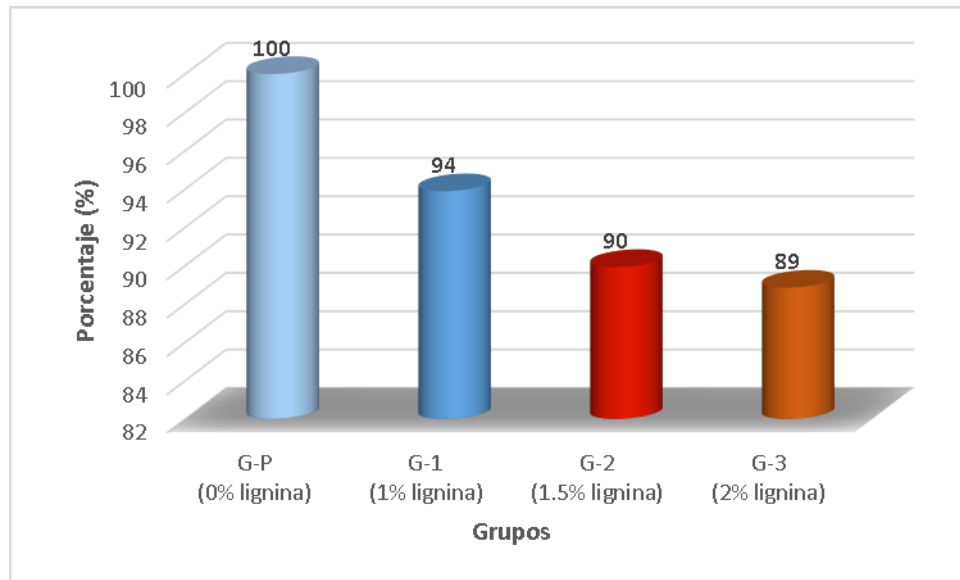


Figura 25. Resistencia a compresión, resultados en porcentaje a los 28 días

Fuente: Elaboración propia.

Resistencia a la tracción

Se consideró como base referente respecto al procedimiento a desarrollar a la NTP 339.084:2012 (Revisada 2017).



Figura 26. Ensayo a tracción
Fuente: Elaboración propia.

Resultados a los 7 días tracción

Tabla 32. Resistencia a tracción, resultados a los 7 días.

Grupo	Resistencia a tracción (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
GP (0% lignina)	23.7	23
	22.5	
	21.8	
G1 (1% lignina)	20.2	22
	21.6	
	22.9	
G2 (1.5% lignina)	21.2	21
	20.5	
	20.8	
G3 (2% lignina)	19.7	20
	20.7	
	20.0	

En la Tabla 32 previamente expuesta, se aprecia los grupos ensayados a la prueba a tracción. Asimismo, se resalta que las resistencias obtenidas a los 7 días por parte del grupo patrón G-P, obtuvo como valor promedio 23 Kg/cm², siendo este grupo

el que mayor valor obtuvo respecto a los otros grupos a los cuales se le adicionó lignina en su mezcla.

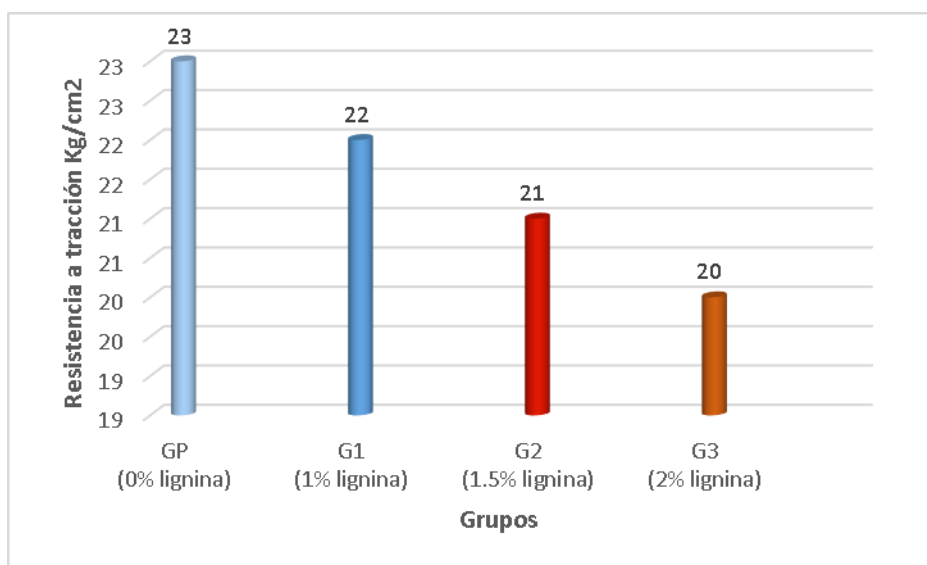


Figura 27. Resistencia a tracción, 7 días.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura previamente expuesta, se grafica por medio de columnas, los promedios de las probetas ensayadas a tracción a los 7 días. Asimismo, se consideró 3 probetas de la misma muestra para promediar sus resultados. Se aprecia que G-P que es la mezcla base es quien obtuvo mayor valor con 23 kg/cm² y G-3 que es la mezcla con lignina en 2% es quien menor resistencia consiguió con 20 Kg/cm². Por lo tanto, se deduce que agregar lignina disminuye la resistencia a tracción.

Tabla 33. Resistencia a tracción, resultados en porcentaje a los 7 días.

Grupo	Resistencia a tracción (Kg/cm ²)	
	7 días	Porcentaje %
GP (0% lignina)	23	100
G1 (1% lignina)	22	96
G2 (1.5% lignina)	21	91
G3 (2% lignina)	20	87

En la Tabla 33 previamente expuesta, se detalla la variación en porcentaje que ocurre al agregar lignina a la mezcla patrón de concreto G-P. Asimismo, dicha muestra G-P es considerada con el valor de 100%, ya que de ella se desprenden los cambios de resistencia presentados en los otros grupos. Además, cabe destacar, que la lignina tuvo un efecto negativo en la resistencia a tracción, siendo el grupo G-3 el de menor resistencia obtenida, en el cual se disminuyó dicha resistencia hasta en 13%.

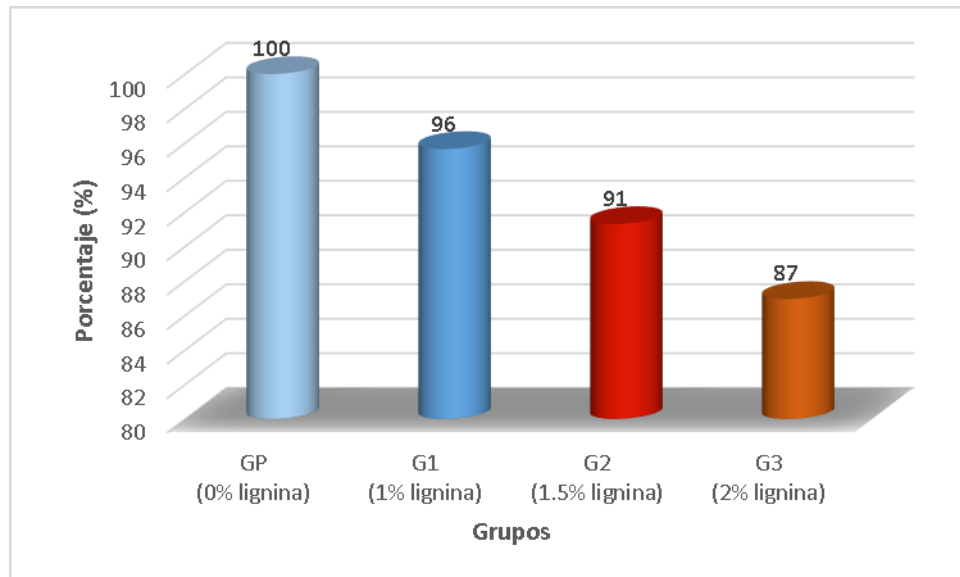


Figura 28. Resistencia a tracción, en porcentaje a los 7 días.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados a los 14 días tracción

Tabla 34. Resistencia a tracción, resultados a los 14 días.

Grupo	Resistencia a tracción (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
GP (0% lignina)	27.8	28
	28.0	
	27.3	
G1 (1% lignina)	25.5	26
	26.5	
	26.3	
G2 (1.5% lignina)	25.3	25
	24.8	
	25.5	
G3 (2% lignina)	24.5	24
	24.9	
	24.0	

En la Tabla 34 previamente expuesta, se aprecia los grupos ensayados a la prueba a tracción. Asimismo, se resalta que las resistencias obtenidas a los 14 días por parte del grupo patrón G-P, obtuvo como valor promedio 28 Kg/cm², siendo este grupo el que mayor valor obtuvo respecto a los otros grupos a los cuales se le adicionó lignina en su mezcla.

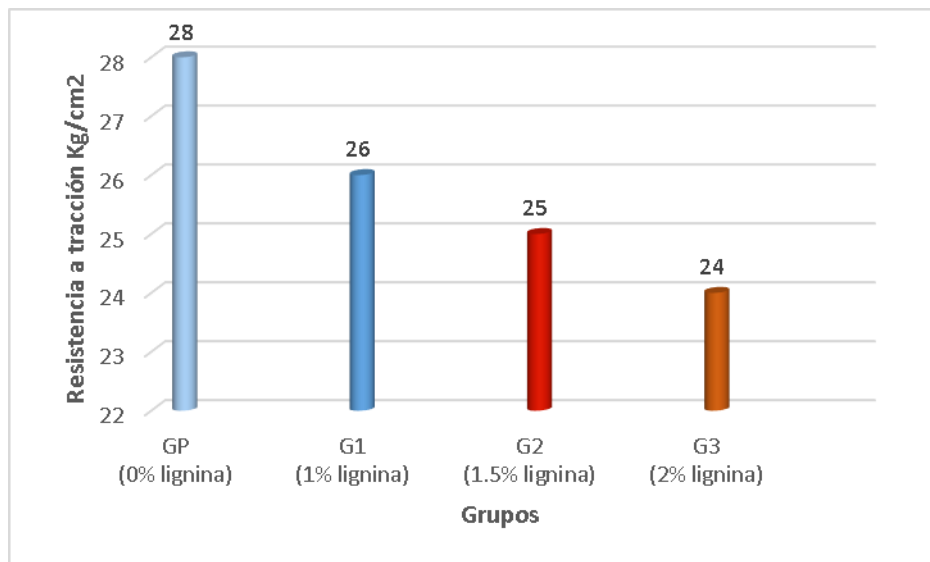


Figura 29. Resistencia a tracción, 14 días.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura previamente expuesta, se grafica por medio de columnas, los promedios de las probetas ensayadas a tracción a los 14 días. Asimismo, se consideró 3 probetas de la misma muestra para promediar sus resultados. Se aprecia que G-P que es la mezcla base es quien obtuvo mayor valor con 28 kg/cm² y G-3 que es la mezcla con lignina en 2% es quien menor resistencia consiguió con 24 Kg/cm². Por lo tanto, se deduce que agregar lignina disminuye la resistencia a tracción.

Tabla 35. Resistencia a tracción, resultados en porcentaje a los 14 días.

Grupo	Resistencia a tracción (Kg/cm ²)	
	14 días	Porcentaje %
GP (0% lignina)	28	100
G1 (1% lignina)	26	93
G2 (1.5% lignina)	25	89
G3 (2% lignina)	24	86

En la Tabla 35 previamente expuesta, se detalla la variación en porcentaje que ocurre al agregar lignina a la mezcla patrón de concreto G-P. Asimismo, dicha

muestra G-P es considerada con el valor de 100%, ya que de ella se desprenden los cambios de resistencia presentados en los otros grupos. Además, cabe destacar, que la lignina tuvo un efecto negativo en la resistencia a tracción, siendo el grupo G-3 el de menor resistencia obtenida, en el cual se disminuyó dicha resistencia hasta en 14%.

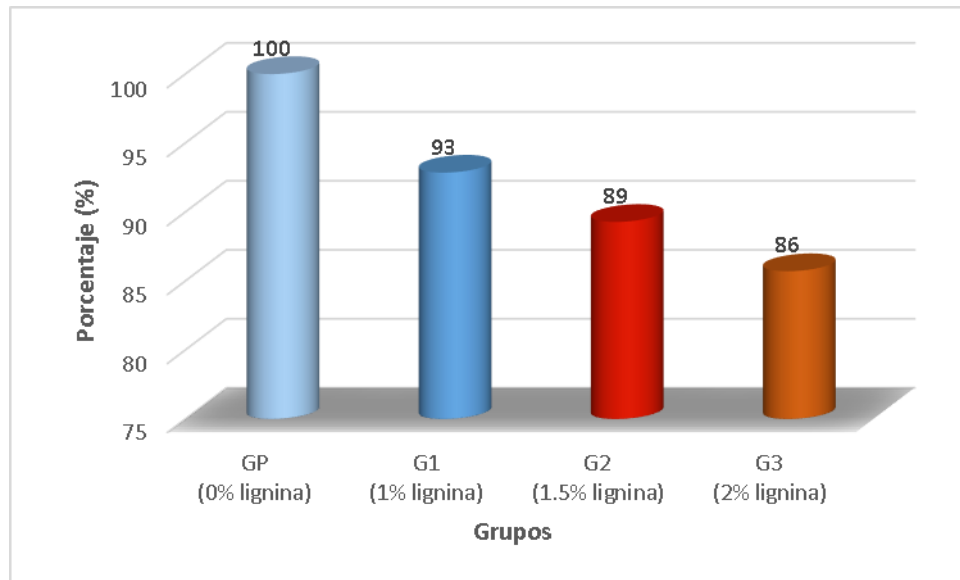


Figura 30. Resistencia a tracción, en porcentaje a los 14 días.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados a los 28 días tracción

Tabla 36. Resistencia a tracción, resultados a los 28 días.

Grupo	Resistencia a tracción (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
GP (0% lignina)	31.2	31
	31.7	
	31.3	
G1 (1% lignina)	30.6	30
	29.9	
	29.8	
G2 (1.5% lignina)	29.4	29
	28.8	
	29.5	
G3 (2% lignina)	27.7	28
	28.4	
	28.9	

En la Tabla 36 previamente expuesta, se aprecia los grupos ensayados a la prueba a tracción. Asimismo, se resalta que las resistencias obtenidas a los 28 días por parte del grupo patrón G-P, obtuvo como valor promedio 31 Kg/cm², siendo este grupo el que mayor valor obtuvo respecto a los otros grupos a los cuales se le adicionó lignina en su mezcla.

