



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO
F'C = 210 KG/CM2 ADICIONANDO BIOPOLÍMERO LIGNINA, PARA OBRAS
DE CONSTRUCCIÓN**

**Línea de investigación:
Construcción sostenible**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Palomino Arias, Jeziel

Asesor:

Ramos Flores, Miguel Angel

Codigo ORCID 0000-0001-7063-6352

Jurado:

Romero Ríos, David

Arévalo Vidal, Samir

Madrid Saldaña, César Karlo

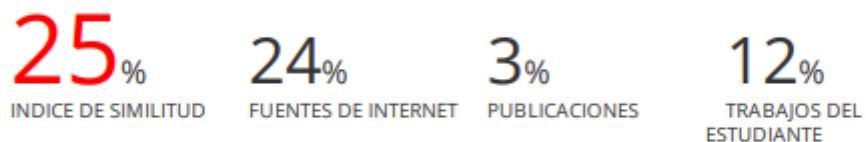
Lima - Perú

2023



EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 ADICIONANDO BIOPOLÍMERO LIGNINA, PARA OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	13%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	3%
4	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	www.mincetur.gob.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	docplayer.es Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.uct.edu.pe Fuente de Internet	<1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS
DEL CONCRETO $F'C = 210 \text{ KG/CM}^2$ ADICIONANDO
BIOPOLÍMERO LIGNINA, PARA OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

Línea de investigación:
Construcción sostenible

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor

Palomino Arias, Jeziel

Asesor

Ramos Flores, Miguel Angel
ORCID: 0000-0001-7063-6352

Jurado

Romero Ríos, David
Arévalo Vidal, Samir
Madrid Saldaña, César Karlo

Lima – Perú
2023

Dedicatoria

En primer lugar, se lo dedico a Dios por guiarme y darme la fortaleza en cada paso dado en mi vida profesional.

A mis madres Asunción, Orlinda y María, por forjar en mí el carácter y perseverancia para cumplir mis sueños.

A mi padre, Luis, por siempre ser mi soporte cuando más lo necesitaba. A mis hermanos Estevenson, Richard, Greyss, Joel, Caleb y Ana, que siempre me motivan a ser cada día mejor.

A mi alma mater por otorgarme los conocimientos y poder culminar satisfactoriamente la etapa universitaria.

Y a toda mi familia que es lo mejor y más valioso que Dios me ha dado.

Agradecimiento

Agradezco primeramente a Dios por ser mi fiel amigo, consejero, y ayudador en todo este proceso para alcanzar mis objetivos.

A mi alma mater Universidad Nacional Federico Villarreal, que se volvió mi segundo hogar, que me ha permitido ser parte de sus aulas, compartiendo alegrías, anhelos, con esfuerzo, perseverancia, dedicación y sacrificios.

Con mucha estima agradezco a mis docentes que han sido parte de mi etapa universitaria, brindándome sus conocimientos y dedicación, guiándome siempre a ser mejor persona en lo personal y profesional.

Al Dr. Miguel Ángel Ramos Flores, que ha sido mi asesor de tesis, por acompañarme y ayudarme en este proceso para la obtención del Título de Ingeniero Civil.

Índice

Resumen.....	xi
Abstract.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Descripción y formulación del problema.....	13
1.2. Antecedentes.....	15
1.3. Objetivos.....	23
1.4. Justificación.....	23
1.5. Hipótesis.....	24
II. MARCO TEÓRICO.....	25
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación.....	25
III. METODOLOGÍA.....	37
3.1. Tipo de investigación.....	37
3.2. Ámbito temporal y espacial.....	38
3.3. Variables.....	38
3.4. Población y muestra.....	39
3.5. Instrumentos.....	42
3.6. Procedimientos.....	43
3.7. Análisis de datos.....	47
3.8. Consideraciones éticas.....	48

IV. RESULTADOS	49
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	118
VI. CONCLUSIONES	121
VII. RECOMENDACIONES	122
REFERENCIAS.....	123
ANEXOS	127

Índice de tablas

Tabla 1 f'cr considerando la desviación estándar.	31
Tabla 2 f'cr sin considerar la desviación estándar.	31
Tabla 3 Grupos establecidos según proporción de lignina.	39
Tabla 4 Compresión, fecha de ensayo y cantidad.	40
Tabla 5 Tracción, fecha de ensayo y cantidad.	40
Tabla 6 Flexión, fecha de ensayo y cantidad.	41
Tabla 7 Agregado fino, resultados de la granulometría.	51
Tabla 8 Agregado grueso, resultados de la granulometría.	52
Tabla 9 Agregado grueso, humedad.	55
Tabla 10 Agregado fino, humedad.	55
Tabla 11 Agregado fino, PUS.	56
Tabla 12 Agregado fino, PUC.	57
Tabla 13 Agregado grueso, PUS.	57
Tabla 14 Agregado grueso, PUC.	58
Tabla 15 Agregado fino, PE y absorción.	59
Tabla 16 Agregado grueso P.E y absorción.	61
Tabla 17 Datos de los insumos para elaborar el concreto.	62
Tabla 18 Dosificación sin considerar la humedad de los agregados.	63
Tabla 19 Dosificación considerando la humedad de los agregados.	64
Tabla 20 Resultados del asentamiento (slump).	64
Tabla 21 Resistencia a compresión, a los 7 días.	69
Tabla 22 Resistencia a compresión, en porcentaje a los 7 días.	71

Tabla 23	Resistencia a compresión, a los 14 días.	73
Tabla 24	Resistencia a compresión, en porcentaje a los 14 días.....	75
Tabla 25	Resistencia a compresión, a los 28 días.	77
Tabla 26	Resistencia a compresión, en porcentaje a los 28 días.....	79
Tabla 27	Resistencia a tracción, a los 7 días.	82
Tabla 28	Resistencia a tracción, en porcentaje a los 7 días.	84
Tabla 29	Resistencia a tracción, a los 14 días.....	86
Tabla 30	Resistencia a tracción, en porcentaje a los 14 días.	88
Tabla 31	Resistencia a tracción, a los 28 días.....	90
Tabla 32	Resistencia a tracción, en porcentaje a los 28 días.	92
Tabla 33	Resistencia de flexión, a los 7 días.	95
Tabla 34	Resistencia de flexión, en porcentaje a los 7 días.....	97
Tabla 35	Resistencia de flexión, a los 14 días.	99
Tabla 36	Resistencia de flexión, en porcentaje a los 14 días.....	101
Tabla 37	Resistencia de flexión, a los 28 días.	103
Tabla 38	Resistencia de flexión, en porcentaje a los 28 días.....	105
Tabla 39	Pruebas de normalidad, compresión.	107
Tabla 40	ANOVA, compresión.	107
Tabla 41	Comparaciones múltiples, compresión.	108
Tabla 42	Pruebas de normalidad, tracción.	110
Tabla 43	ANOVA, tracción.	111
Tabla 44	Comparaciones múltiples, tracción.....	112
Tabla 45	Pruebas de normalidad, flexión.....	114

Tabla 46 ANOVA, flexión.....	115
Tabla 47 Comparaciones múltiples, flexión.	115

Índice de figuras

Figura 1 Cono de Abrams y sus dimensiones.....	28
Figura 2 Procedimiento de la medida del Slump.	29
Figura 3 Ensayo a compresión.....	30
Figura 4 Ensayo a tracción.....	32
Figura 5 Ensayo a flexión.	33
Figura 6 Monómeros de lignina y sus correspondientes unidades estructurales	35
Figura 7 Biopolímero lignina, métodos de extracción.....	36
Figura 8 Bagazo de caña de azúcar.....	43
Figura 9 Lignina del bagazo de caña de azúcar (LBC).....	44
Figura 10 LBC (izquierda), LSS (derecha).....	45
Figura 11 Agregados grueso y fino.....	45
Figura 12 Probetas cilíndricas y vigas en los moldes.	46
Figura 13 Procedimiento.....	47
Figura 14 Agregado fino, granulometría.	50
Figura 15 Agregado fino, curva que forma la granulometría.	51
Figura 16 Agregado grueso, granulometría.	52
Figura 17 Agregado grueso, curva que forma la granulometría.	54
Figura 18 Agregado fino, cono de arena.....	59
Figura 19 Agregado grueso, proceso de pesar la muestra en agua.	60
Figura 20 Slump, según el porcentaje y tipo de lignina.....	66
Figura 21 Midiendo el slump.....	67
Figura 22 Ensayo a compresión.....	68

Figura 23 Resistencia a compresión, a los 7 días.	70
Figura 24 Resistencia a compresión, en porcentaje a los 7 días.	72
Figura 25 Resistencia a compresión, a los 14 días.	74
Figura 26 Resistencia a compresión, en porcentaje a los 14 días.	76
Figura 27 Resistencia a compresión, a los 28 días.	78
Figura 28 Resistencia a compresión, en porcentaje a los 28 días.	80
Figura 29 Ensayo a tracción.....	81
Figura 30 Resistencia a tracción, a los 7 días.	83
Figura 31 Resistencia a tracción, en porcentaje a los 7 días.....	85
Figura 32 Resistencia a tracción, a los 14 días.	87
Figura 33 Resistencia a tracción, en porcentaje a los 14 días.....	89
Figura 34 Resistencia a tracción, a los 28 días.	91
Figura 35 Resistencia a tracción, en porcentaje a los 28 días.....	93
Figura 36 Ensayo a flexión.	94
Figura 37 Resistencia a flexión, a los 7 días.....	96
Figura 38 Resistencia a flexión, en porcentaje a los 7 días.	98
Figura 39 Resistencia a flexión, a los 14 días.....	100
Figura 40 Resistencia a flexión, en porcentaje a los 14 días.	102
Figura 41 Resistencia a flexión, a los 28 días.....	104
Figura 42 Resistencia a flexión, en porcentaje a los 28 días.	106

Resumen

En la presente investigación se consideró como objetivo general a desarrollar, evaluar las propiedades físico - mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ al adicionar biopolímero lignina, para obras de construcción. Asimismo, como objetivos específicos, determinar la resistencia a compresión, tracción y flexión del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ al adicionar biopolímero lignina, para obras de construcción. Además, el presente estudio es de tipo aplicada, y de diseño metodológico cuasiexperimental, puesto que, se ensayó 90 probetas cilíndricas y 30 vigas con proporciones de lignina (LBC y LSS) previamente definidas. Las conclusiones a las cuales se llegó indican que, al respecto de las propiedades físicas como la trabajabilidad, mejora con la adición de lignina, manifestándose con el aumento del slump de la mezcla de concreto control de 2.8" hasta 4". Asimismo, la adición de lignina mejora significativamente las propiedades mecánicas, puesto que, se alcanzaron resultados mayores con respecto al grupo control sin lignina, hasta en 15% más en compresión, 26% más en tracción y 16% más en flexión.

Palabras clave: Concreto, Lignina, compresión, slump, resistencia.

Abstract

In the present investigation, it was considered as a general objective to develop, to evaluate the physical-mechanical properties of concrete $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ when adding lignin biopolymer, for construction works. Likewise, as specific objectives, to determine the compressive, tensile and flexural resistance of concrete $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ when adding lignin biopolymer, for construction works. In addition, the present study is of an applied type, and of a quasi-experimental methodological design, since 90 cylindrical specimens and 30 beams with previously defined lignin proportions (LBC and LSS) were tested. The conclusions reached indicate that, regarding the physical properties such as workability, it improves with the addition of lignin, manifesting itself with the increase in the slump of the control concrete mix from 2.8" to 4". Likewise, the addition of lignin significantly improves the mechanical properties, since greater results were achieved compared to the control group without lignin, up to 15% more in compression, 26% more in traction and 16% more in flexion.

Keywords: Concrete, Lignin, compression, slump, resistance.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción y formulación del problema

1.1.1 Descripción

La construcción genera el 40% directa e indirectamente de las emisiones de CO₂ en todo el mundo. Convirtiendo a la industria de la construcción en un gran contaminante que no permite el desarrollo sostenible del planeta. Asimismo, tiene un gran impacto ecológico, por el enorme consumo de recursos naturales y la gran cantidad de residuos que desprende de su realización (Jędrzejczak et al., 2021).

Por lo tanto, se infiere que la construcción a pesar de ser un bien necesario, indirectamente genera contaminación a gran escala. Asimismo, al ser el concreto parte fundamental de la construcción, esta aporta significativamente a que siga aumentando dicha. problemática ambiental.

El consumo de cemento para obras de construcción se estima que esta en alrededor de 4129 millones de toneladas por año. Siendo China el país principal y mayor consumidor de dicho insumo, con el 58% aproximadamente. Asimismo, Bolivia es el país que más cemento utiliza en toda América del Sur. Siendo seguido muy de cerca por Perú que es el tercer país que más utiliza dicho insumo también a nivel de Sudamérica (ASOCEM, 2019).

Por lo tanto, del párrafo previamente expuesto, se infiere el problema a investigar, que es, buscar alternativas de mejora en las propiedades del concreto, asimismo, que disminuya el uso del cemento en el mismo, porque el generar cemento contamina el medio ambiente. Asimismo, conservando y en lo posible siempre mejorando las propiedades más importantes por las cuales su uso en construcción es el adecuado.

Asimismo, a pesar que cada año se realizan nuevos estudios con diversos nuevos materiales que se experimentan con el concreto, aún hay mucho por descubrir en el campo de su dosificación, elaboración, puesta en obra y propiedades (Rivva, 2019).

Además, cada año en distintas partes del mundo se realizan estudios con la finalidad de mejorar la calidad del concreto, así como también con el fin de sustituir o disminuir algunos insumos como el cemento que generan contaminación en su producción, manteniendo o mejorando las propiedades de dicha mezcla. Es por eso que, en la presente investigación se planteó experimentar adicionando lignina en la elaboración del concreto, buscando que, este material utilizado como aditivo mejoré las propiedades mecánicas y por lo tanto pueda ser la cantidad de cemento disminuida en el diseño.

Al respecto de la lignina, es un biopolímero que cumple un rol fundamental en la constitución de las plantas leñosas, realizando una labor semejante a la que realiza el cemento en el concreto armado con acero. Asimismo, la función principal de la lignina en las plantas es de aumentar la resistencia mecánica, es por ello, que incluso existen arboles de más de 100 m de altura (Feldman, 2016).

Por lo tanto, se expone como propuesta de solución a todo previamente presentado, el realizar los experimentos respectivos en el concreto con adición de lignina, a través de los ensayos mecánicos de compresión, tracción y flexión. Asimismo, con el propósito de conocer las ventajas que puede generar esta adición en el concreto. Además, con la finalidad de estimar el porcentaje idóneo de adición de lignina que potencia mejor las cualidades del concreto final.

1.1.2 Formulación del problema

1.1.2.1 Problema general

¿De qué manera influirá en las propiedades físico – mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ el adicionar biopolímero lignina, para obras de construcción?

1.1.2.2 Problemas específicos

¿Se mejorará la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ al adicionar biopolímero lignina, para obras de construcción?

¿Se incrementará la resistencia a tracción del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ al adicionar biopolímero lignina, para obras de construcción?

¿Se elevará la resistencia a flexión del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ al adicionar biopolímero lignina, para obras de construcción?

1.2. Antecedentes

Al respecto de los antecedentes nacionales relacionados a la presente tesis, no se ha encontrado aún algún tipo de estudio en el cual se experimente la utilización de lignina como adición del concreto. No obstante, existen estudios recientes en los cuales se ha experimentado con lignina como aditivo para mezcla asfáltica, dichos estudios se detallan a continuación.

1.2.1 Antecedentes nacionales

Flores y Orosco (2020), en su tesis titulada “Análisis de la vida útil de la mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de biopolímero lignina, Lima-2020”. Se definió como objetivo el evaluar cómo influye la adición de lignina en la vida útil de la mezcla asfáltica en caliente.

En esta investigación se utilizó la metodología cuasiexperimental, estableciendo previamente las proporciones de lignina que se adicionan a la mezcla asfáltica en caliente, siendo esta proporción 5%, 10%, y 15% (en relación al peso del cemento asfáltico). Asimismo, la muestra consistió en 68 briquetas, de las cuales 60 fueron para el ensayo Marshall y 8 para el ensayo de Cantabro.

Sus principales conclusiones son:

Se diseñó las mezclas asfálticas con adición de lignina en proporciones de 5%, 10% y 15% (en relación al peso del cemento asfáltico). Asimismo, al ensayar dichas muestras a través de la prueba Marshall, se llegó a la conclusión que, el grupo que tiene el 5% de lignina y 6.2% de asfalto es quien mejor comportamiento y cualidades demuestra.

Al respecto del análisis del aporte de la lignina a la vida útil de la mezcla asfáltica, se aplicó el ensayo de Cantabro, obteniendo como resultados que la muestra control sin lignina presentó 7.2% de desgaste y que la muestra con 5% de lignina mostró un 5.5% de desgaste, siendo la mezcla asfáltica con lignina la que menor desgaste evidenció con 1.7% de diferencia.

Atachagua y Rosales (2019), en su tesis titulada “Análisis del Comportamiento Mecánico de la Mezcla Asfáltica en Caliente Adicionado con el Biopolímero lignina, Lima 2019”. Establece como objetivo conocer el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente cuando se agregue lignina en su elaboración.

En este estudio se aplicó la metodología cuasiexperimental, estableciendo previamente las proporciones de lignina que se agregan a la mezcla asfáltica en caliente, siendo esta dosificación de 10%, y 15% (en relación al peso del cemento asfáltico). Asimismo, la muestra consistió en 45 briquetas que fueron sometidas al ensayo Marshall.

Sus principales conclusiones son:

- Al respecto del comportamiento mecánico, se realizó el ensayo Marshall a todas las muestras con y sin lignina, llegando a la conclusión que, la muestra con 6% de asfalto y 10% de lignina es la que mejores propiedades favorables presentó al respecto.
- La adición de lignina en 10% a la mezcla asfáltica en caliente con 6% de asfalto, incrementó su propiedad mecánica de la estabilidad, puesto que, en los resultados se apreció que la mezcla sin lignina obtuvo un valor de 1465.4 kg y con lignina aumentó dicho valor hasta 1932.4 kg, siendo dicho incremento de estabilidad de 31.87%.

1.2.2 Antecedentes internacionales

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 establece como objetivo, elaborar compuestos que contengan alúmina- lignina para la utilización en morteros de cemento.

Se diseñaron las muestras tomando en consideración la adición de Al₂O₃-lignina en proporciones de 5:1; 2:1; 1:1; 1:2 y 1:5. Asimismo, dichas proporciones se agregaron a la muestra en 0.5% y 1% en relación al peso del cemento.

Sus principales conclusiones son:

- Se concluye que, el porcentaje utilizado de 0.5% y la proporción 5:1 de Al₂O₃-lignina, es quien mejores resultados obtuvo, puesto que, la resistencia a compresión tuvo un incremento de 35.3 Mpa a 41.2 Mpa y la resistencia a flexión incrementó su valor de 7.1 Mpa a 8.1 Mpa.
- La plasticidad también mejora considerablemente al adicionar Al₂O₃-lignina, concluyendo que, esta adición mejora la trabajabilidad de la mezcla.

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, publicado por la Universidad Estatal de Kansas, Estados Unidos, 2013. Estableció como objetivo, utilizar ceniza con alto contenido de lignina obtenida de producir bioetanol en la elaboración del concreto, reemplazando parcialmente al cemento.

Sus principales conclusiones son:

- Utilizar la ceniza con alto contenido de lignina a la mezcla de concreto aumenta la resistencia, puesto que, al utilizarlo reemplazando el 20% del cemento, incremento su resistencia en 32% .

Sim y Park (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. Planteó como objetivo, analizar los beneficios de agregar lignina en las pastas de cemento.

Se diseñaron las muestras tomando en consideración la adición lignina en proporciones de 0.5 % y 2 % en relación al peso del cemento.

Sus principales conclusiones son:

- Utilizando la proporción de lignina en 0.5%, se obtuvo un aumento aproximado de 30 % en la resistencia a compresión.
- Utilizando la proporción de lignina en 2%, se obtuvo un aumento aproximado de 60 % en la resistencia a compresión.

Huang et al. (2018), en su publicación titulada “Preparation of Lignosulfonates from Biorefinery Lignins by Sulfomethylation and Their Application as a Water Reducer for Concrete”. Se estableció como objetivo, obtener lignosulfonatos a través de la sulfometilación de ligninas de biorrefinería y utilizarlo como reductor de agua en el concreto.

Sus principales conclusiones son:

- Utilizar 0.2% de la lignina obtenida en el concreto, aumentó la resistencia a compresión. Puesto que, dicha resistencia se incrementó a los 28 días de 38.4 Mpa a 42.6 Mpa.
- El lignosulfato obtenido por sulfometilación de ligninas de biorrefinería sí cumplen con la función de aditivo para el concreto, reduciendo la cantidad de agua utilizada en la mezcla y por ende, aumentando la resistencia de la misma.

Kavya et al. (2021), en su publicación titulada “Effects of ligno– and delignified– cellulose nanofibrils on the performance of cement-based materials”. Se estableció como objetivo, analizar de que manera influye utilizar nanofibrillas de celulosa ligno y delignificadas en las propiedades de la pasta de cemento.

Sus principales conclusiones son:

- Utilizar proporciones de 0.05% y 0.1% de LCNF (nanofibrillas de lignocelulosa) aporta en la trabajabilidad de la pasta de cemento. Sin embargo, al aplicar 0.1% de DCNF (nanofibrillas de celulosa delignificada) disminuyó la trabajabilidad en relación al grupo patrón.
- Adicionando 0.05% de LCNF aumentó la resistencia a flexión hasta en un 107%. Asimismo, adicionando el mismo porcentaje 0.05% de DCNF, incremento la resistencia a flexión en máximo 53%.
- Agregando 0.1% de LCNF aumentó la resistencia a flexión hasta en un 111%. Asimismo, adicionando el mismo porcentaje 0.1% de DCNF, incremento la resistencia a flexión también en 111%.

- Al respecto de la resistencia a compresión el ensayo se realizó a los 90 días de curado, adicionando 0.1% de LCNF aumentó la resistencia a compresión hasta en un 16%. Asimismo, agregando 0.05% y 0.1% de DCNF aumentó la resistencia a compresión hasta en un 15%.
- Comparando los resultados obtenidos por LCNF y DCNF, se concluye que utilizar LCNF (con lignina), presenta un rendimiento mayor, por lo tanto, es el indicado para aplicarlo en la mejora de las propiedades de la pasta de cemento.

Wenming y Fatehi (2015), en su publicación titulada “Preparation of sulfomethylated softwood kraft lignin as a dispersant for cement admixture”. Se estableció como objetivo, elaborar lignina kraft a partir de utilizar madera blanda sulfometilada y aplicarlo en el concreto como dispersante.

Sus principales conclusiones son:

- Adicionar lignina sulfometilada en la pasta de cemento mejora la fluidez de la misma.
- La dosificación de 0.5 % de lignina sulfometilada en la pasta de cemento incrementa la fluidez de la misma de 65 mm a 200 mm.
- La proporción de 0.4 % de lignina kraft no modificada en la pasta de cemento aumenta la fluidez de la misma hasta 70 mm.

Gupta et al. (2015), en su publicación titulada “Molecular architecture requirements for polymer-grafted lignin superplasticizers”. Se estableció como objetivo, analizar la participación de la lignina kraft como parte fundamental de superplastificantes de alto rendimiento aplicado a cemento hidráulico.

Sus principales conclusiones son:

- El estudio concluye que efectivamente la participación de la lignina como base fundamental de superplastificantes, mejora su rendimiento al controlar la arquitectura de la lignina injertada en polímero.

Rodríguez et al. (2016), en su publicación titulada “Evaluación del efecto del envejecimiento del cemento asfáltico 80-100 modificado con lignina”. Se estableció como objetivo, analizar el envejecimiento y las propiedades físicas del asfalto con adición de lignina.

Sus principales conclusiones son:

- Se encontró que el porcentaje óptimo que mejora de manera substancial las propiedades físicas son de 15% de lignina, la cual hay una mejora sustancial en la rigidez, así como también se incrementó el comportamiento reológico, la cual se refleja en un 33.7% con respecto al asfalto convencional.
- Adicionar 15% de lignina en el asfalto mejora considerablemente sus propiedades físicas, siendo este porcentaje el idóneo para mejorar la rigidez. Asimismo, al respecto del comportamiento reológico se mejoró en un 33.7% con respecto al asfalto sin lignina.

Barros (2017), en su publicación titulada “Desenvolvimiento de ligantes asfálticos modificado con lignina como aditivo anti envejecimiento”. Se estableció como objetivo, determinar cómo influye el adicionar lignina en el envejecimiento del asfalto.

Sus principales conclusiones son:

- La lignina procedente de la madera presenta mejores resultados en el asfalto, puesto que, se demostró su mayor resistencia a temperaturas extremas tanto altas como bajas. Asimismo, la lignina participa funcionalmente en el asfalto como un antioxidante.

Nair et al. (2020), en su publicación titulada “Experimental Study on Partial Replacement of Bitumen with Lignin”. Se estableció como objetivo, evaluar las características del asfalto al adicionarle biopolímero lignina.

Sus principales conclusiones son:

- De todas las muestras experimentadas con adición de biopolímero lignina en proporciones de 5%, 10%, 15%, 20% y 25%; la que aportó mayores beneficios fue la de 10% de lignina, puesto que, soporta las mayores temperaturas, asimismo, en la prueba de penetración aumentó hasta 60 mm.

Ekinci et al. (2016), en su publicación titulada “Examination of the impact of lignin sulfonate based structure chemicals on fresh and hardened concrete” publicado Universidad de Pamukkale, Turquía, 2016. Se propone examinar el impacto de la adición de productos químicos a base de sulfonato de lignina en las propiedades del hormigón fresco y endurecido.

En el marco de este estudio, se usó un aditivo de sulfonato de lignina (a base de sodio) como aditivo plastificante reductor de agua. La cantidad fue 1.2% en relación al peso del cemento. Asimismo, resaltar que los grupos control-A y control-C se dosifican para una resistencia de C25/30 Mpa. Además, que los grupos control-B y control-D se dosifican para una resistencia de C20/25 Mpa.

Sus principales conclusiones son:

- Al respecto de la resistencia a compresión a los 28 días, en el grupo control-A se obtuvo 30.3 Mpa, y agregando lignina en el grupo A2 aumentó hasta 45.7 Mpa.
- A los 28 días la resistencia a compresión, en el grupo control-C se obtuvo 31.8 Mpa, y agregando lignina en el grupo C1 aumentó hasta 43.5 Mpa.
- La resistencia a compresión a los 28 días, en el grupo control-B se obtuvo 25.4 Mpa, y agregando lignina en el grupo B1 aumentó hasta 33.4 Mpa.
- Al respecto de la resistencia a compresión, en el grupo control-D se obtuvo 23.5 Mpa, y agregando lignina en el grupo D2 aumentó hasta 29.8 Mpa.

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar las propiedades físico - mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ al adicionar biopolímero lignina, para obras de construcción.

1.3.2 Objetivos específicos

Determinar la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ al adicionar biopolímero lignina, para obras de construcción.

Analizar la resistencia a tracción del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ al adicionar biopolímero lignina, para obras de construcción.

Comprobar la resistencia a flexión del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ al adicionar biopolímero lignina, para obras de construcción.

1.4. Justificación

1.4.1 Justificación teórica

La presente tesis tiene como propósito servir como referente a futuras investigaciones que consideren variables similares a experimentar (Evaluar las propiedades físico - mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ al adicionar biopolímero lignina, para obras de construcción). Asimismo, los resultados y procedimientos realizados sirven de sustento para conocimientos previos ya expuestos por otros autores, puesto que, en la investigación realizada se consideró como eje teórico a cumplir las normas vigentes relacionadas al tema (NTP, ACI y ASTM).

1.4.2 Justificación práctica

La presente tesis plantea como alternativa de solución, el utilizar lignina en la elaboración del concreto, con la finalidad de potenciar sus propiedades mecánicas (compresión, tracción y flexión). Para comprobar tal fin se diseñó muestras de concreto con 0.25 % y 0.50% de lignina (LBC y

LSS), siendo dichas proporciones en relación a lo que pesó el cemento. Asimismo, dichas muestras se ensayaron a compresión, tracción y flexión.

1.4.3 Justificación metodológica

En consideración a metodología desarrollada, consistió en obtener datos importantes del estudio de agregados que permiten realizar el diseño de mezcla control, que sirvió de base para agregar lignina en los diseños respectivos. Asimismo, con los diseños de mezcla se procede a vaciar en los moldes para obtener las muestras de concreto que consistieron en 90 probetas cilíndricas y 30 vigas. Luego estas muestras son ensayadas a compresión, tracción y flexión; a los 7, 14 y 28 días. Además, los resultados obtenidos son procesados para hallar la variación de las resistencias y el slump de la muestra control con respecto a las muestras con adición de lignina.

1.5. Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

Adicionando biopolímero lignina al concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. se mejora las propiedades físico – mecánicas, para obras de construcción.

1.5.2 Hipótesis específicas

Adicionando biopolímero lignina al concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, se mejora la resistencia a la compresión, para obras de construcción.

Adicionando biopolímero lignina al concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, se incrementa la resistencia a la tracción, para obras de construcción.

Adicionando biopolímero lignina al concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, se eleva la resistencia a la flexión, para obras de construcción.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1 *El concreto*

Resultado de mezclar agregados, cemento, agua, aire y en ocasiones aditivos. Asimismo, en estado fresco tienen un comportamiento plástico adquiriendo la forma del recipiente que los aloja. Además, cuando pasa a la etapa endurecida adquiere resistencia mecánica considerable y se vuelve durable. También se le considera al concreto como una roca fabricada por las personas en beneficio de aprovechar sus cualidades de resistencia y durabilidad al construir (Matallana, 2019).

Para obtener concreto de calidad, necesariamente se tiene que considerar también los demás factores, como son el proceso de mezclado, el transporte hacia el punto requerido, la técnica de colocar correctamente en el encofrado correspondiente, además, de realizar el curado respectivo (Harmsen, 2017).

2.1.1.1 Componentes del concreto

A. *Cemento*

Es un elemento que con ayuda del agua activa sus cualidades de adhesión y cohesión, con lo cual puede formar materiales resistentes, compactos y durables. Asimismo, un cemento muy difundido es el Portland, el cual es un tipo de cemento hidráulico que es el resultado de pulverizar el Clinker y yeso, así como también tiene en su composición hasta 5% de caliza y algunas otras incorporaciones. Además, al respecto del Clinker es obtenido de calcinar caliza y arcilla a temperaturas aproximadas de 1.450°C (Matallana, 2019).

B. Agua

El agua cumple un rol muy importante en la calidad del concreto, por lo tanto, tiene que ser limpia, asimismo, tener en cuenta que cualquier impureza que contenga el agua influirá directamente en las propiedades del concreto (Abanto, 2018).

