

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERIA CIVIL



**Evaluación del concreto reforzado con alambres N°16 reciclado
para mejorar las propiedades de un pavimento rígido**

Autor:

Rosales Rosas ,Juan Carlos

Asesor:

Castañeda Gamboa ,Rogelio

Código ORCID: 0000-0002-6961-7418

Huaraz – Perú

2023

PALABRA CLAVE

TEMA	PAVIMENTO RIGIDO
ESPECIALIDAD	TRANSPORTE

LINEA DE INVESTIGACION

OCDE	Ingeniería y tecnología
	Ingeniería civil
	Ingeniería del transporte
Línea de investigación	Transporte



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Vicerrector de Investigación de la Universidad San Pedro:

HACE CONSTAR

Que, de la revisión del trabajo titulado "**Evaluación del concreto reforzado con alambres N°16 reciclado para mejorar las propiedades de un pavimento rígido**" del (a) estudiante: **ROSALES ROSAS JUAN CARLOS**, identificado(a) con Código N° **1416200118**, se ha verificado un porcentaje de similitud del **29%**, el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad San Pedro mediante resolución de Consejo Universitario N° 5037-2019-USP/CU para la obtención de grados y títulos académicos de pre y posgrado, así como proyectos de investigación anual Docente.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Chimbote, 11 de junio de 2025

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN



Dr. JAVIER MARTÍNEZ CARRIÓN
VICERRECTOR



NOTA: Este documento carece de valor si no tiene adjunta el reporte del Software TURNITIN.

Título

Evaluación del concreto reforzado con alambre N°16 reciclado
para mejorar de las propiedades de un pavimento rígido

Resumen

El trabajo tiene por objetivo evaluar las propiedades del concreto adicionando las fibras de alambre N°16 reciclado en 1.5%, 2% y 2.5% para pavimentos rígidos. Para ello, se realizaron pruebas comparativas entre concreto sin refuerzo y concreto reforzado con alambre reciclado en distintas proporciones (1.5%, 2% y 2.5% en volumen de la mezcla). Los resultados obtenidos demostraron que la incorporación de fibras de alambre reciclado en el concreto incrementa significativamente la resistencia a la compresión y la flexión, mejorando la tenacidad y reduciendo la tendencia a la fisuración. Asimismo, se observó una mayor resistencia al agrietamiento, lo que incrementa la durabilidad del pavimento rígido frente a cargas dinámicas y térmicas. El análisis económico realizado reveló que, a pesar del costo adicional del alambre reciclado, los ahorros derivados de la reducción en el uso de cemento y los beneficios en cuanto a la durabilidad y menor mantenimiento compensan esta inversión inicial.

Palabras clave: Alambre N° 16, Concreto, Mezcla, Pavimento rígido, Resistencia a la compresión, Resistencia a la flexión

Abstract

The aim of this study is to evaluate the properties of concrete by adding recycled wire N°16 fibers at 1.5%, 2%, and 2.5% for rigid pavements. To this end, comparative tests were conducted between unreinforced concrete and concrete reinforced with recycled wire at different proportions (1.5%, 2%, and 2.5% by volume of the mix). The results showed that the incorporation of recycled wire fibers significantly increases the compressive and flexural strength, improving toughness and reducing the tendency to crack. Additionally, higher resistance to cracking was observed, which enhances the durability of the rigid pavement against dynamic and thermal loads. The economic analysis revealed that, despite the additional cost of recycled wire, savings from reduced cement usage and benefits in terms of durability and lower maintenance compensate for the initial investment.

Keywords: Wire N°16, Concrete, Mix, Rigid Pavement, Compressive Strength, Flexural Strength.