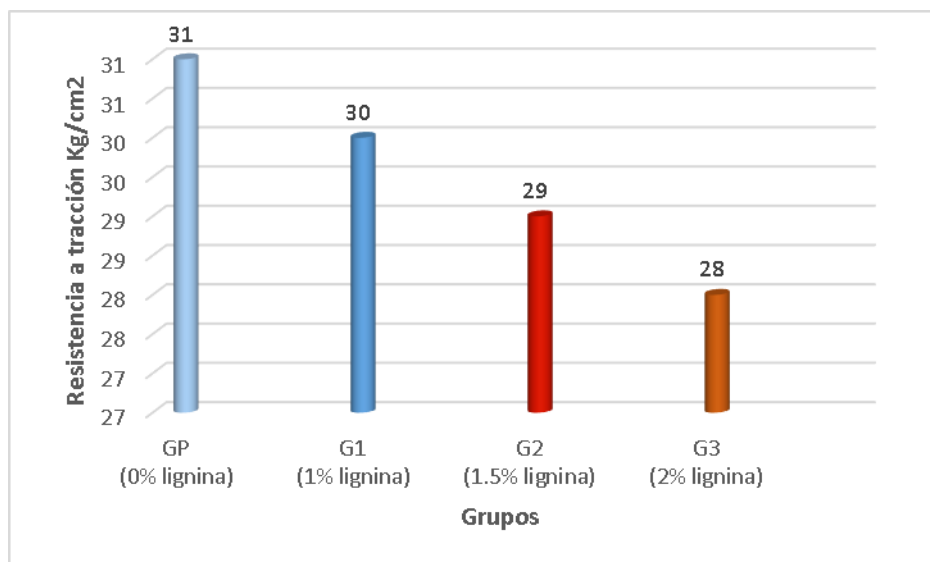


Figura 31. Resistencia a tracción, 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura previamente expuesta, se grafica por medio de columnas, los promedios de las probetas ensayadas a tracción a los 28 días. Asimismo, se consideró 3 probetas de la misma muestra para promediar sus resultados. Se aprecia que G-P que es la mezcla base es quien obtuvo mayor valor con 31 kg/cm² y G-3 que es la mezcla con lignina en 2% es quien menor resistencia consiguió con 28 Kg/cm². Por lo tanto, se deduce que agregar lignina disminuye la resistencia a tracción.

Tabla 37. Resistencia a tracción, resultados en porcentaje a los 28 días.

Grupo	Resistencia a tracción (Kg/cm ²)	
	28 días	Porcentaje %
GP (0% lignina)	31	100
G1 (1% lignina)	30	97
G2 (1.5% lignina)	29	94
G3 (2% lignina)	28	90

En la Tabla 37 previamente expuesta, se detalla la variación en porcentaje que ocurre al agregar lignina a la mezcla patrón de concreto G-P. Asimismo, dicha

muestra G-P es considerada con el valor de 100%, ya que de ella se desprenden los cambios de resistencia presentados en los otros grupos. Además, cabe destacar, que la lignina tuvo un efecto negativo en la resistencia a tracción, siendo el grupo G-3 el de menor resistencia obtenida, en el cual se disminuyó dicha resistencia hasta en 10%.

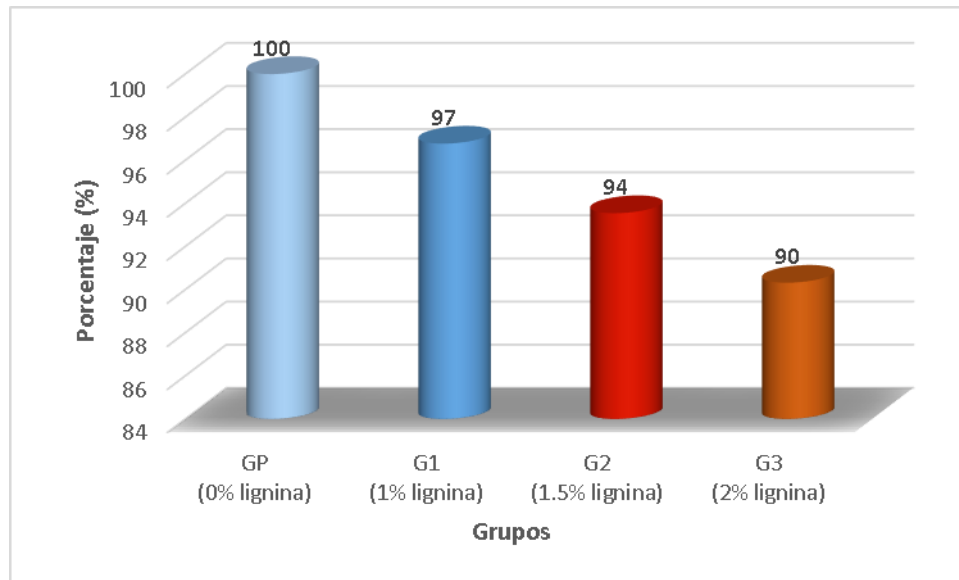


Figura 32. Resistencia a tracción, en porcentaje a los 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

Resistencia a la flexión, módulo de ruptura

Se consideró como base referente respecto al procedimiento a desarrollar a la NTP 339.078:2017.



Figura 33. Ensayo a flexión

Fuente: Elaboración propia.

Módulo de ruptura resultados a los 7 días

Tabla 38. Resistencia de flexión en vigas, a los 7 días.

Grupo	Módulo de ruptura (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
G-P (0% lignina)	25	25
	24	
G-1 (1% lignina)	24	25
	25	
G-2 (1.5% lignina)	24	24
	23	
G-3 (2% lignina)	23	23
	23	

En la Tabla 38 previamente expuesta, se aprecia los grupos ensayados a la prueba a flexión. Asimismo, se resalta que las resistencias obtenidas a los 7 días por parte del grupo patrón G-P, obtuvo como valor promedio 25 Kg/cm², siendo este grupo el que mayor valor obtuvo respecto a los otros grupos a los cuales se le adicionó lignina en su mezcla.

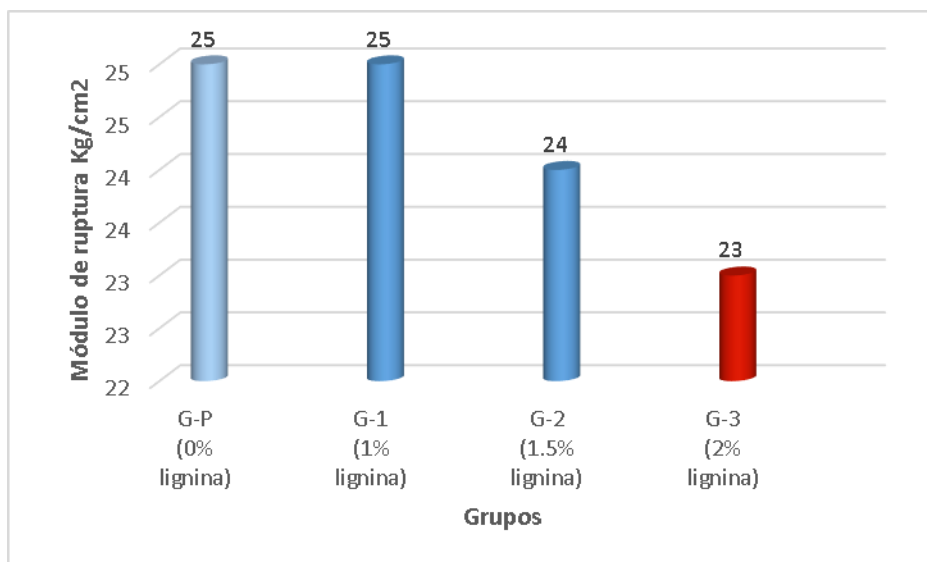


Figura 34. Resistencia a flexión, 7 días.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura previamente expuesta, se grafica por medio de columnas, los promedios de las probetas ensayadas a flexión a los 7 días. Asimismo, se consideró 2 probetas de la misma muestra para promediar sus resultados. Se aprecia que G-P que es la mezcla base es quien obtuvo mayor valor con 25 kg/cm² al igual que G-1 que también obtuvo 25 kg/cm². Asimismo, G-3 que es la mezcla con lignina en 2% es quien menor resistencia consiguió con 23 Kg/cm². Por lo tanto, se deduce que agregar lignina disminuye la resistencia a flexión.

Tabla 39. Resistencia de flexión en vigas, porcentaje a los 7 días.

Grupo	Módulo de ruptura (Kg/cm ²)	
	7 días	Porcentaje %
G-P (0% lignina)	25	100
G-1 (1% lignina)	25	100
G-2 (1.5% lignina)	24	96
G-3 (2% lignina)	23	92

En la Tabla 39 previamente expuesta, se detalla la variación en porcentaje que ocurre al agregar lignina a la mezcla patrón de concreto G-P. Asimismo, dicha

muestra G-P es considerada con el valor de 100%, ya que de ella se desprenden los cambios de resistencia presentados en los otros grupos. Además, cabe destacar, que la lignina tuvo un efecto negativo en la resistencia a flexión, siendo el grupo G-3 el de menor resistencia obtenida, en el cual se disminuyó dicha resistencia hasta en 8%.

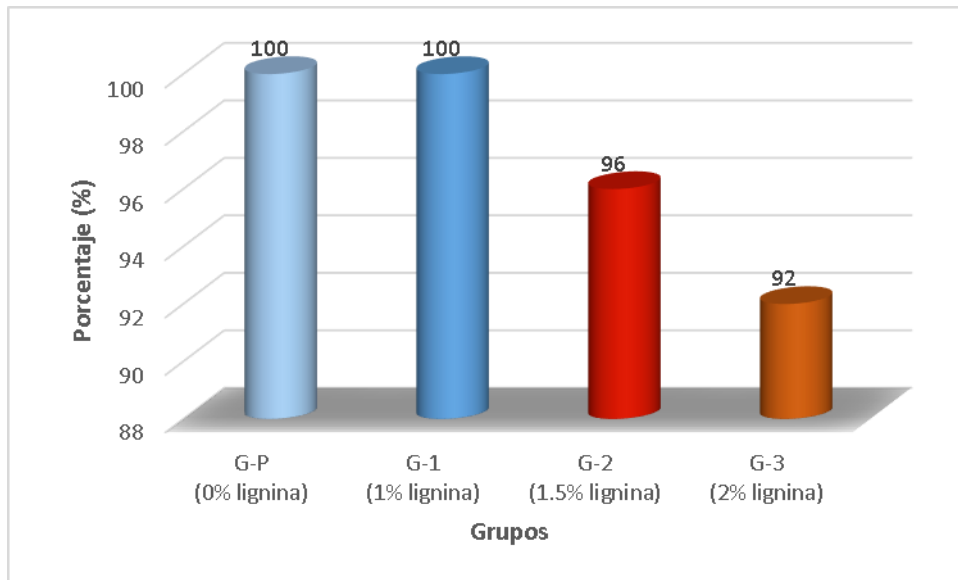


Figura 35. Resistencia a flexión, en porcentaje a los 7 días.

Fuente: Elaboración propia.

Módulo de ruptura resultados a los 14 días

Tabla 40. Resistencia de flexión en vigas, a los 14 días.

Grupo	Módulo de ruptura (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
G-P (0% lignina)	27	27
	26	
G-1 (1% lignina)	26	26
	26	
G-2 (1.5% lignina)	26	26
	26	
G-3 (2% lignina)	26	26
	25	

En la Tabla 40 previamente expuesta, se aprecia los grupos ensayados a la prueba a flexión. Asimismo, se resalta que las resistencias obtenidas a los 14 días por parte del grupo patrón G-P, obtuvo como valor promedio 27 Kg/cm², siendo este grupo el que mayor valor obtuvo respecto a los otros grupos a los cuales se le adicionó lignina en su mezcla.

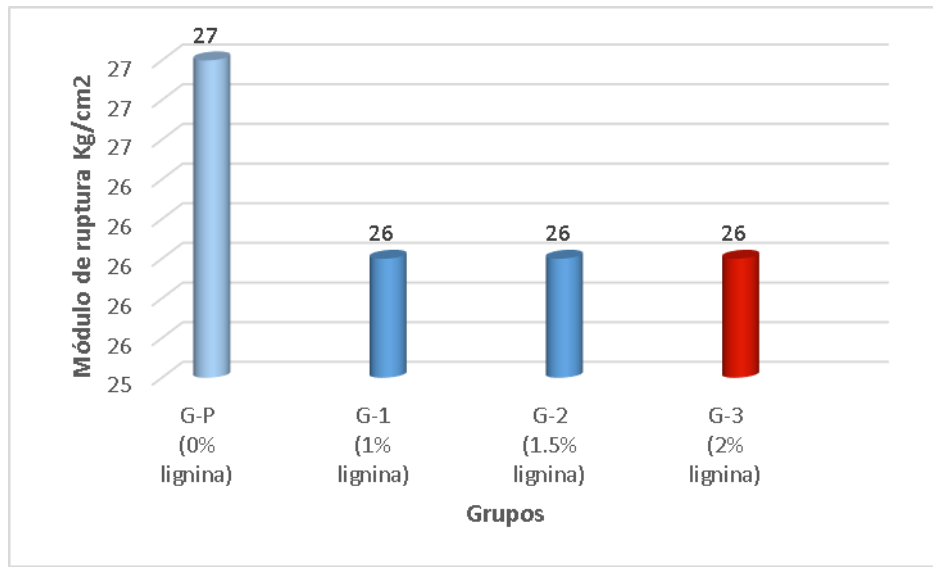


Figura 36. Resistencia a flexión, 14 días.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura previamente expuesta, se grafica por medio de columnas, los promedios de las probetas ensayadas a flexión a los 14 días. Asimismo, se consideró 2 probetas de la misma muestra para promediar sus resultados. Se aprecia que G-P que es la mezcla base es quien obtuvo mayor valor con 27 kg/cm². Asimismo, en G-1, G-2 y G-3 que son mezclas con lignina en 1%, 1.5% y 2% respectivamente son quienes menor resistencia consiguieron con 26 Kg/cm². Por lo tanto, se deduce que agregar lignina disminuye la resistencia a flexión.

Tabla 41. Resistencia de flexión en vigas, porcentaje a los 14 días.

Grupo	Módulo de ruptura (Kg/cm ²)	
	14 días	Porcentaje %
G-P (0% lignina)	27	100
G-1 (1% lignina)	26	96
G-2 (1.5% lignina)	26	96
G-3 (2% lignina)	26	96

En la Tabla 41 previamente expuesta, se detalla la variación en porcentaje que ocurre al agregar lignina a la mezcla patrón de concreto G-P. Asimismo, dicha muestra G-P es considerada con el valor de 100%, ya que de ella se desprenden los cambios de resistencia presentados en los otros grupos. Además, cabe destacar, que la lignina tuvo un efecto negativo en la resistencia a flexión, siendo los grupos G-1, G-2 y G-3 los que menor resistencia obtuvieron, en los cuales se disminuyó dicha resistencia hasta en 4%.