C. Agregados

Material inerte que en combinación con la pasta de cemento son parte fundamental del concreto. Asimismo, que se pueden obtener de manera natural o producir triturando rocas de dimensiones mayores (Matallana, 2019).

Al respecto del volumen que ocupan los agregados en el concreto, se estima que están presentes en 75% del volumen total en un diseño de mezcla tradicional. Por lo tanto, los agregados tienen que cumplir ciertos requisitos de calidad para su participación eficiente, principalmente evitando impurezas que puedan contaminar y mermar las propiedades del producto final que es el concreto (Abanto, 2018).

Hay ciertos requisitos y recomendaciones que señala la NTP a cumplir respecto de los agregados a utilizar en el concreto. No obstante, si por alguna razón no se cumpliera alguna recomendación lo que se tiene que garantizar es que el concreto alcance la resistencia deseada. Siendo la única manera de garantizar dicha resistencia a través de ensayos de resistencia en laboratorio de testigos o muestras elaboradas con el agregado en cuestión (MVCS-E060, 2009).

Al momento de clasificar la granulometría entre agregado grueso o fino, un parámetro de frontera a tomar en consideración es la malla N° 4, siendo todo agregado que pase dicha malla considerado como fino y el agregado retenido en dicha malla o superior clasificado como agregado grueso.

Módulo de fineza (MF), es el valor numérico resultado de la adición de los porcentajes retenidos acumulados de la tabla de granulometría y multiplicarlo por 0.01. Asimismo, resaltar que los tamices considerados para tal operación son los que tienen una proporción de 1:2, comenzando con la malla N° 100 hasta el N° 4 (Matallana, 2019).

2.1.1.2 Propiedades físicas del concreto

A. *Trabajabilidad*

Cualidad que presenta el concreto, en el cual expone su facilidad de mezclarse, colocarse y compactarse en obra. Asimismo, cumpliendo todo esto sin que se exude o segregue la mezcla (Abanto, 2018).

B. *Consistencia*

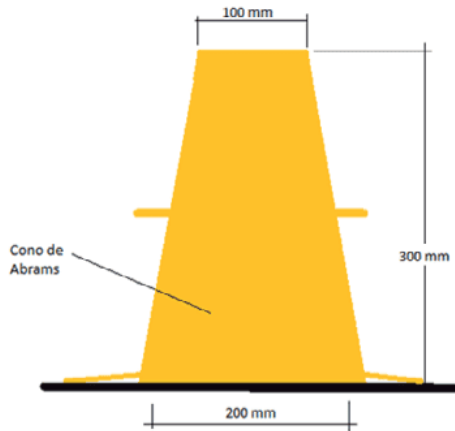
La consistencia es un referente de medida que indica la humedad que presenta la mezcla. Por lo tanto, depende en cierta proporción de cuanto de agua se utilice.

Un ensayo característico para medir la consistencia es el slump test, el cual ayuda a conocer el comportamiento del concreto en estado fresco.

En la siguiente figura se puede apreciar el objeto a utilizar que es el cono de Abrams, que tiene por medidas en la base 200 mm, en la parte superior 100 mm y de alto 300 mm. Asimismo, para la compactación se utiliza una varilla de 5/8" de punta semiesférica.

Figura 1

Cono de Abrams y sus dimensiones.

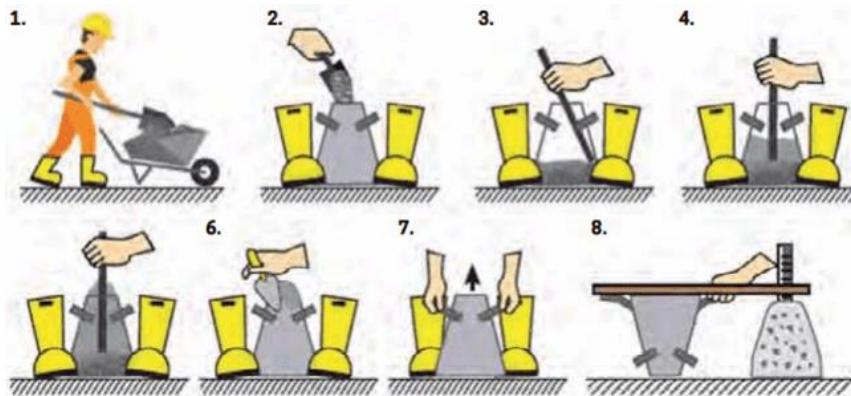


Fuente: Matallana, 2019.

En la siguiente figura se presenta el procedimiento a realizar, que consiste en llenar el molde en 3 capas, y en cada capa compactar 25 veces. Asimismo, una vez lleno el molde este se retira y se coloca de forma inversa para tomarlo de referencia al medir el asentamiento. Además, considerar como referencia que todo el proceso no debe exceder de 2 minutos, y el lapso de tiempo para retirar el cono no será mayor a 5 segundos.

Figura 2

Procedimiento de la medida del Slump.



Fuente: Matallana, 2019.

C. Segregación

Proceso por el cual el agregado grueso se separa del concreto, el cual se manifiesta visualmente por cangrejas. Asimismo, esto puede ser producto de colocar el concreto de una manera errónea en los encofrados, por ejemplo, vaciar dejando caer a alturas mayores de 0.5 m (Abanto, 2018).

D. Exudación

Se presenta cuando parte del agua del concreto se moviliza hacia la superficie, generando esto una alteración de la relación agua cemento en ciertas partes del concreto, al modificarse la relación agua cemento también implica la alteración de la resistencia de la misma, por lo tanto, puede presentarse a posteriores fisuras, entre otros (Abanto, 2018).

E. Tiempo de fraguado

Se considera al tiempo que transcurre para que el concreto cambie de estado fresco a endurecido, asimismo, para medir tal fin se utiliza la aguja de Vicat.

F. Durabilidad

Es la capacidad del concreto de mantener sus cualidades originales, a pesar de estar expuesto a las adversidades del medio ambiente u otros que intenten deteriorarlo como la abrasión, agentes biológicos y químicos, entre otros (Matallana, 2019).

2.1.1.3 Propiedades mecánicas del concreto

Las propiedades mecánicas más resaltantes del concreto son la de compresión, tracción y flexión. Asimismo, la resistencia a compresión está relacionada a la cantidad de cemento y agua utilizado en la mezcla, la cual se conoce como relación agua cemento.

A. Resistencia del concreto a la compresión

Es la resistencia obtenida de ensayar probetas a una fuerza de compresión en su sentido longitudinal. Se realiza el promedio de ensayar 2 muestras cuando se utilizan probetas de tamaño 150 mm de diámetro y 300 mm de altura. Asimismo, se realiza el promedio de ensayar 3 muestras cuando se utilizan probetas de tamaño 100 mm de diámetro y 200 mm de altura. Además, la edad de ensayo es a los 28 días (Matallana, 2019).

Figura 3

Ensayo a compresión.



En la siguiente tabla se muestran los valores que se deben agregar a la resistencia teórica que es el $f'c$, para obtener la resistencia a compresión requerida $f'cr$, que es la que se utiliza realmente al diseñar y que sirve como factor de seguridad para asegurar que el concreto elaborado nunca sea menor al $f'c$ deseado.

Tabla 1

$f'cr$ considerando la desviación estándar.

Resistencia a la compresión, Mpa	especificada	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

Para el caso en que por primera vez este realizando el diseño de mezcla, o que no tengo los datos recolectados suficientes como para hallar la desviación estándar, se aplica la siguiente tabla.

Tabla 2

$f'cr$ sin considerar la desviación estándar.

Resistencia a la compresión, Mpa	especificada	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

B. Resistencia del concreto a la tracción

Considerando la resistencia a tracción en relación a la resistencia a compresión, se puede estimar que la primera es aproximadamente el 10% de la segunda. Asimismo, la respuesta a tan baja

resistencia en relación a la otra es que el concreto presenta fisuras muy finas por dentro (McCormac y Brown, 2018).

Medir la resistencia a tracción directamente no es posible de hacerlo por la dificultad de sujetar las probetas adecuadamente. No obstante, se realiza un método indirecto desarrollado en Brasil, conocido como el de tracción indirecta que se utiliza en USA, y en otros países del mundo (Matallana, 2019).

La aplicación de la siguiente fórmula es para conseguir la resistencia a tracción.

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

Donde:

P = Mayor carga aplicada (Kg)

L = longitud (cm)

D = Diámetro (cm)

Figura 4

Ensayo a tracción



C. Resistencia del concreto a la flexión

Considerando la resistencia a flexión en relación a la resistencia a compresión, se puede estimar que la primera se encuentra en un rango de 11% a 23% de la segunda (Matallana, 2019).

La aplicación de la siguiente formula es para conseguir la resistencia a flexión en muestras prismáticas (vigas).

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

Donde:

P = Mayor carga aplicada de Flexión (Kg)

L = Distancia de apoyo a apoyo (cm)

b = Ancho de la sección transversal(cm)

d = Altura de la sección transversal (cm)

Figura 5

Ensayo a flexión.



2.1.1.4 Curado del concreto

Consiste en hidratar constantemente el concreto en su estado endurecido, con la finalidad de lograr que el concreto desarrolle sus máximas capacidades. Asimismo, el proceso de dotar de agua en el caso de las muestras realizadas en laboratorio se puede realizar sumergiéndolos en agua o a través de rociadores de agua.

2.1.2 Biopolímero lignina

2.1.2.1 General

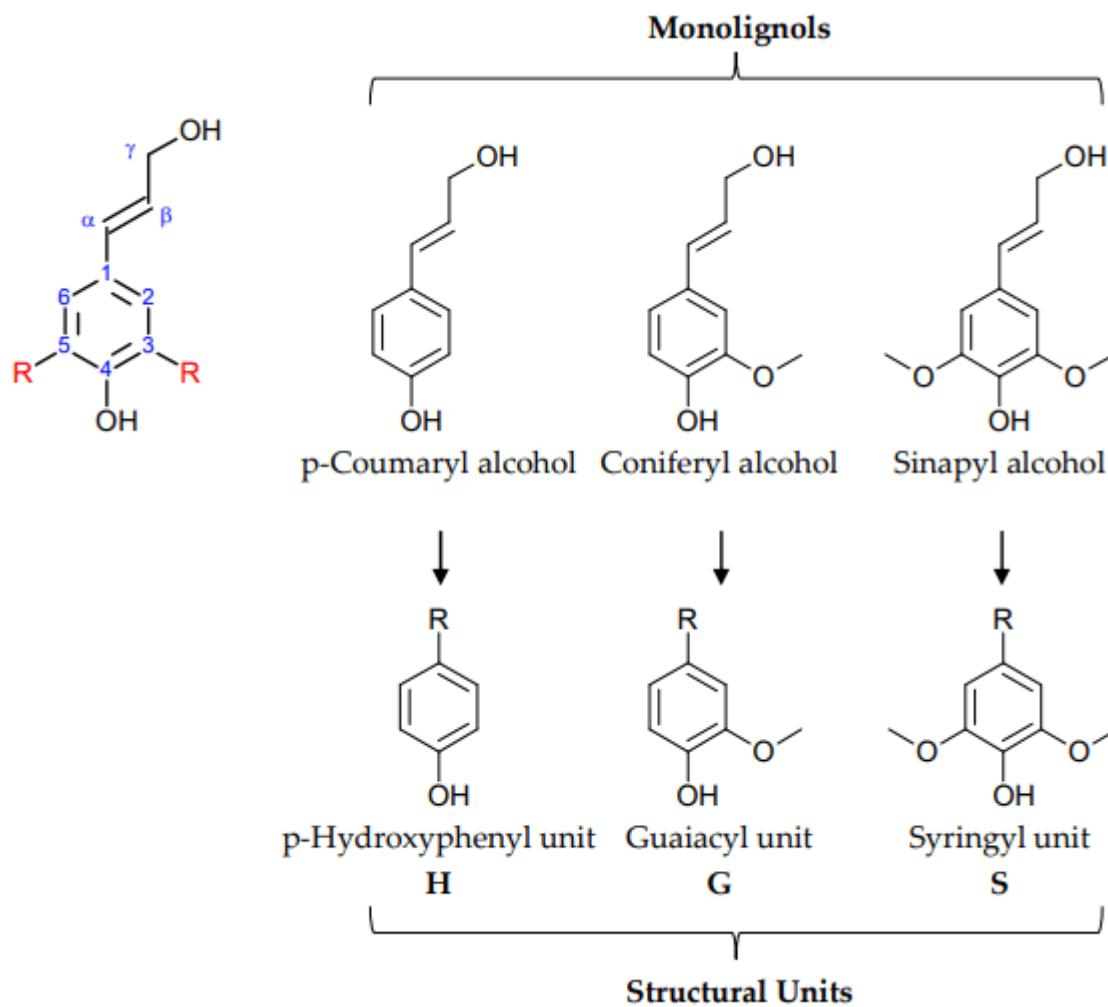
El biopolímero lignina cumple un rol fundamental en la constitución de las plantas leñosas, realizando una labor semejante a la que realiza el cemento en el concreto armado con acero. Asimismo, la función principal de la lignina en las plantas es de aumentar la resistencia mecánica, es por ello, que incluso existen arboles de más de 100 m de altura. Además, la lignina y la celulosa son los polímeros orgánicos que más existen en el mundo, dicha lignina interviene similar a un adhesivo químico al interior y entre las fibras de celulosa (Feldman, 2016).

La lignina es un recurso barato, puesto que, abunda en el mundo de la flora, siendo este biopolímero el que aporta en la rigidez de los árboles, paja, entre otros, no obstante, aún no se ha explotado sus beneficios de manera industrial. Asimismo, como adhesivo natural es aplicable a muchos rubros (LignoCOST, 2019).

La composición principal de la lignina es a través de alcoholes aromáticos: p-cumarilo, coniferilo y sinapilo. Asimismo, la característica que la distingue es el número de grupos metoxi. Además, debido a la mayor cantidad de grupos metoxi, la reticulación se logra más fácil (Jędrzejczak et al., 2021).

Figura 6

Monómeros de lignina y sus correspondientes unidades estructurales



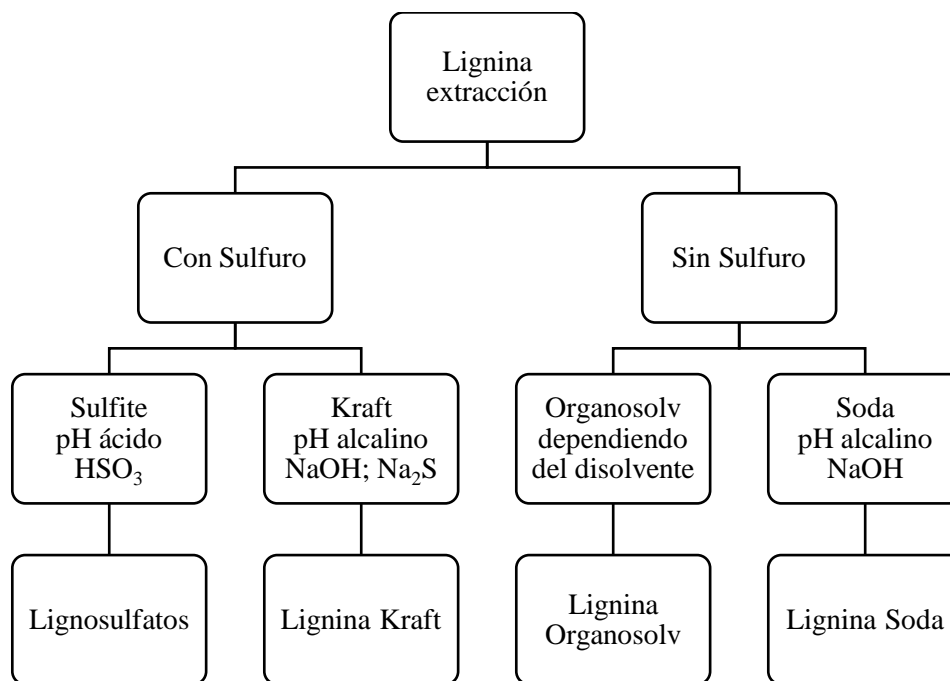
Fuente: Lisý et al. 2022.

2.1.2.2 Proceso para obtener la Biopolímero lignina

Existen diversos métodos para obtener el biopolímero lignina, los cuales difieren de los productos a utilizar para dicha extracción. Asimismo, dependiendo del proceso utilizado es que se obtiene el tipo de lignina especificado, mencionando algunos como Lignosulfatos, Kraft, Organosolv, soda, entre otros.

Figura 7

Biopolímero lignina, métodos de extracción



Fuente: Adaptado de Lisý et al. 2022.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

3.1.1 Tipo de estudio

Toda investigación o estudio cumple 2 roles fundamentales que son generar teorías, a la cual se le conoce como de tipo básica; y por otro lado las que se encargan de dar solución a problemas previamente planteados que son llamadas de tipo aplicada (Hernández y Mendoza, 2018).

En la presente tesis se buscó dar solución a la problemática planteada del concreto respecto a conocer como la adición de lignina influyó en sus propiedades.

Por lo tanto, tomando en consideración los fines planteados de la tesis es que encaja en el **tipo aplicada**.

3.1.2 Nivel de estudio

El nivel explicativo involucra conocer y exponer la relación causa-efecto de algún suceso o experimento realizado (Arias, 2012).

Por ende, el estudio es **explicativo**, dado que, tiene como eje fundamental dar a conocer el vínculo de causa efecto entre la variable independiente adición de biopolímero lignina y lo que pueda provocar en la variable dependiente que son las propiedades físico – mecánicas del concreto.

3.1.3 Enfoque

Un enfoque de manera cuantitativa involucra poder ordenar los datos según la magnitud de los fenómenos, para poder cuantificarlos y controlarlos (Hernández y Mendoza, 2018).

Por lo tanto, el enfoque aplicado en este estudio es **Cuantitativa**, puesto que, lo que ocurre se puede observar, asimismo, también cabe la posibilidad de poder cuantificarlo.

3.1.4 Diseño

Los cuasiexperimentos son en los que hay manipulación de una variable (independiente), para conocer los efectos que produce en la otra variable (dependiente). Asimismo, lo que la hace diferente de un experimental, es que las muestras a utilizar ya se definieron con anticipación (Hernández y Mendoza, 2018).

En la presente tesis, se estableció previamente las proporciones a utilizar de lignina, con la finalidad de conocer su influencia en las propiedades del concreto.

Una investigación transversal es la que utiliza un tiempo determinado y único para recolectar los datos (Hernández y Mendoza, 2018).

En la investigación todos los datos han sido recolectados en días establecidos únicos, por ejemplo, a los 28 días se realizó los ensayos mecánicos y ese dato es único el que se recoge para esa muestra.

Por lo tanto, la presente investigación encaja en ser **Cuasiexperimental**, además, **transversal**.

3.2. Ámbito temporal y espacial

3.2.1 Temporal

Esta investigación se realizó en el año 2022, en un periodo 09 meses, desde el mes de enero al mes de setiembre

3.2.2 Espacial

La presente investigación tuvo lugar en todo el espacio geográfico de la ciudad de Lima.

3.3. Variables

V1: Propiedades físico - mecánicas del concreto (dependiente).

V2: Adición de biopolímero lignina (independiente).

3.4. Población y muestra

3.4.1 Población

Se entiende por población, a todos los participantes de un grupo o conjunto, que cumplan el requisito de tener algo en común, siendo este requerimiento necesario para que puedan ser considerados en un estudio o experimento (Gómez et. al, 2010).

En la presente investigación se consideró como población la cantidad de 90 probetas cilíndricas con diámetro de 100 mm y altura de 200 mm para realizar los ensayos a compresión y tracción. Asimismo, también se estimó como población a las 30 vigas ensayadas a flexión.

En la siguiente tabla se indica los grupos asignados en relación al porcentaje de lignina a utilizar. Asimismo, tener en cuenta que 2 tipos de lignina son los que se han experimentado, que son, lignina del bagazo de la caña (LBC) y lignosulfato de sodio (LSS).

Tabla 3

Grupos establecidos según proporción de lignina.

GRUPOS	DOSIFICACIÓN
G-P	Sin biopolímero lignina
G-1	LBC (0.25 % peso del cemento)
G-2	LBC (0.50 % peso del cemento)
G-3	LSS (0.25 % peso del cemento)
G-4	LSS (0.50 % peso del cemento)

Se consideró lo señalado por la norma E.060, al respecto de la cantidad de probetas a ensayar para obtener un valor representativo. Siendo la resistencia a compresión el valor de promediar 3 probetas ensayadas bajo las mismas condiciones. En la tabla siguiente, se muestran también los días asumidos para las pruebas respectivas a compresión, los cuales en total suman 45 probetas.

Tabla 4*Compresión, fecha de ensayo y cantidad.*

COMPRESIÓN			
Grupos	Días		
	7	14	28
G-P	3	3	3
G-1	3	3	3
G-2	3	3	3
G-3	3	3	3
G-4	3	3	3
	15	15	15
TOTAL	45		

Al respecto de los ensayos realizados a tracción la norma no menciona ningún mínimo de pruebas. Sin embargo, se aplicó también el mismo criterio recomendado para las muestras a compresión, y así obtener resultados representativos fiables. Por lo tanto, se ensayaron 3 probetas por cada grupo asignado y día respectivo de ensayo para poder obtener el promedio. En la tabla siguiente, se muestran también los días asumidos para las pruebas respectivas a tracción, los cuales en total suman 45 probetas.

Tabla 5*Tracción, fecha de ensayo y cantidad.*

TRACCIÓN DIAMETRAL			
Grupos	Días		
	7	14	28
G-P	3	3	3
G-1	3	3	3
G-2	3	3	3
G-3	3	3	3
G-4	3	3	3
	15	15	15
TOTAL	45		

En consideración al mínimo de ensayos para hallar la resistencia a flexión, la norma tampoco indica un mínimo. Sin embargo, para obtener resultados con menor margen de error, se ensayaron 2 vigas por cada grupo asignado y día respectivo de ensayo para poder obtener el promedio. En la tabla siguiente, se muestran también los días asumidos para las pruebas respectivas a flexión, los cuales en total suman 30 vigas.

Tabla 6

Flexión, fecha de ensayo y cantidad.

FLEXIÓN VIGAS			
Grupos	Días		
	7	14	28
G-P	2	2	2
G-1	2	2	2
G-2	2	2	2
G-3	2	2	2
G-4	2	2	2
	10	10	10
TOTAL	30		

3.4.2 Muestra

La muestra es la representación a menor escala o en menor cantidad de la población, es producto de dividir la población en pequeñas partes y elegir una; siendo un requisito importante que dicha muestra permita ser copia fiel de los rasgos característicos de la población en estudio (Hernández y Mendoza, 2018).

En la presente investigación se ha considerado como muestra a estudiar a toda la población definida, con el propósito de conseguir resultados con mayor precisión. Siendo entonces la muestra igual a la población, la cantidad de 90 probetas cilíndricas con diámetro de 100 mm y altura de 200 mm para realizar los ensayos a compresión y tracción. Asimismo, también 30 vigas ensayadas a flexión.

3.4.3 Muestreo

Al momento de dividir a la población y escoger un parte como muestra, se tiene en cuenta la forma de elegir dicha parte, que puede ser probabilístico al utilizar el azar, o también puede ser escogido con intencionalidad o conveniencia para los fines de estudio, que sería aplicar el muestreo no probabilístico (Hernández y Mendoza, 2018).

En la presente tesis los criterios por los cuales se eligió a la muestra, no fueron al azar, por el contrario, dicha muestra se estimó con criterio intencional o por conveniencia para obtener los resultados más precisos posibles.

Por lo tanto, el muestreo que se aplicó en la presente tesis es el no probabilístico.

3.5. Instrumentos

La presente investigación utilizó como instrumento metodológico a la ficha de recopilación de información, la cual esta desarrollada en base a lo que indican las normas vigentes respectivas (NTP, ACI y ASTM).

La ficha de recolección de información, es la que sirve de registro al aplicar la técnica metodológica de observación y ambas se desarrollan a la par mientras los sucesos se van realizando (Guffante et al., 2016).

3.5.1 Validez y confiabilidad

La validez indica que tan correcta es la forma de medir la variable que se quiere conocer a través de un instrumento, por ejemplo, un caso que no tiene validez es pretender medir el peso un auto utilizando una cinta métrica (Hernández et al., 2014).

La confiabilidad representa el grado de confianza que tiene un instrumento al respecto de aplicar en muchas ocasiones la misma prueba y que este entregue resultados similares (Hernández y Mendoza, 2018).

En la presente investigación los instrumentos representados a través de la ficha de recolección de datos, han sido elaborados cumpliendo con la normas nacionales e internacionales respectivas (NTP, ACI y ASTM).

Por lo tanto, los instrumentos utilizados se exponen como válidos y confiables.

3.6. Procedimientos

Se adquirió 2 tipos de biopolímero lignina para experimentar en el concreto, el lignosulfato de sodio (LSS) que es producido de forma industrial y que su procedencia es de China. Y el otro tipo de lignina que se extrajo de forma particular en un laboratorio químico a través de procesar el bagazo de la caña, el cual es un producto que se desecha principalmente por los vendedores de jugo de caña de azúcar.

En la figura siguiente se puede apreciar el bagazo de la caña de azúcar, el cual se habilitó en trozos, para su traslado a laboratorio químico SLAB (Sistema de servicios y análisis químicos S.A.C.)

Figura 8

Bagazo de caña de azúcar.



En la figura siguiente se aprecia el producto final de procesar el bagazo de caña para extraer biopolímero lignina, el cual es denominado lignina de bagazo de caña (LBC). Asimismo, en los

anexos se presenta el certificado de dicho proceso químico por parte del laboratorio SLAB, en el cual se detalla las etapas más importantes del proceso.

Figura 9

Lignina del bagazo de caña de azúcar (LBC).



En la figura siguiente se aprecia a la izquierda la lignina del bagazo de caña (LBC). Asimismo, a la derecha el lignosulfato de sodio (LSS) de un color marrón claro, teniendo en cuenta que el color depende de los métodos aplicados para extraer la lignina, así como también del producto de donde se extrae dicha lignina.

Figura 10

LBC (izquierda), LSS (derecha).



Se realizó el estudio de agregados, para conocer sus características como son la granulometría, módulo de finura, el TMN del agregado grueso, PUC, porcentaje de humedad y absorción.

Figura 11

Agregados grueso y fino.



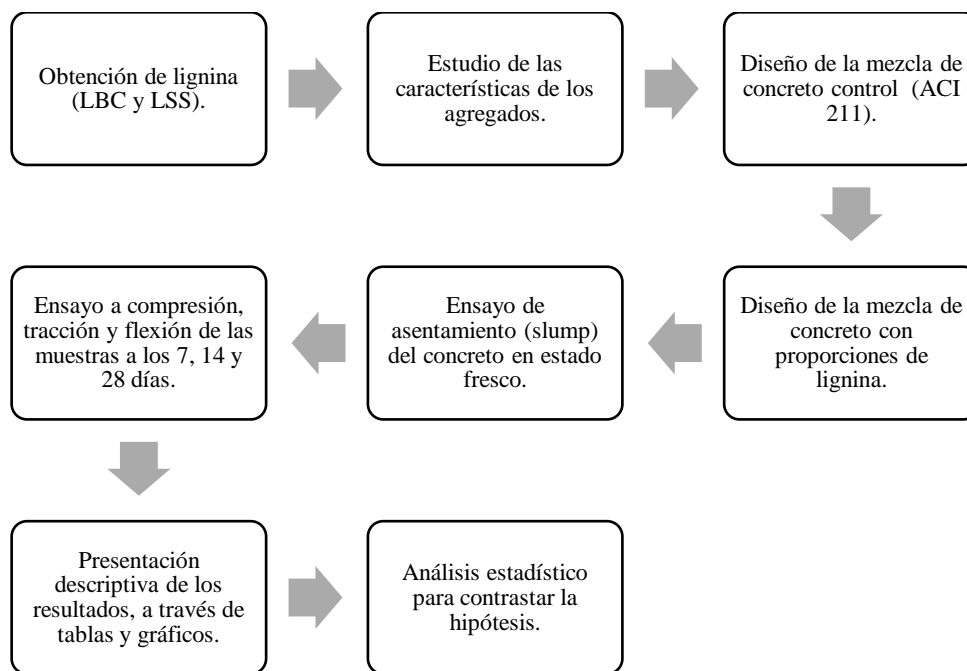
Conocida las características de los agregados, se procedió a realizar el diseño de la mezcla control (sin lignina) a través de la metodología del ACI 211, así como también los diseños de mezcla de los grupos con distintas proporciones de lignina. Asimismo, se realizó la prueba de asentamiento para conocer el slump de todos los diseños elaborados. Además, se procedió a vaciar la mezcla de concreto en los moldes cilíndricos y vigas.

Figura 12

Probetas cilíndricas y vigas en los moldes.



Al día siguiente de vaciado el concreto en los moldes, estos se retiran y pasaron a ser curados sumergiéndolos en agua hasta el día del ensayo respectivo. Asimismo, los ensayos realizados fueron compresión, tracción diametral, y flexión en vigas; realizados a los 7, 14 y 28 días.

Figura 13*Procedimiento.*

3.7. Análisis de datos

El análisis y desarrollo de los datos obtenidos en laboratorio, se procesaron en el software Microsoft Excel.

Se procesó los datos de la granulometría de cada agregado, en tablas considerando los calibres de los tamices, así como también el peso retenido en cada malla. Asimismo, se graficó la curva granulométrica generada por cada agregado. Además, se consideró graficar también las curvas fronteras que señala el ASTM C 33 en recomendación a que la curva del agregado debe figurar dentro de esos límites.

Se halló el módulo de finura del agregado fino, a través de procesar la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados y dicho valor multiplicarlo por 0.01.

Todos los demás datos obtenidos en laboratorio de las características de los agregados también se colocaron en tablas, para el análisis y desarrollo respectivo.

Los slump obtenidos de los distintos grupos de diseño de mezcla con y sin lignina, se presentaron en tablas clasificándolas según tipo de lignina y porcentaje a utilizar. Asimismo, también se generó gráficos comparativos.

Al respecto de los ensayos mecánicos realizados a las muestras, los resultados se presentan en tablas, en las cuales también se presenta el valor de promediar los resultados de 3 probetas (compresión y tracción), y de 2 promediar los resultados de 2 vigas (flexión) con las mismas condiciones a las cuales fueron ensayadas (tipo de lignina, porcentaje de lignina utilizado, y día de ensayo). Asimismo, también se exponen los resultados en forma de porcentaje, para conocer con exactitud en cuanto de porcentaje varía la resistencia de cada grupo con adición de lignina respecto al grupo patrón. Además, se exponen mediante gráficos de columnas la comparación de los resultados obtenidos a compresión, tracción y flexión.

3.8. Consideraciones éticas

El tesista asumió el compromiso de respetar fielmente los resultados obtenidos en los ensayos respectivos de laboratorio. Asimismo, de procesar dicha información en base a lo que señalan las normas vigentes encargadas sobre el tema, con la finalidad de determinar las conclusiones correctas. Además, se utilizó versión más reciente de la norma APA, para citar la información recopilada de otros autores.