Índice

Resumen	4
Índice	6
Índice de tablas	8
Índice de figuras	11
Introducción.....	13
CAPITULO I.....	14
1. Planteamiento de la investigación	14
1.1. Antecedente del problema.....	14
1.1.1. Nivel internacional	14
1.1.2. Nivel nacional.....	15
1.1.3. Nivel local	16
2. Fundamentación científica.....	18
2.1. Fibras para el concreto	18
2.2. Concreto	25
2.3. Pavimento.....	44
2.4. Estudio de trafico	49
2.5. Metodología de diseño de espesores AASHTO 93	50
CAPITULO II.....	67
1. Metodología del trabajo.....	67
1.1. Enfoque de investigación	67
1.2. Tipo de investigación	67
1.3. Diseño de investigación	67
2. Población y muestra	67
2.1. Población.....	67

2.2.	Muestras	69
2.3.	Técnicas e instrumentos de investigación	69
2.4.	Recursos empleados	69
3.	Plan de recolección, procesamiento, análisis e interpretación de la información. 70	
3.1.	Plan de recolección de datos	70
CAPITULO III		72
1.	RESULTADOS	72
1.1.	Ensayo de las propiedades físicas de los agregados.....	72
1.2.	Peso unitario	76
1.3.	Diseño de mezcla con y sin adiciones para los especímenes	81
1.4.	Elaboración de probetas para el ensayo de compresión	88
1.5.	Ensayos de flexión de viguetas	93
1.6.	Resumen de los resultados promedios de los ensayos a compresión.....	94
1.7.	Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos a flexión	96
1.8.	Análisis de costo con concreto convencional.....	96
1.9.	Análisis de costo con concreto convencional con adición de alambre N° 16 reciclado.....	98
1.10.	Análisis estadístico	101
CAPITULO IV		105
DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS		101
CONCLUSIONES.....		105
RECOMENDACIONES		107
ANEXOS.....		109

Índice de tablas

Tabla 1. Características mecánicas de las fibras.....	20
Tabla 2. Composición química del alambre	24
Tabla 3. Clasificación del concreto según su peso	27
Tabla 4. Clasificación del concreto según su aplicación	28
Tabla 5. Clasificación de concreto según su resistencia.....	28
Tabla 6. Clasificación de concreto según su composición	28
Tabla 7. Compuesto del cemento portland	30
Tabla 8. Límites permisibles del agua para la mezcla y su curado	31
Tabla 9. Granulometría para el agregado fino	32
Tabla 10. Porcentajes que no debe exceder las sustancias dañinas	33
Tabla 11. Recopilación de ensayos físicos de los agregados.....	35
Tabla 12. Valores de t.....	41
Tabla 13. Valores de dispersión n para el control del concreto.....	41
Tabla 14. Factor para el incremento de la Ds en menos de 30 ensayos	43
Tabla 15. Incremento del f'_{cr} en menos de 15 ensayos.....	44
Tabla 16. Categorías de tránsito según los ejes equivalentes	52
Tabla 17. Serviciabilidad de acuerdo al tráfico y a los ejes equivalentes.....	53
Tabla 18. Confiabilidad y desviación estandar del diseño de un pavimento	55
Tabla 19. CBR mínimo recomendados para la sub base granular	58
Tabla 20. Valores del concreto de acuerdo al rango de tráfico	58
Tabla 21. Condiciones de drenaje.....	60
Tabla 22. Factor de drenaje de las capas granulares Cd.....	60
Tabla 23. Valores de coeficiente de transmisión de carga J	61
Tabla 24. Diseño patrón y experimental de probetas y viguetas	68