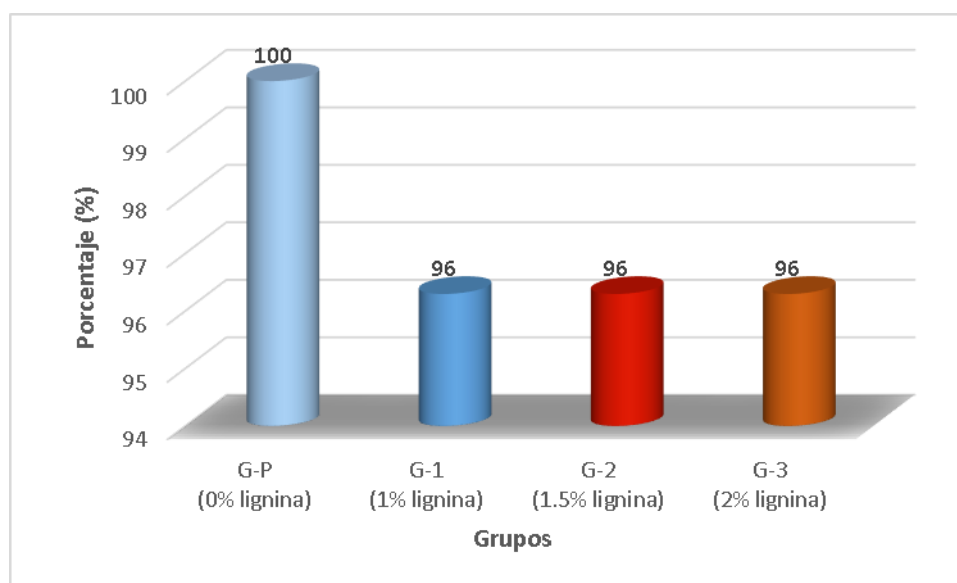


Figura 37. Resistencia a flexión, en porcentaje a los 14 días.

Fuente: Elaboración propia.

Módulo de ruptura resultados a los 28 días

Tabla 42. Resistencia de flexión en vigas, a los 28 días.

Grupo	Módulo de ruptura (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
G-P (0% lignina)	30	30
	30	
G-1 (1% lignina)	30	30
	29	
G-2 (1.5% lignina)	28	29
	29	
G-3 (2% lignina)	28	28
	28	

En la Tabla 42 previamente expuesta, se aprecia los grupos ensayados a la prueba a flexión. Asimismo, se resalta que las resistencias obtenidas a los 28 días por parte del grupo patrón G-P, obtuvo como valor promedio 30 Kg/cm², siendo este grupo el que mayor valor obtuvo respecto a los otros grupos a los cuales se le adicionó lignina en su mezcla.

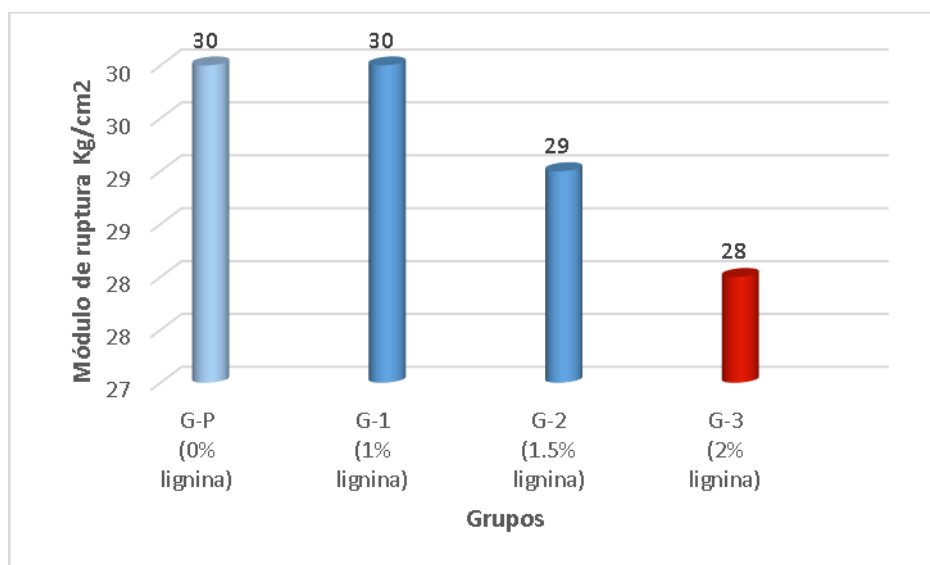


Figura 38. Resistencia a flexión, 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura previamente expuesta, se grafica por medio de columnas, los promedios de las probetas ensayadas a flexión a los 28 días. Asimismo, se consideró 2 probetas de la misma muestra para promediar sus resultados. Se aprecia que G-P que es la mezcla base es quien obtuvo mayor valor con 30 kg/cm² al igual que G-1 que también obtuvo 30 kg/cm². Asimismo, G-3 que es la mezcla con lignina en 2% es quien menor resistencia consiguió con 28 Kg/cm². Por lo tanto, se deduce que agregar lignina disminuye la resistencia a flexión.

Tabla 43. Resistencia de flexión en vigas, porcentaje a los 28 días.

Grupo	Módulo de ruptura (Kg/cm ²)	
	28 días	Porcentaje %
G-P (0% lignina)	30	100
G-1 (1% lignina)	30	100
G-2 (1.5% lignina)	29	97
G-3 (2% lignina)	28	93

En la Tabla 43 previamente expuesta, se detalla la variación en porcentaje que ocurre al agregar lignina a la mezcla patrón de concreto G-P. Asimismo, dicha muestra G-P es considerada con el valor de 100%, ya que de ella se desprenden los cambios de resistencia presentados en los otros grupos. Además, cabe destacar, que la lignina tuvo un efecto negativo en la resistencia a flexión, siendo el grupo G-3 el de menor resistencia obtenida, en el cual se disminuyó dicha resistencia hasta en 7%.

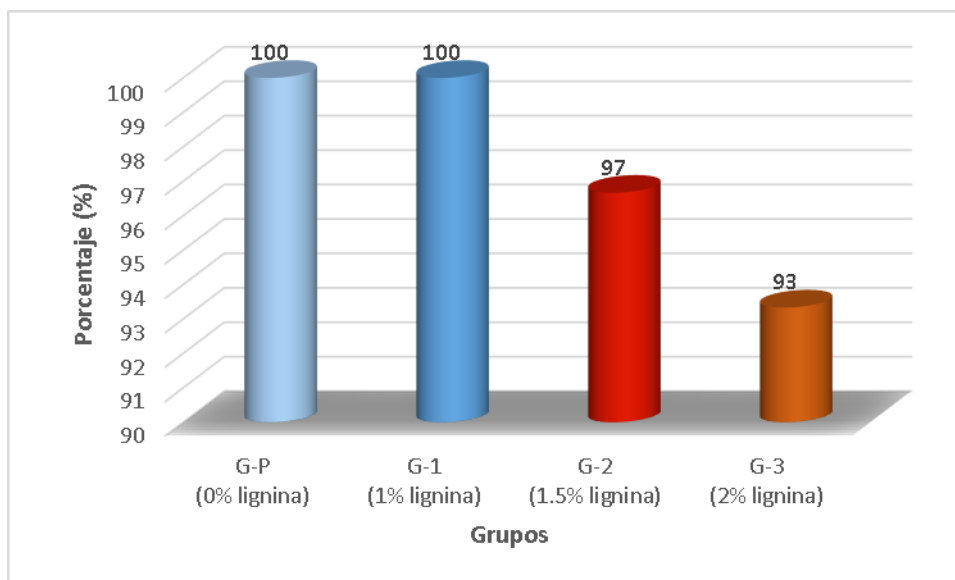


Figura 39. Resistencia a flexión, en porcentaje a los 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

Aplicación estadística, respecto a la variación de la resistencia a compresión del concreto, al agregar lignina.

A la prueba de ANOVA se le considera paramétrica, por lo tanto, para poder utilizarla se tuvo que verificar primero si la variable se distribuye de manera normal, asimismo que exista un comportamiento de forma normal en los datos obtenidos de los ensayos de resistencia a compresión. Además, tomando en cuenta la cantidad de ensayos realizados en el cuasiexperimento de la tesis que son en cantidad menores a 50, es que se consideró usar la prueba Shapiro-Wilk para determinar si se distribuye de manera normal o no.

Tabla 44. Pruebas de normalidad, compresión

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
GRUPO PATRON	0.201	3		0.994	3	0.856
1% LIGNINA	0.343	3		0.842	3	0.220
1.5% LIGNINA	0.269	3		0.949	3	0.567
2% LIGNINA	0.369	3		0.787	3	0.085

Considerando la Tabla 44 previamente expuesta que presenta los datos de la normalidad, que en este caso se optó por usar Shapiro-Wilk, ya que la cantidad de ensayos fue menor a 50, se puede visualizar que se obtuvo un valor de Sig mayor a 0.05 en todos los casos, por ende, se puede inferir que efectivamente los datos obtenidos de los ensayos a compresión, si se comportan de manera normal. Además, que al considerarse normal los datos entonces sí se puede aplicar la prueba de ANOVA en los mismos.

Ho: No existe variación significativa de la resistencia a compresión del concreto, al agregar lignina

H1: Si existe variación significativa de la resistencia a compresión del concreto, al agregar lignina.

Tabla 45. ANOVA, compresión

ANOVA					
Resistencia a compresión	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1788.250	3	596.083	7.809	0.009
Dentro de grupos	610.667	8	76.333		
Total	2398.917	11			

En la Tabla 45 previamente expuesta, se presenta la prueba de ANOVA, en la cual se destaca que el valor obtenido de Sig es 0.009, y al ser este valor inferior a 0.05 permite por criterio aceptar H1 que se le considera como la hipótesis del investigador, en la cual se afirma que, si existe variación significativa de la resistencia a compresión del concreto, al agregar lignina.

Asimismo, para determinar en cual de todos los grupos planteados se presenta mayor variación significativa al respecto de la resistencia a compresión, se aplica la prueba de Tukey.

Tabla 46. Comparaciones múltiples, compresión

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: HSD Tukey	Resistencia a compresión					
(I) Grupos		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95% Límite inferior	Límite superior
G_P	G_1	17.00000	7.13364	0.158	-5.8444	39.8444
	G_2	28,33333*	7.13364	0.017	5.4889	51.1778
	G_3	31,00000*	7.13364	0.011	8.1556	53.8444
G_1	G_P	-17.00000	7.13364	0.158	-39.8444	5.8444
	G_2	11.33333	7.13364	0.435	-11.5111	34.1778
	G_3	14.00000	7.13364	0.277	-8.8444	36.8444
G_2	G_P	-28,33333*	7.13364	0.017	-51.1778	-5.4889
	G_1	-11.33333	7.13364	0.435	-34.1778	11.5111
	G_3	2.66667	7.13364	0.981	-20.1778	25.5111
G_3	G_P	-31,00000*	7.13364	0.011	-53.8444	-8.1556
	G_1	-14.00000	7.13364	0.277	-36.8444	8.8444
	G_2	-2.66667	7.13364	0.981	-25.5111	20.1778

En la Tabla 46 previamente expuesta se exponen los valores de Sig, en los cuales se puede apreciar que para el grupo patrón G-P los valores de dicho Sig son 0.017 y 0.011 en la comparación que se realizó con los grupos G-2 y G-3 respectivamente. Asimismo, al ser estos valores menores a 0.05, permite por criterio indicar que, si existe diferencia significativa respecto a la resistencia a compresión entre el grupo base o patrón G-P en comparación a los otros grupos G-2 y G-3 en los cuales se le adicionó lignina. Además, en la misma tabla se observa que al comparar solo entre los grupos con adición de lignina G-1, G-2 y G-3, cual presenta mayor variación significativa entre ellos, se obtienen valores de Sig mayores a 0.05, lo cual indica que, a pesar de utilizar distintos porcentajes de lignina en cada grupo, estos no producen una diferencia significativa entre ellos respecto a la resistencia a compresión.

Tabla 47. Tukey, compresión

Resistencia a compresión			
HSD Tukey ^a			
Grupos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
G_3	3	247.0000	
G_2	3	249.6667	
G_1	3	261.0000	261.0000
G_P	3		278.0000
Sig.		0.277	0.158

Al respecto de la Tabla 47 previamente expuesta, se puede inferir que si solo se hubiera realizado el análisis con solo los grupos con adición de lignina G-1, G-2 y G-3, entonces no hubiera existido variación significativa de la resistencia a compresión del concreto, puesto que, brinda un valor Sig de 0.277 que es mayor a 0.05. Asimismo, si solo se hubiera realizado el análisis con solo los grupos con adición de lignina G-P y G-1, entonces no hubiera existido variación significativa de la resistencia a compresión del concreto, puesto que, brinda un valor Sig de 0.158 que es mayor a 0.05

Aplicación estadística, respecto a la variación de la resistencia a tracción del concreto, al agregar lignina.

A la prueba de ANOVA se le considera paramétrica, por lo tanto, para poder utilizarla se tuvo que verificar primero si la variable se distribuye de manera normal, asimismo que exista un comportamiento de forma normal en los datos obtenidos de los ensayos de resistencia a tracción. Además, tomando en cuenta la cantidad de ensayos realizados en el cuasiexperimento de la tesis que son en cantidad menores a 50, es que se consideró usar la prueba Shapiro-Wilk para determinar si se distribuye de manera normal o no.

Tabla 48. Pruebas de normalidad, tracción

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
GRUPO PATRON	0.314	3		0.893	3	0.363
1 % LIGNINA	0.343	3		0.842	3	0.220
1.5 % LIGNINA	0.337	3		0.855	3	0.253
2 % LIGNINA	0.211	3		0.991	3	0.817

Considerando la Tabla 48 previamente expuesta que presenta los datos de la normalidad, que en este caso se optó por usar Shapiro-Wilk, ya que la cantidad de ensayos fue menor a 50, se puede visualizar que se obtuvo un valor de Sig mayor a 0.05 en todos los casos, por ende, se puede inferir que efectivamente los datos obtenidos de los ensayos a tracción, si se comportan de manera normal. Además, que al considerarse normal los datos entonces sí se puede aplicar la prueba de ANOVA en los mismos.

Ho: No existe variación significativa de la resistencia a tracción del concreto, al agregar lignina

H1: Si existe variación significativa de la resistencia a tracción del concreto, al agregar lignina.

Tabla 49. ANOVA, tracción

ANOVA					
Resistencia a tracción	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	15.353	3	5.118	26.701	0.000
Dentro de grupos	1.533	8	0.192		
Total	16.887	11			

En la Tabla 49 previamente expuesta, se presenta la prueba de ANOVA, en la cual se destaca que el valor obtenido de Sig es 0.000, y al ser este valor inferior a 0.05 permite por criterio aceptar H1 que se le considera como la hipótesis del investigador, en la cual se afirma que, si existe variación significativa de la resistencia a tracción del concreto, al agregar lignina.

Asimismo, para determinar en cual de todos los grupos planteados se presenta mayor variación significativa al respecto de la resistencia a tracción, se aplica la prueba de Tukey.