IV. RESULTADOS

Teniendo como eje principal los objetivos planteados a desarrollar, se procedió a realizar los estudios necesarios en el laboratorio (análisis de agregados, diseño de mezcla de concreto, ensayos mecánicos de compresión, tracción y flexión de las muestras), para sacar adelante la presente investigación, puesto que, el procesar dichos resultados permitirán determinar las conclusiones respectivas a las interrogantes previamente planteadas en la tesis.

Análisis de agregados

Conocer las características de los agregados, permitió realizar la dosificación del concreto. Puesto que, para aplicar ciertas metodologías para dosificar como el ACI 211, exige conocer ciertos parámetros de los agregados.

Análisis Granulométrico

Todo lo referente al respecto de este análisis se encuentra señalado en la N.T.P. 400.012 y ASTM C 136. Asimismo, los datos resaltantes a obtener a partir de este estudio es conocer el módulo de fineza (MF) característico del agregado fino a utilizar en la mezcla, así como también de determinar el tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso.

Agregado Fino

Figura 14

Agregado fino, granulometría.



En la tabla siguiente se presenta los distintos tamaños de mallas utilizadas en este proceso, y como dato recolectado del ensayo los pesos retenidos en cada malla. Asimismo, con estos datos se determinó los porcentajes retenidos, acumulados retenidos y acumulados que pasa. Además, se indica los valores de los límites inferior y superior que señala el ASTM, los cuales deben servir como referente de frontera para que el agregado utilizado se encuentre dentro de esos márgenes señalados.

El módulo de finura obtenido es de 3.14, siendo este valor el resultado de operar los datos del porcentaje acumulado retenido (la suma de dichos valores dividido entre cien).

Tabla 7

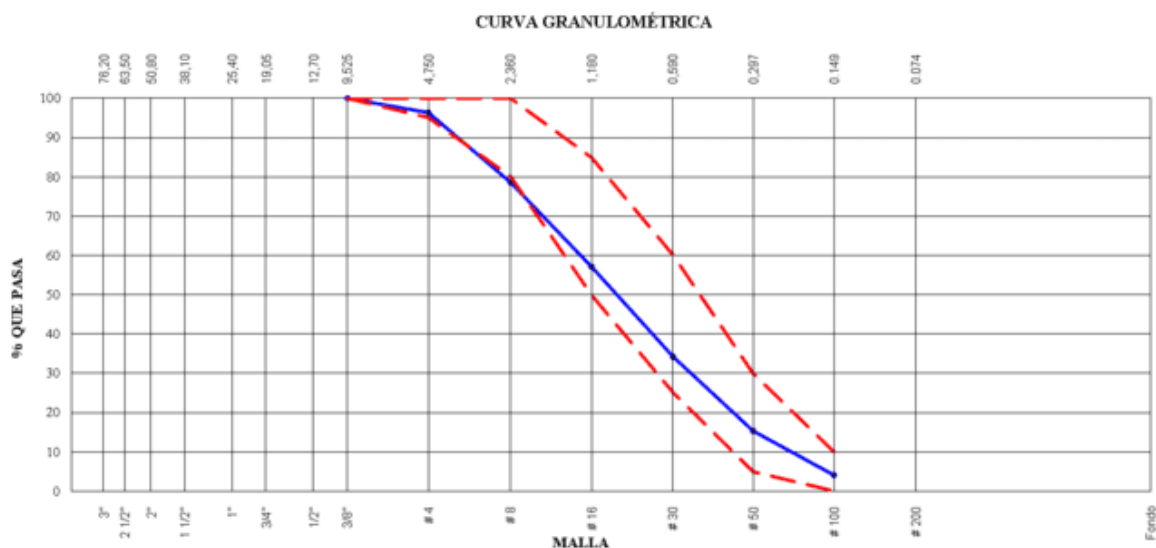
Agregado fino, resultados de la granulometría.

Malla		Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "LIM INF"	ASTM "LIM SUP"
3/8"	9.50 mm				100.00	100.00	100.00
# 4	4.75 mm	17.7	3.63	3.63	96.37	95.00	100.00
# 8	2.36 mm	87.0	17.84	21.46	78.54	80.00	100.00
# 16	1.18 mm	104.7	21.46	42.93	57.07	50.00	85.00
# 30	600 μ m	111.3	22.82	65.74	34.26	25.00	60.00
# 50	300 μ m	92.6	18.98	84.73	15.27	5.00	30.00
# 100	150 μ m	54.5	11.17	95.90	4.10	0.00	10.00
Fondo	-	20.0	4.10	100.00	0.00	-	-

En la siguiente figura, se representa mediante una curva azul el porcentaje acumulado que pasa. Asimismo, también se grafica las curvas de los límites que señala el ASTM C33, lo cual permite que visualmente se pueda verificar que el agregado fino utilizado se encuentra dentro de dichos márgenes.

Figura 15

Agregado fino, curva que forma la granulometría.



Agregado Grueso

Figura 16

Agregado grueso, granulometría.



En la tabla siguiente se presenta los distintos tamaños de mallas utilizadas en este proceso, y como dato recolectado del ensayo los pesos retenidos en cada malla. Asimismo, con estos datos se determinó los porcentajes retenidos, acumulados retenidos y acumulados que pasa. Además, se indica los valores de los límites inferior y superior que señala el ASTM, los cuales deben servir como referente de frontera para que el agregado utilizado se encuentre dentro de esos márgenes señalados.

El tamaño máximo nominal (TMN) es $\frac{1}{2}$ ". Asimismo, se determinó dicho valor conociendo que representa el primer tamiz en donde se retiene parte significativa del agregado en estudio.

Tabla 8

Agregado grueso, resultados de la granulometría.

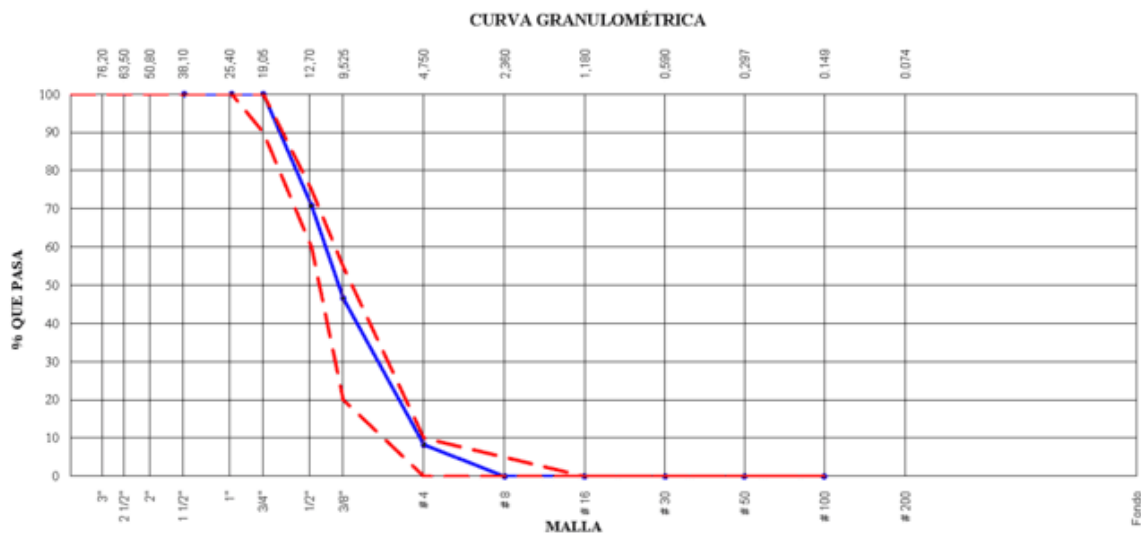
Malla	Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "LIM INF"	ASTM "LIM SUP"
-------	--------------------	--------------------	----------------------	----------------------	----------------	----------------

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	0.0	0.00	0.00	100.00	90.00	100.00
1/2"	12.50 mm	1466.0	29.25	29.25	70.75	60.00	75.00
3/8"	9.50 mm	1211.0	24.16	53.41	46.59	20.00	55.00
# 4	4.75 mm	1922.0	38.35	91.76	8.24	0.00	10.00
# 8	2.36 mm	413.0	8.24	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 representa mediante una curva azul el porcentaje acumulado que pasa. Asimismo, también se grafica las curvas de los límites que señala el ASTM C33, lo cual permite que visualmente se pueda verificar que el agregado grueso utilizado se encuentra dentro de dichos márgenes

Figura 17

Agregado grueso, curva que forma la granulometría.



Contenido de humedad

Todo lo referente al respecto de este análisis se encuentra señalado en la ASTM C 566.

Se determina el peso del agregado en estado tal y como se encuentra al obtenerlo de la cantera.

Posterior a ello se ingresa la muestra de agregado al horno durante 24 horas con la finalidad de obtener su peso en seco.

En la tabla siguiente, se presentan los datos obtenidos en laboratorio, los cuales al operar la muestra húmeda menos la muestra seca y dividir este resultado entre la muestra seca se obtiene el valor de la humedad. Asimismo, para exponerlo en porcentaje se multiplica por 100. Siendo en este caso el valor de humedad del agregado grueso utilizado 0.49 %.

Tabla 9*Agregado grueso, humedad.*

DESCRIPCIÓN	UND.	DATOS
Masa de tara	g	112.2
Masa de tara + muestra húmeda	g	2617.2
Masa de tara + muestra seca	g	2605.0
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.49

Similar a lo aplicado en el agregado grueso para obtener la humedad, en el agregado fino también se determina el peso del agregado en estado tal y como se encuentra al obtenerlo de la cantera. Posterior a ello se ingresa la muestra de agregado al horno durante 24 horas con la finalidad de obtener su peso en seco.

En la tabla siguiente, se presentan los datos obtenidos en laboratorio, los cuales al operar la muestra húmeda menos la muestra seca y dividir este resultado entre la muestra seca se obtiene el valor de la humedad. Asimismo, para exponerlo en porcentaje se multiplica por 100. Siendo en este caso el valor de humedad del agregado grueso utilizado 2.56 %.

Tabla 10*Agregado fino, humedad.*

DESCRIPCIÓN	UND.	DATOS
Masa de tara	g	60.2
Masa de tara + muestra húmeda	g	612.3
Masa de tara + muestra seca	g	598.5
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	2.56

Peso unitario suelto (PUS) y compactado (PUC)

Todo lo referente al respecto de este análisis se encuentra señalado en la ASTM C29 / C29M.

En la tabla siguiente, se exponen los datos recolectados del procedimiento realizado para obtener el PUS, que principalmente consiste en llenar el molde con agregado fino para obtener su peso, asimismo, ya con dicho peso y el volumen ya definido del envase o molde se puede hallar dividiendo peso entre volumen. Además, se realizó 3 veces dicho ensayo para obtener un promedio. Siendo en este caso del agregado fino utilizado 1368 Kg/m³.

Tabla 11

Agregado fino, PUS.

IDENTIFICACIÓN	UND.	1	2	3	PROMEDIO
Peso de molde	kg	1.070	1.070	1.070	
Volumen de molde	m ³	0.003009	0.003009	0.003009	
Peso de molde + muestra suelta	kg	5.186	5.190	5.185	
Peso de muestra suelta	kg	4.116	4.120	4.115	
PESO UNITARIO SUELTO	kg/m³	1368	1369	1368	1368

En la tabla siguiente, se exponen los datos recolectados del procedimiento realizado para obtener el PUC, que principalmente consiste en llenar el molde con agregado fino en 3 capas para obtener su peso, realizando la compactación respectiva de cada capa en el proceso. Asimismo, ya con dicho peso y el volumen ya definido del envase o molde se puede hallar dividiendo peso entre volumen. Además, se realizó 3 veces dicho ensayo para obtener un promedio. Siendo en este caso del agregado fino utilizado 1511 Kg/m³.

Tabla 12*Agregado fino, PUC.*

IDENTIFICACIÓN	UND.	1	2	3	PROMEDIO
Peso de molde	kg	1.070	1.070	1.070	
Volumen de molde	m ³	0.003009	0.003009	0.003009	
Peso de molde + muestra compactada	kg	5.598	5.630	5.618	
Peso de muestra compactada	kg	4.528	4.560	4.548	
PESO UNITARIO COMPACTADO	kg/m³	1505	1515	1511	1511

En la tabla siguiente, se exponen los datos recolectados del procedimiento realizado para obtener el PUS, que principalmente consiste en llenar el molde con agregado grueso para obtener su peso, asimismo, ya con dicho peso y el volumen ya definido del envase o molde se puede hallar dividiendo peso entre volumen. Además, se realizó 3 veces dicho ensayo para obtener un promedio. Siendo en este caso del agregado grueso utilizado 1459 Kg/m³.

Tabla 13*Agregado grueso, PUS.*

IDENTIFICACIÓN	UND.	1	2	3	PROMEDIO
Peso de molde	kg	2.253	2.253	2.253	
Volumen de molde	m ³	0.009421	0.009421	0.009421	
Peso de molde + muestra suelta	kg	15.952	15.981	16.050	
Peso de muestra suelta	kg	13.699	13.728	13.797	
PESO UNITARIO SUELTO	kg/m³	1454	1457	1464	1459

En la tabla siguiente, se exponen los datos recolectados del procedimiento realizado para obtener el PUC, que principalmente consiste en llenar el molde con agregado grueso en 3 capas para

obtener su peso, realizando la compactación respectiva de cada capa en el proceso. Asimismo, ya con dicho peso y el volumen ya definido del envase o molde se puede hallar dividiendo peso entre volumen. Además, se realizó 3 veces dicho ensayo para obtener un promedio. Siendo en este caso del agregado grueso utilizado 1595 Kg/m³.

Tabla 14

Agregado grueso, PUC.

IDENTIFICACIÓN	UND.	1	2	3	PROMEDIO
Peso de molde	kg	2.253	2.253	2.253	
Volumen de molde	m ³	0.009421	0.009421	0.009421	
Peso de molde + muestra compactada	kg	17.207	17.331	17.287	
Peso de muestra compactada	kg	14.954	15.078	15.034	
PESO UNITARIO COMPACTADO	kg/m³	1587	1600	1596	1595

Peso específico (PE) y absorción del agregado fino

Todo lo referente al respecto de este análisis se encuentra señalado en la ASTM C128.

En la figura siguiente, se observa una parte del procedimiento, el cual consiste en llenar el conito con agregado fino, para su posterior compactación respectiva. Acto seguido se retira dicho conito para observar la forma generada por el agregado y en base a ello determinar si el agregado se encuentra en un estado saturado con superficie seca (SSS). Asimismo, cabe resaltar que este procedimiento se puede repetir varias veces hasta obtener el estado deseado SSS.

Figura 18

Agregado fino, cono de arena.



En la tabla siguiente se exponen los datos obtenidos en laboratorio con su respectiva identificación y posterior operación para hallar el peso específico del agregado fino con un valor de 2670 Kg/m³.

Asimismo, dicho agregado presenta 2.46 % de absorción.

Tabla 15

Agregado fino, PE y absorción.

DESCRIPCIÓN	IDENTIFICACIÓN	DATOS
Peso Mat. Sat. Sup. Seca (SSS)	A	500.0
Peso Frasco + agua	B	648.4
Peso en el Frasco agua + muestra SSS	C	961.1
Peso del Mat. Seco	D	488.0
Pe Bulk (Base seca) o Peso específico de masa	D/(B+A-C)	2.605
Pe Bulk (Base Saturada) o Peso específico SSS	A/(B+A-C)	2.670
Pe Aparente (Base seca) o Peso específico aparente	D/(B+D-C)	2.784
% Absorción	100*((A-D)/D)	2.46

Peso específico (PE) y absorción del agregado grueso

Todo lo referente al respecto de este análisis se encuentra señalado en la ASTM C 127.

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.

En la figura siguiente, se presenta una parte del procedimiento que consiste en pesar el agregado grueso en estado SSS. Asimismo, señalar que para obtener dicho estado previamente el agregado fue saturado en agua y secado con una toalla.

Figura 19

Agregado grueso, proceso de pesar la muestra en agua.



En la tabla siguiente se exponen los datos obtenidos en laboratorio con su respectiva identificación y posterior operación para hallar el peso específico del agregado grueso con un valor de 2779 Kg/m³. Asimismo, dicho agregado presenta 0.65 % de absorción.

Tabla 16

Agregado grueso P.E y absorción.

DESCRIPCIÓN	IDENTIFICACIÓN	DATOS
Peso de la muestra Sat. Sup. Seca (SSS)	A	1081.0
Peso de la muestra SSS sumergida	B	692.0
Peso de la muestra secada al horno	C	1074.0
Pe Bulk (Base seca) o Peso específico de masa	C/(A-B)	2.761
Pe Bulk (Base Saturada) o Peso específico SSS	A/(A-B)	2.779
Pe Aparente (Base seca) o Peso específico aparente	C/(C-B)	2.812
% Absorción	100*((A-C)/C)	0.65

Diseño de mezclas de concreto

Al respecto de la mezcla a diseñar, se tuvo en cuenta la metodología muy utilizada como es el ACI 211. Que permitió establecer las cantidades necesarias para elaborar un concreto que servirá de base o patrón (G-P). Asimismo, sobre dicho concreto base se agregará los porcentajes de lignina establecidos en la presente investigación.

Tomando como referente lo que indica la E.060 al respecto de la elaboración de concreto por primera vez o sin un registro previo de datos de dicha elaboración, señala que al concreto de resistencia que se quiere obtener 210 Kg/cm², se le adicione un factor de seguridad de 84 Kg/cm², con la finalidad de asegurar que la resistencia nunca se menor a la que se desea (210 Kg/cm²); por lo tanto, la resistencia para la cual se dosificó es de 294 Kg/cm².

En la siguiente tabla, se expone los datos recolectados de los agregados que sirven para dosificar a través de la metodología del ACI 211.

Tabla 17

Datos de los insumos para elaborar el concreto.

Insumos	P.E (Kg/m3)	Humedad (%)	Abs (%)	MF	P.U.S	P.U.C	TMN
Cemento	3110	---	---	---	---	---	---
Agua	1000	---	---	---	---	---	---
Agregado grueso	2779	0.49%	0.65%	6.45	1459	1595	1/2"
Agregado fino	2670	2.56%	2.46%	3.14	1368	1511	---

El orden que presenta la metodología AC 211, es en primera instancia considerar el slump aproximado que se quiere obtener, siendo en este caso de 7.5 cm a 10 cm.

Para estimar la cantidad de agua a utilizar en la mezcla, se coteja en la tabla del ACI 211 los valores del slump y el TMN del agregado que en este caso es de 1/2". Con lo cual se obtiene una cantidad de agua a utilizar de 216 L/m³. Asimismo, con estos datos la tabla nos indica que existirá 2.5% de contenido de aire.

Acto seguido, para obtener el factor agua cemento, se interpola los valores presentados en la tabla del ACI 211, para una resistencia de 294 Kg/cm², con lo cual se obtiene un factor de 0.55.

Ahora solo es operar conociendo la cantidad de agua 216 L/m³ y el factor agua/cemento que es 0.55, entonces se obtiene un valor de cemento a utilizar en la mezcla de 392.7 Kg.

Al respecto de la cantidad de agregado grueso a utilizar en la mezcla, se obtiene el factor a utilizar cotejando los datos de TMN Y MF de los agregados. Siendo en este caso dicho factor de 0.516. Asimismo, la manera de operar es multiplicando el factor por el PUC, obteniendo 823.02 Kg.

Ya conocidos los pesos del cemento, agua y agregado grueso lo que se hace es obtener sus volúmenes a partir de multiplicar dichos pesos por el peso específico respectivo. Asimismo, como se dosifica para 1 m³ entonces la cantidad de agregado fino es el volumen que falta de sumar dichos volúmenes ya conocidos incluido los del aire para completar 1 m³.

En la tabla siguiente, se presentan los pesos de los insumos que se utilizan en la mezcla de concreto para 1 m³.

Tabla 18

Dosificación sin considerar la humedad de los agregados.

INSUMOS	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	393	Kg
Agua	216	Litro
Agregado fino	899	Kg
Agregado grueso	823	Kg

Resaltar que la tabla anterior expone dichos valores considerando los agregados en estado seco. Por lo cual no es un estado que normalmente se presente, puesto que, los agregados presentan en realidad valores de humedad y absorción.

Para considerar la humedad de los agregados, se opera multiplicando el porcentaje de humedad por la cantidad en peso del agregado grueso y fino a utilizar, siendo estos valores 827.1 Kg y 921.6 Kg respectivamente.

El valor de la humedad superficial se halla de la diferencia aritmética entre la humedad y la absorción, en este caso dichos valores en el agregado grueso es de -0.2% y el fino de 0.1%.

Asimismo, para conocer con cuanto de agua contribuye cada agregado, lo que se hace es multiplicar la humedad superficial por el peso del agregado en estado húmedo. Siendo esta cantidad de agua -1.3 L en el agregado grueso y 0.9 L en el fino. Paso siguiente se suman ambas cantidades de agua considerando los signos con lo que se obtiene -0.4 L, que en esta ocasión es una cantidad muy pequeña pero que es importante siempre dicha corrección por humedad, ya que en algunos casos pueden salir cantidad de agua considerables que afectarían la mezcla final si es que no se corrigen los valores.

La cantidad final de agua a utilizar es el resultado que se obtiene de restar el aporte de agua de los agregados -0.4 L (en este caso negativo envés de aportar va quitar agua) a lo que inicialmente se tiene 216 L, obteniendo 216.4 L.

En la tabla siguiente se exponen los pesos de los insumos para la elaboración de 1m³ de concreto, ya con la corrección respectiva de humedad y absorción que naturalmente presentan los agregados.

Tabla 19

Dosificación considerando la humedad de los agregados.

INSUMOS	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	393	Kg
Agua	216.4	Litro
Agregado fino	922	Kg
Agregado grueso	827	Kg

Asentamiento

Todo lo referente al respecto de este análisis se encuentra señalado en la N.T.P. 339.035.

En la siguiente tabla, se exponen los valores de slump obtenidos de los grupos de mezcla realizados. Siendo el grupo control o patrón G-P (0% lignina) el que obtuvo menor slump con un valor de 2.8". Asimismo, los grupos de concreto a los cuales se le adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) G-1 (0.25% LBC) y G-2 (0.50% LBC) presentaron 3" y 3.5" de slump respectivamente. Además, los grupos de concreto a los cuales se le agregó lignosulfato de sodio (LSS) G-3 (0.25% LSS) y G-4 (0.50% LSS) presentaron 3.5" y 4" de slump respectivamente.

Tabla 20

Resultados del asentamiento (slump).

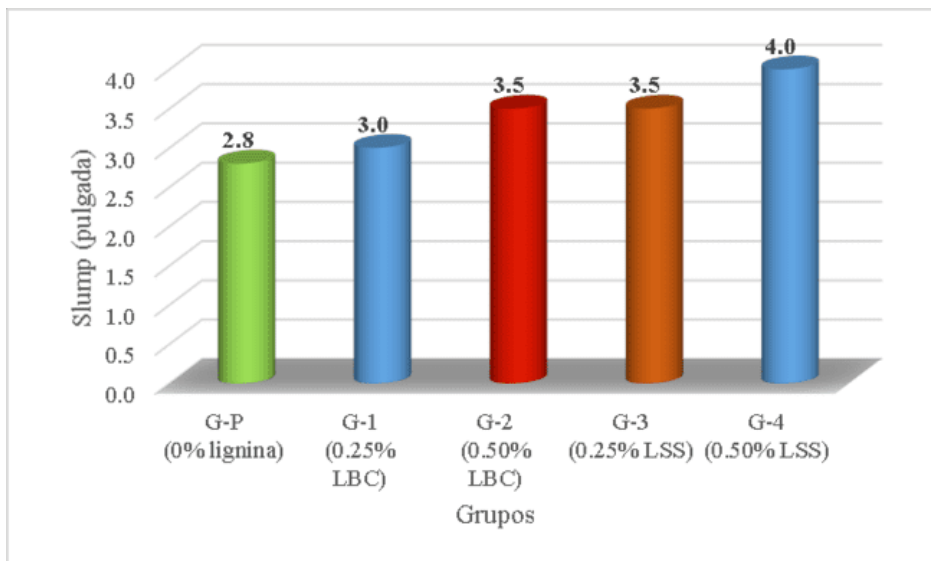
Grupos de diseño	Slump (pulgada)
G-P (0% lignina)	2.8

G-1 (0.25% LBC)	3.0
G-2 (0.50% LBC)	3.5
G-3 (0.25% LSS)	3.5
G-4 (0.50% LSS)	4.0

En la figura siguiente se representa mediante un gráfico de columnas los slump obtenidos de los grupos de diseño de mezcla de concreto, resaltando que G-P es el grupo control de referencia que es el concreto sin adición de lignina, en el cual el slump fue de 2.8". Asimismo, comparando los 2 grupos (G-1 y G-2) en los cuales se adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) se puede apreciar que el slump aumentó con respecto al grupo patrón G-P y que en G-2 se obtuvo mayor slump que en G-1, pudiendo inferir que a mayor cantidad de LBC entonces mayor es el slump obtenido. Además, comparando de manera similar los 2 grupos (G-3 y G-4) en los cuales se adicionó lignosulfato de sodio (LSS) se puede apreciar que el slump aumentó con respecto al grupo patrón G-P y que en G-4 se obtuvo mayor slump que en G-3, pudiendo inferir que a mayor cantidad de LSS entonces mayor es el slump obtenido. Así como también en la comparación global se aprecia que el mayor slump obtenido 4" es en el grupo G-4 (0.50% LSS) y utilizando el mismo porcentaje del otro tipo de lignina G-2 (0.50% LBC) se obtiene 3.5", pudiendo inferir que, si bien ambos tipos de lignina aumentan el slump del concreto, es el LSS en donde se aprecia un mayor aumento del slump.

Figura 20

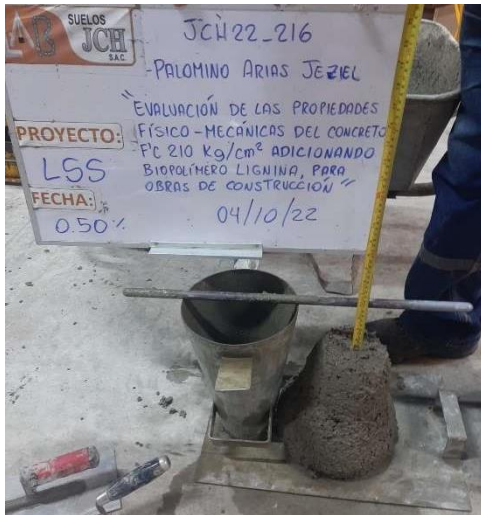
Slump, según el porcentaje y tipo de lignina.



En la figura siguiente, se presenta uno de los pasos para medir el slump del concreto, considerando que el concreto se llena en el cono en 3 capas, y que al llenar de concreto cada capa se realiza la compactación de la misma con la varilla por 25 veces. Asimismo, una vez lleno el cono se retira el molde y se lo coloca de forma inversa para tenerlo de referencia al medir.

Figura 21

Midiendo el slump.

**Curado del concreto**

Todo lo referente al respecto de este análisis se encuentra señalado en la N.T.P. 339.033. 2009. El curado del concreto se realizó sumergiendo las muestras en agua por completo, hasta el día del ensayo indicado.

Resistencia a compresión

Todo lo referente al respecto de este análisis se encuentra señalado en la N.T.P. 339.034.2015 y ASTM C 39.

Figura 22

Ensayo a compresión.



Resultados a los 7 días

En la siguiente tabla, se exponen los valores de resistencia a compresión a los 7 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados. Siendo el grupo control o patrón G-P (0% lignina) el que obtuvo menores valores 223 Kg/cm^2 , 219 Kg/cm^2 y 228 Kg/cm^2 . Asimismo, los grupos de concreto a los cuales se le adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) G-1 (0.25% LBC) y G-2 (0.50% LBC) presentaron como promedio de 3 ensayos 248 Kg/cm^2 y 251 Kg/cm^2 respectivamente. Además, los grupos de concreto a los cuales se le agregó lignosulfato de sodio (LSS) G-3 (0.25% LSS) y G-4 (0.50% LSS) presentaron como promedio de 3 ensayos 254 Kg/cm^2 y 251 Kg/cm^2 respectivamente.

Tabla 21*Resistencia a compresión, a los 7 días.*

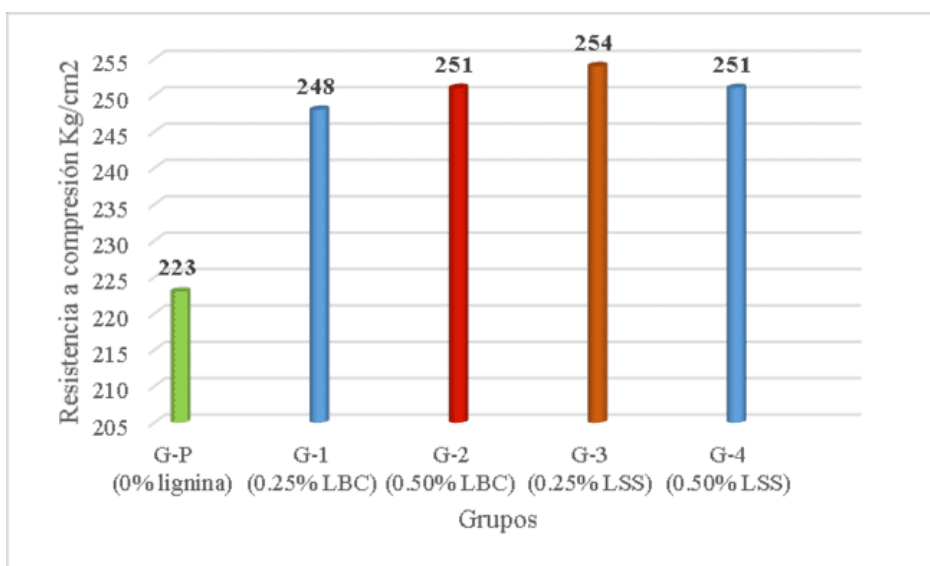
Grupos de diseño	Edad de rotura (días)	Fuerza máxima (KN)	Resistencia obtenida F'c (Kg/cm ²)	Promedio F'c (Kg/cm ²)
G-P (0% lignina)	7	177.35	223	223
	7	174.96	219	
	7	182.57	228	
G-1 (0.25% LBC)	7	197.05	248	248
	7	194.4	243	
	7	202.85	253	
G-2 (0.50% LBC)	7	206.79	251	251
	7	204.26	254	
	7	202.6	248	
G-3 (0.25% LSS)	7	202.29	250	254
	7	203.39	255	
	7	204.13	257	
G-4 (0.50% LSS)	7	205.38	257	251
	7	197.57	249	
	7	199.8	247	

En la figura siguiente se representa mediante un gráfico de columnas los valores de resistencia a compresión a los 7 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados, resaltando que G-P es el grupo control de referencia que es el concreto sin adición de lignina, en el cual se presentó como promedio de 3 ensayos el valor de 223 Kg/cm². Asimismo, comparando los 2 grupos (G-1 y G-2) en los cuales se adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) se puede apreciar que la resistencia a compresión aumentó con respecto al grupo patrón G-P y que en G-2 se obtuvo mayor resistencia 251 Kg/cm² que en G-1 248 Kg/cm², pudiendo inferir que a mayor cantidad de LBC entonces mayor es la resistencia a compresión obtenida. Además, comparando de manera similar los 2 grupos (G-3 y G-4) en los cuales se adicionó lignosulfato de sodio (LSS) se puede apreciar que la resistencia a compresión aumentó con respecto al grupo patrón G-P y que en G-4 se obtuvo menor resistencia 251 Kg/cm² que en G-3 254 Kg/cm², pudiendo inferir que a menor cantidad de LSS

entonces mayor es la resistencia a compresión obtenida. Así como también en la comparación global se aprecia que la mayor resistencia a compresión obtenida es 254 Kg/cm^2 en el grupo G-3 (0.25% LSS) y utilizando el mismo porcentaje del otro tipo de lignina G-1 (0.25% LBC) se obtiene 248 Kg/cm^2 , pudiendo inferir que, si bien ambos tipos de lignina aumentan la resistencia del concreto, es el LSS en donde se aprecia un mayor aumento de la resistencia a compresión a los 7 días.