Tabla 25. Características físicas	73
Tabla 26. Análisis granulométrico del agregado grueso	73
Tabla 27. Análisis granulométrico del agregado fino.....	75
Tabla 28. Peso unitario del agregado grueso	76
Tabla 29. Peso unitario del agregado grueso	77
Tabla 30. Contenido de humedad del agregado grueso	78
Tabla 31. Contenido de humedad del agregado fino	79
Tabla 32. Peso específico y absorción de agregado fino	79
Tabla 33. Peso específico y absorción del agregado grueso.....	80
Tabla 34. Diseño de mezcla del concreto patrón	81
Tabla 35. Diseño de mezcla del concreto con sustitución del 1.5%.....	83
Tabla 36. Diseño de mezcla del concreto con sustitución del 2%.....	85
Tabla 37. Diseño de mezcla del concreto con sustitución del 2.5%.....	86
Tabla 38. Resistencia a la compresión del concreto patrón.....	89
Tabla 39. Resistencia a la compresión del concreto sustituyendo el 1.5% del agregado fino por fibras de alambre N°16 reciclado	90
Tabla 40. Resistencia a la compresión del concreto sustituyendo el 2 % del agregado fino por fibras de alambre N°16 reciclado	91
Tabla 41. Resistencia a la compresión del concreto sustituyendo el 2.5% del agregado fino por fibras de alambre N°16 reciclado	92
Tabla 42. Resistencia a la flexión del concreto patrón	93
Tabla 43. Resistencia a la flexión del concreto – experimental 1.5%	93
Tabla 44. Resistencia a la flexión del concreto – experimental 2%	94
Tabla 45. Resistencia a la flexión del concreto patrón	94
Tabla 46. Ensayos de resistencia a la compresión a distintas edades	95
Tabla 47. Ensayos de resistencia a la flexión en viguetas del módulo de rotura.....	96
Tabla 48. Precios de los materiales en el mercado local.	97

Tabla 49. Presupuesto con concreto convencional.....	97
Tabla 50. Presupuesto de concreto convencional con adición de alambre reciclado N°16	99
Tabla 51. Comparativa de costos.....	100
Tabla 52. Análisis estadístico	102

Índice de figuras

Figura 1. Sección típica de una fibra	21
Figura 2. Fibras metálicas sueltas y pegadas con anclaje en las extremidades	21
Figura 3. Diferentes dimensiones de fibras metálicas	22
Figura 4. Diferentes formas de fibras metálicas	22
Figura 5. Mecanismo de control de propagación de las fisuras	23
Figura 6. Proceso de reciclaje del alambre N° 16	25
Figura 7. Obtención del alambre reciclaje.....	25
Figura 8. Requisitos granulométricos para el agregado grueso.....	33
Figura 9. Diagrama para la prueba de flexion del concreto con el meto de cargas en su punto medio.	37
Figura 10. Los valores de DS en la curva normal, cuando tienen el mismo μ	39
Figura 11. Distribución de esfuerzos de los tipos de pavimentos	46
Figura 12. Perfil de un pavimento flexible	47
Figura 13. Perfil de un pavimento rígido.....	48
Figura 14. Capas de un pavimento rígido.....	49
Figura 15. Serviciabilidad de un pavimento rigido acorde a su vida util	55
Figura 16. Correlación CBR y módulo de reacción de la subrasante.....	57
Figura 17. Curva granulométrica del agregado grueso	74
Figura 18. Curva granulométrica del agregado grueso	76
Figura 19. Esquema de los patrones de tipos de fractura	89
Figura 20. Comparativa de costos	100
Figura 21. Gráfico estadístico para mezcla patrón	103
Figura 22. Gráfico estadístico con adición al 1.5%.....	103
Figura 23. Gráfico estadístico con adición al 2%.....	104

Figura 24. Gráfico estadístico con adición al 2.5 %.....104

Introducción

El presente proyecto de investigación tiene como estudio las fibras de alambre N°16 recicladas para la adicionar al concreto y mejorar sus propiedades a la compresión y a la flexión, para su uso en pavimentos rígidos; también enfocarnos en la reducción de volumen en cada paño del pavimento rígido cuando se le adiciona la fibra de alambre N°16 reciclado a diferencia del concreto convencional.

El método de investigación de este trabajo será experimental, debido que se utilizará fibras de alambre N°16 reciclado en el concreto, para realizar el análisis de resistencia a la compresión y flexión con el propósito de determinar en qué porcentaje puede llegar a mejorar el pavimento rígido; también se realizará una comparación del volumen de un pavimento rígido con el concreto convencional y también con el concreto con la adición de fibras de alambre N°16 reciclados.