Tabla 50. Comparaciones múltiples, tracción

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: HSD Tukey	Resistencia a tracción					
	(I) Grupos	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95% Límite inferior	Límite superior
G_P	G_1	1,30000*	0.35746	0.027	0.1553	2.4447
	G_2	2,16667*	0.35746	0.001	1.0220	3.3114
	G_3	3,06667*	0.35746	0.000	1.9220	4.2114
G_1	G_P	-1,30000*	0.35746	0.027	-2.4447	-0.1553
	G_2	0.86667	0.35746	0.149	-0.2780	2.0114
	G_3	1,76667*	0.35746	0.005	0.6220	2.9114
G_2	G_P	-2,16667*	0.35746	0.001	-3.3114	-1.0220
	G_1	-0.86667	0.35746	0.149	-2.0114	0.2780
	G_3	0.90000	0.35746	0.131	-0.2447	2.0447
G_3	G_P	-3,06667*	0.35746	0.000	-4.2114	-1.9220
	G_1	-1,76667*	0.35746	0.005	-2.9114	-0.6220
	G_2	-0.90000	0.35746	0.131	-2.0447	0.2447

En la Tabla 50 previamente expuesta se exponen los valores de Sig, en los cuales se puede apreciar que para el grupo patrón G-P en comparación al grupo G-1, G-2 y G-3 indica un valor de dicho Sig de 0.027, 0.001 y 0.000 respectivamente. Asimismo, al ser este valor menor a 0.05, permite por criterio indicar que, si existe diferencia significativa respecto a la resistencia a tracción entre el grupo base o patrón G-P en comparación al grupo G-1, G-2 y G-3, en los cuales se le adicionó lignina en 1%, 1.5% y 2% respectivamente. Además, en la misma tabla se observa que al comparar solo entre los grupos G1 y G2, cual presenta mayor variación significativa entre ellos, se obtienen valores de Sig mayores a 0.05, lo cual indica que, a pesar de utilizar distintos porcentajes de lignina en cada grupo, estos no producen una diferencia significativa entre ellos respecto a la resistencia a tracción.

Tabla 51. Tukey, tracción

Resistencia a tracción				
HSD Tukey ^a Grupos	N			
		Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
G_3	3	28.3333		
G_2	3	29.2333	29.2333	
G_1	3		30.1000	
G_P	3			31.4000
Sig.		0.131	0.149	1.000

Al respecto de la Tabla 51 previamente expuesta, se puede inferir que si solo se hubiera realizado el análisis con solo los grupos con adición de lignina G-2 y G-3, entonces no hubiera existido variación significativa de la resistencia a tracción del concreto, puesto que, brinda un valor Sig de 0.131 que es mayor a 0.05. Asimismo, aplicando el mismo criterio si solo se hubiera realizado el análisis con solo los grupos G-1 y G-2, entonces no hubiera existido variación significativa de la resistencia a tracción del concreto, puesto que, brinda un valor Sig de 0.149 que es mayor a 0.05.

Aplicación estadística, respecto a la variación de la resistencia a flexión del concreto, al agregar lignina.

A la prueba de ANOVA se le considera paramétrica, por lo tanto, para poder utilizarla se tuvo que verificar primero si la variable se distribuye de manera normal, asimismo que exista un comportamiento de forma normal en los datos obtenidos de los ensayos de resistencia a flexión. Además, tomando en cuenta la cantidad de ensayos realizados en el cuasiexperimento de la tesis que son en cantidad menores a 50, es que se consideró usar la prueba Shapiro-Wilk para determinar si se distribuye de manera normal o no.

Tabla 52. Pruebas de normalidad, flexión

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Módulo de ruptura	0.235	8	,200*	0.802	8	0.030

Considerando la Tabla 52 previamente expuesta que presenta los datos de la normalidad, que en este caso se optó por usar Shapiro-Wilk, ya que la cantidad de ensayos fue menor a 50, se puede visualizar que se obtuvo un valor de Sig menor a 0.05 en todos los casos, por ende, se puede inferir que efectivamente los datos obtenidos de los ensayos a flexión, no se comportan de manera normal. Además, que al considerarse no normal los datos entonces no se puede aplicar la prueba de ANOVA en los mismos, y se tuvo que aplicar la prueba de Kruskal-Wallis.

Ho: No existe variación significativa de la resistencia a flexión del concreto, al agregar lignina

H1: Si existe variación significativa de la resistencia a flexión del concreto, al agregar lignina.

Tabla 53. Prueba de Kruskal-Wallis.

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Módulo de ruptura es la misma entre categorías de Grupos.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0.120	Conserve la hipótesis nula.

En la Tabla 53 previamente expuesta, se presenta la prueba de Kruskal-Wallis, en la cual se destaca que el valor obtenido de Sig es 0.120, y al ser este valor mayor a 0.05 permite por criterio aceptar Ho que se le considera como la hipótesis nula, en la cual se indica que, no existe variación significativa de la resistencia a flexión del concreto, al agregar lignina.

V. DISCUSIÓN

Al respecto de evaluar el mejoramiento de las propiedades físico - mecánicas del concreto adicionando biopolímero lignina.

Kavya et al. (2021), indica que, se encontró que la adición de LCNF (nanofibrillas de lignocelulosa) mejora la trabajabilidad de los lotes de pasta de cemento en dosis de 0.05% y 0.1%.

Se apoya lo indicado por Kavya et al. puesto que, en los ensayos realizados en la tesis, se evidenció que efectivamente los grupos que contenían adición de lignina lograban mayor plasticidad, ya que, en la prueba del slump en la muestra base o patrón G-P se consiguió un valor de 2.2" (5.5 cm). Asimismo, en G-1, el valor obtenido aumenta ya que es de 2.8" (7 cm). No obstante, en G-2 y G-3 disminuye respecto a G-1, con valores de 2.5" (6.4 cm) y 2.4" (6 cm) respectivamente, pero aun así estos slump son mayores que los obtenidos por la mezcla G-P.

Al respecto de determinar la resistencia a compresión del concreto $f'c$ 210 Kg/cm² al agregar 1, 1.5, 2% de biopolímero lignina.

Huang et al. (2018); indica que, la adición de lignosulfonatos en 0.2% mejoró la resistencia que se obtuvo a la compresión a los 28 días de los concretos, en los cuales hubo un aumentó de 38.4 Mpa a 41.6, 42.6 y 40.9 Mpa.

Feraidon (2013), indica que, los investigadores probaron el material de concreto terminado y encontraron que reemplazar el 20% del cemento con material celulósico después de la quema aumentó la resistencia del concreto en un 32%.

Hong (2007), indica que, la adición de lignina en 0.5% mejoró de una manera resaltante la resistencia a la compresión de las pastas de cemento, aproximadamente 30 %. Así como también que la adición de lignina en 2.0% mejoró de una manera resaltante la resistencia a la compresión de las pastas de cemento, aproximadamente 60 %.

No se apoya lo indicado por Huang et al., Feraidon y Hong, puesto que, en los ensayos realizados en la tesis, se evidenció que efectivamente los grupos que contenían adición de lignina no lograban mayores resistencias que la muestra base o patrón G-P, ya que, se apreció que G-P que es la mezcla base es quien obtuvo

mayor valor con 278 kg/cm² y G-3 que es la mezcla con lignina en 2% es quien menor resistencia consiguió con 247 Kg/cm².

Al respecto de determinar la resistencia a flexión del concreto f'c 210 Kg/cm² al agregar 1, 1.5, 2% de biopolímero lignina.

Klapiszewska et al. (2019), indica que, con adición de alúmina-lignina con proporciones de peso iguales a 5:1, la resistencia a flexión aumento de 7.1 Mpa a 8.1 Mpa, utilizando alúmina-lignina en 0.5% en relación al peso del cemento.

No se apoya lo indicado por Klapiszewska et al., puesto que, en los ensayos realizados en la tesis, se evidenció que efectivamente los grupos que contenían adición de lignina no lograban mayores resistencias a flexión que la muestra base o patrón G-P, ya que, en el grupo patrón G-P, obtuvo como valor promedio 30 Kg/cm² y en el grupo G-3 que es la mezcla con lignina en 2% se consiguió 28 Kg/cm², en el cual es donde se obtuvo menor valor, disminuyendo dicha resistencia hasta en 7%.

VI. CONCLUSIONES

1. Se evaluó el mejoramiento de las propiedades físico - mecánicas del concreto adicionando biopolímero lignina, llegando a la conclusión que, las propiedades físicas como el slump se vuelven más trabajables, puesto que, el slump aumento de un valor de 2.2" (5.5 cm) en el grupo patrón sin lignina, a 2.8" (7 cm) en el grupo G-1 con 1% de lignina. Sin embargo, al respecto de las propiedades mecánicas se disminuyó considerablemente la resistencia al utilizar lignina en la mezcla.
2. Se determinó la resistencia a compresión del concreto $f'c$ 210 Kg/cm² al agregar 1, 1.5, 2% de biopolímero lignina, llegando a la conclusión que, dicha resistencia disminuyó considerablemente al utilizar lignina en la mezcla, puesto que, en el grupo patrón G-P, obtuvo como valor promedio 278 Kg/cm² y en el grupo G-3 que es la mezcla con lignina en 2% se consiguió 247 Kg/cm², en el cual es donde se obtuvo menor valor, disminuyendo dicha resistencia hasta en 11%.
3. Se determinó la resistencia a tracción del concreto $f'c$ 210 Kg/cm² al agregar 1, 1.5, 2% de biopolímero lignina, llegando a la conclusión que, dicha resistencia disminuyó considerablemente al utilizar lignina en la mezcla, puesto que, en el grupo patrón G-P, obtuvo como valor promedio 31 Kg/cm² y en el grupo G-3 que es la mezcla con lignina en 2% se consiguió 28 Kg/cm², en el cual es donde se obtuvo menor valor, disminuyendo dicha resistencia hasta en 10%.
4. Se determinó la resistencia a flexión del concreto $f'c$ 210 Kg/cm² al agregar 1, 1.5, 2% de biopolímero lignina, llegando a la conclusión que, dicha resistencia disminuyó considerablemente al utilizar lignina en la mezcla, puesto que, en el grupo patrón G-P, obtuvo como valor promedio 30 Kg/cm² y en el grupo G-3 que es la mezcla con lignina en 2% se consiguió 28 Kg/cm², en el cual es donde se obtuvo menor valor, disminuyendo dicha resistencia hasta en 7%.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda evaluar otros porcentajes de lignina, para verificar la variación que produce en las resistencias a compresión, tracción y flexión del concreto.

Se recomienda utilizar lignina de otra procedencia, en la presente tesis fue obtenida del bagazo de la caña, pero quizás obtenidas de otra manera pueda brindar mejores resultados al respecto.

Se recomienda evaluar las propiedades mecánicas del concreto adicionando lignina y a su vez combinar con algún otro producto que multiplique sus beneficios.

REFERENCIAS

ABANTO, Tomás. Tecnología del concreto. 2ª ed. Lima - Perú: San Marcos, 2018. 248 pp.

ISBN: 978-612-315-463-9

BARROS, Kenia. Desenvolvimento de ligantes asfálticos modificado con lignina como aditivo de envejecimiento. Tesis (Dr. Ingeniero Mecánico). Universidad Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Brasil, 2017, 96 pp

CASADO, Raque, PORTUGUÉS, Carlos y GUEDELLA. Experiencia con mezclas asfálticas sostenibles en la carretera M-607 en Tres Cantos, Madrid. Revista de Asfalto y pavimentación [en línea]. Marzo del 2019, vol, 5

CHAVEZ, Sifontes y MARCELO, Domine. Lignina, estructura y aplicaciones: Métodos de despolimerización para la obtención de derivados aromáticos de interés industrial. Revista de la Universidad Politécnica de Valencia. ESPAÑA, Vol. 4, N° 4, octubre 2013

DOS SANTOS, Filávio [et al.]. Estudo das propriedades químicas do ligante asfáltico cap 50/70 modificado por adicao de lignina proveniente de pinus e eucalipto. Revista del Congreso Nacional de Pesquisa e Insino en Ciencias Conapesc. 2019

E-ISSN: 0718-8706

LignoCOST, European network stimulates industrial applications of lignin. Julio 2019. Disponible en <https://www.wur.nl/en/news-wur/Show/European-network-stimulates-industrial-applications-of-lignin.htm>

FLORES, Roddy y OROSCO, Gian. Análisis de la vida útil de la mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de biopolímero Lignina, Lima-2020. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima - Perú: Universidad César Vallejo, 2020. 199 pp

FERAIDON, Atale. Researchers building stronger, greener concrete with biofuel byproducts. ESTADOS UNIDOS, marzo 2013. Disponible en <https://www.k-state.edu/media/newsreleases/mar13/concrete31413.html>

ATACHAGUA, Paul y ROSALES, Antony. Análisis del Comportamiento Mecánico de la Mezcla Asfáltica en Caliente Adicionado con el Biopolímero Lignina, Lima 2019. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima - Perú: Universidad César Vallejo, 2019. 168 pp

KLAPISZEWSKA, Izabela y SLOSARCZYK, Agnieszka. Production of cement composites using alumina-lignin hybrid materials admixture. POLONIA, Vol. 55 N° 6. setiembre 2019. Disponible en <https://doi.org/10.5277/ppmp19058>

FERAIDON, Atale. Researchers building stronger, greener concrete with biofuel byproducts. ESTADOS UNIDOS, marzo 2013. Disponible en <https://www.k-state.edu/media/newsreleases/mar13/concrete31413.html>

GUPTA, Chetali & Sverdlove, Madeline & Washburn, Newell. (2015). Molecular architecture requirements for polymer-grafted lignin superplasticizers. Soft Matter. <https://www.researchgate.net/publication/272196223>

HARMSSEN, Teodoro. Diseño de estructuras de concreto armado. 5ª ed. Lima - Perú: Fondo Editorial PUCP, 2017. 965 pp.

ISBN: 978-612-317-297-8

HERNÁNDEZ, Roberto, MENDOZA, Christian. Metodología de la investigación. México: Mc Graw Hill, 2018. 714 pp.

ISBN: 978-1-4562-6096-5

He, Wenming & Fatehi, Pedram. (2015). Preparation of sulfomethylated softwood kraft lignin as a dispersant for cement admixture.

<https://www.researchgate.net/publication/276443261>

HONG, Sim. Effect of Lignin Addition on Characteristics of Cement Pastes. Korea, Vol. 18 N° 2, abril 2007. Disponible en <https://www.koreascience.or.kr/article/JAKO200710103499713.page>

HUANG, C., Ma, J., Zhang, W., Huang, G., & Yong, Q. (2018). Preparation of Lignosulfonates from Biorefinery Lignins by Sulfomethylation and Their Application

as a Water Reducer for Concrete. *Polymers*, 10(8), 841.

<https://doi.org/10.3390/polym10080841>

KAVYA S. Kamasamudram, Warda Ashraf, Eric N. Landis, Rakibul I. Khan. Effects of ligno– and delignified– cellulose nanofibrils on the performance of cement-based materials. *Journal of Materials Research and Technology*. Volume 13, 2021

ISSN 2238-7854

<https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.04.090>.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma E.060 Concreto Armado. Lima - Perú, 2009

AMERICAN Concrete Institute 308R (ACI). Guide to External Curing of Concrete. 1° Edition. United States, 2016.

AMERICAN Concrete Institute 318 (ACI). Regulation requirements for structural concrete. 1° Edition. United States, 2005.

AMERICAN Society for Testing and Materials C136 (ASTM). Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. United States. 2014.

AMERICAN Society for Testing and Materials C128 (ASTM). Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate. United States. 2015.