Figura 23

Resistencia a compresión, a los 7 días.



En la tabla siguiente, se detallan los valores de resistencia a compresión en porcentajes a los 7 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados, resaltando que G-P es el grupo control de referencia que es el concreto sin adición de lignina, el cual se le considera como el 100%. Asimismo, comparando con los 2 grupos (G-1 y G-2) en los cuales se adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) se puede apreciar que la resistencia a compresión aumentó con respecto al grupo patrón G-P en 11% y 13% respectivamente, pudiendo inferir que adicionar LBC en 0.50% en relación al

peso del cemento aumenta su resistencia a compresión en 13%. Además, comparando de manera similar con los 2 grupos (G-3 y G-4) en los cuales se adicionó lignosulfato de sodio (LSS) se puede apreciar que la resistencia a compresión aumentó con respecto al grupo patrón G-P en 14% y 13% respectivamente, pudiendo inferir que adicionar LSS en 0.25% en relación al peso del cemento aumenta su resistencia a compresión en 14%. Así como también en la comparación global se aprecia que la mayor mejora en porcentaje de resistencia a compresión obtenida es 14% en el grupo G-3 (0.25% LSS) y utilizando el mismo porcentaje del otro tipo de lignina G-1 (0.25% LBC) se obtiene 11%, pudiendo inferir que, si bien ambos tipos de lignina aumentan la resistencia del concreto, es el LSS en donde se aprecia un mayor aumento de porcentaje de la resistencia a compresión a los 14 días en relación al grupo control sin lignina.

Tabla 22

Resistencia a compresión, en porcentaje a los 7 días.

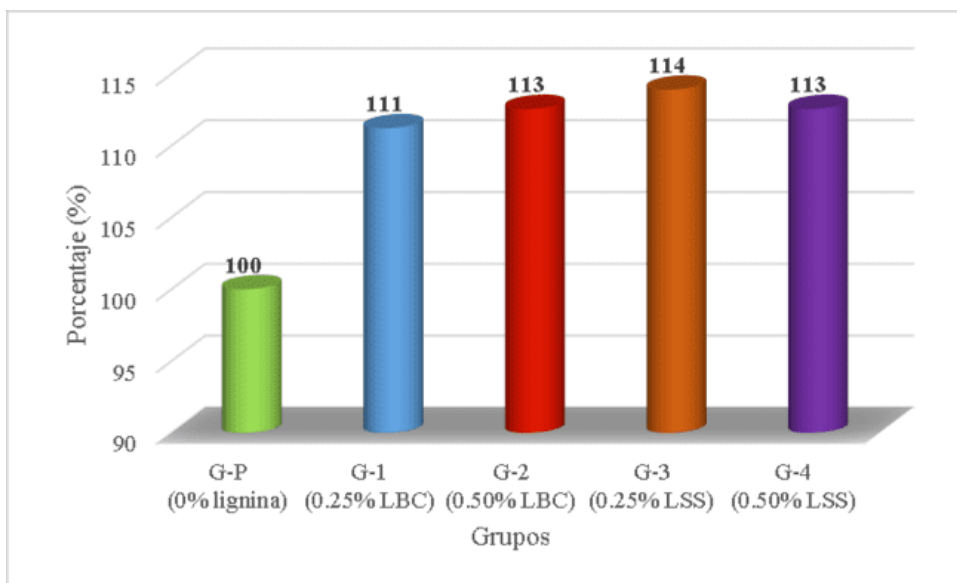
Grupos de diseño	Resistencia a compresión 7 días	
	(Kg/cm ²)	Porcentaje %
G-P (0% lignina)	223	100
G-1 (0.25% LBC)	248	111
G-2 (0.50% LBC)	251	113
G-3 (0.25% LSS)	254	114
G-4 (0.50% LSS)	251	113

En la figura siguiente, se representa mediante un gráfico de columnas los valores de resistencia a compresión en porcentajes a los 7 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados, resaltando que G-P es el grupo control de referencia que es el concreto sin adición de lignina, el cual se le

considera como el 100%. Asimismo, se observa que todos los grupos con adición de lignina (LBC o LSS) aumentan la resistencia del concreto control o patrón en un rango de 11% a 14%.

Figura 24

Resistencia a compresión, en porcentaje a los 7 días.



Resultados a los 14 días

En la siguiente tabla, se exponen los valores de resistencia a compresión a los 14 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados. Siendo el grupo control o patrón G-P (0% lignina) el que obtuvo menores valores 266 Kg/cm^2 , 263 Kg/cm^2 y 267 Kg/cm^2 . Asimismo, los grupos de concreto a los cuales se le adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) G-1 (0.25% LBC) y G-2 (0.50% LBC) presentaron como promedio de 3 ensayos 295 Kg/cm^2 y 305 Kg/cm^2 respectivamente. Además, los grupos de concreto a los cuales se le agregó lignosulfato de sodio (LSS) G-3 (0.25% LSS) y G-4 (0.50% LSS) presentaron como promedio de 3 ensayos 301 Kg/cm^2 y 287 Kg/cm^2 respectivamente.

Tabla 23*Resistencia a compresión, a los 14 días.*

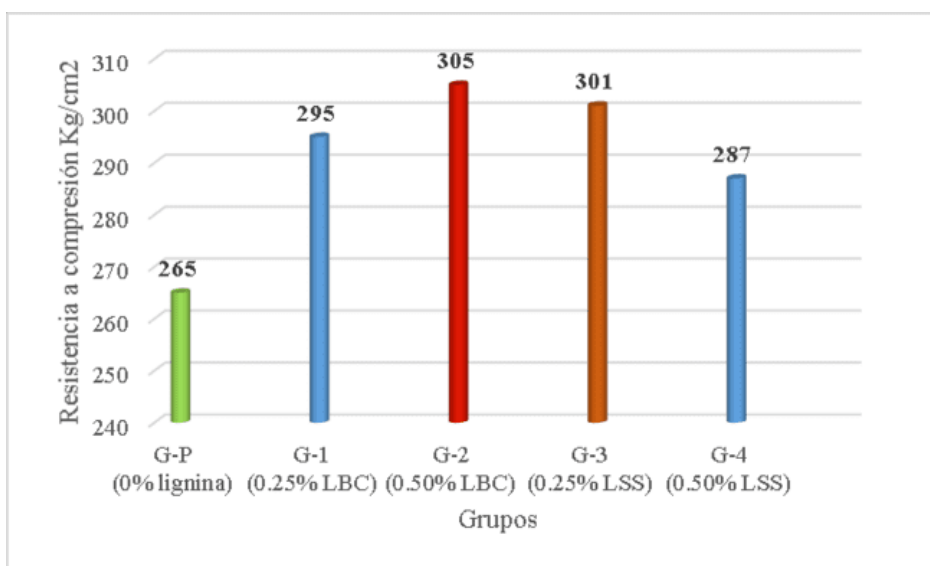
Grupos de diseño	Edad de rotura (días)	Fuerza máxima (KN)	Resistencia obtenida F'c (Kg/cm²)	Promedio F'c (Kg/cm²)
G-P (0% lignina)	14	205.95	266	265
	14	204.15	263	
	14	206.22	267	
G-1 (0.25% LBC)	14	228.84	296	295
	14	226.83	292	
	14	229.14	297	
G-2 (0.50% LBC)	14	240.67	304	305
	14	241.87	306	
	14	243.28	306	
G-3 (0.25% LSS)	14	235.86	301	301
	14	236.86	302	
	14	239.57	301	
G-4 (0.50% LSS)	14	224.83	283	287
	14	227.53	291	
	14	226.13	286	

En la figura siguiente se representa mediante un gráfico de columnas los valores de resistencia a compresión a los 14 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados, resaltando que G-P es el grupo control de referencia que es el concreto sin adición de lignina, en el cual se presentó como promedio de 3 ensayos el valor de 265 Kg/cm². Asimismo, comparando los 2 grupos (G-1 y G-2) en los cuales se adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) se puede apreciar que la resistencia a compresión aumentó con respecto al grupo patrón G-P y que en G-2 se obtuvo mayor resistencia 305 Kg/cm² que en G-1 295 Kg/cm², pudiendo inferir que a mayor cantidad de LBC entonces mayor es la resistencia a compresión obtenida. Además, comparando de manera similar los 2 grupos (G-3 y G-4) en los cuales se adicionó lignosulfato de sodio (LSS) se puede apreciar que la resistencia a compresión aumentó con respecto al grupo patrón G-P y que en G-4 se obtuvo menor resistencia 287 Kg/cm² que en G-3 301 Kg/cm², pudiendo inferir que a menor cantidad de LSS

entonces mayor es la resistencia a compresión obtenida. Así como también en la comparación global se aprecia que la mayor resistencia a compresión obtenida es 305 Kg/cm^2 en el grupo G-2 (0.50% LBC) y utilizando el mismo porcentaje del otro tipo de lignina G-4 (0.50% LSS) se obtiene 287 Kg/cm^2 , pudiendo inferir que, si bien ambos tipos de lignina aumentan la resistencia del concreto, es el LBC en donde se aprecia un mayor aumento de la resistencia a compresión a los 14 días.

Figura 25

Resistencia a compresión, a los 14 días.



En la tabla siguiente, se detallan los valores de resistencia a compresión en porcentajes a los 14 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados, resaltando que G-P es el grupo control de referencia que es el concreto sin adición de lignina, el cual se le considera como el 100%. Asimismo, comparando con los 2 grupos (G-1 y G-2) en los cuales se adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) se puede apreciar que la resistencia a compresión aumentó con respecto al grupo patrón G-P en 11% y 15% respectivamente, pudiendo inferir que adicionar LBC en 0.50% en

relación al peso del cemento aumenta su resistencia a compresión en 15%. Además, comparando de manera similar con los 2 grupos (G-3 y G-4) en los cuales se adicionó lignosulfato de sodio (LSS) se puede apreciar que la resistencia a compresión aumentó con respecto al grupo patrón G-P en 14% y 8% respectivamente, pudiendo inferir que adicionar LSS en 0.25% en relación al peso del cemento aumenta su resistencia a compresión en 14%. Así como también en la comparación global se aprecia que la mayor mejora en porcentaje de resistencia a compresión obtenida es 15% en el grupo G-2 (0.50% LBC) y utilizando el mismo porcentaje del otro tipo de lignina G-4 (0.50% LSS) se obtiene 8%, pudiendo inferir que, si bien ambos tipos de lignina aumentan la resistencia del concreto, es el LBC en donde se aprecia un mayor aumento de porcentaje de la resistencia a compresión a los 14 días en relación al grupo control sin lignina.

Tabla 24

Resistencia a compresión, en porcentaje a los 14 días.

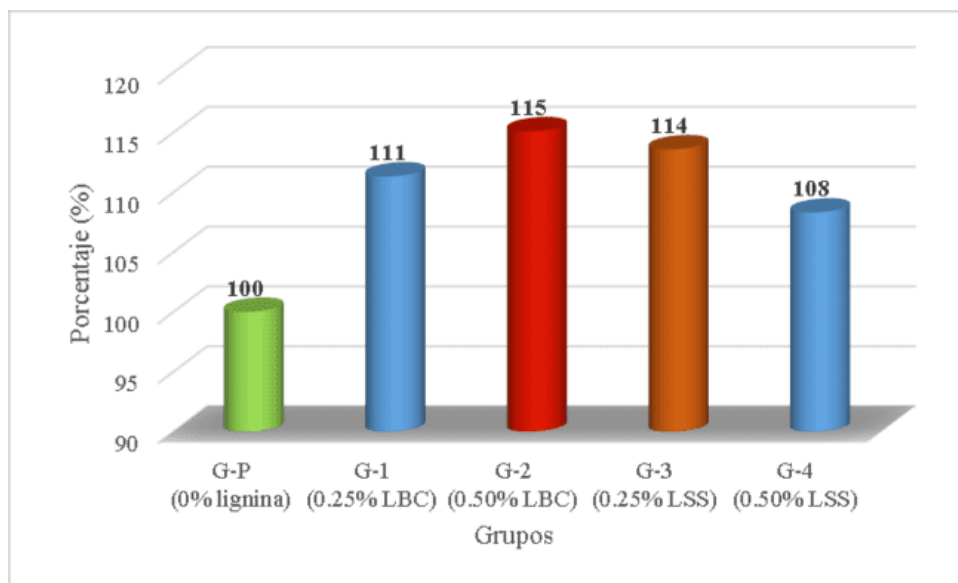
Grupos de diseño	Resistencia a compresión 14 días	
	(Kg/cm ²)	Porcentaje %
G-P (0% lignina)	265	100
G-1 (0.25% LBC)	295	111
G-2 (0.50% LBC)	305	115
G-3 (0.25% LSS)	301	114
G-4 (0.50% LSS)	287	108

En la figura siguiente, se representa mediante un gráfico de columnas los valores de resistencia a compresión en porcentajes a los 14 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados, resaltando que G-P es el grupo control de referencia que es el concreto sin adición de lignina, el cual se le

considera como el 100%. Asimismo, se observa que todos los grupos con adición de lignina (LBC o LSS) aumentan la resistencia del concreto control o patrón en un rango de 8% a 15%.

Figura 26

Resistencia a compresión, en porcentaje a los 14 días.



Resultados a los 28 días

En la siguiente tabla, se exponen los valores de resistencia a compresión a los 28 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados. Siendo el grupo control o patrón G-P (0% lignina) el que obtuvo menores valores 296 Kg/cm^2 , 298 Kg/cm^2 y 294 Kg/cm^2 . Asimismo, los grupos de concreto a los cuales se le adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) G-1 (0.25% LBC) y G-2 (0.50% LBC) presentaron como promedio de 3 ensayos 329 Kg/cm^2 y 341 Kg/cm^2 respectivamente. Además, los grupos de concreto a los cuales se le agregó lignosulfato de sodio (LSS) G-3 (0.25% LSS) y G-4 (0.50% LSS) presentaron como promedio de 3 ensayos 334 Kg/cm^2 y 315 Kg/cm^2 respectivamente.

Tabla 25*Resistencia a compresión, a los 28 días.*

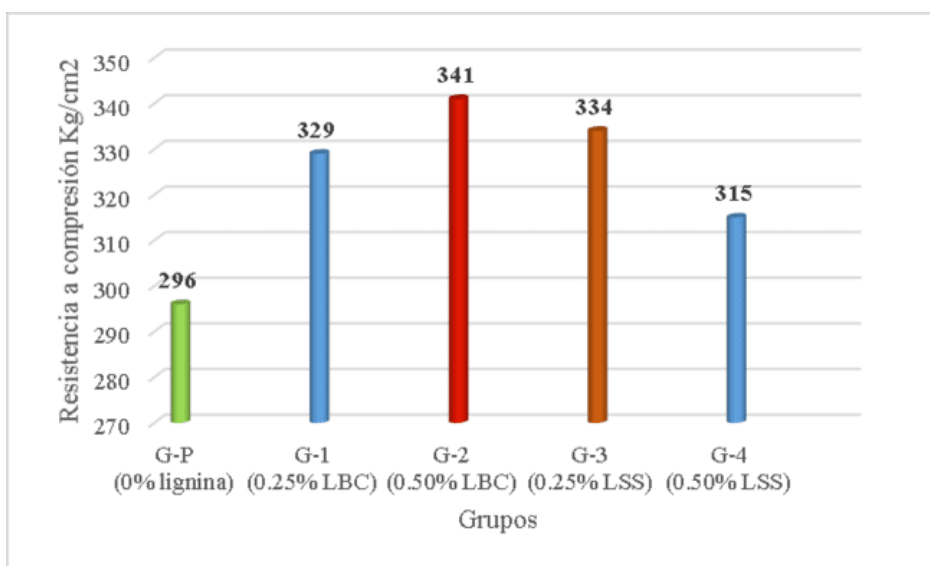
Grupos de diseño	Edad de rotura (días)	Fuerza máxima (KN)	Resistencia obtenida F'c (Kg/cm²)	Promedio F'c (Kg/cm²)
G-P (0% lignina)	28	233.18	296	296
	28	239.22	298	
	28	235.09	294	
G-1 (0.25% LBC)	28	259.09	329	329
	28	265.8	331	
	28	261.21	327	
G-2 (0.50% LBC)	28	274.97	343	341
	28	275.55	343	
	28	271.36	338	
G-3 (0.25% LSS)	28	262.25	327	334
	28	271.56	341	
	28	266.06	334	
G-4 (0.50% LSS)	28	260.69	322	315
	28	253.46	318	
	28	245.35	306	

En la figura siguiente se representa mediante un gráfico de columnas los valores de resistencia a compresión a los 28 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados, resaltando que G-P es el grupo control de referencia que es el concreto sin adición de lignina, en el cual se presentó como promedio de 3 ensayos el valor de 296 Kg/cm². Asimismo, comparando los 2 grupos (G-1 y G-2) en los cuales se adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) se puede apreciar que la resistencia a compresión aumentó con respecto al grupo patrón G-P y que en G-2 se obtuvo mayor resistencia 341 Kg/cm² que en G-1 329 Kg/cm², pudiendo inferir que a mayor cantidad de LBC entonces mayor es la resistencia a compresión obtenida. Además, comparando de manera similar los 2 grupos (G-3 y G-4) en los cuales se adicionó lignosulfato de sodio (LSS) se puede apreciar que la resistencia a compresión aumentó con respecto al grupo patrón G-P y que en G-4 se obtuvo menor resistencia 315 Kg/cm² que en G-3 334 Kg/cm², pudiendo inferir que a menor cantidad de LSS

entonces mayor es la resistencia a compresión obtenida. Así como también en la comparación global se aprecia que la mayor resistencia a compresión obtenida es 341 Kg/cm^2 en el grupo G-2 (0.50% LBC) y utilizando el mismo porcentaje del otro tipo de lignina G-4 (0.50% LSS) se obtiene 315 Kg/cm^2 , pudiendo inferir que, si bien ambos tipos de lignina aumentan la resistencia del concreto, es el LBC en donde se aprecia un mayor aumento de la resistencia a compresión a los 28 días.

Figura 27

Resistencia a compresión, a los 28 días.



En la tabla siguiente, se detallan los valores de resistencia a compresión en porcentajes a los 28 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados, resaltando que G-P es el grupo control de referencia que es el concreto sin adición de lignina, el cual se le considera como el 100%. Asimismo, comparando con los 2 grupos (G-1 y G-2) en los cuales se adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) se puede apreciar que la resistencia a compresión aumentó con respecto al grupo patrón G-P en 11% y 15% respectivamente, pudiendo inferir que adicionar LBC en 0.50% en

relación al peso del cemento aumenta su resistencia a compresión en 15%. Además, comparando de manera similar con los 2 grupos (G-3 y G-4) en los cuales se adicionó lignosulfato de sodio (LSS) se puede apreciar que la resistencia a compresión aumentó con respecto al grupo patrón G-P en 13% y 6% respectivamente, pudiendo inferir que adicionar LSS en 0.25% en relación al peso del cemento aumenta su resistencia a compresión en 13%. Así como también en la comparación global se aprecia que la mayor mejora en porcentaje de resistencia a compresión obtenida es 15% en el grupo G-2 (0.50% LBC) y utilizando el mismo porcentaje del otro tipo de lignina G-4 (0.50% LSS) se obtiene 6%, pudiendo inferir que, si bien ambos tipos de lignina aumentan la resistencia del concreto, es el LBC en donde se aprecia un mayor aumento de porcentaje de la resistencia a compresión a los 28 días en relación al grupo control sin lignina.

Tabla 26

Resistencia a compresión, en porcentaje a los 28 días.

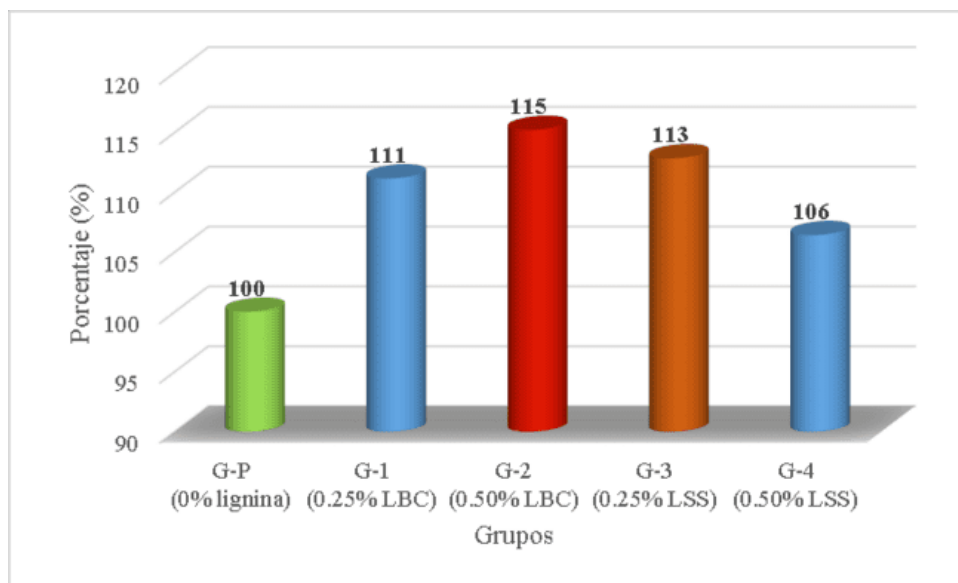
Grupos de diseño	Resistencia a compresión 28 días	
	(Kg/cm ²)	Porcentaje %
G-P (0% lignina)	296	100
G-1 (0.25% LBC)	329	111
G-2 (0.50% LBC)	341	115
G-3 (0.25% LSS)	334	113
G-4 (0.50% LSS)	315	106

En la figura siguiente, se representa mediante un gráfico de columnas los valores de resistencia a compresión en porcentajes a los 28 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados, resaltando que G-P es el grupo control de referencia que es el concreto sin adición de lignina, el cual se le

considera como el 100%. Asimismo, se observa que todos los grupos con adición de lignina (LBC o LSS) aumentan la resistencia del concreto control o patrón en un rango de 6% a 15%.

Figura 28

Resistencia a compresión, en porcentaje a los 28 días.



Resistencia a la tracción

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

Figura 29

Ensayo a tracción.



Resultados a los 7 días tracción

En la siguiente tabla, se exponen los valores de resistencia a tracción a los 7 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados. Siendo el grupo control o patrón G-P (0% lignina) el que obtuvo menores valores 18.7 Kg/cm², 17.3 Kg/cm² y 16.3 Kg/cm². Asimismo, los grupos de concreto a los cuales se le adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) G-1 (0.25% LBC) y G-2 (0.50% LBC) presentaron como promedio de 3 ensayos 21.7 Kg/cm² y 23.6 Kg/cm² respectivamente. Además, los grupos de concreto a los cuales se le agregó lignosulfato de sodio (LSS) G-3 (0.25% LSS) y G-4 (0.50% LSS) presentaron como promedio de 3 ensayos 21.5 Kg/cm² y 19.8 Kg/cm² respectivamente.

Tabla 27*Resistencia a tracción, a los 7 días.*

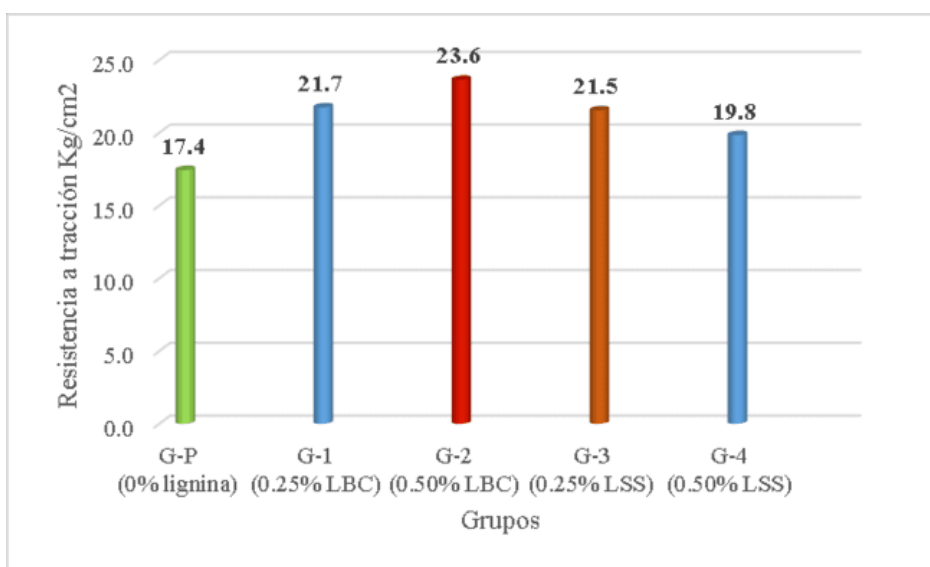
Grupos de diseño	Edad de rotura (días)	Resistencia a Tracción (Kg/cm²)	Promedio Tracción (Kg/cm²)
G-P (0% lignina)	7	18.7	17.4
	7	17.3	
	7	16.3	
G-1 (0.25% LBC)	7	22.8	21.7
	7	21.5	
	7	20.9	
G-2 (0.50% LBC)	7	22.9	23.6
	7	23.3	
	7	24.7	
G-3 (0.25% LSS)	7	21.3	21.5
	7	22.1	
	7	21.2	
G-4 (0.50% LSS)	7	17.8	19.8
	7	18.1	
	7	23.6	

En la figura siguiente se representa mediante un gráfico de columnas los valores de resistencia a tracción a los 7 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados, resaltando que G-P es el grupo control de referencia que es el concreto sin adición de lignina, en el cual se presentó como promedio de 3 ensayos el valor de 17.4 Kg/cm². Asimismo, comparando los 2 grupos (G-1 y G-2) en los cuales se adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) se puede apreciar que la resistencia a tracción aumentó con respecto al grupo patrón G-P y que en G-2 se obtuvo mayor resistencia 23.6 Kg/cm² que en G-1 21.7 Kg/cm², pudiendo inferir que a mayor cantidad de LBC entonces mayor es la resistencia a tracción obtenida. Además, comparando de manera similar los 2 grupos (G-3 y G-4) en los cuales se adicionó lignosulfato de sodio (LSS) se puede apreciar que la resistencia a tracción aumentó con respecto al grupo patrón G-P y que en G-4 se obtuvo menor resistencia 19.8 Kg/cm² que en G-3 21.5 Kg/cm², pudiendo inferir que a menor cantidad de LSS entonces mayor

es la resistencia a tracción obtenida. Así como también en la comparación global se aprecia que la mayor resistencia a tracción obtenida es 23.6 Kg/cm² en el grupo G-2 (0.50% LBC) y utilizando el mismo porcentaje del otro tipo de lignina G-4 (0.50% LSS) se obtiene 19.8 Kg/cm², pudiendo inferir que, si bien ambos tipos de lignina aumentan la resistencia del concreto, es el LBC en donde se aprecia un mayor aumento de la resistencia a tracción a los 7 días.

Figura 30

Resistencia a tracción, a los 7 días.



En la tabla siguiente, se detallan los valores de resistencia a tracción en porcentajes a los 7 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados, resaltando que G-P es el grupo control de referencia que es el concreto sin adición de lignina, el cual se le considera como el 100%. Asimismo, comparando con los 2 grupos (G-1 y G-2) en los cuales se adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) se puede apreciar que la resistencia a tracción aumentó con respecto al grupo patrón G-P en 25% y 36% respectivamente, pudiendo inferir que adicionar LBC en 0.50% en relación al peso del cemento aumenta su resistencia a tracción en 36%. Además, comparando de manera similar

con los 2 grupos (G-3 y G-4) en los cuales se adicionó lignosulfato de sodio (LSS) se puede apreciar que la resistencia a tracción aumentó con respecto al grupo patrón G-P en 24% y 14% respectivamente, pudiendo inferir que adicionar LSS en 0.25% en relación al peso del cemento aumenta su resistencia a tracción en 24%. Así como también en la comparación global se aprecia que la mayor mejora en porcentaje de resistencia a tracción obtenida es 36% en el grupo G-2 (0.50% LBC) y utilizando el mismo porcentaje del otro tipo de lignina G-4 (0.50% LSS) se obtiene 14%, pudiendo inferir que, si bien ambos tipos de lignina aumentan la resistencia del concreto, es el LBC en donde se aprecia un mayor aumento de porcentaje de la resistencia a tracción a los 7 días en relación al grupo control sin lignina.

Tabla 28

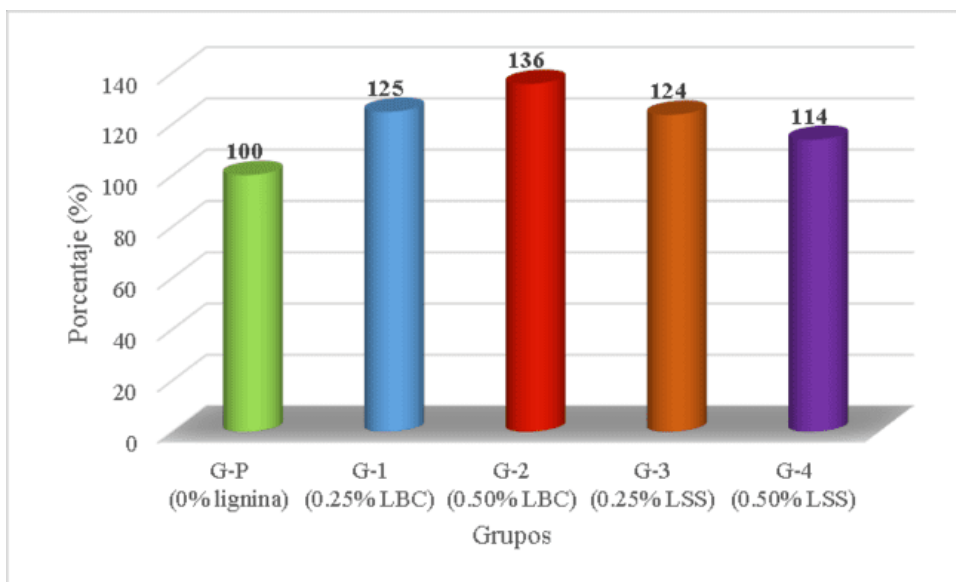
Resistencia a tracción, en porcentaje a los 7 días.