Por este motivo se necesita de una metodología de diseño que reconozca las ventajas que se logren conseguir después de percibir el comportamiento mecánico específico del material utilizado, por lo que de este modo también brinden una solución integral al diseño de este y sus aplicaciones.

Los resultados que se obtengan de un concreto convencional y concreto reforzado con fibras de alambre N°16 reciclado, desde el punto de vista académico aportaran conocimiento valioso concernientemente a la resistencia y el volumen de un pavimento rígido a las siguientes generaciones investigadoras. El estudio de investigación es factible debido a que dispone de bibliografías, recursos humanos y tiempo óptimo para su ejecución.

CAPITULO I

1. Planteamiento de la investigación

1.1. *Antecedente del problema*

1.1.1. *Nivel internacional*

Sanchez (2020) en su tesis, caracterización mecánica de hormigones autocompactantes reforzados con fibra de acero. universidad politécnica de madrid, escuela técnica superior de edificación, Madrid 2020. El presente trabajo de investigación se realiza el estudio del comportamiento mecánico de un hormigón autocompactante reforzado con fibras de acero. En las que realizó ensayos a compresión, tracción y flexión en distintas probetas y edades. En el cual los resultados mostraron las mejoras significativas al alcanzar una plena compactación del hormigón autocompactante y un aumento a la tenacidad, ductibilidad, de la resistencia al punzonamiento, aumento la resistencia a la cortante e incremento de la carga máxima respecto al hormigón en masa que procura la adición de las fibras.

Martínez (2021) en su tesis, pruebas experimentales de una conexión trabe-columna rehabilitada concreto reforzado con fibras de acero. El proyecto tuvo por objetivo realizar pruebas del comportamiento experimental de una conexión trabe-columna, rehabilitada con concreto reforzado con fibras de acero (CRFA) sujeta a cargas cíclicas reversibles. La metodología usada en el presente proyecto fue realizar un espécimen de columna nueva sin daños al cual le provocaron daños considerables, para realizar luego la rehabilitación del espécimen, para realizar la comparación y analizar el comportamiento de la conexión nueva y rehabilitada sin daños. Los ensayos realizados fueron realizados en el CENAPRED dentro de su laboratorio de estructuras grandes. En el cual la rehabilitación fue realizada por la empresa grunding Internacional, SA de CV. Después de haber realizado todas las pruebas el proyecto obtuvo como resultado la factibilidad de realizar ese tipo de rehabilitación.

Rojas & Piñeros (2022) en su tesis, comportamiento del concreto simple adicionado con fibras de acero de llantas recicladas de uso automotriz. El presente proyecto presenta una revisión sobre las propiedades del concreto convencional y el concreto cuando se le adiciona fibras de acero extraídas de llantas usadas, con lo que se recopiló información técnica del sistema constructivo, propiedades físico-mecánicas, sostenibilidad y rentabilidad cuando se le adiciona fibras de acero en el hormigón

hidraulico y al concreto bituminoso. El proyecto se enmarco como una investigacion documental con un total de 58 referencias bibliograficas, en las que se dividió para el primer y segundo capitulo 38 bibliografias que exponen sobre el concreto y sus propiedades fisicas y para el tercer y cuarto capitulo 20 que habla sobre la aplicación de las fibras de acero de llantas recicladas en pavimentos y edificaciones. Como resultado al añadir fibras de acero al concreto simple, se obtiene de asta el 30% de resistencia de compresion, flexion y traccion.