AMERICAN Society for Testing and Materials C127 (ASTM). Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate. United States. 2015.

AMERICAN Society for Testing and Materials C39 (ASTM). Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. United States. 2018.

AMERICAN Society for Testing and Materials C33 (ASTM). Standard Specification for Concrete Aggregates. United States. 2015.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC). Manual de Ensayo de Materiales, 2016.

Norma Técnica Peruana 334.09 (NTP) Cementos. Cementos portland requisitos. Lima, 2005.

Norma Técnica Peruana 339.033 (NTP) Hormigón. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo. Lima, 2009.

Norma Técnica Peruana 339.034 (NTP) Hormigón. Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto. Lima, 1999.

Norma Técnica Peruana 339.035 (NTP) Hormigón. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland. Lima, 2009.

Norma Técnica Peruana 339.184 (NTP) Hormigón. Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de hormigón (concreto). Lima, 2013.

Norma Técnica Peruana 339.185 (NTP) Agregados. Método del contenido de humedad total evaporable de agregado por secado. Lima, 2013.

Norma Técnica Peruana 400.012 (NTP) Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Lima, 2001

MC CORMAC, Jack y BROWN, Rusell. Diseño de concreto reforzado. 10ª ed. México: Alfaomega, 2018. 672 pp.

ISBN: 978-958-778-413-8

RAMESH, Anjana, P, Anita y K, Joel. Experimental Study on Partial Replacement of Bitumen with Lignin. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT). 5 de Mayo del 2020, vol. 9

RIVVA, Enrique. Naturaleza y Materiales del Concreto. 4ª. Edición Perú: Capítulo Peruano ACI, 2019

RODRIGUEZ. Evaluation of the aging effect of 80-100 asphalt cement modified with lignin. Revista Ingeniare Universidad Piloto de Colombia. Junio del 2016, Nro. 20

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: “Evaluación de las propiedades físico – mecánicas del concreto f’c = 210 kg/cm2 agregando biopolímero lignina, Lima 2022”

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES			METODOLOGÍA
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variable Dependiente (Y)	Dimensiones	Indicadores	Tipo de investigación: Aplicada Nivel: Explicativo Diseño: Cuasiexperimental Población: 72 probetas cilíndricas y 24 vigas prismáticas. Muestra: 72 probetas cilíndricas y 24 vigas prismáticas
¿Cómo influirá en las propiedades físico – mecánicas del concreto f’c 210 kg/cm2 el agregar biopolímero lignina?	Evaluar el mejoramiento de las propiedades físico - mecánicas del concreto adicionando biopolímero lignina.	Adicionando biopolímero lignina existe variación de las propiedades físico - mecánicas del concreto.	Propiedades físico - mecánicas del concreto	D1: Propiedades mecánicas	I1: Resistencia a compresión I2: Resistencia a tracción I3: Resistencia a flexión.	
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas		D2: Propiedades físicas	I1: Trabajabilidad I2: Consistencia I3: Segregación I4: Exudación I5: Durabilidad	
¿Mejorará la resistencia a compresión del concreto f’c 210 Kg/cm2 al agregar biopolímero lignina?	Determinar la resistencia a compresión del concreto f’c 210 Kg/cm2 al agregar 1, 1.5, 2% de biopolímero lignina.	Adicionando biopolímero lignina al concreto f’c 210 Kg/cm2, existe variación de la resistencia a la compresión.		D3: Agregados	I1: Granulometría I2: Módulo de finura I3: Contenido de humedad I4: Porcentaje de absorción	
¿Mejorará la resistencia a tracción del concreto f’c 210 Kg/cm2 al agregar biopolímero lignina?	Determinar la resistencia a tracción del concreto f’c 210 Kg/cm2 al agregar 1, 1.5, 2% de biopolímero lignina.	Adicionando biopolímero lignina al concreto f’c 210 Kg/cm2, existe variación de la resistencia a la tracción.	Variable Independiente (X)	Dimensiones	Indicadores	
¿Mejorará la resistencia a flexión del concreto f’c 210 Kg/cm2 al agregar biopolímero lignina?	Determinar la resistencia a flexión del concreto f’c 210 Kg/cm2 al agregar 1, 1.5, 2% de biopolímero lignina.	Adicionando biopolímero lignina al concreto f’c 210 Kg/cm2, existe variación de la resistencia a la flexión.	Adición de biopolímero lignina	D1: Dosificación	Biopolímero lignina (1% peso del cemento).	
					Biopolímero lignina (1.5% peso del cemento).	
					Biopolímero lignina (2% peso del cemento).	

ANEXO 2

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

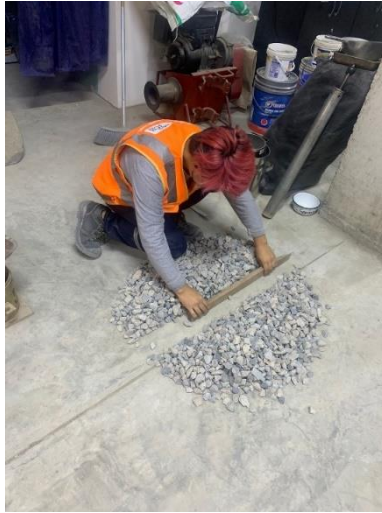
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TITULO: “Evaluación de las propiedades físico – mecánicas del concreto f’c = 210 kg/cm2 agregando biopolímero lignina, Lima 2022”

Variable Dependiente (Y)	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Propiedades físico - mecánicas del concreto	Se obtiene de una reacción química al mezclar agua, cemento, agregados, y aire. Asimismo, también se suele utilizar aditivos que permiten conseguir ciertas particularidades y cualidades que uno busca dotar al mismo (Abanto, 2018).	En el concreto se engloba conocer las propiedades físico – mecánicas, a través de los ensayos de resistencia a compresión, tracción y flexión. Asimismo, la trabajabilidad, consistencia, entre otras. Además, las características de los agregados que formarán parte del concreto.	D1: Propiedades mecánicas	I1: Resistencia a compresión I2: Resistencia a tracción I3: Resistencia a flexión.
			D2: Propiedades físicas	I1: Trabajabilidad I2: Consistencia I3: Segregación I4: Exudación I5: Durabilidad
			D3: Agregados	I1: Granulometría I2: Módulo de finura I3: Contenido de humedad I4: Porcentaje de absorción
Variable Independiente (X)	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Adición de biopolímero lignina	La lignina es uno de los biopolímeros que más existen en todo el mundo. Asimismo, es un adhesivo natural, es la sustancia que da firmeza (rigidez) a los árboles, hierbas y paja (LignoCOST, 2019).	La adición de biopolímero lignina se dosificará en distintas proporciones, lo cual permitirá comparar y conocer cual dosificación es la más idónea	D1: Dosificación	Biopolímero lignina (1% peso del cemento).
				Biopolímero lignina (1.5% peso del cemento).
				Biopolímero lignina (2% peso del cemento).

ANEXO 3
FOTOGRAFÍAS

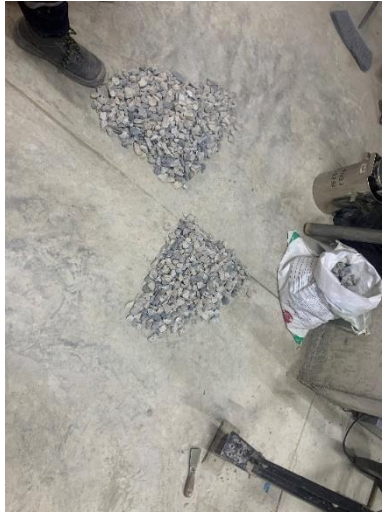
Cuarteo del agregado grueso, se separó en 2 partes



Cuarteo del agregado grueso, se separó en 4 partes



Cuarteo del agregado grueso, se escogió partes opuestas



Granulometría del agregado fino



Granulometría del agregado fino, recibiendo lo retenido en el tamiz para luego pesarlo



Peso unitario compactado del agregado grueso, compactando con la varilla



Conito de arena, proceso de compactación del agregado fino



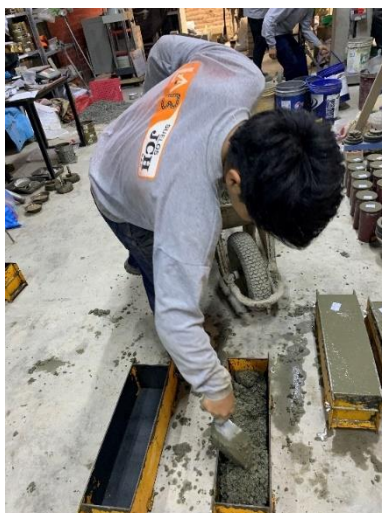
Lignina, alistando los porcentajes respectivos a utilizar



Elaboración de la mezcla de concreto



Vaciando la mezcla de concreto en los moldes para vigas



Varillando la mezcla de concreto en el molde para viga



Preparando los moldes para las probetas de concreto



Probetas cilíndricas, con su identificación respectiva



Probetas cilíndricas ensayadas



Probetas prismáticas (vigas) ensayadas



ANEXO 4
DOSIFICACIÓN ACI 211

Se considero dosificar considerando lo que recomienda el ACI 211, esto con la finalidad de conseguir el concreto base o patrón "G-P", que sirvió de referente en el cual se adicionó lignina en distintas proporciones.

Al respecto de la mezcla que servirá de base, la resistencia estimada es de 294 Kg/cm², puesto que la E.060 señala que al realizar el diseño de concreto se estime una adición 84 Kg/cm² de resistencia en el caso no se cuente con datos anteriores a dicha realización de mezcla, entonces se le agrega dicho valor al 210 Kg/cm² que deseamos obtener.

A través del estudio de agregados, se recolecto información necesaria, las cuales se presentan en la siguiente tabla.

Material	Peso específico (Kg/m ³)						
		Humedad (%)	Abs (%)	MF	P.U.S	P.U.C	TMN
Cemento	3110						
Agua	1000						
Agregado grueso	2734	0.43	0.65	5.44	1458	1606	3/4"
Agregado fino	2648	1.61	1.36	3.14	1603	1827	---

Se partió de considerar que el slump a obtener es de 7.5 cm a 10 cm aproximadamente.

Water, Kg/m ³ of concrete for indicated nominal maximum sizes of aggregate								
Slump, mm	9.5*	12.5*	19*	25*	37.5*	50†*	75†‡	150†‡
Non-air-entrained concrete								
25 to 50	207	199	190	179	166	154	130	113
75 to 100	228	216	205	193	181	169	145	124
150 to 175	243	228	216	202	190	178	160	—
Approximate amount of entrapped air in non-air-entrained concrete, percent	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Air-entrained concrete								
25 to 50	181	175	168	160	150	142	122	107
75 to 100	202	193	184	175	165	157	133	119
150 to 175	216	205	197	184	174	166	154	—
Recommended average§ total air content, percent for level of exposure:								
Mild exposure	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5***††	1.0***††
Moderate exposure	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5***††	3.0***††
Extreme exposure††	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5***††	4.0***††

Entonces cotejando con lo que indica el ACI 211, para dicho slump, y para un agregado de TMN de $\frac{3}{4}$, se tiene que utilizar un aproximado de 205 L/m³. Además, que, al considerar tal cantidad, se tendrá un contenido de aire de 2%

Al considerar obtener 294 Kg/cm² de resistencia, entonces se interpola los valores para obtener el factor que relaciona el agua con el cemento, el cual es 0.55 acorde a lo que se requiere.

TABLE A1.5.3.4(a) — RELATIONSHIPS BETWEEN WATER-CEMENT RATIO AND COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE (SI)		
Compressive strength at 28 days, MPa*	Water-cement ratio, by mass	
	Non-air-entrained concrete	Air-entrained concrete
40	0.42	—
35	0.47	0.39
30	0.54	0.45
25	0.61	0.52
20	0.69	0.60
15	0.79	0.70

Operando el factor de 0.55, y con el valor de agua que ya teníamos previamente de 205 L/m³, entonces se llega a determinar cuánto de cemento se utiliza en dicha mezcla, el cual es 372.7 Kg.

Para conocer cuánto de agregado grueso se utiliza en la mezcla, es importante cotejar los valores del TMN Y MF de los agregados que se está utilizando con lo que indica el ACI 211, en el cual también brinda un factor a utilizar, que en este caso es de 0.586. Asimismo, dicho factor se multiplica al PUC, para tener el valor en kilogramos de la cantidad de agregado grueso que participa, que es en este caso es 941.12 Kg

TABLE A1.5.3.6 – VOLUME OF COARSE AGGREGATE PER UNIT OF VOLUME OF CONCRETE (SI)				
Nominal maximum size of aggregate, mm	Volume of dry-rodded coarse aggregate* per unit volume of concrete for different fineness moduli† of fine aggregate			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
19	0.66	0.64	0.62	0.60
25	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
75	0.82	0.80	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

La metodología para obtener la cantidad de agregado fino en la mezcla, es considerar el volumen que ocupan todos los otros participantes de dicha mezcla ya que al conocer su peso solo se tiene que multiplicar por su peso específico respectivo. Asimismo, ya conocidos los volúmenes y como se dosifica para 1 m³, entonces la cantidad en Kilogramos del agregado fino será el que se obtenga para completar la cantidad 1 m³ de mezcla.

En la siguiente tabla, se detalla en los pesos de cada participante de la mezcla hallada.

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	373	Kg
Agua	205	Litro
Agregado fino	823	Kg
Agregado grueso	941	Kg

Asimismo, cabe resaltar que a tabla anterior es considerando los agregados en seco, ósea sin humedad y sin absorción, cosa que en la realidad no es así, por lo tanto, se tiene que hacer un ajuste considerando dichos factores acordes a la realidad.

Al respecto de considerar la humedad, se multiplica cada peso obtenido de agregado por la característica en porcentaje de humedad respectiva, ya sea del grueso o del fino, así se obtuvo valores de 945.2 Kg y 836 Kg respectivamente.

Asimismo, la diferencia entre la humedad y la absorción, brinda valores de -0.2% y 0.3%, en agregado grueso y fino respectivamente. Además, resaltar que este dato obtenido de la diferencia es conocido como la humedad superficial.

Entonces si se quiere saber cuánto aporta el agregado al respecto de la humedad, se consigue multiplicando la humedad superficial por lo que pesa el agregado en estado húmedo. Asimismo, en la presente dosificación se obtuvo -2.1 L y 2.06 L en el agregado grueso y fino respectivamente. Además, se suman ambos respetando el signo correspondiente de cada uno, con lo cual se obtiene -0.04 L, que en este caso es un valor casi insignificante, pero que no siempre será así, y que por ello se tiene que realizar los cálculos previamente descritos.

Para obtener la cantidad de agua realmente colocada en la mezcla, se resta a lo que se tiene 205 L lo que aportan los agregados participantes que en este caso al ser negativo -0.04 L se sumaría, pero como es un valor muy bajo prácticamente es el mismo resultado 205 L.

En la siguiente tabla, se detalla en los pesos de cada participante de la mezcla hallada, considerando las características de los agregados al respecto de la humedad y absorción.