Grupos de diseño	Resistencia a tracción 7 días	
	(Kg/cm²)	Porcentaje %
G-P (0% lignina)	17.4	100
G-1 (0.25% LBC)	21.7	125
G-2 (0.50% LBC)	23.6	136
G-3 (0.25% LSS)	21.5	124
G-4 (0.50% LSS)	19.8	114

En la figura siguiente, se representa mediante un gráfico de columnas los valores de resistencia a tracción en porcentajes a los 7 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados, resaltando que G-P es el grupo control de referencia que es el concreto sin adición de lignina, el cual se le considera como el 100%. Asimismo, se observa que todos los grupos con adición de lignina (LBC o LSS) aumentan la resistencia del concreto control o patrón en un rango de 14% a 36%.

Figura 31

Resistencia a tracción, en porcentaje a los 7 días.



Resultados a los 14 días tracción

En la siguiente tabla, se exponen los valores de resistencia a tracción a los 14 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados. Siendo el grupo control o patrón G-P (0% lignina) el que obtuvo menores valores 20.5 Kg/cm^2 , 19.9 Kg/cm^2 y 22.0 Kg/cm^2 . Asimismo, los grupos de concreto a los cuales se le adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) G-1 (0.25% LBC) y G-2 (0.50% LBC) presentaron como promedio de 3 ensayos 24.0 Kg/cm^2 y 27.0 Kg/cm^2 respectivamente. Además, los grupos de concreto a los cuales se le agregó lignosulfato de sodio (LSS) G-3 (0.25% LSS) y G-4 (0.50% LSS) presentaron como promedio de 3 ensayos 24.0 Kg/cm^2 y 21.7 Kg/cm^2 respectivamente.

Tabla 29*Resistencia a tracción, a los 14 días.*

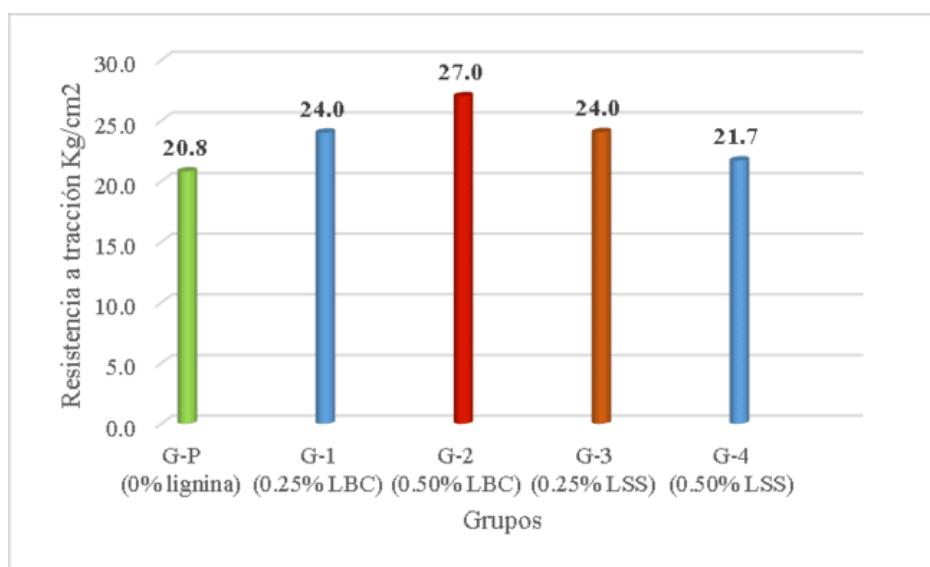
Grupos de diseño	Edad de rotura (días)	Resistencia a Tracción (Kg/cm²)	Promedio Tracción (Kg/cm²)
G-P (0% lignina)	14	20.5	20.8
	14	19.9	
	14	22.0	
G-1 (0.25% LBC)	14	25.0	24.0
	14	24.4	
	14	22.6	
G-2 (0.50% LBC)	14	27.0	27.0
	14	27.4	
	14	26.6	
G-3 (0.25% LSS)	14	24.0	24.0
	14	23.5	
	14	24.6	
G-4 (0.50% LSS)	14	20.1	21.7
	14	21.6	
	14	23.4	

En la figura siguiente se representa mediante un gráfico de columnas los valores de resistencia a tracción a los 14 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados, resaltando que G-P es el grupo control de referencia que es el concreto sin adición de lignina, en el cual se presentó como promedio de 3 ensayos el valor de 20.8 Kg/cm². Asimismo, comparando los 2 grupos (G-1 y G-2) en los cuales se adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) se puede apreciar que la resistencia a tracción aumentó con respecto al grupo patrón G-P y que en G-2 se obtuvo mayor resistencia 27.0 Kg/cm² que en G-1 24.0 Kg/cm², pudiendo inferir que a mayor cantidad de LBC entonces mayor es la resistencia a tracción obtenida. Además, comparando de manera similar los 2 grupos (G-3 y G-4) en los cuales se adicionó lignosulfato de sodio (LSS) se puede apreciar que la resistencia a tracción aumentó con respecto al grupo patrón G-P y que en G-4 se obtuvo menor resistencia 21.7 Kg/cm² que en G-3 24.0 Kg/cm², pudiendo inferir que a menor cantidad de LSS entonces mayor

es la resistencia a tracción obtenida. Así como también en la comparación global se aprecia que la mayor resistencia a tracción obtenida es 27.0 Kg/cm² en el grupo G-2 (0.50% LBC) y utilizando el mismo porcentaje del otro tipo de lignina G-4 (0.50% LSS) se obtiene 21.7 Kg/cm², pudiendo inferir que, si bien ambos tipos de lignina aumentan la resistencia del concreto, es el LBC en donde se aprecia un mayor aumento de la resistencia a tracción a los 14 días.

Figura 32

Resistencia a tracción, a los 14 días.



En la tabla siguiente, se detallan los valores de resistencia a tracción en porcentajes a los 14 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados, resaltando que G-P es el grupo control de referencia que es el concreto sin adición de lignina, el cual se le considera como el 100%. Asimismo, comparando con los 2 grupos (G-1 y G-2) en los cuales se adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) se puede apreciar que la resistencia a tracción aumentó con respecto al grupo patrón G-P en 15% y 30% respectivamente, pudiendo inferir que adicionar LBC en 0.50% en relación al peso del cemento aumenta su resistencia a tracción en 30%. Además, comparando de manera similar

con los 2 grupos (G-3 y G-4) en los cuales se adicionó lignosulfato de sodio (LSS) se puede apreciar que la resistencia a tracción aumentó con respecto al grupo patrón G-P en 16% y 4% respectivamente, pudiendo inferir que adicionar LSS en 0.25% en relación al peso del cemento aumenta su resistencia a tracción en 16%. Así como también en la comparación global se aprecia que la mayor mejora en porcentaje de resistencia a tracción obtenida es 30% en el grupo G-2 (0.50% LBC) y utilizando el mismo porcentaje del otro tipo de lignina G-4 (0.50% LSS) se obtiene 4%, pudiendo inferir que, si bien ambos tipos de lignina aumentan la resistencia del concreto, es el LBC en donde se aprecia un mayor aumento de porcentaje de la resistencia a tracción a los 14 días en relación al grupo control sin lignina.

Tabla 30

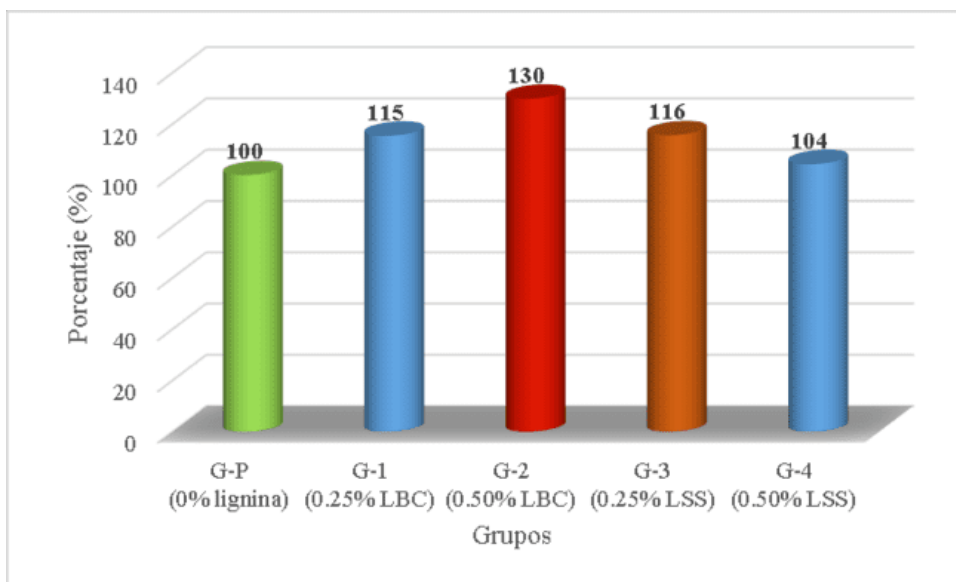
Resistencia a tracción, en porcentaje a los 14 días.

Grupos de diseño	Resistencia a tracción 14 días	
	(Kg/cm²)	Porcentaje %
G-P (0% lignina)	20.8	100
G-1 (0.25% LBC)	24.0	115
G-2 (0.50% LBC)	27.0	130
G-3 (0.25% LSS)	24.0	116
G-4 (0.50% LSS)	21.7	104

En la figura siguiente, se representa mediante un gráfico de columnas los valores de resistencia a tracción en porcentajes a los 14 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados, resaltando que G-P es el grupo control de referencia que es el concreto sin adición de lignina, el cual se le considera como el 100%. Asimismo, se observa que todos los grupos con adición de lignina (LBC o LSS) aumentan la resistencia del concreto control o patrón en un rango de 4% a 30%.

Figura 33

Resistencia a tracción, en porcentaje a los 14 días.



Resultados a los 28 días tracción

En la siguiente tabla, se exponen los valores de resistencia a tracción a los 28 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados. Siendo el grupo control o patrón G-P (0% lignina) el que obtuvo menores valores 22.7 Kg/cm^2 , 23.7 Kg/cm^2 y 23.8 Kg/cm^2 . Asimismo, los grupos de concreto a los cuales se le adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) G-1 (0.25% LBC) y G-2 (0.50% LBC) presentaron como promedio de 3 ensayos 26.9 Kg/cm^2 y 29.4 Kg/cm^2 respectivamente. Además, los grupos de concreto a los cuales se le agregó lignosulfato de sodio (LSS) G-3 (0.25% LSS) y G-4 (0.50% LSS) presentaron como promedio de 3 ensayos 26.1 Kg/cm^2 y 24.2 Kg/cm^2 respectivamente.

Tabla 31*Resistencia a tracción, a los 28 días.*

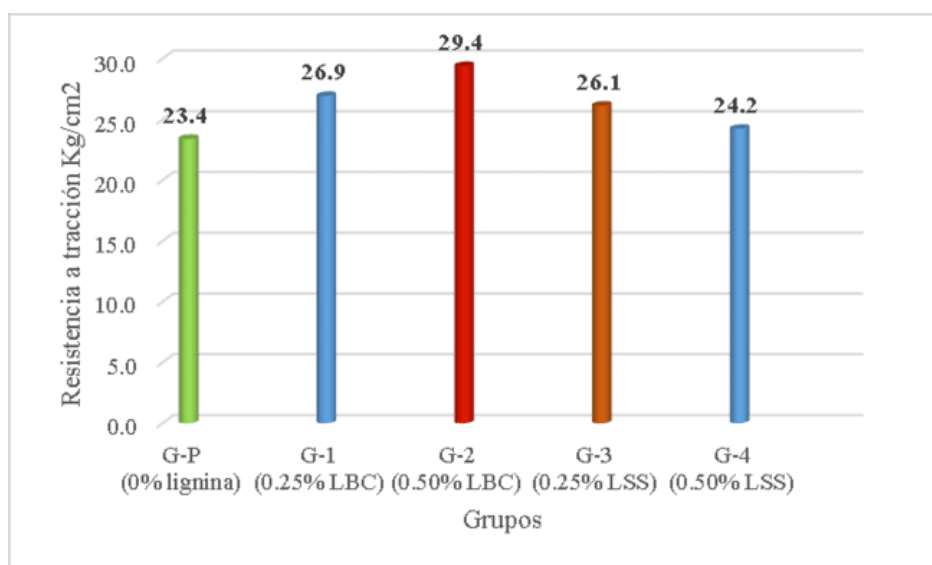
Grupos de diseño	Edad de rotura (días)	Resistencia a Tracción (Kg/cm²)	Promedio Tracción (Kg/cm²)
G-P (0% lignina)	28	22.7	23.4
	28	23.7	
	28	23.8	
G-1 (0.25% LBC)	28	25.9	26.9
	28	26.1	
	28	28.8	
G-2 (0.50% LBC)	28	30.2	29.4
	28	30.6	
	28	27.4	
G-3 (0.25% LSS)	28	27.4	26.1
	28	25.0	
	28	26.0	
G-4 (0.50% LSS)	28	24.4	24.2
	28	26.2	
	28	22.1	

En la figura siguiente se representa mediante un gráfico de columnas los valores de resistencia a tracción a los 28 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados, resaltando que G-P es el grupo control de referencia que es el concreto sin adición de lignina, en el cual se presentó como promedio de 3 ensayos el valor de 23.4 Kg/cm². Asimismo, comparando los 2 grupos (G-1 y G-2) en los cuales se adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) se puede apreciar que la resistencia a tracción aumentó con respecto al grupo patrón G-P y que en G-2 se obtuvo mayor resistencia 29.4 Kg/cm² que en G-1 26.9 Kg/cm², pudiendo inferir que a mayor cantidad de LBC entonces mayor es la resistencia a tracción obtenida. Además, comparando de manera similar los 2 grupos (G-3 y G-4) en los cuales se adicionó lignosulfato de sodio (LSS) se puede apreciar que la resistencia a tracción aumentó con respecto al grupo patrón G-P y que en G-4 se obtuvo menor resistencia 24.2 Kg/cm² que en G-3 26.1 Kg/cm², pudiendo inferir que a menor cantidad de LSS entonces mayor

es la resistencia a tracción obtenida. Así como también en la comparación global se aprecia que la mayor resistencia a tracción obtenida es 29.4 Kg/cm² en el grupo G-2 (0.50% LBC) y utilizando el mismo porcentaje del otro tipo de lignina G-4 (0.50% LSS) se obtiene 24.2 Kg/cm², pudiendo inferir que, si bien ambos tipos de lignina aumentan la resistencia del concreto, es el LBC en donde se aprecia un mayor aumento de la resistencia a tracción a los 28 días.

Figura 34

Resistencia a tracción, a los 28 días.



En la tabla siguiente, se detallan los valores de resistencia a tracción en porcentajes a los 28 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados, resaltando que G-P es el grupo control de referencia que es el concreto sin adición de lignina, el cual se le considera como el 100%. Asimismo, comparando con los 2 grupos (G-1 y G-2) en los cuales se adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) se puede apreciar que la resistencia a tracción aumentó con respecto al grupo patrón G-P en 15% y 26% respectivamente, pudiendo inferir que adicionar LBC en 0.50% en relación al peso del cemento aumenta su resistencia a tracción en 26%. Además, comparando de manera similar

con los 2 grupos (G-3 y G-4) en los cuales se adicionó lignosulfato de sodio (LSS) se puede apreciar que la resistencia a tracción aumentó con respecto al grupo patrón G-P en 12% y 4% respectivamente, pudiendo inferir que adicionar LSS en 0.25% en relación al peso del cemento aumenta su resistencia a tracción en 12%. Así como también en la comparación global se aprecia que la mayor mejora en porcentaje de resistencia a tracción obtenida es 26% en el grupo G-2 (0.50% LBC) y utilizando el mismo porcentaje del otro tipo de lignina G-4 (0.50% LSS) se obtiene 4%, pudiendo inferir que, si bien ambos tipos de lignina aumentan la resistencia del concreto, es el LBC en donde se aprecia un mayor aumento de porcentaje de la resistencia a tracción a los 28 días en relación al grupo control sin lignina.

Tabla 32

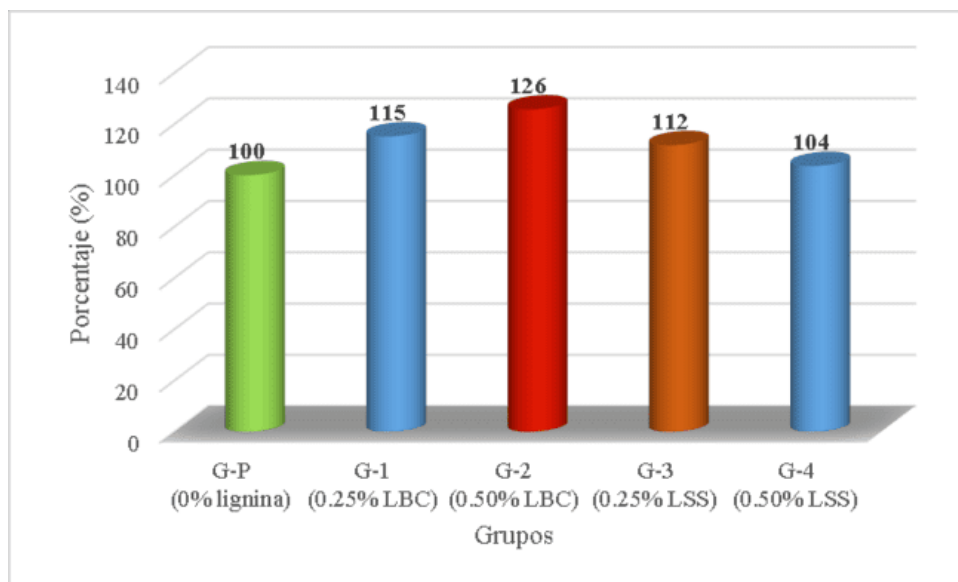
Resistencia a tracción, en porcentaje a los 28 días.

Grupos de diseño	Resistencia a tracción 28 días	
	(Kg/cm ²)	Porcentaje %
G-P (0% lignina)	23.4	100
G-1 (0.25% LBC)	26.9	115
G-2 (0.50% LBC)	29.4	126
G-3 (0.25% LSS)	26.1	112
G-4 (0.50% LSS)	24.2	104

En la figura siguiente, se representa mediante un gráfico de columnas los valores de resistencia a tracción en porcentajes a los 28 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados, resaltando que G-P es el grupo control de referencia que es el concreto sin adición de lignina, el cual se le considera como el 100%. Asimismo, se observa que todos los grupos con adición de lignina (LBC o LSS) aumentan la resistencia del concreto control o patrón en un rango de 4% a 26%.

Figura 35

Resistencia a tracción, en porcentaje a los 28 días.



Resistencia a la flexión, módulo de ruptura

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

Figura 36

Ensayo a flexión.



Módulo de ruptura resultados a los 7 días

En la siguiente tabla, se exponen los valores de resistencia a flexión a los 7 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados. Siendo el grupo control o patrón G-P (0% lignina) el que obtuvo menores valores 21.6 Kg/cm². Asimismo, los grupos de concreto a los cuales se le adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) G-1 (0.25% LBC) y G-2 (0.50% LBC) presentaron como promedio de 2 ensayos 23.2 Kg/cm² y 25.1 Kg/cm² respectivamente. Además, los grupos de concreto a los cuales se le agregó lignosulfato de sodio (LSS) G-3 (0.25% LSS) y G-4 (0.50% LSS) presentaron como promedio de 2 ensayos 23.0 Kg/cm² y 22.4 Kg/cm² respectivamente.

Tabla 33*Resistencia de flexión, a los 7 días.*

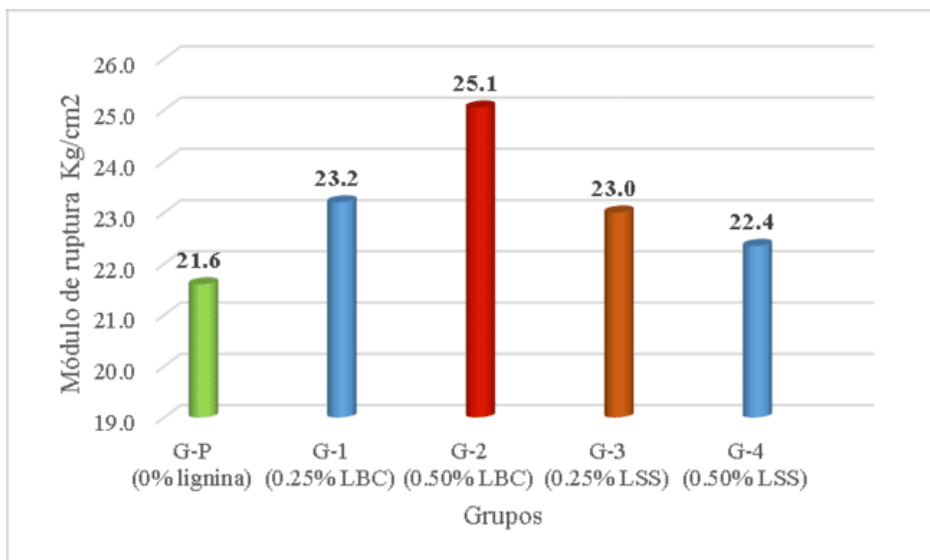
Grupos de diseño	Edad de rotura (días)	Módulo de ruptura (Kg/cm ²)	Promedio Módulo de ruptura (Kg/cm ²)
G-P	7	21.6	21.6
(0% lignina)	7	21.6	
G-1	7	24.4	23.2
(0.25% LBC)	7	22.0	
G-2	7	24.9	25.1
(0.50% LBC)	7	25.2	
G-3	7	23.1	23.0
(0.25% LSS)	7	22.9	
G-4	7	21.7	22.4
(0.50% LSS)	7	23.0	

En la figura siguiente se representa mediante un gráfico de columnas los valores de resistencia a flexión a los 7 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados, resaltando que G-P es el grupo control de referencia que es el concreto sin adición de lignina, en el cual se presentó como promedio de 2 ensayos el valor de 21.6 Kg/cm². Asimismo, comparando los 2 grupos (G-1 y G-2) en los cuales se adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) se puede apreciar que la resistencia a flexión aumentó con respecto al grupo patrón G-P y que en G-2 se obtuvo mayor resistencia 25.1 Kg/cm² que en G-1 23.2 Kg/cm², pudiendo inferir que a mayor cantidad de LBC entonces mayor es la resistencia a flexión obtenida. Además, comparando de manera similar los 2 grupos (G-3 y G-4) en los cuales se adicionó lignosulfato de sodio (LSS) se puede apreciar que la resistencia a flexión aumentó con respecto al grupo patrón G-P y que en G-4 se obtuvo menor resistencia 22.4 Kg/cm² que en G-3 23.0 Kg/cm², pudiendo inferir que a menor cantidad de LSS entonces mayor es la resistencia a flexión obtenida. Así como también en la comparación global se aprecia que la mayor resistencia a flexión obtenida es 25.1 Kg/cm² en el grupo G-2 (0.50% LBC) y utilizando el

mismo porcentaje del otro tipo de lignina G-4 (0.50% LSS) se obtiene 22.4 Kg/cm², pudiendo inferir que, si bien ambos tipos de lignina aumentan la resistencia del concreto, es el LBC en donde se aprecia un mayor aumento de la resistencia a flexión a los 7 días.

Figura 37

Resistencia a flexión, a los 7 días.



En la tabla siguiente, se detallan los valores de resistencia a flexión en porcentajes a los 7 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados, resaltando que G-P es el grupo control de referencia que es el concreto sin adición de lignina, el cual se le considera como el 100%. Asimismo, comparando con los 2 grupos (G-1 y G-2) en los cuales se adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) se puede apreciar que la resistencia a flexión aumentó con respecto al grupo patrón G-P en 7% y 16% respectivamente, pudiendo inferir que adicionar LBC en 0.50% en relación al peso del cemento aumenta su resistencia a flexión en 16%. Además, comparando de manera similar con los 2 grupos (G-3 y G-4) en los cuales se adicionó lignosulfato de sodio (LSS) se puede apreciar que la resistencia a flexión aumentó con respecto al grupo patrón G-P en 6% y 3% respectivamente,

pudiendo inferir que adicionar LSS en 0.25% en relación al peso del cemento aumenta su resistencia a flexión en 6%. Así como también en la comparación global se aprecia que la mayor mejora en porcentaje de resistencia a flexión obtenida es 16% en el grupo G-2 (0.50% LBC) y utilizando el mismo porcentaje del otro tipo de lignina G-4 (0.50% LSS) se obtiene 3%, pudiendo inferir que, si bien ambos tipos de lignina aumentan la resistencia del concreto, es el LBC en donde se aprecia un mayor aumento de porcentaje de la resistencia a flexión a los 7 días en relación al grupo control sin lignina.

Tabla 34

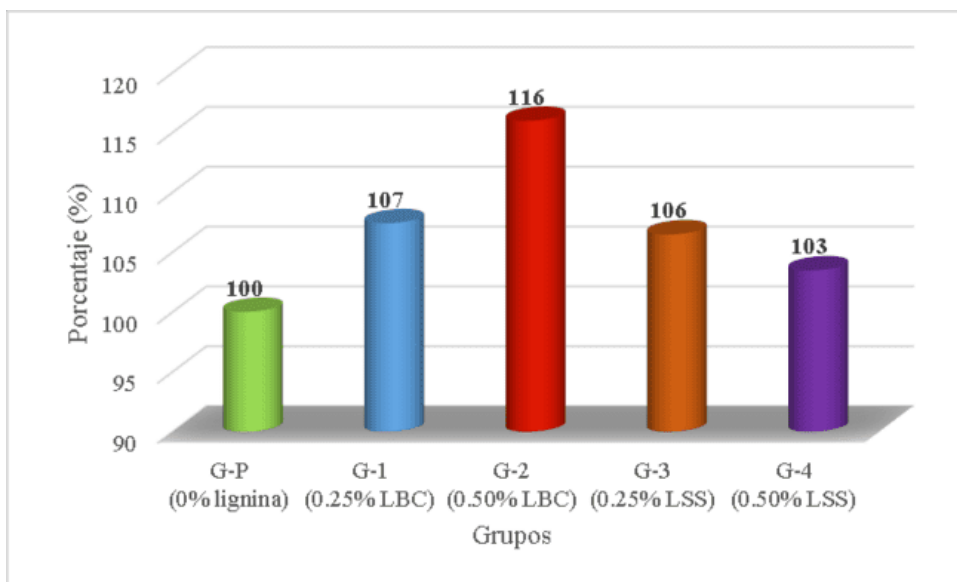
Resistencia de flexión, en porcentaje a los 7 días.

Grupos de diseño	Módulo de ruptura 7 días	
	(Kg/cm²)	Porcentaje %
G-P (0% lignina)	21.6	100
G-1 (0.25% LBC)	23.2	107
G-2 (0.50% LBC)	25.1	116
G-3 (0.25% LSS)	23.0	106
G-4 (0.50% LSS)	22.4	103

En la figura siguiente, se representa mediante un gráfico de columnas los valores de resistencia a flexión en porcentajes a los 7 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados, resaltando que G-P es el grupo control de referencia que es el concreto sin adición de lignina, el cual se le considera como el 100%. Asimismo, se observa que todos los grupos con adición de lignina (LBC o LSS) aumentan la resistencia del concreto control o patrón en un rango de 3% a 16%.

Figura 38

Resistencia a flexión, en porcentaje a los 7 días.



Módulo de ruptura resultados a los 14 días

En la siguiente tabla, se exponen los valores de resistencia a flexión a los 14 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados. Siendo el grupo control o patrón G-P (0% lignina) el que obtuvo menores valores 27.0 Kg/cm^2 . Asimismo, los grupos de concreto a los cuales se le adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) G-1 (0.25% LBC) y G-2 (0.50% LBC) presentaron como promedio de 2 ensayos 29.6 Kg/cm^2 y 30.8 Kg/cm^2 respectivamente. Además, los grupos de concreto a los cuales se le agregó lignosulfato de sodio (LSS) G-3 (0.25% LSS) y G-4 (0.50% LSS) presentaron como promedio de 2 ensayos 29.9 Kg/cm^2 y 28.0 Kg/cm^2 respectivamente.