1.1.2. Nivel nacional

Barturen (2021) En su investigación titulada: “Incorporación de fragmentos de alambre galvanizado n°16 para aumentar la resistencia a compresión de un pavimento rígido, Chiclayo 2021” cuyo objetivo general es proponer la incorporación de fragmentos de alambre galvanizado n°16 en el diseño de un pavimento rígido. El tipo de la investigación es aplicada y el diseño es experimental debido a que se evaluará el comportamiento de los distintos porcentajes para la dosificación optima de concreto con incorporación de FAG N°16 siendo desarrollada a través de ensayos de laboratorio, contenido de humedad, granulometría, peso unitario y compresión de testigos de concreto cilíndricos. Nuestra población en estudio fue un total de 24 testigos cilíndricos. Se aplicó como instrumentos fichas técnicas normalizadas. Los resultados obtenidos de los 4 diseños de concreto a los 28 días traen consigo que el incorporar FAG N°16 con los porcentajes de 0%, 0.2%, 0.6% y 1.2% al concreto de diseño de mezcla $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ cuya resistencia fue 217.5 kg/cm^2 , 221 kg/cm^2 , 223.1 kg/cm^2 y 225.6 kg/cm^2 respectivamente. Como se observa aumenta progresivamente la resistencia a comparación de la muestra patrón al 0%, pero a la vez se destaca que al incorporar un 0.6% de FAG N°16 aumenta la resistencia a compresión y es económicamente viable.

Torivio & Ugaz (2021) en su investigación realizada en su tesis, plantearon la evaluación del concreto reforzado con fibras de acero recicladas para mejorar las propiedades de un pavimento rígido. El objetivo de la presente investigación es evaluar el efecto que proporciona el concreto reforzado con fibras de acero reciclado (FAR). Se utilizaron las FAR de las llantas en desuso, las cuales se sacaron fibras que tenía 1mm de diametro y también se realizaron cortes de 50mm de longitud. Las fibras recolectadas fueron colocadas como refuerzo para la elaboración del concreto con dosificaciones del 1%, 1.5% y 2% del peso específico del concreto. Los resultados que se obtuvieron en los ensayos fueron de la fuerza a compresión y fuerza a tracción con el concreto reforzado

con fibras de acero reciclado fueron 19.42% y 8.51% respectivamente, fueron favorables; tambien dando un resultado de reduccion de espesor de 2.40cm.

Minaya & Quiroz (2022) esta invesigacion tuvo como objetivo analizar la incorporación del alambre reciclado #16 en las propiedades del concreto $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$, Callao - Lima 2022, realizando ensayo de consistencia, ensayo de resistencia a la compresión y ensayo de resistencia a la flexión con una metodología aplicada con un diseño cuasi – experimental. Con resultados según los objetivos incorporando alambre reciclado en 0.8%,1.0% y 1.2%:en el primero objetivo se logro mejorar la consistencia pasando de un slump de 5 pulg (patrón) a un 2.3 pulg (1.2%alambre), segundo objetivo se logró mejorar la resistencia a la compresión pasando de 229.33kg/cm² (patrón) a un 319.00 kg/cm² (1.2%alambre), tercer objetivo se logró mejorar la resistencia a la flexión pasando de 42.00 kg/cm² (patrón) a un 53.67 kg/cm².concluyendo,que al incorporar el alambre reciclado mejoro la propiedades del concreto $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en los tres diferentes ensayos.

1.1.3. Nivel local

Bartolo (2021) en su tesis titulada “Análisis comparativo de resistencia a la compresion, flexion y la elasticidad del concreto sin refuerzo, concreto reforzado con fibras de acero y concreto reforzado con fibras reciclables de hojalatas de tarro de leche”. La presente investigacion que nos presenta busca realizar una investigacion en analizar y comparar la resistencia a la compresion, flexion y a la elasticidad del concreto con fibras de acero y fibras recicladas de hojalata de tarro de leche, con un diseño convencional de $f'c = 28\text{MPa}$. En el caso de la fibras de acero se uso en dos proporciones de 20kg y de 25 kg por 1 m³ del concreto y por otra parte las fibras de hojalata se uso en tres proporciones de 0.50%, 0.75% y 1.00% respecto al peso total de 1 m³ del concreto patron. El tipo de investigacion es de tipo cuantitativa, de diseño experimental, en el que se realizo el sustento debedo a la norma NTP 339.183, del que fue un muestreo de tipo no probabilístico, debido a la complejidad de la poblacion que realizo el investigador. Los resultados de los ensayos del concreto reforzado con fibras de acero en las dos proporciones que se uso por 1 m³ son validadas y significativas debido que aumentaron su resistencia a la compresion en 7.68% y 8.02% , en la flexion en 4.02% y 6.76%, en la elastisidad mejoro en 2.99% y 3.85% respectivamente. Para los resultados de los ensayos de fibras reciclables del tarro de leche que se uso en proporciones de 0.75% y 1.00%