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	373	Kg
Agua	205	Litro
Agregado fino	837	Kg
Agregado grueso	945	Kg

ANEXO 5
CERTIFICADO DE LIGNINA

INFORME DE ENSAYO

IE-290422-02

1. DATOS DEL CLIENTE

Cliente : Encarnación Llana, Alexis Anthony
Tesis : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL
CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 AGREGANDO BIOPOLÍMERO LIGNINA,
LIMA 2022

2. FECHAS

Inicio : 02 de mayo de 2022
Fin : 12 de mayo de 2022
Emisión de informe : 13 de mayo de 2022

3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO

Temperatura : 20.5 °C
Humedad Relativa : 54 %

4. ENSAYO SOLICITADO Y METODOLOGÍA UTILIZADA

Ensayo solicitado : Extracción de lignina de Bagazo de caña
Método utilizado : Hidrólisis

5. DATOS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Código de Laboratorio	Producto/ Descripción
S-3797	Bagazo de Caña de Azúcar

6. RESULTADOS

6.1. Procedimiento de extracción de Lignina

- El bagazo de caña fue triturado, y posteriormente secado.
 - Se realizó una extracción con Hidróxido de Sodio a presión atmosférica.
 - Se partió de un peso de producto en una relación de 1:15 de producto con hidróxido de sodio 4% (p/V) con agitación constante a 500 rpm y a 80°C por 6 horas.
 - Posteriormente se retira el material insoluble y se realiza la precipitación de la lignina mediante la disminución de la solución hasta pH=2.0 con ácido sulfúrico.
 - Se realiza la filtración, se realiza el lavado del material insoluble
 - Se realiza el secado a 40°C por 5 horas.
- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
– Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

“FIN DEL DOCUMENTO”



DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

**ANEXO N°1:
IMÁGENES ASOCIADAS AL PROCESO DE EXTRACCIÓN**



Figura N°1: Extracción



Figura N°2: Precipitación



Figura N°3: Proceso de Secado




Figura N°4: Producto Final


DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

ANEXO 6

CERTIFICADOS DE LABORATORIO DE CONCRETO

	FORMULARIO	Código	---
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión	1
		Fecha	-
		Página	---

INFORME : JCH 22-068
SOLICITANTE : Encarnación Llana, Alexis Anthony - Moriano Almora, Marcos Esau
PROYECTO : Evaluación de las propiedades físico - mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ agregando biopolímero lignina, Lima 2022

UBICACIÓN : Lima
FECHA : Mayo del 2022
ASUNTO : Diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

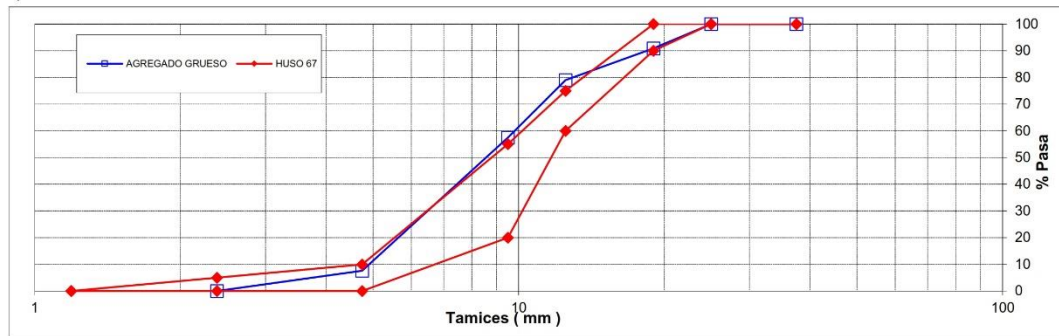
CARACTERISTICAS DEL AGREGADO GRUESO :

PIEDRA CHANCADA procedente de la cantera GLORIA
 Muestra proporcionada e identificada por el peticionario.

A) ANALISIS GRANULOMETRICO P. Total (gr) 9414

TAMIZ	gr.	%	% RET.	%	% PASA
(Pulg)	(mm)	PESOS	RET.	ACUM.	HUSO 67
2 1/2"	63				
2"	50				
1 1/2"	37,5		0,0	0,0	100,0
1"	25	0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19	856	9,1	9,1	90,9
1/2"	12,5	1118	11,9	21,0	79,0
3/8"	9,5	2027	21,5	42,5	57,5
N°4	4,75	4696	49,9	92,4	7,6
N°8	2,38	717,0	7,6	100,0	0,0
N°16	1,19				-
FONDO					

B) CURVA DE GRANULOMETRIA



C) PROPIEDAS FISICAS



Tamaño Nominal Máximo	3/4"
Módulo de Fineza	5,44
Peso Unitario Suelto (Kg/m³)	1.458
Peso Unitario Compactado (Kg/m³)	1.606
Peso Específico	2,72
Contenido de Humedad (%)	0,43
Porcentaje de Absorción (%)	0,65




Jean Chavez R
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto

FRANCISCO
 EN LOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193867

LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C RUC 20602256872 Av. Proceres de la Independencia 2236 - S.J.L. -

Lima - Perú

E-mail: lab.suelosjch@gmail.com Tel. 976331849 RPC

	FORMULARIO	Código	---
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión	1
Fecha		-	
Página		-	

INFORME JCH 22-068
SOLICITANTE : Encarnación Liana, Alexis Anthony - Moriano Almora, Marcos Esau
PROYECTO : Evaluación de las propiedades físico – mecánicas del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ agregando biopolímero lignina, Lima 2022
UBICACIÓN : Lima
FECHA : Mayo del 2022
ASUNTO : Diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

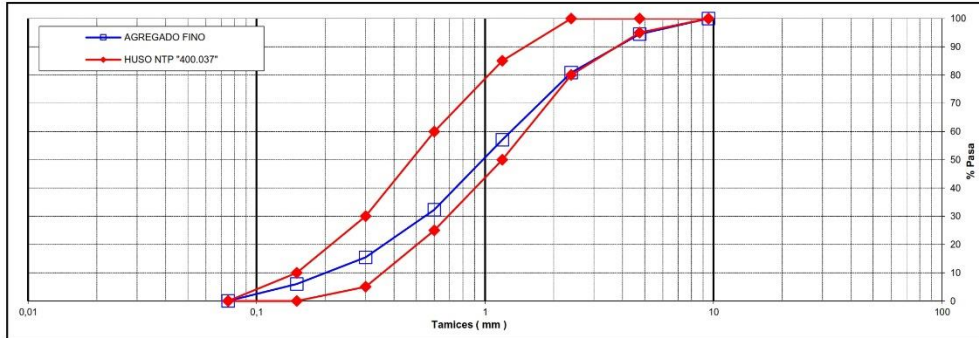
CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO FINO :

ARENA GRUESA procedente de la cantera Jicamarca
Muestra proporcionada e identificada por el peticionario.

A) ANALISIS GRANULOMETRICO P. Total (gr) 387,5

TAMIZ	gr.	%	% RET.	%	% PASA	
(Pulg)	(mm)	Pesos	RET.	ACUM.	HUSO NTP "400.037"	
1"	25					
3/4"	19					
1/2"	12,5					
3/8"	9,5		0,0	0,0	100,0	100 - 100
N°4	4,75	21,5	5,5	5,5	94,5	95 - 100
N°8	2,38	52,6	13,6	19,1	80,9	80 - 100
N°16	1,19	92,2	23,8	42,9	57,1	50 - 85
N°30	0,6	95,9	24,7	67,7	32,3	25 - 60
N°50	0,3	65,5	16,9	84,6	15,4	5 - 30
N°100	0,15	36,5	9,4	94,0	6,0	0 - 10
FONDO		23,3	6,0	100,0	0,0	0 - 0

B) CURVA DE GRANULOMETRIA



C) PROPIEDAS FISICAS

Módulo de Fineza	3,14
Peso Unitario Suelto (Kg/m³)	1.603
Peso Unitario Compactado (Kg/m³)	1.827
Peso Especifico	2,61
Contenido de Humedad (%)	1,61
Porcentaje de Absorción (%)	1,36




Jean Chavez R.
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto





AVILA FRANCISCO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C RUC 20602256872 Av. Proceres de la Independencia 2236 - S.J.L - Lima

- Perú

E-mail: lab.suelosjch@gmail.com Tel. 976331849 RPC

	FORMULARIO	Código : D-01
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : -

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM C566, NTP 339.185**

INFORME N° : JCH 22-068
SOLICITANTE : Encarnación Llana, Alexis Anthony - Moriano Almora, Marcos Esau
PROYECTO : Evaluación de las propiedades físico – mecánicas del concreto f'c = 210 kg/cm2 agregando biopolímero lignina, Lima 2022
UBICACIÓN : Lima
FECHA : Mayo del 2022

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : Mayo del 2022
Calicata : -
Muestra : -
Prof. (m) : - **Fecha de Recepción** : 18/04/22
Progresiva : - **Fecha de Ejecución** : 19/04/22
Coordenadas : -

Recipiente N°	ARENA	PIEDRA
Peso de suelo humedo + tara g	411,9	2812,2
Peso de suelo seco + tara g	406,2	2801,1
Peso de tara g	52,3	200,2
Peso de agua g	5,7	11,1
Peso de suelo seco g	353,9	2600,9
Contenido de agua %	1,61	0,43
Contenido de Humedad (%)	1,61	0,43

Observacion : El uso de esta información es exclusiva del solicitante
Realizado por Tec. J.Ch


Equipos Usados

Bal-TAJ4001-N°1
 Hor-01-jch


Jean Chavez R
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto




JAVIER FRANCISCO
 EN LCA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

	FORMULARIO	Código : C-08
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1 Fecha : - Página : 1 de 1

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO
ASTM C-128 - NTP 400.022 - MTC E-205

Informe : JCH 22-068
Solicitante : Encarnación Llana, Alexis Anthony - Moriano Almora, Marcos Esau
Proyecto : Evaluación de las propiedades físico - mecánicas del concreto $f_c = 210$ kg/cm² agregando biopolímero lignina, Lima 2022

Ubicación : Lima
Fecha : Mayo del 2022

Cantera : Jicamarca **Progresiva** : -
Calicata : - **Coordenad** : -
Muestra : ARENA GRUESA
Prof. (m.) : -

Muestra N°	1	2	3
Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en aire) (gr.)	500,0		
Peso de Frasco + H ₂ O (gr)	642,8		
Peso de Frasco + H ₂ O + A (gr)	1142,8		
Peso del mat. + H ₂ O en el frasco (gr)	954		
Vol. De Masa + Vol de Vacío=C-D	188,8		
Peso del mat. Seco en estufa (gr)	493,3		
Vol. De Masa=E-(A-F)	182,1		
P.e. BULK (BASE SECA)	2,613		
P.e. BULK (BASE SATURADA)	2,648		
P.e. APARENTE (BASE SECA)	2,709		
% DE ABSORCIÓN	1,36		


Nota. Muestra remitida e identificada por el Solicitante
Ejecución : Tec. R.TR

Equipos Usados
Cono-abs-PyS106
Bal-TAJ4001-N°1


Jean Chavez R
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto




JAVIER FRANCISCO ENLCA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

	FORMULARIO	Código : C-07
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1 Fecha : - Página : 1 de 1

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO
NORMA ASTM C-127 - NTP 400.021 - MTC E-206

N° INFORME : JCH 22-068
SOLICITANTE : Encarnación Liana, Alexis Anthony - Moriano Almora, Marcos Esau
PROYECTO : Evaluación de las propiedades físico - mecánicas del concreto $f'c = 210$ kg/cm² agregando biopolímero lignina, Lima 2022
UBICACIÓN : Lima
FECHA : Mayo del 2022

Calicata : - **Cantera** : Gloria
Muestra : PIEDRA CHANCADA **Progresiva** : -
Prof.(m) : - **Coordenadas** : -

Temperatura de Ensayo	23 °C			PROMEDIO
	1	2	3	
Muestra N°				
Peso mat. Sat. Superf. seca en aire (gr)	3251,0			
Peso mat. Sat. Superf. seca en agua (gr)	2062,0			
Volumen de masa + volumen de vacios (gr)	3568,0			
Peso de material seco (105°C) (gr)	3230,0			
Volumen de masa (gr)	1168,0			
Peso Bulk (base seca)	2,717			2,717
Peso Bulk (base saturada)	2,734			2,734
Peso aparente (base seca)	2,765			2,765
Porcentaje de absorción (%)	0,65			0,65


Observaciones :
Realizado : Téc. JCh

Equipos Usados
Can-LA-3925
Bal-R31P30-N°3


Jean Chavez R
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto




JAVIER FRANCISCO
 EN LCA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

	FORMULARIO	Código : C-10
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 2 Fecha : - Página : 1 de 1

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO
ASTM C-29 MTC E-203

Informe : JCH 22-068
Solicitante : Encarnación Llana, Alexis Anthony - Moriano Almora, Marcos Esau
Proyecto : Evaluación de las propiedades físico - mecánicas del concreto f'c = 210 kg/cm2 agregando biopolímero lignina, Lima 2022
Ubicación : Lima
Fecha : Mayo del 2022

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Cantera : Jicamarca
Calicata : -
Muestra : ARENA GRUESA
Prof. (m.) : -
Progresiva : -
Cordenadas : -

Peso Unitario Varillado (gr/cm³) : **1,827**
Peso Unitario Suelto (gr/cm³) : **1,603**
Peso del molde (gr) : 1070
Volumen molde (cm³) : 2875

	P.U.C. (gr)	Densidades (gr/cm ³)
Peso de Molde+Agregado (gr)	6312	1,823
Peso de Molde+Agregado (gr)	6330	1,830
Peso de Molde+Agregado (gr)	6325	1,828
	P.U.S. (gr)	Densidades (gr/cm ³)
Peso de Molde+Agregado (gr)	5680	1,603
Peso de Molde+Agregado (gr)	5660	1,597
Peso de Molde+Agregado (gr)	5694	1,608


Nota.- La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.
Ejecución : Tec. G.NR

Equipos Usados
Bal-R31P30-Nº6


Jean Chavez R.
Tec. Suelos, Asfalto y Concreto




JAVIER FRANCISCO
ENLCA CLAVIJO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 193667

	FORMULARIO	Código : C-10
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 2
		Fecha : -
		Página : 1 de 1

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO
ASTM C-29 MTC E-203

Informe : JCH 22-068
Solicitante : Encarnación Llana, Alexis Anthony - Moriano Almora, Marcos Esau
Proyecto : Evaluación de las propiedades físico - mecánicas del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ agregando biopolímero lignina, Lima 2022

Ubicación : Lima

Fecha : Mayo del 2022

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Cantera : Jicamarca	Progresiva : -
Calicata : -	Cordenadas : -
Muestra : ARENA GRUESA	
Prof. (m.) : -	

Peso Unitario Varillado (gr/cm^3)	: 1,829
Peso Unitario Suelto (gr/cm^3)	: 1,604
Peso del molde (gr)	: 1070
Volumen molde (cm^3)	: 2875