Tabla 35*Resistencia de flexión, a los 14 días.*

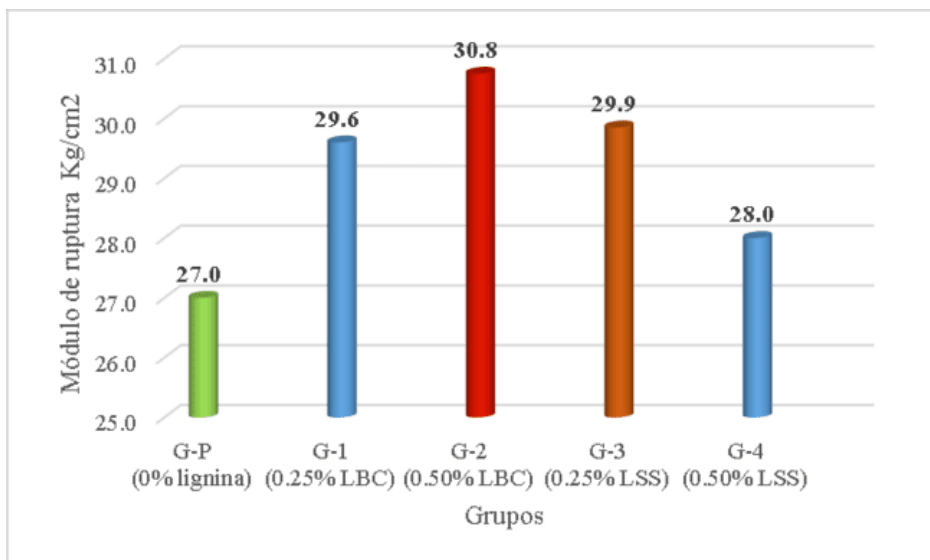
Grupos de diseño	Edad de rotura (días)	Módulo de ruptura (Kg/cm²)	Promedio Módulo de ruptura (Kg/cm²)
G-P	14	27.0	27.0
(0% lignina)	14	27.0	
G-1	14	29.7	29.6
(0.25% LBC)	14	29.5	
G-2	14	30.3	30.8
(0.50% LBC)	14	31.2	
G-3	14	29.9	29.9
(0.25% LSS)	14	29.8	
G-4	14	27.3	28.0
(0.50% LSS)	14	28.7	

En la figura siguiente se representa mediante un gráfico de columnas los valores de resistencia a flexión a los 14 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados, resaltando que G-P es el grupo control de referencia que es el concreto sin adición de lignina, en el cual se presentó como promedio de 2 ensayos el valor de 27.0 Kg/cm². Asimismo, comparando los 2 grupos (G-1 y G-2) en los cuales se adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) se puede apreciar que la resistencia a flexión aumentó con respecto al grupo patrón G-P y que en G-2 se obtuvo mayor resistencia 30.8 Kg/cm² que en G-1 29.6 Kg/cm², pudiendo inferir que a mayor cantidad de LBC entonces mayor es la resistencia a flexión obtenida. Además, comparando de manera similar los 2 grupos (G-3 y G-4) en los cuales se adicionó lignosulfato de sodio (LSS) se puede apreciar que la resistencia a flexión aumentó con respecto al grupo patrón G-P y que en G-4 se obtuvo menor resistencia 28.0 Kg/cm² que en G-3 29.9 Kg/cm², pudiendo inferir que a menor cantidad de LSS entonces mayor es la resistencia a flexión obtenida. Así como también en la comparación global se aprecia que la mayor resistencia a flexión obtenida es 30.8 Kg/cm² en el grupo G-2 (0.50% LBC) y utilizando el

mismo porcentaje del otro tipo de lignina G-4 (0.50% LSS) se obtiene 28.0 Kg/cm², pudiendo inferir que, si bien ambos tipos de lignina aumentan la resistencia del concreto, es el LBC en donde se aprecia un mayor aumento de la resistencia a flexión a los 14 días.

Figura 39

Resistencia a flexión, a los 14 días.



En la tabla siguiente, se detallan los valores de resistencia a flexión en porcentajes a los 14 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados, resaltando que G-P es el grupo control de referencia que es el concreto sin adición de lignina, el cual se le considera como el 100%. Asimismo, comparando con los 2 grupos (G-1 y G-2) en los cuales se adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) se puede apreciar que la resistencia a flexión aumentó con respecto al grupo patrón G-P en 10% y 14% respectivamente, pudiendo inferir que adicionar LBC en 0.50% en relación al peso del cemento aumenta su resistencia a flexión en 14%. Además, comparando de manera similar con los 2 grupos (G-3 y G-4) en los cuales se adicionó lignosulfato de sodio (LSS) se puede apreciar que la resistencia a flexión aumentó con respecto al grupo patrón G-P en 11% y 4% respectivamente,

pudiendo inferir que adicionar LSS en 0.25% en relación al peso del cemento aumenta su resistencia a flexión en 11%. Así como también en la comparación global se aprecia que la mayor mejora en porcentaje de resistencia a flexión obtenida es 14% en el grupo G-2 (0.50% LBC) y utilizando el mismo porcentaje del otro tipo de lignina G-4 (0.50% LSS) se obtiene 4%, pudiendo inferir que, si bien ambos tipos de lignina aumentan la resistencia del concreto, es el LBC en donde se aprecia un mayor aumento de porcentaje de la resistencia a flexión a los 14 días en relación al grupo control sin lignina.

Tabla 36

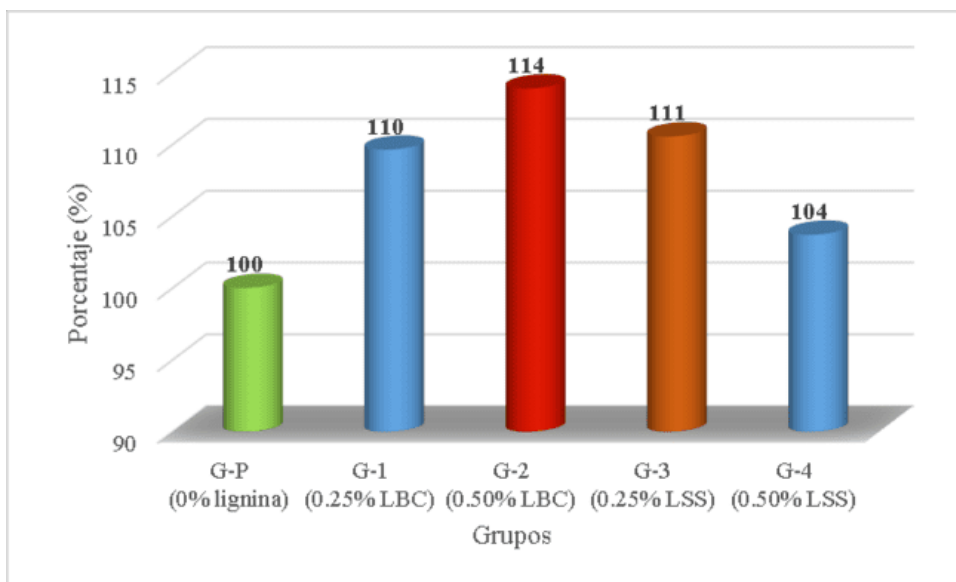
Resistencia de flexión, en porcentaje a los 14 días.

Grupos de diseño	Módulo de ruptura 14 días	
	(Kg/cm²)	Porcentaje %
G-P (0% lignina)	27.0	100
G-1 (0.25% LBC)	29.6	110
G-2 (0.50% LBC)	30.8	114
G-3 (0.25% LSS)	29.9	111
G-4 (0.50% LSS)	28.0	104

En la figura siguiente, se representa mediante un gráfico de columnas los valores de resistencia a flexión en porcentajes a los 14 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados, resaltando que G-P es el grupo control de referencia que es el concreto sin adición de lignina, el cual se le considera como el 100%. Asimismo, se observa que todos los grupos con adición de lignina (LBC o LSS) aumentan la resistencia del concreto control o patrón en un rango de 4% a 14%.

Figura 40

Resistencia a flexión, en porcentaje a los 14 días.



Módulo de ruptura resultados a los 28 días

En la siguiente tabla, se exponen los valores de resistencia a flexión a los 28 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados. Siendo el grupo control o patrón G-P (0% lignina) el que obtuvo menores valores 32.6 Kg/cm^2 y 32.0 Kg/cm^2 . Asimismo, los grupos de concreto a los cuales se le adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) G-1 (0.25% LBC) y G-2 (0.50% LBC) presentaron como promedio de 2 ensayos 35.5 Kg/cm^2 y 37.4 Kg/cm^2 respectivamente. Además, los grupos de concreto a los cuales se le agregó lignosulfato de sodio (LSS) G-3 (0.25% LSS) y G-4 (0.50% LSS) presentaron como promedio de 2 ensayos 36.1 Kg/cm^2 y 34.7 Kg/cm^2 respectivamente.

Tabla 37*Resistencia de flexión, a los 28 días.*

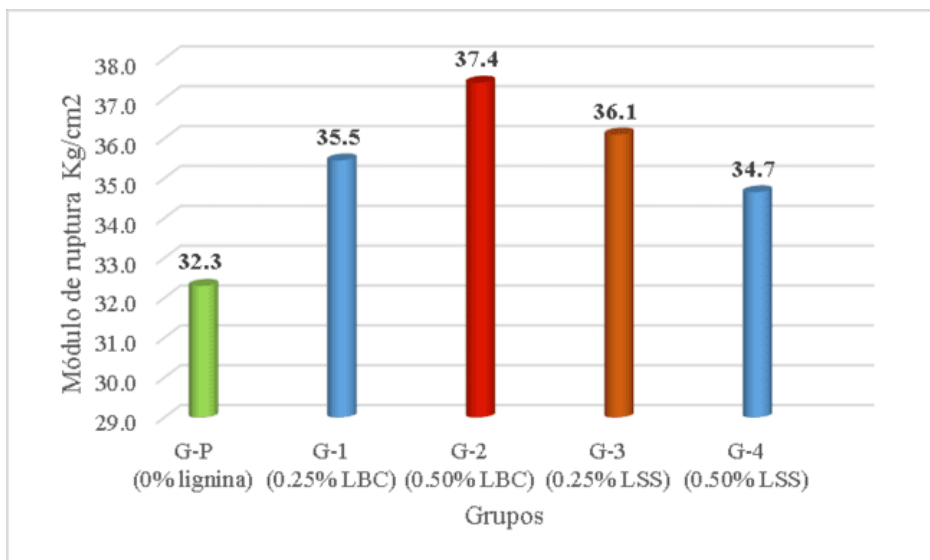
Grupos de diseño	Edad de rotura (días)	Módulo de ruptura (Kg/cm ²)	Promedio Módulo de ruptura (Kg/cm ²)
G-P	28	32.6	32.3
(0% lignina)	28	32.0	
G-1	28	35.1	35.5
(0.25% LBC)	28	35.8	
G-2	28	37.1	37.4
(0.50% LBC)	28	37.7	
G-3	28	35.7	36.1
(0.25% LSS)	28	36.5	
G-4	28	34.0	34.7
(0.50% LSS)	28	35.3	

En la figura siguiente se representa mediante un gráfico de columnas los valores de resistencia a flexión a los 28 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados, resaltando que G-P es el grupo control de referencia que es el concreto sin adición de lignina, en el cual se presentó como promedio de 2 ensayos el valor de 32.3 Kg/cm². Asimismo, comparando los 2 grupos (G-1 y G-2) en los cuales se adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) se puede apreciar que la resistencia a flexión aumentó con respecto al grupo patrón G-P y que en G-2 se obtuvo mayor resistencia 37.4 Kg/cm² que en G-1 35.5 Kg/cm², pudiendo inferir que a mayor cantidad de LBC entonces mayor es la resistencia a flexión obtenida. Además, comparando de manera similar los 2 grupos (G-3 y G-4) en los cuales se adicionó lignosulfato de sodio (LSS) se puede apreciar que la resistencia a flexión aumentó con respecto al grupo patrón G-P y que en G-4 se obtuvo menor resistencia 34.7 Kg/cm² que en G-3 36.1 Kg/cm², pudiendo inferir que a menor cantidad de LSS entonces mayor es la resistencia a flexión obtenida. Así como también en la comparación global se aprecia que la mayor resistencia a flexión obtenida es 37.4 Kg/cm² en el grupo G-2 (0.50% LBC) y utilizando el

mismo porcentaje del otro tipo de lignina G-4 (0.50% LSS) se obtiene 34.7 Kg/cm², pudiendo inferir que, si bien ambos tipos de lignina aumentan la resistencia del concreto, es el LBC en donde se aprecia un mayor aumento de la resistencia a flexión a los 28 días.

Figura 41

Resistencia a flexión, a los 28 días.



En la tabla siguiente, se detallan los valores de resistencia a flexión en porcentajes a los 28 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados, resaltando que G-P es el grupo control de referencia que es el concreto sin adición de lignina, el cual se le considera como el 100%. Asimismo, comparando con los 2 grupos (G-1 y G-2) en los cuales se adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) se puede apreciar que la resistencia a flexión aumentó con respecto al grupo patrón G-P en 10% y 16% respectivamente, pudiendo inferir que adicionar LBC en 0.50% en relación al peso del cemento aumenta su resistencia a flexión en 16%. Además, comparando de manera similar con los 2 grupos (G-3 y G-4) en los cuales se adicionó lignosulfato de sodio (LSS) se puede apreciar que la resistencia a flexión aumentó con respecto al grupo patrón G-P en 12% y 7% respectivamente,

pudiendo inferir que adicionar LSS en 0.25% en relación al peso del cemento aumenta su resistencia a flexión en 12%. Así como también en la comparación global se aprecia que la mayor mejora en porcentaje de resistencia a flexión obtenida es 16% en el grupo G-2 (0.50% LBC) y utilizando el mismo porcentaje del otro tipo de lignina G-4 (0.50% LSS) se obtiene 7%, pudiendo inferir que, si bien ambos tipos de lignina aumentan la resistencia del concreto, es el LBC en donde se aprecia un mayor aumento de porcentaje de la resistencia a flexión a los 28 días en relación al grupo control sin lignina.

Tabla 38

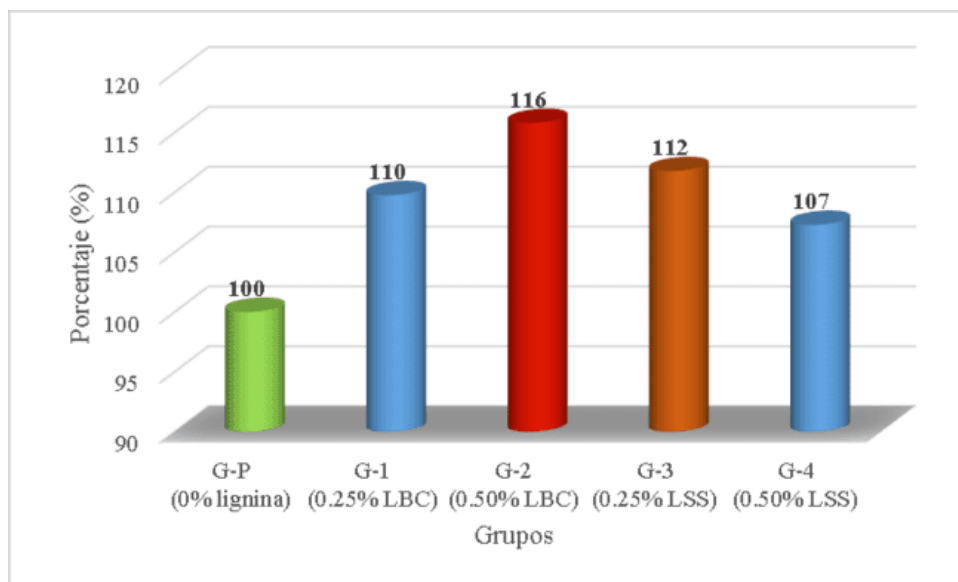
Resistencia de flexión, en porcentaje a los 28 días.

Grupos de diseño	Módulo de ruptura 28 días	
	(Kg/cm²)	Porcentaje %
G-P (0% lignina)	32.3	100
G-1 (0.25% LBC)	35.5	110
G-2 (0.50% LBC)	37.4	116
G-3 (0.25% LSS)	36.1	112
G-4 (0.50% LSS)	34.7	107

En la figura siguiente, se representa mediante un gráfico de columnas los valores de resistencia a flexión en porcentajes a los 28 días obtenidos de los grupos de mezcla realizados, resaltando que G-P es el grupo control de referencia que es el concreto sin adición de lignina, el cual se le considera como el 100%. Asimismo, se observa que todos los grupos con adición de lignina (LBC o LSS) aumentan la resistencia del concreto control o patrón en un rango de 7% a 16%.

Figura 42

Resistencia a flexión, en porcentaje a los 28 días.



Análisis estadístico de los datos de resistencia a compresión al adicionar lignina.

Para aplicar la prueba de ANOVA, se tiene que cumplir con el requisito que los datos analizados, en este caso la resistencia compresión de las muestras, presenten un comportamiento de distribución normal. Asimismo, para la prueba de normalidad, se tiene en cuenta la cantidad de datos a analizar, puesto que, de dicha cantidad depende la metodología a utilizar, que en el caso de la presente investigación es Shapiro-Wilk, por ser la cantidad de ensayos a compresión menores a 50.

En la siguiente tabla se aprecia el análisis para conocer si los datos recolectados en laboratorio de la resistencia a compresión, se comportan de manera normal. Asimismo, se aprecia un valor Sig de 0.071 a través de aplicar Shapiro-Wilk (muestras menores a 50), con lo cual se confirma que los datos recolectados sí se distribuyen de manera normal, puesto que, el Sig hallado es mayor a

0.05. Además, al contar con esta distribución, entonces sí se puede aplicar la prueba paramétrica de ANOVA.

Tabla 39

Pruebas de normalidad, compresión.

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a compresión	,189	15	,154	,892	15	,071

Previamente verificado la distribución normal de los datos, se procede a realizar la prueba de ANOVA, planteando en primera instancia las hipótesis a analizar.

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

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

Tabla 40

ANOVA, compresión.

ANOVA					
Resistencia a compresión					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3842,400	4	960,600	35,666	,000
Dentro de grupos	269,333	10	26,933		
Total	4111,733	14			

En la tabla anterior se presentan los resultados de aplicar ANOVA. Asimismo, extrayendo como dato importante de dicha tabla el valor de Sig expuesto que tiene un valor de 0.000. Además, analizando este valor de Sig se compara con 0.05, y siendo el valor de Sig obtenido menor, entonces, se acepta la hipótesis H1, a la cual también se le conoce como hipótesis del investigador,

concluyendo que, sí existe variación significativa de la resistencia a compresión del concreto, al adicionar lignina.

Asimismo, ya conociendo que existe variación significativa de la resistencia a compresión en estudio, entonces lo que se aplica para conocer más detalles es el análisis de Tukey, con el cual se puede conocer los grupos que presenta mayor variación, puesto que, hace un análisis comparando grupo por grupo.

Tabla 41

Comparaciones múltiples, compresión.

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Resistencia a compresión						
HSD Tukey						
(I) Grupos	(J) Grupos	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
G_P	G_1	-33,00000*	4,23740	,000	-46,9456	-19,0544
	G_2	-45,33333*	4,23740	,000	-59,2790	-31,3877
	G_3	-38,00000*	4,23740	,000	-51,9456	-24,0544
	G_4	-19,33333*	4,23740	,007	-33,2790	-5,3877
	G_P	33,00000*	4,23740	,000	19,0544	46,9456
G_1	G_2	-12,33333	4,23740	,090	-26,2790	1,6123
	G_3	-5,00000	4,23740	,762	-18,9456	8,9456
	G_4	13,66667	4,23740	,055	-,2790	27,6123
	G_P	45,33333*	4,23740	,000	31,3877	59,2790
G_2	G_1	12,33333	4,23740	,090	-1,6123	26,2790
	G_3	7,33333	4,23740	,459	-6,6123	21,2790
	G_4	26,00000*	4,23740	,001	12,0544	39,9456
	G_P	38,00000*	4,23740	,000	24,0544	51,9456
G_3	G_1	5,00000	4,23740	,762	-8,9456	18,9456
	G_2	-7,33333	4,23740	,459	-21,2790	6,6123
	G_4	18,66667*	4,23740	,009	4,7210	32,6123
	G_P	19,33333*	4,23740	,007	5,3877	33,2790
G_4	G_1	-13,66667	4,23740	,055	-27,6123	,2790
	G_2	-26,00000*	4,23740	,001	-39,9456	-12,0544
	G_3	-18,66667*	4,23740	,009	-32,6123	-4,7210

En la tabla anterior, se exponen los resultados Sig de comparar grupo por grupo la resistencia a compresión obtenida, a través del utilizar Tukey. Asimismo, algo resaltante es la comparación del grupo control o patrón G-P (0% lignina) con los grupos de concreto a los cuales se le adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) G-1 (0.25% LBC) y G-2 (0.50% LBC), en los cuales presentaron como valor Sig 0.000 en ambos casos. Además, al comparar el G-P con los grupos de concreto a los cuales se le agregó lignosulfato de sodio (LSS) G-3 (0.25% LSS) y G-4 (0.50% LSS) presentaron como valor Sig 0.000 y 0.007 respectivamente. Por lo tanto, al ser todos los valores Sig menores a 0.05, se infiere que, sí existe diferencia significativa en todos los grupos con adición de lignina (LBC y LSS) en comparación con el grupo control o patrón G-P (0% lignina) en relación a la resistencia a compresión.

Al comparar estadísticamente a través de Tukey, los grupos de concreto a los cuales se le adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) G-1 (0.25% LBC) y G-2 (0.50% LBC), se obtiene un valor Sig de 0.090, siendo dicho valor mayor a 0.05, con lo cual se interpreta que entre ambos grupos no existe diferencia significativa al respecto de la resistencia a compresión obtenida.

Al comparar estadísticamente a través de Tukey, los grupos de concreto a los cuales se le agregó lignosulfato de sodio (LSS) G-3 (0.25% LSS) y G-4 (0.50% LSS), se obtiene un valor Sig de 0.009, siendo dicho valor menor a 0.05, con lo cual se interpreta que entre ambos grupos sí existe diferencia significativa al respecto de la resistencia a compresión obtenida.

Al comparar estadísticamente a través de Tukey, los grupos de concreto a los cuales se le agregó lignina en la misma proporción, pero de diferente procedencia G-1 (0.25% LBC) y G-3 (0.25% LSS), se obtiene un valor Sig de 0.762, siendo dicho valor mayor a 0.05, con lo cual se interpreta que entre ambos grupos no existe diferencia significativa al respecto de la resistencia a compresión obtenida.

Al comparar estadísticamente a través de Tukey, los grupos de concreto a los cuales se le agregó lignina en la misma proporción, pero de diferente procedencia G-2 (0.50% LBC) y G-4 (0.50% LSS), se obtiene un valor Sig de 0.001, siendo dicho valor menor a 0.05, con lo cual se interpreta que entre ambos grupos sí existe diferencia significativa al respecto de la resistencia a compresión obtenida.

Análisis estadístico de los datos de resistencia a tracción al adicionar lignina.

Para aplicar la prueba de ANOVA, se tiene que cumplir con el requisito que los datos analizados, en este caso la resistencia tracción de las muestras, presenten un comportamiento de distribución normal. Asimismo, para la prueba de normalidad, se tiene en cuenta la cantidad de datos a analizar, puesto que, de dicha cantidad depende la metodología a utilizar, que en el caso de la presente investigación es Shapiro-Wilk, por ser la cantidad de ensayos a tracción menores a 50.

En la siguiente tabla se aprecia el análisis para conocer si los datos recolectados en laboratorio de la resistencia a tracción, se comportan de manera normal. Asimismo, se aprecia un valor Sig de 0.729 a través de aplicar Shapiro-Wilk (muestras menores a 50), con lo cual se confirma que los datos recolectados sí se distribuyen de manera normal, puesto que, el Sig hallado es mayor a 0.05. Además, al contar con esta distribución, entonces sí se puede aplicar la prueba paramétrica de ANOVA.

Tabla 42

Pruebas de normalidad, tracción.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a tracción	,138	15	,200 [*]	,962	15	,729

Previamente verificado la distribución normal de los datos, se procede a realizar la prueba de ANOVA, planteando en primera instancia las hipótesis a analizar.

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

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

Tabla 43

ANOVA, tracción.

ANOVA					
Resistencia a tracción					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	66,984	4	16,746	7,150	,005
Dentro de grupos	23,420	10	2,342		
Total	90,404	14			

En la tabla anterior se presentan los resultados de aplicar ANOVA. Asimismo, extrayendo como dato importante de dicha tabla el valor de Sig expuesto que tiene un valor de 0.005. Además, analizando este valor de Sig se compara con 0.05, y siendo el valor de Sig obtenido menor, entonces, se acepta la hipótesis H1, a la cual también se le conoce como hipótesis del investigador, concluyendo que, sí existe variación significativa de la resistencia a tracción del concreto, al adicionar lignina.

Asimismo, ya conociendo que existe variación significativa de la resistencia a tracción en estudio, entonces lo que se aplica para conocer más detalles es el análisis de Tukey, con el cual se puede conocer los grupos que presenta mayor variación, puesto que, hace un análisis comparando grupo por grupo.

Tabla 44*Comparaciones múltiples, tracción.*

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Resistencia a tracción						
HSD Tukey						
(I) Grupos	(J) Grupos	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
G_P	G_1	-3,53333	1,24953	,102	-7,6456	,5790
	G_2	-6,00000*	1,24953	,005	-10,1123	-1,8877
	G_3	-2,73333	1,24953	,259	-6,8456	1,3790
	G_4	-,83333	1,24953	,959	-4,9456	3,2790
G_1	G_P	3,53333	1,24953	,102	-,5790	7,6456
	G_2	-2,46667	1,24953	,343	-6,5790	1,6456
	G_3	,80000	1,24953	,965	-3,3123	4,9123
	G_4	2,70000	1,24953	,268	-1,4123	6,8123
G_2	G_P	6,00000*	1,24953	,005	1,8877	10,1123
	G_1	2,46667	1,24953	,343	-1,6456	6,5790
	G_3	3,26667	1,24953	,141	-,8456	7,3790
	G_4	5,16667*	1,24953	,014	1,0544	9,2790
G_3	G_P	2,73333	1,24953	,259	-1,3790	6,8456
	G_1	-,80000	1,24953	,965	-4,9123	3,3123
	G_2	-3,26667	1,24953	,141	-7,3790	,8456
	G_4	1,90000	1,24953	,573	-2,2123	6,0123
G_4	G_P	,83333	1,24953	,959	-3,2790	4,9456
	G_1	-2,70000	1,24953	,268	-6,8123	1,4123
	G_2	-5,16667*	1,24953	,014	-9,2790	-1,0544
	G_3	-1,90000	1,24953	,573	-6,0123	2,2123

En la tabla anterior, se exponen los resultados Sig de comparar grupo por grupo la resistencia a tracción obtenida, a través del utilizar Tukey. Asimismo, algo resaltante es la comparación del grupo control o patrón G-P (0% lignina) con los grupos de concreto a los cuales se le adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) G-1 (0.25% LBC) y G-2 (0.50% LBC), en los cuales presentaron como valor Sig 0.102 y 0.005 respectivamente. Además, al comparar el G-P con los grupos de concreto a los cuales se le agregó lignosulfato de sodio (LSS) G-3 (0.25% LSS) y G-4 (0.50%

LSS) presentaron como valor Sig 0.259 y 0.959 respectivamente. Por lo tanto, al ser G-2 el único grupo con valor Sig menor a 0.05, se infiere que, sí existe diferencia significativa entre el grupo G-2 en comparación con el grupo control o patrón G-P (0% lignina) en relación a la resistencia a tracción.

Al comparar estadísticamente a través de Tukey, los grupos de concreto a los cuales se le adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) G-1 (0.25% LBC) y G-2 (0.50% LBC), se obtiene un valor Sig de 0.343, siendo dicho valor mayor a 0.05, con lo cual se interpreta que entre ambos grupos no existe diferencia significativa al respecto de la resistencia a tracción obtenida.

Al comparar estadísticamente a través de Tukey, los grupos de concreto a los cuales se le agregó lignosulfato de sodio (LSS) G-3 (0.25% LSS) y G-4 (0.50% LSS), se obtiene un valor Sig de 0.573, siendo dicho valor mayor a 0.05, con lo cual se interpreta que entre ambos grupos no existe diferencia significativa al respecto de la resistencia a tracción obtenida.

Al comparar estadísticamente a través de Tukey, los grupos de concreto a los cuales se le agregó lignina en la misma proporción, pero de diferente procedencia G-1 (0.25% LBC) y G-3 (0.25% LSS), se obtiene un valor Sig de 0.965, siendo dicho valor mayor a 0.05, con lo cual se interpreta que entre ambos grupos no existe diferencia significativa al respecto de la resistencia a tracción obtenida.

Al comparar estadísticamente a través de Tukey, los grupos de concreto a los cuales se le agregó lignina en la misma proporción, pero de diferente procedencia G-2 (0.50% LBC) y G-4 (0.50% LSS), se obtiene un valor Sig de 0.014, siendo dicho valor menor a 0.05, con lo cual se interpreta que entre ambos grupos sí existe diferencia significativa al respecto de la resistencia a tracción obtenida.

Análisis estadístico de los datos de resistencia a flexión al adicionar lignina.

Para aplicar la prueba de ANOVA, se tiene que cumplir con el requisito que los datos analizados, en este caso la resistencia flexión de las muestras, presenten un comportamiento de distribución normal. Asimismo, para la prueba de normalidad, se tiene en cuenta la cantidad de datos a analizar, puesto que, de dicha cantidad depende la metodología a utilizar, que en el caso de la presente investigación es Shapiro-Wilk, por ser la cantidad de ensayos a flexión menores a 50.

En la siguiente tabla se aprecia el análisis para conocer si los datos recolectados en laboratorio de la resistencia a flexión, se comportan de manera normal. Asimismo, se aprecia un valor Sig de 0.649 a través de aplicar Shapiro-Wilk (muestras menores a 50), con lo cual se confirma que los datos recolectados sí se distribuyen de manera normal, puesto que, el Sig hallado es mayor a 0.05. Además, al contar con esta distribución, entonces sí se puede aplicar la prueba paramétrica de ANOVA.

Tabla 45

Pruebas de normalidad, flexión.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Módulo de ruptura	,183	10	,200*	,948	10	,649

Previamente verificado la distribución normal de los datos, se procede a realizar la prueba de ANOVA, planteando en primera instancia las hipótesis a analizar.

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

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

Tabla 46*ANOVA, flexión.*

ANOVA

Módulo de ruptura

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	28,846	4	7,212	20,371	,003
Dentro de grupos	1,770	5	,354		
Total	30,616	9			

En la tabla anterior se presentan los resultados de aplicar ANOVA. Asimismo, extrayendo como dato importante de dicha tabla el valor de Sig expuesto que tiene un valor de 0.003. Además, analizando este valor de Sig se compara con 0.05, y siendo el valor de Sig obtenido menor, entonces, se acepta la hipótesis H1, a la cual también se le conoce como hipótesis del investigador, concluyendo que, sí existe variación significativa de la resistencia a flexión del concreto, al adicionar lignina.

Asimismo, ya conociendo que existe variación significativa de la resistencia a flexión en estudio, entonces lo que se aplica para conocer más detalles es el análisis de Tukey, con el cual se puede conocer los grupos que presenta mayor variación, puesto que, hace un análisis comparando grupo por grupo.

Tabla 47*Comparaciones múltiples, flexión.*

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Módulo de ruptura

HSD Tukey

(I) Grupos	(J) Grupos	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
G_P	G_1	-3,15000*	,59498	,017	-5,5368	-,7632
	G_2	-5,10000*	,59498	,002	-7,4868	-2,7132
	G_3	-3,80000*	,59498	,007	-6,1868	-1,4132
	G_4	-2,35000	,59498	,053	-4,7368	,0368
G_1	G_P	3,15000*	,59498	,017	,7632	5,5368
	G_2	-1,95000	,59498	,102	-4,3368	,4368
	G_3	-,65000	,59498	,805	-3,0368	1,7368
	G_4	,80000	,59498	,681	-1,5868	3,1868
G_2	G_P	5,10000*	,59498	,002	2,7132	7,4868
	G_1	1,95000	,59498	,102	-,4368	4,3368
	G_3	1,30000	,59498	,315	-1,0868	3,6868
	G_4	2,75000*	,59498	,029	,3632	5,1368
G_3	G_P	3,80000*	,59498	,007	1,4132	6,1868
	G_1	,65000	,59498	,805	-1,7368	3,0368
	G_2	-1,30000	,59498	,315	-3,6868	1,0868
	G_4	1,45000	,59498	,243	-,9368	3,8368
G_4	G_P	2,35000	,59498	,053	-,0368	4,7368
	G_1	-,80000	,59498	,681	-3,1868	1,5868
	G_2	-2,75000*	,59498	,029	-5,1368	-,3632
	G_3	-1,45000	,59498	,243	-3,8368	,9368

En la tabla anterior, se exponen los resultados Sig de comparar grupo por grupo la resistencia a flexión obtenida, a través del utilizar Tukey. Asimismo, algo resaltante es la comparación del grupo control o patrón G-P (0% lignina) con los grupos de concreto a los cuales se le adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) G-1 (0.25% LBC) y G-2 (0.50% LBC), en los cuales presentaron como valor Sig 0.017 y 0.002 respectivamente. Además, al comparar el G-P con los grupos de concreto a los cuales se le agregó lignosulfato de sodio (LSS) G-3 (0.25% LSS) y G-4 (0.50% LSS) presentaron como valor Sig 0.007 y 0.053 respectivamente. Por lo tanto, al ser G-4 el único grupo con valor Sig mayor a 0.05, se infiere que, sí existe diferencia significativa entre los grupos G-1, G-2 y G-3 en comparación con el grupo control o patrón G-P (0% lignina) en relación a la resistencia a flexión.