aumento su resistencia a la compresion en 6.02% y 8.65%, en flexion 4.31% y 10.33% y mejoro su elasticidad en 3.76% 5.84% respectivamente. Las proporciones de las fibras de hojalata demuestran un índice mejor al de las fibras de hacer. Tambien obtuvo que el 0.50% no resulta significativo.

Jara (2022) en su investigacion de tesis nos da a conocer sobre, ventajas comparativas de resistencia y economía, de concreto con fibras metalicas y convencional, fabricados con agregados de la cantera rio seco Huaura – 2021. en el presente proyecto tiene como objetivo la comparacion a la resistencia a la compresión de dos tipos de concretos, el convencional y el concreto reforzado con fibras metalicas. Se comparo la resistencia, $f'_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$, $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ y $f'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$. Para las 3 resistencias se añadio 2%, 3% y 4% de fibras metalicas en relacion al peso del cemento, para realizar la resistencia a la compresion y flexion a los 28 dias basandose en la NTP 339.033. la fibra metalica aumento la resistencia en 9.02% , 5.80% y 8.16% respectivamente y tambien su resistencia a la flexion aumento para $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ en 7.4% , los costos tambien subieron como punto desfavorable en 22.20%, 31.16% y 32.75% respectivamentte, observando un costo elevado al costo inicial.

Collanqui & Gamarra (2023) en la investigación tuvo por objetivo determinar cómo influye la adición de fibra de acero reciclado producto de residuos de neumáticos en las características físico-mecánicas del concreto con relación $a/c = 0.45$ y en el fisuramiento por contracción plástica en losas. El método empleado se basó en un enfoque cuantitativo, método deductivo, nivel explicativo, diseño experimental y tipo de estudio aplicado, en donde se utilizaron técnicas para recolectar datos por observación y experimentación, y los instrumentos dados por las fichas de observación. Los resultados obtenidos en la consistencia muestran una temperatura del concreto fresco de 13.8°C , un asentamiento de $4 \frac{1}{2}''$, un contenido de aire de 4.8 % y llega hasta 5.3 % con adición de fibra, y un peso unitario de 2325.0 kg/m^3 en el concreto patrón, que incrementa ligeramente conforme se adiciona fibra. Asimismo, las características mecánicas del concreto a los 28 días, presenta un esfuerzo a la compresión promedio de 309.15 kg/cm^2 lograda con 1 % de FAR, un esfuerzo a la tracción promedio de 29.94 kg/cm^2 lograda con 1.5 % de FAR y un esfuerzo a la flexión promedio de 42.52 kg/cm^2 lograda con 2 % de FAR. Finalmente, el fisuramiento por contracción plástica muestra una incidencia de 13 fisuras presentes en el concreto patrón, 5 fisuras con 0.5 % de FAR y en las demás adiciones no presenta fisuramiento. Se concluyó que, adicionando fibras de acero

reciclado mejoran las propiedades tanto físicas y mecánicas del concreto fresco y endurecido, llegando a los parámetros requeridos para su uso en proyectos de pavimentación, en la consistencia se tuvo una mejora de rendimiento adecuado para una losa de pavimento, en el esfuerzo a compresión, tracción y flexión se tiene un incremento del 38 %, 16 % y 26 % respecto al concreto patrón.