	P.U.C. (gr)	Densidades (gr/cm^3)
Peso de Molde+ Agregado (gr)	6330	1,830
Peso de Molde+ Agregado (gr)	6330	1,830
Peso de Molde+ Agregado (gr)	6325	1,828
	P.U.S. (gr)	Densidades (gr/cm^3)
Peso de Molde+ Agregado (gr)	5680	1,603
Peso de Molde+ Agregado (gr)	5670	1,600
Peso de Molde+ Agregado (gr)	5694	1,608


Nota.- La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.
Ejecución : Tec. G.NR

Equipos Usados
Bal-R31P30-Nº6


Jean Chavez R
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto




JAVIER FRANCISCO ENLCA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

 LABORATORIO GEOTECNICO	FORMATO	Código	CFE-10
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO	Versión	01
		Fecha	
		Página	1 de 1

Informe : JCH 22-068
Solicitante : Encarnación Llana, Alexis Anthony - Moriano Almora, Marcos Esau
Proyecto : Evaluación de las propiedades físico - mecánicas del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ agregando biopolímero lignina, Lima 2022
Ubicación : Lima **Fecha de ensayo** 7D 21/05/2022
Fecha : MAYO DEL 2022

Tipo de muestra : Concreto endurecido
 Presentación : Prismas de concreto endurecido
 F'c de diseño : 210 kg/cm2

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN ESPECIMÉN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD	b (cm)	h (cm)	L (cm)	Lo (cm)	UBICACIÓN DE FALLA	MÓDULO DE ROTURA
NATURAL 0%	14/05/2022	21/05/2022	7 días	15,0	15,0	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	25 kg/cm2
NATURAL 0%	14/05/2022	21/05/2022	7 días	15,0	15,1	51,2	45,0	TERCIO CENTRAL	24 kg/cm2
Lignina (1%)	14/05/2022	21/05/2022	7 días	15,2	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	24 kg/cm2
Lignina (1%)	14/05/2022	21/05/2022	7 días	15,0	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	25 kg/cm2
Lignina (1,5%)	14/05/2022	21/05/2022	7 días	15,0	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	24 kg/cm2
Lignina (1,5%)	14/05/2022	21/05/2022	7 días	15,0	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	24 kg/cm2
Lignina (2%)	14/05/2022	21/05/2022	7 días	15,1	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	23 kg/cm2
Lignina (2%)	14/05/2022	21/05/2022	7 días	15,1	15,1	50,5	45,0	TERCIO CENTRAL	23 kg/cm2


Equipos Usados
 Máquina de Compresión
 Ejecutado por : L.NR

OBSERVACIONES:
 * Muestras elaboradas y curadas por el solicitante.
 * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo


Jean Chavez R
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto




JAVIER FRANCISCO
 EN LCA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

	FORMATO	Código	CFE-10
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO	Versión	01
		Fecha	
		Página	1 de 1

Informe : JCH 22-068
Solicitante : Encarnación Llana, Alexis Anthony - Moriano Almora, Marcos Esau
Proyecto : Evaluación de las propiedades físico - mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ agregando biopolímero lignina, Lima 2022
Ubicación : Lima **Fecha de ensayo** 14d 28/05/2022
Fecha : MAYO DEL 2022
Tipo de muestra : Concreto endurecido
Presentación : Prismas de concreto endurecido
F'c de diseño : 210 kg/cm2

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN ESPECIMÉN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD	b (cm)	h (cm)	L (cm)	Lo (cm)	UBICACIÓN DE FALLA	MÓDULO DE ROTURA
NATURAL 0%	14/05/2022	28/05/2022	14 días	15,2	15,0	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	27 kg/cm2
NATURAL 0%	14/05/2022	28/05/2022	14 días	15,2	15,1	51,2	45,0	TERCIO CENTRAL	26 kg/cm2
Lignina (1%)	14/05/2022	28/05/2022	14 días	15,1	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	26 kg/cm2
Lignina (1%)	14/05/2022	28/05/2022	14 días	15,1	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	26 kg/cm2
Lignina (1,5%)	14/05/2022	28/05/2022	14 días	15,2	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	26 kg/cm2
Lignina (1,5%)	14/05/2022	28/05/2022	14 días	15,2	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	26 kg/cm2
Lignina (2%)	14/05/2022	28/05/2022	14 días	15,0	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	26 kg/cm2
Lignina (2%)	14/05/2022	28/05/2022	14 días	15,2	15,1	50,5	45,0	TERCIO CENTRAL	25 kg/cm2


Equipos Usados
 Máquina de Compresión
 Ejecutado por: L.NR

OBSERVACIONES:
 * Muestras elaboradas y curadas por el solicitante.
 * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo


Jean Chavez R
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto




JAVIER FRANCISCO
 EN L.O.A CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

 LABORATORIO GEOTECNICO	FORMATO	Código	CFE-10
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO	Versión	01
		Fecha	
		Página	1 de 1

Informe : JCH 22-068
Solicitante : Encarnación Llana, Alexis Anthony - Moriano Almora, Marcos Esau
Proyecto : Evaluación de las propiedades físico - mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ agregando biopolímero lignina, Lima 2022
Ubicación : Lima **Fecha de ensayo** 28d 11/06/2022
Fecha : MAYO DEL 2022

Tipo de muestra : Concreto endurecido
 Presentación : Prismas de concreto endurecido
 F'c de diseño : 210 kg/cm2

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN ESPECIMÉN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD	b (cm)	h (cm)	L (cm)	Lo (cm)	UBICACIÓN DE FALLA	MÓDULO DE ROTURA
NATURAL 0%	14/05/2022	11/06/2022	28 días	15,1	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	30 kg/cm2
NATURAL 0%	14/05/2022	11/06/2022	28 días	15,2	15,2	51,2	45,0	TERCIO CENTRAL	30 kg/cm2
Lignina (1%)	14/05/2022	11/06/2022	28 días	15,0	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	30 kg/cm2
Lignina (1%)	14/05/2022	11/06/2022	28 días	15,0	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	29 kg/cm2
Lignina (1,5%)	14/05/2022	11/06/2022	28 días	15,2	15,2	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	28 kg/cm2
Lignina (1,5%)	14/05/2022	11/06/2022	28 días	15,0	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	29 kg/cm2
Lignina (2%)	14/05/2022	28/05/2022	28 días	15,2	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	28 kg/cm2
Lignina (2%)	14/05/2022	28/05/2022	28 días	15,2	15,1	50,5	45,0	TERCIO CENTRAL	28 kg/cm2


Equipos Usados
 Máquina de Compresión
 Ejecutado por : L.NR

OBSERVACIONES:
 * Muestras elaboradas y curadas por el solicitante.
 * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo


Jean Chavez R
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto




JAVIER FRANCISCO
 EN LCA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

	REGISTRO	Código : CFE-01 Revisión : 1
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Página : 1 de 1

**MÉTODO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO ENDURECIDO
NTP 339.034-11 / ASTM C39-07**

INFORME JCH 22-068
Solicitante Encarnación Llana, Alexis Anthony - Moriano Almora, Marcos Esau
Proyecto Evaluación de las propiedades físico - mecánicas del concreto f'c = 210 kg/cm2 agregando biopolímero lignina, Lima 2022
Ubicación Lima

Fecha Rotura (7D) 21/05/2022
Fecha Rotura (14D) 28/05/2022
Fecha Rotura (28D) 11/06/2022

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	EDAD días	DIÁMETRO mm	FUERZA MÁXIMA KN	ÁREA cm2	ESFUERZO kg/cm2	TIPO FALLA
Natural (0%)	14/05/2022	7	101,8	183,78	81,39	230	2
Natural (0%)	14/05/2022	7	102,1	174,63	81,87	217	1
Natural (0%)	14/05/2022	7	100,4	188,98	79,17	243	2
Lignina (1%)	14/05/2022	7	101,0	153,95	80,12	196	3
Lignina (1%)	14/05/2022	7	103,2	152,45	83,57	186	2
Lignina (1%)	14/05/2022	7	102,7	154,93	82,84	191	3
Lignina (1,5%)	14/05/2022	7	101,6	142,40	81,07	179	2
Lignina (1,5%)	14/05/2022	7	102,2	147,97	82,03	184	2
Lignina (1,5%)	14/05/2022	7	100,6	140,72	79,49	180	2
Lignina (2%)	14/05/2022	7	100,5	145,66	79,25	187	2
Lignina (2%)	14/05/2022	7	101,8	151,35	81,39	190	2
Lignina (2%)	14/05/2022	7	101,1	144,93	80,20	184	2
Natural (0%)	14/05/2022	14	101,1	195,50	80,28	248	2
Natural (0%)	14/05/2022	14	101,2	199,90	80,36	254	3
Natural (0%)	14/05/2022	14	100,7	196,30	79,64	251	5
Lignina (1%)	14/05/2022	14	101,5	188,80	80,91	238	2
Lignina (1%)	14/05/2022	14	101,2	186,60	80,36	237	2
Lignina (1%)	14/05/2022	14	100,9	182,20	79,88	233	2
Lignina (1,5%)	14/05/2022	14	101,2	172,50	80,44	219	1
Lignina (1,5%)	14/05/2022	14	101,1	175,50	80,20	223	2
Lignina (1,5%)	14/05/2022	14	101,7	180,00	81,15	226	1
Lignina (2%)	14/05/2022	14	101,3	165,00	80,52	209	2
Lignina (2%)	14/05/2022	14	101,1	166,60	80,28	212	2
Lignina (2%)	14/05/2022	14	100,8	169,90	79,72	217	2
Natural (0%)	14/05/2022	28	100,8	218,09	79,80	279	2
Natural (0%)	14/05/2022	28	101,6	211,50	81,07	266	2
Natural (0%)	14/05/2022	28	101,3	228,35	80,60	289	2
Lignina (1%)	14/05/2022	28	101,0	209,20	80,04	266	3
Lignina (1%)	14/05/2022	28	101,4	204,30	80,75	258	2
Lignina (1%)	14/05/2022	28	102,3	208,80	82,11	259	1
Lignina (1,5%)	14/05/2022	28	102,2	196,30	81,95	244	2
Lignina (1,5%)	14/05/2022	28	101,6	199,30	81,07	251	3
Lignina (1,5%)	14/05/2022	28	101,5	201,90	80,91	254	4
Lignina (2%)	14/05/2022	28	101,5	191,28	80,91	241	2
Lignina (2%)	14/05/2022	28	101,2	205,45	80,44	260	1
Lignina (2%)	14/05/2022	28	101,5	190,36	80,83	240	1

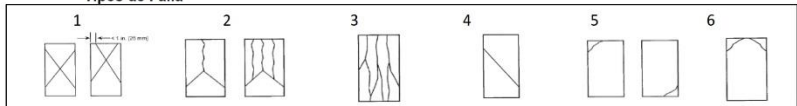


Chavez
Jean Chavez R.
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto




- Consideraciones :**
- No se observaron fallas atípicas en las roturas
 - Las probetas fueron remodeladas por el solicitante
 - El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de Neopreno

Tipos de Falla



Javier
JAVIER FRANCISCO
 DE LOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193867

	INFORME	Código	CF-16
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL - METODO BRASILEIRO	Versión	01
		Fecha	
		Página	1 de 1

Informe	JCH 22-068
Solicitante	Encarnación Llana, Alexis Anthony - Moriano Almora, Marcos Esau
Proyecto	Evaluación de las propiedades físico – mecánicas del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ agregando biopolímero lignina, Lima 2022
Ubicación	Lima
Fecha	MAYO DEL 2022
Tipo de muestra	: Concreto endurecido
Presentación	: Especímenes cilíndricos 4" x 8"
F'c de diseño	: 210 kg/cm2

**Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens
ASTM C496/C496M-17**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	LONGITUD (cm)	DIAMETRO (cm)	FUERZA MÁXIMA (kg)	FUERZA MÁXIMA (KN)	TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL
Natural 0%	14/05/2022	21/05/2022	7 días	20,4	9,8	7452	73,11	23,7 kg/cm2
Natural 0%	14/05/2022	21/05/2022	7 días	20,2	10,1	7196	70,60	22,5 kg/cm2
Natural 0%	14/05/2022	21/05/2022	7 días	20,5	10,1	7074	69,40	21,8 kg/cm2
Lignina (1%)	14/05/2022	21/05/2022	7 días	20,5	10,0	6503	63,80	20,2 kg/cm2
Lignina (1%)	14/05/2022	21/05/2022	7 días	20,2	10,1	6913	67,82	21,6 kg/cm2
Lignina (1%)	14/05/2022	21/05/2022	7 días	20,1	10,2	7390	72,50	22,9 kg/cm2
Lignina (1,5%)	14/05/2022	21/05/2022	7 días	20,4	10,0	6778	66,50	21,2 kg/cm2
Lignina (1,5%)	14/05/2022	21/05/2022	7 días	20,2	10,2	6636	65,10	20,5 kg/cm2
Lignina (1,5%)	14/05/2022	21/05/2022	7 días	20,4	10,1	6748	66,20	20,8 kg/cm2
Lignina (2%)	14/05/2022	21/05/2022	7 días	20,5	10,0	6340	62,20	19,7 kg/cm2
Lignina (2%)	14/05/2022	21/05/2022	7 días	20,4	10,0	6619	64,94	20,7 kg/cm2
Lignina (2%)	14/05/2022	21/05/2022	7 días	20,5	10,0	6427	63,05	20,0 kg/cm2

OBSERVACIONES:


- * Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo

Equipos Usados
Prensa Uniaxial
Pie de rey


Jean Chavez R
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto




JAVIER FRANCISCO
 EN LCA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

	INFORME	Código	CF-16
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL - METODO BRASILEIRO	Versión	01
		Fecha	
		Página	1 de 1

Informe	JCH 22-068
Solicitante	Encarnación Llana, Alexis Anthony - Moriano Almora, Marcos Esau
Proyecto	Evaluación de las propiedades físico – mecánicas del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ agregando biopolímero lignina, Lima 2022
Ubicación	Lima
Fecha	MAYO DEL 2022
Tipo de muestra	: Concreto endurecido
Presentación	: Especímenes cilíndricos 4" x 8"
F'c de diseño	: 210 kg/cm2

**Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens
ASTM C496/C496M-17**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	LONGITUD (cm)	DIAMETRO (cm)	FUERZA MÁXIMA (kg)	FUERZA MÁXIMA (KN)	TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL
Natural 0%	14/05/2022	28/05/2022	14 días	20,2	10,2	9000	88,30	27,8 kg/cm2
Natural 0%	14/05/2022	28/05/2022	14 días	20,3	10,15	9062	88,90	28,0 kg/cm2
Natural 0%	14/05/2022	28/05/2022	14 días	20,4	10,12	8848	86,80	27,3 kg/cm2
Lignina (1%)	14/05/2022	28/05/2022	14 días	20,5	10,1	8267	81,30	25,5 kg/cm2
Lignina (1%)	14/05/2022	28/05/2022	14 días	20,3	10,05	8491	83,30	26,5 kg/cm2
Lignina (1%)	14/05/2022	28/05/2022	14 días	20,2	10,06	8389	82,30	26,3 kg/cm2
Lignina (1,5%)	14/05/2022	28/05/2022	14 días	20,4	10,1	8175	80,20	25,3 kg/cm2
Lignina (1,5%)	14/05/2022	28/05/2022	14 días	20,6	10,02	8032	78,80	24,8 kg/cm2
Lignina (1,5%)	14/05/2022	28/05/2022	14 días	20,3	10,01	8144	79,90	25,5 kg/cm2
Lignina (2%)	14/05/2022	28/05/2022	14 días	20,1	10,0	7736	75,90	24,5 kg/cm2
Lignina (2%)	14/05/2022	28/05/2022	14 días	20,2	10,0	7940	77,90	24,9 kg/cm2
Lignina (2%)	14/05/2022	28/05/2022	14 días	20,3	10,0	7645	75,00	24,0 kg/cm2