Al comparar estadísticamente a través de Tukey, los grupos de concreto a los cuales se le adicionó lignina de bagazo de caña (LBC) G-1 (0.25% LBC) y G-2 (0.50% LBC), se obtiene un valor Sig de 0.102, siendo dicho valor mayor a 0.05, con lo cual se interpreta que entre ambos grupos no existe diferencia significativa al respecto de la resistencia a flexión obtenida.

Al comparar estadísticamente a través de Tukey, los grupos de concreto a los cuales se le agregó lignosulfato de sodio (LSS) G-3 (0.25% LSS) y G-4 (0.50% LSS), se obtiene un valor Sig de 0.243, siendo dicho valor mayor a 0.05, con lo cual se interpreta que entre ambos grupos no existe diferencia significativa al respecto de la resistencia a flexión obtenida.

Al comparar estadísticamente a través de Tukey, los grupos de concreto a los cuales se le agregó lignina en la misma proporción, pero de diferente procedencia G-1 (0.25% LBC) y G-3 (0.25% LSS), se obtiene un valor Sig de 0.805, siendo dicho valor mayor a 0.05, con lo cual se interpreta que entre ambos grupos no existe diferencia significativa al respecto de la resistencia a flexión obtenida.

Al comparar estadísticamente a través de Tukey, los grupos de concreto a los cuales se le agregó lignina en la misma proporción, pero de diferente procedencia G-2 (0.50% LBC) y G-4 (0.50% LSS), se obtiene un valor Sig de 0.029, siendo dicho valor menor a 0.05, con lo cual se interpreta que entre ambos grupos sí existe diferencia significativa al respecto de la resistencia a flexión obtenida.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En consideración al objetivo general que es, **evaluar las propiedades físico - mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ al adicionar biopolímero lignina**, para obras de construcción.

Wenming y Fatehi (2015), señalan que, adicionar lignina sulfometilada en la pasta de cemento mejora la fluidez de la misma, puesto que, la dosificación de 0.5 % de lignina sulfometilada en la pasta de cemento incrementa la fluidez de la misma de 65 mm a 200 mm.

Se respalda lo señalado por Wenming y Fatehi, ya que, a través de realizar los ensayos respectivos en la presente investigación, se conoció que, la trabajabilidad mejora con la adición de lignina, manifestándose con el aumento del slump de la mezcla de concreto, obteniendo en el grupo control o patrón G-P (0% lignina) un menor slump con un valor de 2.8". Asimismo, los grupos de concreto a los cuales se le adicionó lignina G-1 (0.25% LBC), G-2 (0.50% LBC), G-3 (0.25% LSS) y G-4 (0.50% LSS) presentaron 3"; 3.5"; 3.5" y 4" de slump respectivamente.

En consideración al objetivo, **determinar la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ al adicionar biopolímero lignina**, para obras de construcción.

Ekinci et al. (2016), señalan que, al respecto de la resistencia a compresión a los 28 días, en el grupo control-A se obtuvo 30.3 Mpa, y agregando lignina en el grupo A2 aumentó hasta 45.7 Mpa. Asimismo, la resistencia a compresión a los 28 días, en el grupo control-B se obtuvo 25.4 Mpa, y agregando lignina en el grupo B1 aumentó hasta 33.4 Mpa.

Huang et al. (2018), señalan que, utilizar 0.2% de la lignina obtenida (lignosulfato obtenido por sulfometilación de ligninas de biorrefinería) en el concreto, aumentó la resistencia a compresión. Puesto que, dicha resistencia se incrementó a los 28 días de 38.4 Mpa a 42.6 Mpa

Sim y Park (2007), señalan que, utilizando la proporción de lignina en 0.5%, se obtuvo un aumento aproximado de 30 % en la resistencia a compresión de la pasta de cemento. Asimismo, utilizando la proporción de lignina en 2%, obtuvo un aumento aproximado de 60 %.

Se respalda lo señalado en las investigaciones de Ekinici et al., Huang et al., Sim y Park; ya que, a través de realizar los ensayos respectivos en la presente investigación, se conoció que, la adición de lignina mejora significativamente la resistencia a compresión, puesto que, se obtuvo como promedio de 3 ensayos el valor de 296 Kg/cm² a los 28 días en el grupo control o patrón G-P (0% lignina). Asimismo, los grupos de concreto a los cuales se le adicionó lignina G-1 (0.25% LBC), G-2 (0.50% LBC), G-3 (0.25% LSS) y G-4 (0.50% LSS) presentaron 329 Kg/cm²; 341 Kg/cm²; 334 Kg/cm² y 315 Kg/cm² de resistencia a compresión respectivamente.

En consideración al objetivo, **comprobar la resistencia a flexión del concreto $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ al adicionar biopolímero lignina, para obras de construcción.**

Kavya et al. (2021), señalan que, adicionando 0.05% de LCNF (con lignina) aumentó la resistencia a flexión hasta en un 107%. Asimismo, adicionando el mismo porcentaje 0.05% de DCNF (sin lignina), incremento la resistencia a flexión en máximo 53%.

Klapiszewska et al. (2019), señalan que, el porcentaje utilizado de 0.5% y la proporción 5:1 de Al₂O₃-lignina, es quien mejores resultados obtuvo, puesto que la resistencia a flexión incrementó su valor de 7.1 Mpa a 8.1 Mpa.

Se respalda lo señalado en las investigaciones de Kavya et al. y Klapiszewska et al; ya que, a través de realizar los ensayos respectivos en la presente investigación, se conoció que, la adición de lignina mejora significativamente la resistencia a flexión, puesto que, se obtuvo como promedio de 3 ensayos el valor de 32.3 Kg/cm² a los 28 días en el grupo control o patrón G-P (0% lignina).

Asimismo, los grupos de concreto a los cuales se le adicionó lignina G-1 (0.25% LBC), G-2 (0.50% LBC), G-3 (0.25% LSS) y G-4 (0.50% LSS) presentaron 35.5 Kg/cm²; 37.4 Kg/cm²; 36.1 Kg/cm² y 34.7 Kg/cm² de resistencia a flexión respectivamente.

VI. CONCLUSIONES

- Se evaluó las propiedades físico - mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ al adicionar biopolímero lignina, para obras de construcción, llegando a la conclusión que, al respecto de las propiedades físicas como la trabajabilidad, mejora con la adición de lignina, manifestándose con el aumento del slump de la mezcla de concreto. Además, la adición de lignina mejoró notablemente las propiedades mecánicas del concreto.
- Se determinó la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ al adicionar biopolímero lignina, para obras de construcción, llegando a la conclusión que, la adición de lignina mejora significativamente la resistencia a compresión, puesto que, se logró obtener hasta 15% más de dicha resistencia.
- Se analizó la resistencia a tracción del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ al adicionar de biopolímero lignina, para obras de construcción, llegando a la conclusión que, la adición de lignina mejora significativamente la resistencia a tracción, puesto que, se logró obtener hasta 26% más de dicha resistencia.
- Se comprobó la resistencia a flexión del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ al adicionar biopolímero lignina, para obras de construcción, llegando a la conclusión que, la adición de lignina mejora significativamente la resistencia a flexión, puesto que, se logró obtener hasta 16% más de dicha resistencia.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda experimentar con porcentajes de lignina distintos a los utilizados en la presente tesis, con la intención de poder comparar entre varios porcentajes cual es el que mayor beneficio aporta al concreto. Asimismo, de utilizar el cemento tipo I en combinación con la lignina extraída del bagazo de la caña (LBC), puesto que, es la lignina que mayor resistencia aportó.
- Se recomienda experimentar utilizando lignina procedente de otros productos. Puesto que, en la presente investigación se experimentó con lignina comercial procedente de China (LSS), así como también con lignina extraída del bagazo de la caña (LBC), la cual se procesó de forma particular en un laboratorio químico. Siendo esta última lignina la que presentó mejores aportes a las propiedades del concreto.
- Se recomienda experimentar la adición de lignina en el concreto a mayor tiempo que los 28 días, con la intención de conocer si las resistencias siguen aumentando considerablemente después de los 28 días. Puesto que, la presente tesis ha experimentado hasta los 28 días con resultados favorables.
- Se recomienda seguir con los estudios y experimentar el uso de lignina en la elaboración de concreto en otras condiciones como la región Sierra, para conocer los beneficios que pueda aportar. Puesto que, en la presente investigación se consideró para condiciones ambientales de la ciudad de Lima, con resultados favorables.

REFERENCIAS

- Abanto, T. (2018). *Tecnología del concreto* (2 ed.). Lima - Perú: San Marcos.
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación* (6 ed.). Caracas - Venezuela: EPISTEME, <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf>
- ASOCEM. (2019). *Indicadores internacionales de cemento*. Lima - Perú: Asociación de productores de cemento, <http://www.asocem.org.pe/archivo/files/Reporte%20ASOCEM%20-%20Estad%C3%ADsticas%20Internacionales%202019.pdf>
- Atachagua, P., & Rosales, A. (2019). *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, <https://hdl.handle.net/20.500.12692/45563>
- Barros, K. (2017). *Desenvolvimento de ligantes asfálticos modificado con lignina como aditivo antienviejecimiento*. Belo Horizonte, Brasil: Universidad Federal De Minas Gerais, <http://hdl.handle.net/1843/BUOS-AVTMCJ>
- Ekinci, E., Ay, S., Baykuş, N., & Ay, A. (2016). Examination of the impact of lignin sulfonate based structure chemicals on fresh and hardened concrete. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 22(6), 478-485. doi:<https://dx.doi.org/10.5505/pajes.2016.70487>
- Feldman, D. (2016). Lignin nanocomposites. *Journal of Macromolecular Science: Pure & Applied Chemistry*, 53(6), 382–387. doi:<https://doi.org/10.1080/10601325.2016.1166006>
- Feraidon, A. (2013). *Researchers building stronger, greener concrete with biofuel byproducts*. Tesis (Título de Doctor en Ingeniera Civil). Estados Unidos: Universidad Estatal de

- Kansas. Obtenido de <https://www.k-state.edu/media/newsreleases/mar13/concrete31413.html>
- Flores, R., & Orosco, G. (2020). *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, <https://hdl.handle.net/20.500.12692/57393>
- Gómez, M., Deslauriers, J.-P., & Alzate, M. (2010). *CÓMO HACER TESIS DE MAESTRÍA Y DOCTORADO*. Bogotá: Ecoe Ediciones, <https://www.ecoediciones.com/wp-content/uploads/2015/08/Como-hacer-tesis-de-maestria-y-doctorado.pdf>
- Guffante, T., Guffante, F., & Chávez, P. (2016). *INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA: El Proyecto de Investigación*. Ecuador, <https://docplayer.es/51150637-El-proyecto-de-investigacion-tania-guffante-naranjo-fernando-guffante-naranjo-patricio-chavez-hernandez.html>
- Gupta, C., Sverdlove, M., & Washburn, N. (2015). Molecular architecture requirements for polymer-grafted lignin superplasticizers. *Soft Matter*. doi:<http://dx.doi.org/10.1039/C4SM02675F>
- Harmsen, T. (2017). *Diseño de estructuras de concreto armado* (5 ed.). Lima - Perú: Fondo Editorial PUCP, <https://www.fondoeditorial.pucp.edu.pe/ciencias-e-ingenieria-/613-diseno-de-estructuras-de-concreto-armado.html>
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill, <https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación* (6 ed.). México: McGRAW-HILL, <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

- 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. doi:<https://doi.org/10.3390/polym10080841>
- Jędrzejczak, P., Collins, M., Jesionowski, T., & Klapiszewski, Ł. (2021). The role of lignin and lignin-based materials in sustainable construction – A comprehensive review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 187, 624–650. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.07.125>
- Kavya, K., Warda, A., Landis, E., & Khan, R. (2021). Effects of ligno– and delignified– cellulose nanofibrils on the performance of cement-based materials. *Journal of Materials Research and Technology*, 13, 321-335. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.04.090>
- Klapiszewska, I., Slosarczyk, A., Klapiszewski, Ł., & Jesionowski, T. (2019). Production of cement composites using alumina-lignin hybrid materials admixture. *Wroclaw University of Science and Technology*, 55(6). doi:<https://doi.org/10.5277/ppmp19058>
- LignoCOST. (2 de julio de 2019). *European network stimulates industrial applications of lignin*. Obtenido de <https://www.wur.nl/en/news-wur/Show/European-network-stimulates-industrial-applications-of-lignin.htm>
- Lisý, A., Ház, A., Nadányi, R., Jablonský, M., & Šurina, I. (2022). About Hydrophobicity of Lignin: A Review of Selected Chemical Methods for Lignin Valorisation in Biopolymer Production. *Energies*, 15, 6213. doi:<https://doi.org/10.3390/en15176213>
- Matallana, R. (2019). *El Concreto Fundamentos y Nuevas Tecnologías*. Bogota - Colombia: Corona,
https://www.academia.edu/44296773/EL_CONCRETO_FUNDAMENTOS_Y_NUEVA_S_TECNOLOG%C3%8DAS

- Mccormac, J., & Brown, R. (2018). *Diseño de concreto reforzado* (10 ed.). México: Alfaomega, https://www.academia.edu/43514207/Dise%C3%B1o_de_Concreto_reforzado_McCormac_Ed_10
- MVCS-E060. (2009). *Norma E.060 Concreto*. Lima - Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Nair., D., Ramesh, A., P A, A., Francis, J., & Basil, K. (2020). Experimental Study on Partial Replacement of Bitumen with Lignin. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 9(5). doi:<http://dx.doi.org/10.17577/IJERTV9IS050902>
- Rivva, E. (2019). *Naturaleza y Materiales del Concreto*. (4 ed.). Lima - Perú, Perú: ACI.
- Rodríguez, D., Rodríguez, C., Ramírez, S., & Flórez, C. (2016). Evaluación del efecto del envejecimiento del cemento asfáltico 80-100 modificado con lignina. *INGENIARE*, 12. doi:<http://dx.doi.org/10.18041/1909-2458/ingeniare.20.408>
- Sim, H., & Park, J. (2007). Effect Of Lignin Addition On Characteristics Of Cement Pastes. *Universidad Nacional Kangwon*, 18, 178-182. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/295319799_Effect_of_lignin_addition_on_characteristics_of_cement_pastes
- Wenming , H., & Fatehi, P. (2015). Preparation of sulfomethylated softwood kraft lignin as a dispersant for cement admixture. *RSC Advances*, 5. doi:<http://dx.doi.org/10.1039/C5RA04526F>

ANEXOS

ANEXO A

MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: “Evaluación de las propiedades físico – mecánicas del concreto $f'c = 210$ kg/cm2 adicionando biopolímero lignina, para obras de construcción”

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES			METODOLOGÍA
<p>Problema general</p> <p>¿De qué manera influirá en las propiedades físico – mecánicas del concreto $f'c = 210$ kg/cm2 el adicionar biopolímero lignina, para obras de construcción?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>¿Se mejorará la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210$ Kg/cm2 al adicionar biopolímero lignina, para obras de construcción?</p> <p>¿Se incrementará la resistencia a tracción del concreto $f'c = 210$ Kg/cm2 al adicionar biopolímero lignina, para obras de construcción?</p> <p>¿Se elevará la resistencia a flexión del concreto $f'c = 210$ Kg/cm2 al adicionar biopolímero lignina, para obras de construcción?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Evaluar las propiedades físico - mecánicas del concreto $f'c = 210$ Kg/cm2 al adicionar biopolímero lignina, para obras de construcción.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>Determinar la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210$ Kg/cm2 al adicionar biopolímero lignina, para obras de construcción.</p> <p>Analizar la resistencia a tracción del concreto $f'c = 210$ Kg/cm2 al adicionar biopolímero lignina, para obras de construcción.</p> <p>Comprobar la resistencia a flexión del concreto $f'c = 210$ Kg/cm2 al adicionar biopolímero lignina, para obras de construcción.</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>Adicionando biopolímero lignina al concreto $f'c = 210$ kg/cm2.se mejora las propiedades físico – mecánicas, para obras de construcción.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <p>Adicionando biopolímero lignina al concreto $f'c = 210$ Kg/cm2, se mejora la resistencia a la compresión, para obras de construcción.</p> <p>Adicionando biopolímero lignina al concreto $f'c = 210$ Kg/cm2, se incrementa la resistencia a la tracción, para obras de construcción.</p> <p>Adicionando biopolímero lignina al concreto $f'c = 210$ Kg/cm2, se eleva la resistencia a la flexión, para obras de construcción.</p>	Variable Dependiente (Y)	Dimensiones	Indicadores	<p>Tipo de investigación: Aplicada</p> <p>Nivel: Explicativo</p> <p>Diseño: Cuasiexperimental</p> <p>Población: 90 probetas cilíndricas y 30 vigas prismáticas.</p> <p>Muestra: 90 probetas cilíndricas y 30 vigas prismáticas</p>
			Propiedades físico - mecánicas 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)	Dimensiones	Indicadores	
			Adición de biopolímero lignina	D1: Dosificación	LBC (0.25 % peso del cemento). LBC (0.50 % peso del cemento).	
					LSS (0.25 % peso del cemento). LSS (0.50 % peso del cemento).	

ANEXO B

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TITULO: “Evaluación de las propiedades físico – mecánicas del concreto f’c = 210 kg/cm2 adicionando biopolímero lignina, para obras de construcción”

Variable Dependiente (Y)	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Propiedades físico - mecánicas del concreto	Resultado de mezclar agregados, cemento, agua, aire y en ocasiones aditivos. Asimismo, en estado fresco tienen un comportamiento plástico adquiriendo la forma del recipiente que los aloja. Además, cuando pasa a la etapa endurecida adquiere resistencia mecánica considerable y se vuelve durable. También se le considera al concreto como una roca fabricada por las personas en beneficio de aprovechar sus cualidades de resistencia y durabilidad al construir (Matallana, 2019).	En el concreto se obtienen las propiedades mecánicas, realizando los ensayos de resistencia a compresión, tracción y flexión. Asimismo, al respecto de las propiedades físicas la trabajabilidad y consistencia permiten definir el slump. Además, los agregados tienen características únicas de módulo de finura, humedad y absorción que suman en las propiedades finales 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	El biopolímero lignina cumple un rol fundamental en la constitución de las plantas leñosas, realizando una labor semejante a la que realiza el cemento en el concreto armado con acero. Asimismo, la función principal de la lignina en las plantas es de aumentar la resistencia mecánica, es por ello, que incluso existen arboles de más de 100 m de altura (Feldman, 2016).	La dosificación se opera adicionando los 2 tipos de lignina (LBC y LSS) en porcentajes (0.25% 0.50%) en relación al peso del cemento.	D1: Dosificación	LBC (0.25 % peso del cemento). LBC (0.50 % peso del cemento).
				LSS (0.25 % peso del cemento). LSS (0.50 % peso del cemento).

ANEXO C

DESARROLLO EN EL LABORATORIO (FOTOGRAFÍAS).



Granulometría del agregado grueso.



Granulometría del agregado fino.



Agregado grueso, Peso unitario suelto (PUS), enrazando acabado de llenar el molde.



Agregado grueso, Peso unitario compactado (PUC), compactando en cada capa.



Agregado fino, Peso unitario suelto (PUS), enrazando acabado de llenar el molde.



Agregado fino, Peso unitario compactado (PUC), compactando en cada capa.



Peso en agua del agregado grueso (SSS), en la canastilla se coloca el agregado, luego se coloca dicha canastilla en el agua y se la sujeta a la balanza.



Conito de arena, se coloca el agregado en el cono para verificar su estado SSS.



Colocando la muestra de agregado fino en la fiola, parte del proceso para obtener el peso específico y absorción del agregado fino.



Llenando agua en la fiola hasta donde indica la marca, parte del proceso para obtener el peso específico y absorción del agregado fino.



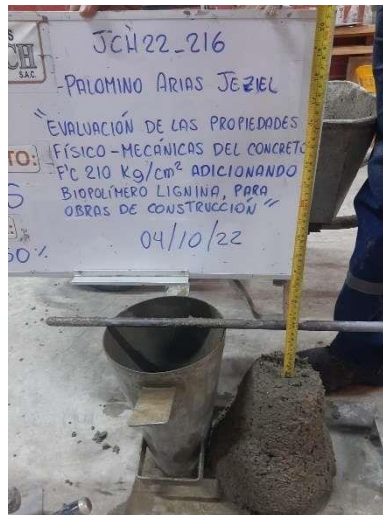
Lignina de bagazo de caña (LBC), preparando su dosificación para adicionarlo a la mezcla de concreto.



Lignosulfato de sodio (LSS), preparando su dosificación para adicionarlo a la mezcla de concreto.



Lignina de bagazo de caña (LBC), adicionando a la mezcla de concreto la proporción establecida.



Proceso para medir el slump de la mezcla de concreto.



Diseños de mezcla de concreto ya vaciados en sus moldes respectivos, probetas cilíndricas y vigas.



Ensayo a compresión



Ensayo a tracción diametral.



Ensayo a flexión en viga.

ANEXO D
DISEÑO ACI 211

Diseño de mezclas de concreto

Al respecto de la mezcla a diseñar, se tuvo en cuenta la metodología muy utilizada como es el ACI 211. Que permitió establecer las cantidades necesarias para elaborar un concreto que servirá de base o patrón (G-P). Asimismo, sobre dicho concreto base se agregará los porcentajes de lignina establecidos en la presente investigación.

Tomando como referente lo que indica la E.060 al respecto de la elaboración de concreto por primera vez o sin un registro previo de datos de dicha elaboración, señala que al concreto de resistencia que se quiere obtener 210 Kg/cm², se le adicione un factor de seguridad de 84 Kg/cm², con la finalidad de asegurar que la resistencia nunca se menor a la que se desea (210 Kg/cm²); por lo tanto, la resistencia para la cual se dosificó es de 294 Kg/cm².

En la siguiente tabla, se expone los datos recolectados de los agregados que sirven para dosificar a través de la metodología del ACI 211.

Datos de los insumos para elaborar el concreto.

Insumos	P.E (Kg/m³)	Humedad (%)	Abs (%)	MF	P.U.S	P.U.C	TMN
Cemento	3110	---	---	---	---	---	---
Agua	1000	---	---	---	---	---	---
Agregado grueso	2779	0.49%	0.65%	6.45	1459	1595	1/2"
Agregado fino	2670	2.56%	2.46%	3.14	1368	1511	---

El orden que presenta la metodología AC 211, es en primera instancia considerar el slump aproximado que se quiere obtener, siendo en este caso de 7.5 cm a 10 cm.

ASENTAMIENTO	AGUA EN L/M3 DE CONCRETO PARA LOS TAMAÑOS NOMINALES MÁXIMOS DEL AGREGADO GRUESO Y CONSISTENCIA INDICADA							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
Contenido de Aire atrapado (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-
Contenido total de Aire (%)	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

Para estimar la cantidad de agua a utilizar en la mezcla, se coteja en la tabla del ACI 211 los valores del slump y el TMN del agregado que en este caso es de 1/2". Con lo cual se obtiene una cantidad de agua a utilizar de 216 L/m³. Asimismo, con estos datos la tabla nos indica que existirá 2.5% de contenido de aire.

Acto seguido, para obtener el factor agua cemento, se interpola los valores presentados en la tabla del ACI 211, para una resistencia de 294 Kg/cm², con lo cual se obtiene un factor de 0.55.

Resistencia a la compresión a los 28 días (kg / cm ²) f'cr	RELACIÓN AGUA / CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	-
400	0.43	-
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Ahora solo es operar conociendo la cantidad de agua 216 L/m³ y el factor agua/cemento que es 0.55, entonces se obtiene un valor de cemento a utilizar en la mezcla de 392.7 Kg.

Al respecto de la cantidad de agregado grueso a utilizar en la mezcla, se obtiene el factor a utilizar cotejando los datos de TMN Y MF de los agregados. Siendo en este caso dicho factor de 0.516.

Asimismo, la manera de operar es multiplicando el factor por el PUC, obteniendo 823.02 Kg.

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO	VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO, SECO Y COMPACTADO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO PARA DIFERENTES MÓDULOS DE FINURA DEL AGREGADO FINO			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3 / 8 "	0.50	0.46	0.46	0.44
1 / 2 "	0.59	0.57	0.55	0.53
3 / 4 "	0.66	0.64	0.62	0.60
1 "	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2 "	0.75	0.73	0.71	0.69
2 "	0.78	0.76	0.74	0.72
3 "	0.82	0.80	0.78	0.76
6 "	0.87	0.85	0.83	0.81

Ya conocidos los pesos del cemento, agua y agregado grueso lo que se hace es obtener sus volúmenes a partir de multiplicar dichos pesos por el peso específico respectivo. Asimismo, como se dosifica para 1 m³ entonces la cantidad de agregado fino es el volumen que falta de sumar dichos volúmenes ya conocidos incluido los del aire para completar 1 m³.

En la tabla siguiente, se presentan los pesos de los insumos que se utilizan en la mezcla de concreto para 1 m³.

Dosificación sin considerar la humedad de los agregados.

INSUMOS	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	393	Kg
Agua	216	Litro
Agregado fino	899	Kg
Agregado grueso	823	Kg

Resaltar que la tabla anterior expone dichos valores considerando los agregados en estado seco.

Por lo cual no es un estado que normalmente se presente, puesto que, los agregados presentan en realidad valores de humedad y absorción.

Para considerar la humedad de los agregados, se opera multiplicando el porcentaje de humedad por la cantidad en peso del agregado grueso y fino a utilizar, siendo estos valores 827.1 Kg y 921.6 Kg respectivamente.

El valor de la humedad superficial se halla de la diferencia aritmética entre la humedad y la absorción, en este caso dichos valores en el agregado grueso es de -0.2% y el fino de 0.1%.

Asimismo, para conocer con cuanto de agua contribuye cada agregado, lo que se hace es multiplicar la humedad superficial por el peso del agregado en estado húmedo. Siendo esta cantidad de agua -1.3 L en el agregado grueso y 0.9 L en el fino. Paso siguiente se suman ambas cantidades de agua considerando los signos con lo que se obtiene -0.4 L, que en esta ocasión es una cantidad muy pequeña pero que es importante siempre dicha corrección por humedad, ya que en algunos casos pueden salir cantidad de agua considerables que afectarían la mezcla final si es que no se corrigen los valores.

La cantidad final de agua a utilizar es el resultado que se obtiene de restar el aporte de agua de los agregados -0.4 L (en este caso negativo envés de aportar va quitar agua) a lo que inicialmente se tiene 216 L, obteniendo 216.4 L.

En la tabla siguiente se exponen los pesos de los insumos para la elaboración de 1m³ de concreto, ya con la corrección respectiva de humedad y absorción que naturalmente presentan los agregados.

Dosificación considerando la humedad de los agregados.

INSUMOS	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	393	Kg
Agua	216.4	Litro
Agregado fino	922	Kg
Agregado grueso	827	Kg

ANEXO E

CERTIFICADO DE LIGNINA LABORATORIO QUÍMICO

(LIGNINA DE BAGAZO DE CAÑA).

INFORME DE ENSAYO IE-100922-01

1. DATOS DEL CLIENTE

Cliente : PALOMINO ARIAS, JEZIEL / 77210566
Tesis : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL
CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 ADICIONANDO BIOPOLÍMERO LIGNINA,
PARA OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

2. FECHAS

Inicio : 12 de Setiembre de 2022
Fin : 21 de Setiembre de 2022
Emisión de informe : 22 de Setiembre de 2022

3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO

Temperatura : 20.1 °C
Humedad Relativa : 55 %

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-4788	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 F

**CERTIFICADO DE LIGNINA IMPORTADA DE CHINA
(LIGNOSULFATO DE SODIO).**

EVER CHEM (HK) LIMITED

ADD: Room 2105, SH1950, Trend Centre, 29-31 Cheung Lee street, Chai Wan, Hongkong.

Certificate of Analysis

Product: Sodium Lignosulfonate

Date: 24-05-2022

Batch No.: GS20220524

Expiry date: 23-05-2024

Quantity: 10000kgs

NO	Index items	Standard value	Test Results
1	Appearance	Brown powder	Meets the requirement 1
2	Moisture	≤7.0%	2.5
3	PH value	9-10	9.6
4	Dry matter	≥92%	94.3
5	lignosulphonate	≥52%	54.2
6	Inorganic salts (Na ₂ SO ₄)	≤5.0%	2.2
7	Total reducing matter	≤4.0%	2.1
8	Water insoluble matter	≤1.5%	1.2
9	Calcium magnesium general quantity	≤1.0%	0.3
Conclusion		Complies with requirements .	