2. Fundamentación científica

2.1. *Fibras para el concreto*

2.1.1. Antecedentes históricos

Para hablar de las fibras nos remontaremos a unos 4000 años atrás, en la antigüedad se usaba también las fibras para mejorar las propiedades de los materiales. La baja Mesopotamia es uno de las evidencias más claras, ellos elaboraban sus adobes de barro al cual le adicionaban paja y lo dejan secar al sol. Como también podemos apreciar que en el antiguo Egipto se le adicionaba la paja al macizo arcilloso para la elaboración de sus ladrillos, esto le daba mayor resistencia y mejor manejabilidad al material. Desde la antigüedad hasta hoy en día se usa la paja como aún se logra apreciar en algunas casas en el campo. (Sotil & Zegarra, 2015).

A lo largo de la historia podemos apreciar que la adición de todo tipo de fibras para la construcción fue probada, como también él se han hecho varios estudios al concreto con relación a sus propiedades. A partir del XX se empezó con gran fuerza a la investigación y experimentación de materiales de construcción el cual busca mejorar sus propiedades y tener un mejor rendimiento en obra. Las investigaciones no paran hasta el día de hoy es materia de investigación. (Sotil & Zegarra, 2015)

En el año 1874, A. Berard. Realiza un concreto reforzado con elementos metálicos en el estado de california. Después que se realizó el primer aporte por A. Berard se registran varias investigaciones más y uno de las más importantes es por parte de G. Martin en 1827. El cual consistía en adicionar alambres de acero rizado en el concreto (Sotil & Zegarra, 2015) .

Las investigaciones del concreto a pesar que pasan los años no para, como podemos observar con el siguiente caso en donde se realizo, la utilización de fibras helicoidales y espirales para poder aumentar la resistencia al concreto ante las fisuraciones, quien realizo esta investigación fue G. Constantinesco en 1954 en estados unidos. (Sotil & Zegarra, 2015).

2.1.2. Definición

Cuando hablamos de fibras no referimos a filamentos discontinuos, que se producen con una variada gama de formatos, dimensiones que son destinados para ser usados en el concreto y argamasas. La función principal de estas fibras es inhibir el surgimiento de fisuras; en los ámbitos que se usan más es en elementos estructurales como pisos, pavimentos, concreto proyectado, revestimiento de túneles y piezas prefabricadas. (MACCFERRI América Latina, 2007, p. 3).

De acuerdo a lo que indica en la norma ACI, el concreto fibroforzado es una mezcla que este compuesto por cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso, fibras discretas discontinuas. Esto proporciona que el material resultante tenga una mayor energía de rotura, el cual sustituyen parcial o completamente los sistemas convencionales de armaduras de acero. También se destaca que en concretos no estructurales, los filamentos o fibras proveen un notable incremento en la resistencia al fisuramiento, como también el incremento de otras propiedades como resistencia al fuego, abrasión, impactos, entre otros. (Sotil & Zegarra, 2015).

2.1.3. Tipos de fibras

Cuando adicionamos fibras a la mezcla del concreto esta confiere ciertas propiedades en estado fresco, como también cuando se endurece. Debido se puede clasificar de la siguiente forma (Sotil & Zegarra, 2015):

- **Fibras no estructurales:** en estado fresco se controla la fisuración por retracción

Las fibras se clasifican por el tipo de material del que están compuesto a lo largo de la historia podemos observar que hay fibras naturales o también artificiales:

- Naturales: amianto (asbesto), celulosa y carbono.
- Sintéticas: nylon, polipropileno, vidrio, y otras más.
- Metálicas: acero carbono, inox y sus aleaciones, aluminio.

Los materiales antes mencionados se menciona sus características en la siguiente tabla. (Sotil & Zegarra, 2015).