OBSERVACIONES:


- * Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo

Equipos Usados
Prensa Uniaxial
Pie de rey


Jean Chavez R
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto




JAVIER FRANCISCO
 EN LCA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

	INFORME	Código	CF-16
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL - METODO BRASILEIRO	Versión	01
		Fecha	
		Página	1 de 1

Informe	JCH 22-068
Solicitante	Encarnación Llana, Alexis Anthony - Moriano Almora, Marcos Esau
Proyecto	Evaluación de las propiedades físico - mecánicas del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ agregando biopolímero lignina, Lima 2022
Ubicación	Lima
Fecha	MAYO DEL 2022
Tipo de muestra	: Concreto endurecido
Presentación	: Especímenes cilíndricos 4" x 8"
F'c de diseño	: 210 kg/cm ²

**Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens
ASTM C496/C496M-17**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	LONGITUD (cm)	DIAMETRO (cm)	FUERZA MÁXIMA (kg)	FUERZA MÁXIMA (KN)	TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL
Natural 0%	14/05/2022	11/06/2022	28 días	20,3	10,1	10063	98,72	31,2 kg/cm ²
Natural 0%	14/05/2022	11/06/2022	28 días	20,5	10,2	10419	102,22	31,7 kg/cm ²
Natural 0%	14/05/2022	11/06/2022	28 días	20,3	10,1	10081	98,90	31,3 kg/cm ²
Lignina (1%)	14/05/2022	11/06/2022	28 días	20,2	10,2	9846	96,60	30,6 kg/cm ²
Lignina (1%)	14/05/2022	11/06/2022	28 días	20,4	10,12	9704	95,20	29,9 kg/cm ²
Lignina (1%)	14/05/2022	11/06/2022	28 días	20,4	10,15	9704	95,20	29,8 kg/cm ²
Lignina (1,5%)	14/05/2022	11/06/2022	28 días	20,3	10,0	9398	92,20	29,4 kg/cm ²
Lignina (1,5%)	14/05/2022	11/06/2022	28 días	20,5	10,05	9327	91,50	28,8 kg/cm ²
Lignina (1,5%)	14/05/2022	11/06/2022	28 días	20,3	10,11	9510	93,30	29,5 kg/cm ²
Lignina (2%)	14/05/2022	11/06/2022	28 días	20,5	10,1	9051	88,80	27,7 kg/cm ²
Lignina (2%)	14/05/2022	11/06/2022	28 días	20,4	10,1	9204	90,30	28,4 kg/cm ²
Lignina (2%)	14/05/2022	11/06/2022	28 días	20,4	10,1	9306	91,30	28,9 kg/cm ²

OBSERVACIONES:

- * Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo

Equipos Usados
Prensa Uniaxial
Pie de rey


Jean Chavez R
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto




JAVIER FRANCISCO ENLCA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-344-2022

Página: 1 de 3

Expediente : 091-2022
Fecha de Emisión : 2022-05-23

1. **Solicitante** : LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.

Dirección : AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO.
2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE
LURIGANCHO - LIMA

2. **Instrumento de Medición** : **BALANZA**

Marca : **OHAUS**

Modelo : **TAJ4001**

Número de Serie : **8338110064**

Alcance de Indicación : **4 000 g**

División de Escala de Verificación (e) : **0,1 g**

División de Escala Real (d) : **0,1 g**

Procedencia : **CHINA**

Identificación : **BAL-001**

Tipo : **ELECTRÓNICA**

Ubicación : **LABORATORIO**

Fecha de Calibración : **2022-05-21**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.
AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA



PT-06,F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-344-2022

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	21,0	21,2
Humedad Relativa	63,8	64,8

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE21-C-0084-2021

7. Observaciones

(*) La balanza se calibró hasta una capacidad de 4 000,0 g
 Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 3 998,8 g para una carga de 4 000,0 g
 El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.
 Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009, Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.
 Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
 Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Temp. (°C)					
	Inicial			Final		
	21,2			21,0		
	Carga L1= 2 000,00 g			Carga L2= 4 000,00 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	2 000,0	0,08	-0,03	4 000,1	0,05	0,10
2	2 000,0	0,05	0,00	4 000,0	0,09	-0,04
3	2 000,0	0,09	-0,04	4 000,0	0,06	-0,01
4	2 000,0	0,06	-0,01	4 000,0	0,08	-0,03
5	2 000,0	0,08	-0,03	4 000,0	0,05	0,00
6	2 000,0	0,05	0,00	4 000,0	0,09	-0,04
7	2 000,0	0,09	-0,04	4 000,0	0,06	-0,01
8	2 000,0	0,06	-0,01	4 000,0	0,08	-0,03
9	2 000,0	0,08	-0,03	4 000,0	0,05	0,00
10	2 000,0	0,05	0,00	4 000,0	0,09	-0,04
Diferencia Máxima				0,14		
Error máximo permitido ±	0,3 g			± 0,3 g		



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-331-2022

Página: 1 de 3

Expediente : 091-2022
Fecha de Emisión : 2022-05-18

1. Solicitante : LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.

Dirección : AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO.
2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE
LURIGANCHO - LIMA

2. Instrumento de Medición : **BALANZA**

Marca : **OHAUS**

Modelo : **R31P30**

Número de Serie : **8338210058**

Alcance de Indicación : **30 000 g**

División de Escala de Verificación (e) : **1 g**

División de Escala Real (d) : **1 g**

Procedencia : **CHINA**

Identificación : **BAL-003**

Tipo : **ELECTRÓNICA**

Ubicación : **LABORATORIO**

Fecha de Calibración : **2022-05-16**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarán las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Método de Calibración

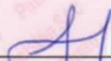
La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.
AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02


Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-331-2022

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	23,0	23,1
Humedad Relativa	64,4	64,4

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE21-C-0084-2021
	Pesa (exactitud F1)	LM-C-018-2022
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0055-2022
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0056-2022

7. Observaciones

(*) La balanza se calibró hasta una capacidad de 30 000 g
 Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 29 984 g para una carga de 30 000 g
 El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.
 Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.
 Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
 Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

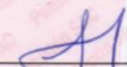
INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 15 000,0 g			Carga L2= 30 000,0 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	15 000	0,7	-0,2	30 000	0,6	-0,1
2	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,8	-0,3
3	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,9	-0,4
4	15 000	0,7	-0,2	30 000	0,8	-0,3
5	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,7	-0,2
6	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,9	-0,4
7	15 000	0,9	-0,4	30 000	0,8	-0,3
8	15 000	0,7	-0,2	30 000	0,9	-0,4
9	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,8	-0,3
10	15 000	0,9	-0,4	30 000	0,7	-0,2
Diferencia Máxima			0,3	0,3		
Error máximo permitido ±			2 g	± 3 g		



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

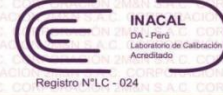

 Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
 PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 024



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

158-CT-T-2022

Área de Metrología

Página 1 de 7

Expediente : 538-05-2022

Solicitante : LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.

Dirección : Av. Próceres de la Independencia Nro. 2236 Apv. San Hilarion
Lima - San Juan de Lurigancho - Lima - Perú

Equipo : HORNO

Marca : A&A INSTRUMENTS

Modelo : STHX-2A

Serie : 190546

Identificación : HOR-002 (*)

Ubicación : Área de Químicos

Procedencia : No indica

Tipo de Ventilación : Natural

Nro. de Niveles : 2

Alcance del Equipo : 50 °C a 300 °C

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del equipo o reglamentaciones vigentes.

Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad

CORPORACIÓN 2M & N S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este equipo, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Características Técnicas del Controlador del Medio Isotermo

Descripción	TERMÓMETRO CONTROLADOR
Marca / Modelo	AutComp / TCD
Alcance de indicación	50 °C a 300 °C
Resolución	0,1 °C
Tipo	Digital
Identificación	No indica

Fecha de Calibración : 2022-05-24

Lugar de Calibración : Instalaciones de LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.
Av. Próceres de la Independencia Nro. 2236 Apv. San Hilarion Lima - San Juan de Lurigancho - Lima - Perú

Método utilizado: : Por comparación directa siguiendo el procedimiento, PC-018-"Procedimiento de Calibración o Caracterización de Medios Isotermos con aire como medio termostático" SNM-INDECOPI (Segunda Edición) - Junio 2009.



2022-05-26

Fecha de emisión

ALVAREZ NAVARRO ANGEL
GUSTAVO
CORPORACION 2M N.S.A.C.
JEFE DE METROLOGIA LAB.01
metrologia@2myn.com
Fecha: 26/05/2022 13:21
Firmado con www.tocapu.pe

VELASCO NAVARRO MIRIAN
ARACELI
CORPORACION 2M N.S.A.C.
GERENTE GENERAL
logistica@2myn.com
Fecha: 27/05/2022 00:00
Firmado con www.tocapu.pe

Cód. de Servicio: 01719-A

Cód. FT-T-03 Rev. 03

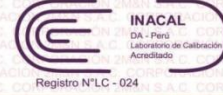
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.

Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rimac - Lima - Perú | Telf.: (01) 381-6230 RPC: 989-645-623 / 961-505-209

Página web: www.2myn.com | Correos: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 024



Certificado de Calibración 158-CT-T-2022
Página 2 de 7

Condiciones ambientales:

	Inicial	Final
Temperatura °C	18,8	19,5
Humedad Relativa %/hr	72	69

Patrones de referencia:

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad metrológica a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de Referencia CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.	Termómetro Multicanal digital con doce termopares Tipo K con incertidumbres del orden desde 0,10 °C hasta 0,2 °C.	104-CT-T-2022
Patrones de Referencia a TSG	Termohigrómetro Digital con incertidumbre de $U = 0,23 \text{ °C} / 1,7 \text{ %hr}$	THR21 321
Patrones de Referencia a ELICROM	Cronómetro Digital con exactitud 0,0010 % y incertidumbres de $U = 0,58$	CCP-0899-001-21
Patrones de Referencia a METROIL	Cinta Métrica Clase II de 0 m a 5m con resolución de 1 mm y con incertidumbre de $U = 0,9 \text{ mm}$	L-0801-2021

Observaciones:

- (*) Código indicado en una etiqueta adherida al equipo.
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva, indicando el código de servicio N° 01719-A y la fecha de calibración.
- Los resultados obtenidos corresponden al promedio de 31 lecturas por punto de medición considerado, luego del tiempo de estabilización.
- Las lecturas se iniciaron luego de un tiempo de pre-calentamiento y estabilización de 3 h 10 min
- La calibración se realizó con 50% de la carga típica .
- El tipo de carga que se empleó fueron envases con muestras
- El esquema de distribución y posición de los termopares en los puntos de medición se muestra en la página 7
- Las Temperaturas convencionalmente verdaderas mostradas en los resultados de medición son las de la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (International Temperature Scale ITS-90)
- Para la temperatura de trabajo 60 °C ± 5 °C**
Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha , el medio isoterma **CUMPLE** con los límites especificados de temperatura .
Se programó el controlador de temperatura en 60 °C para la temperatura de trabajo
El promedio de temperatura durante la medición fue 61,56 °C
La máxima temperatura detectada fue 63,01 °C y la mínima temperatura detectada fue 60,80 °C
- Para la temperatura de trabajo 110 °C ± 5 °C**
Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha , el medio isoterma **CUMPLE** con los límites especificados de temperatura .
Se programó el controlador de temperatura en 110 °C para la temperatura de trabajo
El promedio de temperatura durante la medición fue 110,21 °C
La máxima temperatura detectada fue 111,48 °C y la mínima temperatura detectada fue 108,75 °C

Cód. de Servicio: 01719-A

Cód. FT-T-03 Rev. 03

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.

Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rimac - Lima - Perú | Telf.: (01) 381-6230 RPC: 989-645-623 / 961-505-209

Página web: www.2myn.com | Correos: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 363 - 2022

Página : 1 de 2

Expediente : 091-2022
Fecha de emisión : 2022-05-17

1. Solicitante : LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.

Dirección : AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV.
SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA

2. Descripción del Equipo : MÁQUINA DE ENSAYO UNIAxIAL

Marca de Prensa : G&L LABORATORIO
Modelo de Prensa : STYE-2000
Serie de Prensa : 170251
Capacidad de Prensa : 2000 kN
Código de Identificación : SPE-007

Marca de indicador : MC
Modelo de Indicador : LM-02
Serie de Indicador : NO INDICA

Bomba Hidraulica : ELÉCTRICA

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicado ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración

AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV, SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA
16 - MAYO - 2022

4. Método de Calibración

La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4 .

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCERS	INF-LE 106-2021	UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
INDICADOR	AEP TRANSDUCERS		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	19,8	19,8
Humedad %	63	63

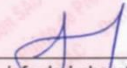
7. Resultados de la Medición

Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 363 - 2022

Página : 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kN	SERIES DE VERIFICACIÓN (kN)				PROMEDIO "B" kN	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
100	100,283	100,479	-0,28	-0,48	100,381	-0,38	-0,20
200	201,959	200,900	-0,98	-0,45	201,430	-0,71	0,53
300	301,654	302,007	-0,55	-0,67	301,831	-0,61	-0,12
400	401,937	401,074	-0,48	-0,27	401,506	-0,38	0,22
500	504,731	504,790	-0,95	-0,96	504,761	-0,94	-0,01
600	605,936	605,054	-0,99	-0,84	605,495	-0,91	0,15
700	704,788	704,984	-0,68	-0,71	704,886	-0,69	-0,03

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100$$

$$Rp = \text{Error}(2) - \text{Error}(1)$$
- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %
- Coefficiente Correlación : $R^2 = 1$

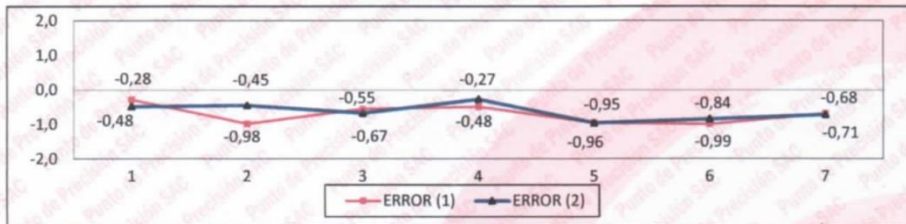
Ecuación de ajuste : $y = 0,9913x + 0,6127$

Donde: x : Lectura de la pantalla
y : Fuerza promedio (kN)

GRÁFICO N° 1



GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.