For and on behalf of
EVER CHEM (HK) LIMITED

Lorna Liu

.....
Authorized Signature(s)

ANEXO G

CERTIFICADO DE LABORATORIO DE CONCRETO

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

INFORME : JCH 22-216
SOLICITANTE : PALOMINO ARIAS JEZIEL
PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 AGREGANDO BIOPOLÍMERO LIGNINA PARA OBRAS DE CONSTRUCCIÓN
UBICACIÓN : LIMA
FECHA : OCTUBRE DEL 2022
ASUNTO : Diseño de mezcla f 'c = 210 Kg/cm²

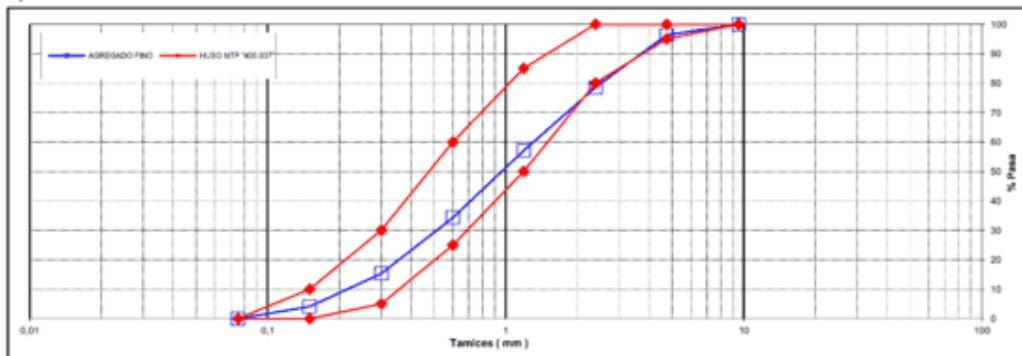
CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO FINO :

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

A) ANALISIS GRANULOMETRICO Peso Total gr 500

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
N°4	4,75	17,7	3,6	3,6	96,4
N°8	2,38	87,0	17,8	21,5	78,5
N°16	1,19	104,7	21,5	42,9	57,1
N°30	0,6	111,3	22,8	65,7	34,3
N°50	0,3	92,6	19,0	84,7	15,3
N°100	0,15	54,5	11,2	95,9	4,1
FONDO		20,0	4,1	100,0	0,0

B) CURVA DE GRANULOMETRIA



C) PROPIEDAS FISICAS



Módulo de Fineza	3,14
Peso Unitario Suelto (Kg/m ³)	1.368
Peso Unitario Compactado (Kg/m ³)	1.511
Peso Especifico	2,61
Contenido de Humedad (%)	2,56
Porcentaje de Absorción (%)	2,46




Jean Chavez R.
Téc. Suelos, Asfalto y Concreto

Juan Francisco
JUAN FRANCISCO
IN LOA CLAVIJO
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 ---
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión 1
		Fecha -
		Página ---

INFORME : JCH 22-216
SOLICITANTE : PALOMINO ARIAS JEZIEL
PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c = 210 \text{ KG/CM}^2$ AGREGANDO BIOPOLÍMERO LIGNINA PARA OBRAS DE CONSTRUCCIÓN
UBICACIÓN : LIMA
FECHA : OCTUBRE DEL 2022
ASUNTO : Diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

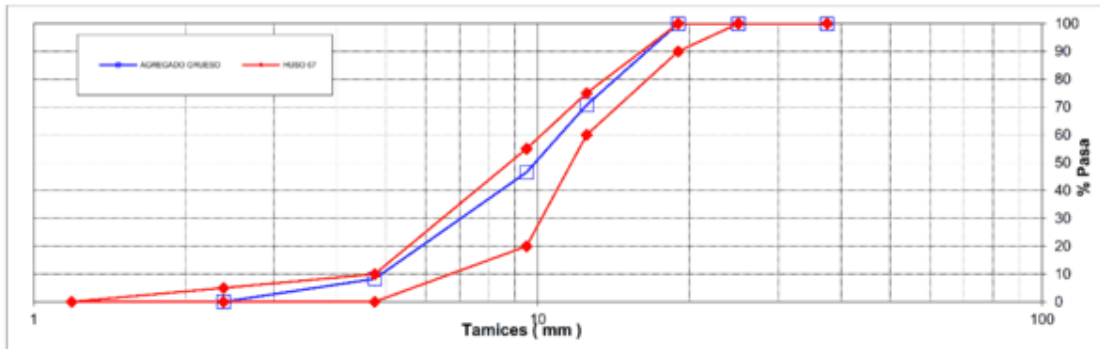
CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GRUESO :

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

A) ANALISIS GRANULOMETRICO Peso Total gr 5012

TAMIZ		gr	%	% RET.	%	% PASA
(Pulg)	(mm)	Pesos	RET.	ACUM.	PASA	HUSO 67
2 1/2"	63					
2"	50					
1 1/2"	37,5		0,0	0,0	100,0	100 - 100
1"	25	0	0,0	0,0	100,0	100 - 100
3/4"	19	0	0,0	0,0	100,0	90 - 100
1/2"	12,5	1466	29,2	29,2	70,8	60 - 75
3/8"	9,5	1211	24,2	53,4	46,6	20 - 55
N°4	4,75	1922	38,3	91,8	8,2	0 - 10
N°8	2,38	413	8,2	100,0	0,0	0 - 5
N°16	1,19					-
FONDO						

B) CURVA DE GRANULOMETRIA



C) PROPIEDAS FISICAS



Tamaño Nominal Máximo	1/2"
Módulo de Fineza	6,45
Peso Unitario Suelto (Kg/m³)	1.459
Peso Unitario Compactado (Kg/m³)	1.595
Peso Específico	2,76
Contenido de Humedad (%)	0,49
Porcentaje de Absorción (%)	0,65





Jean Chavez R.
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto


Avilar 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

 LABORATORIO GEOTÉCNICO	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 22-216
SOLICITANTE : PALOMINO ARIAS JEZIEL
PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 210 KG/CM2
 AGREGANDO BIOPOLÍMERO LIGNINA PARA OBRAS DE CONSTRUCCIÓN
UBICACIÓN : LIMA
FECHA : OCTUBRE DEL 2022

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : La Molina y La Gloria
Calicata : -
Muestra : -
Prof. (m) : - **Fecha de Recepción** : 03/10/22
Progresiva : - **Fecha de Ejecución** : 04/10/22
Coordenadas : -

Recipiente N°		ARENA (Molina)	PIEDRA (Gloria)
Peso de suelo humedo + tara	g	612,3	2617,2
Peso de suelo seco + tara	g	598,5	2605,0
Peso de tara	g	60,2	112,2
Peso de agua	g	13,8	12,2
Peso de suelo seco	g	538,3	2492,8
Contenido de agua	%	2,56	0,49
Contenido de Humedad (%)		2,56	0,49

Observación : 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




AVIR FRANCISCO
 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 22-216
Solicitante : PALOMINO ARIAS JEZIEL
Proyecto : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 AGREGANDO BIOPOLÍMERO LIGNINA PARA OBRAS DE CONSTRUCCIÓN
Ubicación : LIMA
Fecha : OCTUBRE DEL 2022

Cantera : La Molina **Progresiva** : -
Calicata : - **Coordenad** : -
Muestra : Arena
Prof. (m.) : -

Muestra N°	1	2	3
Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en aire) (gr.)	500,0		
Peso de Frasco + H2O (gr)	648,4		
Peso de Frasco + H2O + A (gr)	1148,4		
Peso del mat. + H2O en el frasco (gr)	961,1		
Vol. De Masa + Vol de Vacío=C-D	187,3		
Peso del mat. Seco en estufa (gr)	488		
Vol. De Masa=E-(A-F)	175,3		
P.e. BULK (BASE SECA)	2,605		
P.e. BULK (BASE SATURADA)	2,670		
P.e. APARENTE (BASE SECA)	2,784		
% DE ABSORCIÓN	2,46		


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

Equipos Usados
Hor-001 ó Hor-002
Bal-001


Jean Chavez R.
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto




AVILA FRANCISCO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

	FORMULARIO	Código : C-09
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 1 de 1

PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO
ASTM C-29 - NTP 400.017 - MTC E-203

Informe : JCH 22-216
Solicitante : PALOMINO ARIAS JEZIEL
Proyecto : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO F^c = 210 KG/CM2 AGREGANDO BIOPOLÍMERO LIGNINA PARA OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

Ubicación : LIMA

Fecha : OCTUBRE DEL 2022

Cantera : Gloria	Progresiva : -
Calicata : -	Coordenadas : -
Muestra : Piedra	
Prof. (m.) : -	

Peso Unitario Varillado (gr/cm³) : **1,595**
Peso Unitario Suelto (gr/cm³) : **1,459**
Peso del molde (gr) : 2253
Volumen molde (cm³) : 9421,0

	P.U.C. (gr)	Densidades (gr/cm3)
Peso de Molde+Agregado (gr)	17207	1,587
Peso de Molde+Agregado (gr)	17331	1,600
Peso de Molde+Agregado (gr)	17287	1,596
	P.U.S. (gr)	Densidades (gr/cm3)
Peso de Molde+Agregado (gr)	15952	1,454
Peso de Molde+Agregado (gr)	15981	1,457
Peso de Molde+Agregado (gr)	16050	1,464


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

Equipos Usados
Bal-003


Jean Chavez R.
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto




AVILA FRANCISCO
 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 22-216
Solicitante PALOMINO ARIAS JEZIEL
Proyecto EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 AGREGANDO BIOPOLÍMERO LIGNINA PARA OBRAS DE CONSTRUCCIÓN
Ubicación LIMA

Muestra Patrón

Fecha Rotura (7D) 11/10/2022
Fecha Rotura (14D) 18/10/2022
Fecha Rotura (28D) 01/11/2022

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	EDAD días	DIÁMETRO mm	FUERZA MÁXIMA KN	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²	TIPO FALLA
Patrón	04/10/2022	7	101,6	177,35	81,07	223	2
Patrón	04/10/2022	7	101,8	174,96	81,39	219	2
Patrón	04/10/2022	7	102,1	182,57	81,79	228	2

Patrón	04/10/2022	14	100,3	205,95	78,93	266	2
Patrón	04/10/2022	14	100,4	204,15	79,09	263	1
Patrón	04/10/2022	14	100,1	206,22	78,62	267	2

Patrón	04/10/2022	28	101,1	233,18	80,28	296	1
Patrón	04/10/2022	28	102,2	239,22	81,95	298	2
Patrón	04/10/2022	28	101,9	235,09	81,47	294	3


Jean Chavez R
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto





AVILA FRANCISCO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

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



	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 22-216
Solicitante PALOMINO ARIAS JEZIEL
Proyecto EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 AGREGANDO BIOPOLÍMERO LIGNINA PARA OBRAS DE CONSTRUCCIÓN
Ubicación LIMA

Muestra LIGNINA

Fecha Rotura (7D) 11/10/2022
Fecha Rotura (14D) 18/10/2022
Fecha Rotura (28D) 01/11/2022

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	EDAD días	DIÁMETRO mm	FUERZA MÁXIMA KN	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²	TIPO FALLA
LBC 0.25%	04/10/2022	7	101.6	197.05	81.07	248	2
LBC 0.25%	04/10/2022	7	101.8	194.40	81.39	243	2
LBC 0.25%	04/10/2022	7	102.1	202.85	81.79	253	2
LBC 0.50%	04/10/2022	7	103.4	206.79	83.89	251	3
LBC 0.50%	04/10/2022	7	102.1	204.26	81.87	254	2
LBC 0.50%	04/10/2022	7	103.0	202.60	83.32	248	2
LSS 0.25%	04/10/2022	7	102.6	202.29	82.60	250	2
LSS 0.25%	04/10/2022	7	101.8	203.39	81.31	255	2
LSS 0.25%	04/10/2022	7	101.5	204.13	80.91	257	2
LSS 0.50%	04/10/2022	7	101.8	205.38	81.31	257	2
LSS 0.50%	04/10/2022	7	101.5	197.57	80.91	249	2
LSS 0.50%	04/10/2022	7	102.5	199.60	82.52	247	1
LBC 0.25%	04/10/2022	14	100.3	228.84	78.93	296	2
LBC 0.25%	04/10/2022	14	100.4	226.83	79.09	292	1
LBC 0.25%	04/10/2022	14	100.1	229.14	78.62	297	2
LBC 0.50%	04/10/2022	14	101.5	240.67	80.83	304	3
LBC 0.50%	04/10/2022	14	101.3	241.87	80.52	306	2
LBC 0.50%	04/10/2022	14	101.5	243.28	80.91	306	1
LSS 0.25%	04/10/2022	14	100.9	235.86	79.88	301	1
LSS 0.25%	04/10/2022	14	101.0	236.86	80.04	302	2
LSS 0.25%	04/10/2022	14	101.7	236.57	81.23	301	2
LSS 0.50%	04/10/2022	14	101.5	224.83	80.91	283	1
LSS 0.50%	04/10/2022	14	100.8	227.53	79.80	291	2
LSS 0.50%	04/10/2022	14	101.3	226.13	80.60	286	3
LBC 0.25%	04/10/2022	28	101.1	256.09	80.28	329	1
LBC 0.25%	04/10/2022	28	102.2	265.80	81.95	331	2
LBC 0.25%	04/10/2022	28	101.9	261.21	81.47	327	3
LBC 0.50%	04/10/2022	28	102.1	274.97	81.79	343	1
LBC 0.50%	04/10/2022	28	102.2	275.55	81.95	343	1
LBC 0.50%	04/10/2022	28	102.1	271.36	81.79	338	1
LSS 0.25%	04/10/2022	28	102.0	262.25	81.63	327	2
LSS 0.25%	04/10/2022	28	101.7	271.56	81.15	341	2
LSS 0.25%	04/10/2022	28	101.7	266.06	81.23	334	2
LSS 0.50%	04/10/2022	28	102.5	260.69	82.44	322	1
LSS 0.50%	04/10/2022	28	101.8	253.46	81.31	318	2
LSS 0.50%	04/10/2022	28	102.1	245.35	81.79	306	1



chavez
Jean Chavez R.
 Ttc. Suelos, Asfalto y Concreto



Francisco
FRANCISCO
 IN LOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

- 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**



	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 22-216
Solicitante : PALOMINO ARIAS JEZIEL
Proyecto : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 AGREGANDO BIOPOLÍMERO LIGNINA PARA OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

Ubicación : LIMA **Fecha de ensayo** 7d 11/10/2022
Fecha : OCTUBRE 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
Nat. (0%)	04/10/2022	11/10/2022	7 días	15,1	15,0	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	21,6 kg/cm2
Nat. (0%)	04/10/2022	11/10/2022	7 días	15,0	15,1	50,9	45,0	TERCIO CENTRAL	21,6 kg/cm2
LBC 0.25%	04/10/2022	11/10/2022	7 días	15,1	15,0	50,5	45,0	TERCIO CENTRAL	24,4 kg/cm2
LBC 0.25%	04/10/2022	11/10/2022	7 días	15,0	15,0	50,2	45,0	TERCIO CENTRAL	22,0 kg/cm2
LBC 0.50%	04/10/2022	11/10/2022	7 días	15,1	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	24,9 kg/cm2
LBC 0.90%	04/10/2022	11/10/2022	7 días	15,1	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	25,2 kg/cm2
LSS 0.25%	04/10/2022	11/10/2022	7 días	15,0	15,1	50,6	45,0	TERCIO CENTRAL	23,1 kg/cm2
LSS 0.25%	04/10/2022	11/10/2022	7 días	15,1	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	22,9 kg/cm2
LSS 0.50%	04/10/2022	11/10/2022	7 días	15,2	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	21,7 kg/cm2
LSS 0.50%	04/10/2022	11/10/2022	7 días	15,0	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	23,0 kg/cm2

Equipo Usado :
 Máquina de Compresión :
 Ejecutado por : L.N.R

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




AVIR FRANCISCO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193867

	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 22-216
Solicitante : PALOMINO ARIAS JEZIEL
Proyecto : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 AGREGANDO BIOPOLÍMERO LIGNINA PARA OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

Ubicación : LIMA
Fecha : OCTUBRE DEL 2022
Fecha de ensayo : 14d 18/10/2022

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
Nat. (0%)	04/10/2022	18/10/2022	14 días	15,1	15,0	50,5	45,0	TERCIO CENTRAL	27,0 kg/cm ²
Nat. (0%)	04/10/2022	18/10/2022	14 días	15,0	15,1	51,1	45,0	TERCIO CENTRAL	27,0 kg/cm ²
LBC 0.25%	04/10/2022	18/10/2022	14 días	15,1	15,0	51,5	45,0	TERCIO CENTRAL	29,7 kg/cm ²
LBC 0.25%	04/10/2022	18/10/2022	14 días	15,1	15,1	50,2	45,0	TERCIO CENTRAL	29,5 kg/cm ²
LBC 0.50%	04/10/2022	18/10/2022	14 días	15,0	15,1	50,5	45,0	TERCIO CENTRAL	30,3 kg/cm ²
LBC 0.50%	04/10/2022	18/10/2022	14 días	15,0	15,0	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	31,2 kg/cm ²
LSS 0.25%	04/10/2022	18/10/2022	14 días	15,0	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	29,9 kg/cm ²
LSS 0.25%	04/10/2022	18/10/2022	14 días	15,0	15,0	50,8	45,0	TERCIO CENTRAL	29,8 kg/cm ²
LSS 0.50%	04/10/2022	18/10/2022	14 días	15,1	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	27,3 kg/cm ²
LSS 0.50%	04/10/2022	18/10/2022	14 días	15,0	15,0	50,5	45,0	TERCIO CENTRAL	28,7 kg/cm ²

Equipo Usado :
 Máquina de Compresión :
 Ejecutado por : L.N.R

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




AVIR FRANCISCO
 181 LOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193887

	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 22-216
Solicitante : PALOMINO ARIAS JEZIEL
Proyecto : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 AGREGANDO BIOPOLÍMERO LIGNINA PARA OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

Ubicación : LIMA
Fecha : NOVIEMBRE DEL 2022

Fecha de ensayo 28d 02/11/2022

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
Nat. (0%)	04/10/2022	02/11/2022	29 días	15,0	15,0	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	32,6 kg/cm2
Nat. (0%)	04/10/2022	02/11/2022	29 días	15,0	15,0	50,6	45,0	TERCIO CENTRAL	32,0 kg/cm2
LBC 0.25%	04/10/2022	02/11/2022	29 días	15,2	15,0	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	35,1 kg/cm2
LBC 0.25%	04/10/2022	02/11/2022	29 días	15,1	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	35,8 kg/cm2
LBC 0.50%	04/10/2022	02/11/2022	29 días	15,1	15,0	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	37,1 kg/cm2
LBC 0.50%	04/10/2022	02/11/2022	29 días	15,1	15,0	50,5	45,0	TERCIO CENTRAL	37,7 kg/cm2
LSS 0.25%	04/10/2022	02/11/2022	29 días	15,0	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	35,7 kg/cm2
LSS 0.25%	04/10/2022	02/11/2022	29 días	15,0	15,1	51,1	45,0	TERCIO CENTRAL	36,5 kg/cm2
LSS 0.50%	04/10/2022	02/11/2022	29 días	15,1	15,1	50,5	45,0	TERCIO CENTRAL	34,0 kg/cm2
LSS 0.50%	04/10/2022	02/11/2022	29 días	15,0	15,0	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	35,3 kg/cm2

Equipos Usados
 Máquina de Compresión
 Ejecutado por : L.N.R

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




AVIR FRANCISCO
 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 - MÉTODO BRASILEIRO	Versión	01
		Fecha	
		Página	1 de 1
Informe	JCH 22-216		
Solicitante	PALOMINO ARIAS JEZIEL		
Proyecto	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2 AGREGANDO BIOPOLÍMERO LIGNINA PARA OBRAS DE CONSTRUCCIÓN		
Ubicación	LIMA		
Fecha	NOVIEMBRE DEL 2022		
Tipo de muestra	: Concreto endurecido	Fecha de Ensayo	7D 11/10/2022
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
Nat. (0%)	04/10/2022	11/10/2022	7 días	20,63	10,15	6167	60,50	18,7 kg/cm ²
Nat. (0%)	04/10/2022	11/10/2022	7 días	20,52	10,12	5657	55,50	17,3 kg/cm ²
Nat. (0%)	04/10/2022	11/10/2022	7 días	20,49	10,19	5331	52,30	16,3 kg/cm ²
LBC 0.25%	04/10/2022	11/10/2022	7 días	20,67	10,25	7603	74,59	22,8 kg/cm ²
LBC 0.25%	04/10/2022	11/10/2022	7 días	20,6	10,23	7109	69,74	21,5 kg/cm ²
LBC 0.25%	04/10/2022	11/10/2022	7 días	20,8	10,18	6967	68,35	20,9 kg/cm ²
LBC 0.50%	04/10/2022	11/10/2022	7 días	20,8	10,3	7696	75,50	22,9 kg/cm ²
LBC 0.50%	04/10/2022	11/10/2022	7 días	20,63	10,23	7716	75,70	23,3 kg/cm ²
LBC 0.50%	04/10/2022	11/10/2022	7 días	20,05	10,25	7961	78,10	24,7 kg/cm ²
LSS 0.25%	04/10/2022	11/10/2022	7 días	20,60	10,16	6995	68,63	21,3 kg/cm ²
LSS 0.25%	04/10/2022	11/10/2022	7 días	20,72	10,17	7308	71,70	22,1 kg/cm ²
LSS 0.25%	04/10/2022	11/10/2022	7 días	20,75	10,3	7124	69,89	21,2 kg/cm ²
LSS 0.50%	04/10/2022	11/10/2022	7 días	20,22	10,04	5681	55,73	17,8 kg/cm ²
LSS 0.50%	04/10/2022	11/10/2022	7 días	20,63	10,13	5957	58,44	18,1 kg/cm ²
LSS 0.50%	04/10/2022	11/10/2022	7 días	20,15	10,19	7616	74,72	23,6 kg/cm ²


Jean Chavez R
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto




JAVIER FRANCISCO
 IN LOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

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

	INFORME		Código	CP-16
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL - MÉTODO BRASILEIRO		Versión	01
			Fecha	
			Página	1 de 1
Informe	JCH 22-216			
Solicitante	PALOMINO ARIAS JEZIEL			
Proyecto	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2 AGREGANDO BIOPOLÍMERO LIGNINA PARA OBRAS DE CONSTRUCCIÓN			
Ubicación	LIMA			
Fecha	NOVIEMBRE DEL 2022			
Tipo de muestra	: Concreto endurecido	Fecha de Ensayo	14D	18/10/2022
Presentación	: Especímenes cilíndricos 4" x 8"			
Fc 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
Nat. (0%)	04/10/2022	18/10/2022	14 días	20,5	10,12	6676	65,50	20,5 kg/cm ²
Nat. (0%)	04/10/2022	18/10/2022	14 días	20,42	10,11	6452	63,30	19,9 kg/cm ²
Nat. (0%)	04/10/2022	18/10/2022	14 días	20,42	10,13	7155	70,20	22,0 kg/cm ²
LBC 0.25%	04/10/2022	18/10/2022	14 días	20,52	10,15	8175	80,20	25,0 kg/cm ²
LBC 0.25%	04/10/2022	18/10/2022	14 días	20,39	10,22	8002	78,50	24,4 kg/cm ²
LBC 0.25%	04/10/2022	18/10/2022	14 días	20,4	10,21	7390	72,50	22,6 kg/cm ²
LBC 0.50%	04/10/2022	18/10/2022	14 días	20,5	10,16	8827	86,60	27,0 kg/cm ²
LBC 0.50%	04/10/2022	18/10/2022	14 días	20,55	10,21	9021	88,50	27,4 kg/cm ²
LBC 0.50%	04/10/2022	18/10/2022	14 días	20,42	10,19	8684	85,20	26,6 kg/cm ²
LSS 0.25%	04/10/2022	18/10/2022	14 días	20,60	10,22	7940	77,90	24,0 kg/cm ²
LSS 0.25%	04/10/2022	18/10/2022	14 días	20,55	10,15	7696	75,50	23,5 kg/cm ²
LSS 0.25%	04/10/2022	18/10/2022	14 días	20,51	10,32	8165	80,10	24,6 kg/cm ²
LSS 0.50%	04/10/2022	18/10/2022	14 días	20,39	10,31	6646	65,20	20,1 kg/cm ²
LSS 0.50%	04/10/2022	18/10/2022	14 días	20,44	10,19	7054	69,20	21,6 kg/cm ²
LSS 0.50%	04/10/2022	18/10/2022	14 días	20,44	10,15	7616	74,72	23,4 kg/cm ²


Jean Chavez R.
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto





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

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

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

Informe	JCH 22-216			
Solicitante	PALOMINO ARIAS JEZIEL			
Proyecto	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2 AGREGANDO BIOPOLÍMERO LIGNINA PARA OBRAS DE CONSTRUCCIÓN			
Ubicación	LIMA			
Fecha	NOVIEMBRE DEL 2022			
Tipo de muestra	: Concreto endurecido	Fecha de Ensayo	28D	02/11/2022
Presentación	: Especímenes cilíndricos 4" x 8"			
Fc 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
Nat. (0%)	04/10/2022	02/11/2022	29 días	20,25	10,22	7390	72,50	22,7 kg/cm ²
Nat. (0%)	04/10/2022	02/11/2022	29 días	20,42	10,11	7681	75,36	23,7 kg/cm ²
Nat. (0%)	04/10/2022	02/11/2022	29 días	20,36	10,11	7686	75,40	23,8 kg/cm ²
LBC 0.25%	04/10/2022	02/11/2022	29 días	20,19	10,17	8344	81,86	25,9 kg/cm ²
LBC 0.25%	04/10/2022	02/11/2022	29 días	20,67	10,2	8641	84,77	26,1 kg/cm ²
LBC 0.25%	04/10/2022	02/11/2022	29 días	20,3	10,15	9310	91,34	28,8 kg/cm ²
LBC 0.50%	04/10/2022	02/11/2022	29 días	20,56	10,2	9965	97,76	30,2 kg/cm ²
LBC 0.50%	04/10/2022	02/11/2022	29 días	20,71	10,16	10103	99,12	30,6 kg/cm ²
LBC 0.50%	04/10/2022	02/11/2022	29 días	20,55	10,3	9101	89,29	27,4 kg/cm ²
LSS 0.25%	04/10/2022	02/11/2022	29 días	20,74	10,21	9102	89,30	27,4 kg/cm ²
LSS 0.25%	04/10/2022	02/11/2022	29 días	20,53	10,25	8275	81,18	25,0 kg/cm ²
LSS 0.25%	04/10/2022	02/11/2022	29 días	20,65	10,22	8634	84,71	26,0 kg/cm ²
LSS 0.50%	04/10/2022	02/11/2022	29 días	20,63	10,2	8066	79,13	24,4 kg/cm ²
LSS 0.50%	04/10/2022	02/11/2022	29 días	20,55	10,16	8588	84,25	26,2 kg/cm ²
LSS 0.50%	04/10/2022	02/11/2022	29 días	20,61	10,22	7302	71,64	22,1 kg/cm ²


Jean Chavez R.
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto




JAVIER FRANCISCO DE LA CRUZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

OBSERVACIONES:

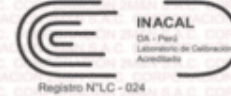
Muestras provistas e identificadas por el solicitante

* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo

Equipos Usados
Prensa Uniaxial
Pie de rey



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 Hilarión 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 Hilarión 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-022



Registro N° LC - 022

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CL-041-2022

Fecha de emisión: 2022-06-01
Expediente: 1219-2022

Página 1 de 3

SOLICITANTE : LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.
Dirección : Av. Próceres de la Independencia Nro. 2236 Avp.
San Hilarión Lima - San Juan de Lurigancho - Lima

UNIMETRO S.A.C. ofrece a la industria y laboratorios de ensayo en general, los servicios de calibración de equipos e instrumentos de medición, contando para ello con un laboratorio equipado con equipos de alta tecnología y patrones trazables a patrones nacionales y patrones de referencia (DM-INACAL).

UNIDAD BAJO PRUEBA : PIE DE REY
Marca : INSIZE
Modelo : 1108-300W
Cód. fibríca : No Indica
Número de serie : 1002171539
Cód. de identificación : EMI-003
Ubicación : No Indica
Alcance Indic. : 0 mm a 300 mm;
0 in a 12 in
Resolución : 0,01 mm; 0,0005 in
Tipo de Indicación : Digital
Procedencia : No Indica

Los resultados del presente certificado sólo son válidos para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIMETRO S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este equipo e instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de calibración que figuran en este documento.

DE LA CALIBRACIÓN
Fecha : 2022-06-01
Lugar : Laboratorio de Calibración de UNIMETRO S.A.C.
Método : Según el PC-012 Procedimiento de calibración de pie de rey 5ta. Edición, Agosto 2012, SNM-

El usuario debe recalibrar sus equipos en intervalos adecuados, teniendo como base las características del trabajo realizado así como el mantenimiento del instrumento y el tiempo de vida del mismo.

RESULTADO DE LAS MEDICIONES

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento. La incertidumbre de la medición que se presenta esta basada en una incertidumbre estándar multiplicado por un factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.

CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura	20,0 °C ± 2,0 °C
-------------	------------------

TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a los patrones de referencia del Laboratorio Nacional y/o laboratorios acreditados, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia del INACAL-DM	Bloques Patrón de Longitud IL-04	LLA-C-074-2019 - INACAL-DM
Patrones de referencia del INACAL-DM	Varillas Cilíndricas IL-15	LLA-200-2021 - INACAL-DM
Patrones de referencia del INACAL-DM	Anillo Patrón IL-14	LLA-174-2021 - INACAL-DM

OBSERVACIONES

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO" en el instrumento.
- La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.



Ing. Moisés A. Inga Chucos
Gerente de Metrología
Reg. CIP N° 137294

INGENIERÍA EN METROLOGÍA

Av. Gran Chimú N° 451 Urb. Zárate, San Juan de Lurigancho - Lima
Telf.: 376-8271 Cel.: 998446498 Entel: 981 421 743 RPM; #998446498
Web: www.unimetrosac.com E-mail: ventas@unimetrosac.com / unimetrosac@hotmail.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

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

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 Hidráulica : ELÉCTRICA

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 PRECISIÓN 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

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

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = Error(2) - Error(1)$$

2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %

3.- Coeficiente 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

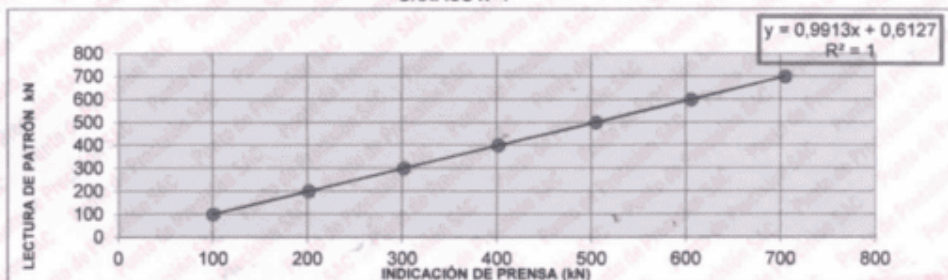
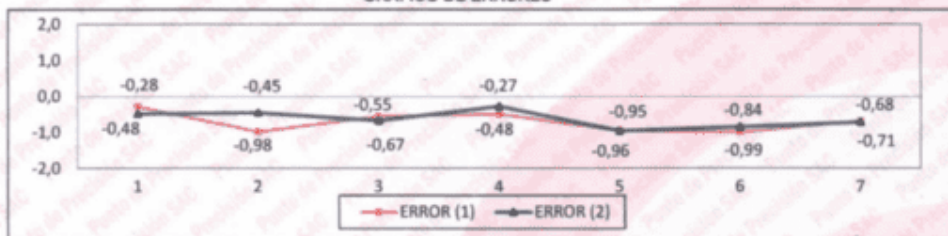


GRÁFICO DE ERRORES



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 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 INACAL-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.
2238 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. 2238 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: 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 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

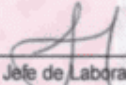
La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

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.