Tabla 1*Características mecánicas de las fibras*

Fibras	Diámetro (μm)	Densidad (10^3 kg/m^3)	Módulo de elasticidad (kN/mm^2)	Resistencia a la tracción (kN/mm^2)	Alargamiento en la rotura %
Acero	5 – 500	7.84	200	0.5 – 2	0.5 – 3.5
Vidrio	9 – 15	2.60	70 – 80	2 – 4	2 – 3.5
Amianto	0.02 – 0.04	3.00	180	3.30	2 – 3
Polipropileno	20 – 200	0.90	5 – 7	0.5 – 0.75	8
Nylon	-	1.10	4	0.90	13 – 15
Polietileno	-	0.95	0.30	0.0007	10
Carbono	9	1.90	230	2.60	1
Kevlar	10	1.45	65 – 133	3.60	2.1 – 4
Acrílico	18	1.18	14 – 19.5	0.4 – 1	3

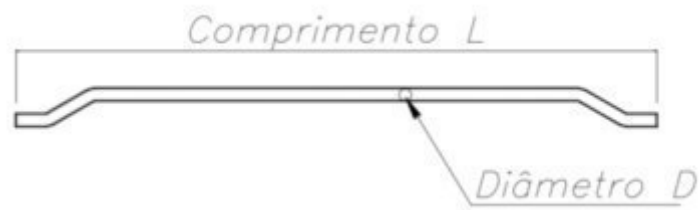
Fuente: Fibras Wirand y Fibromac manual interno de entretenimiento promocional - (MACCAFERRI, 2009).

2.1.3.1. Fibras metálicas

Las fibras metálicas o fibras de acero se caracterizan geométricamente por la longitud (L), diámetro equivalente (De) y la forma de anclaje en sus lados. por lo que se pueden dispersar homogéneamente en la mezcla del concreto, por esta razón se utiliza como refuerzo tridimensional en el concreto debido a que se dispersan uniformemente en el volumen del concreto, en la figura 1 se observa la forma de la fibra metálica. (Sotil & Zegarra, 2015).

Figura 1

Sección típica de una fibra



Fuente: Fibras Wirand y Fibromac manual interno de entretenimiento promocional - (MACCAFERRI, 2009).

Nos indica que la relación entre la longitud y el diámetro equivalente se califica esbeltes o factor de forma (λ) el cual se expresa en la siguiente formula:

$$\lambda = \frac{L}{D_e}$$

Figura 2

Fibras metálicas sueltas y pegadas con anclaje en las extremidades

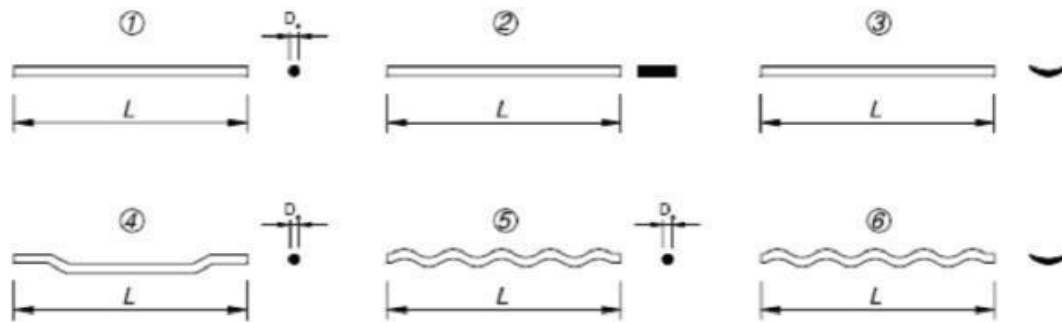


Fuente: Fibras Wirand y Fibromac manual interno de entretenimiento promocional - (MACCAFERRI, 2009).

Las fibras de acero comerciales tienen una forma variable en su geometría longitudinal, espesor, forma y sección como se muestra en la figura 2 y 3 (Sotil & Zegarra, 2015)

Figura 3

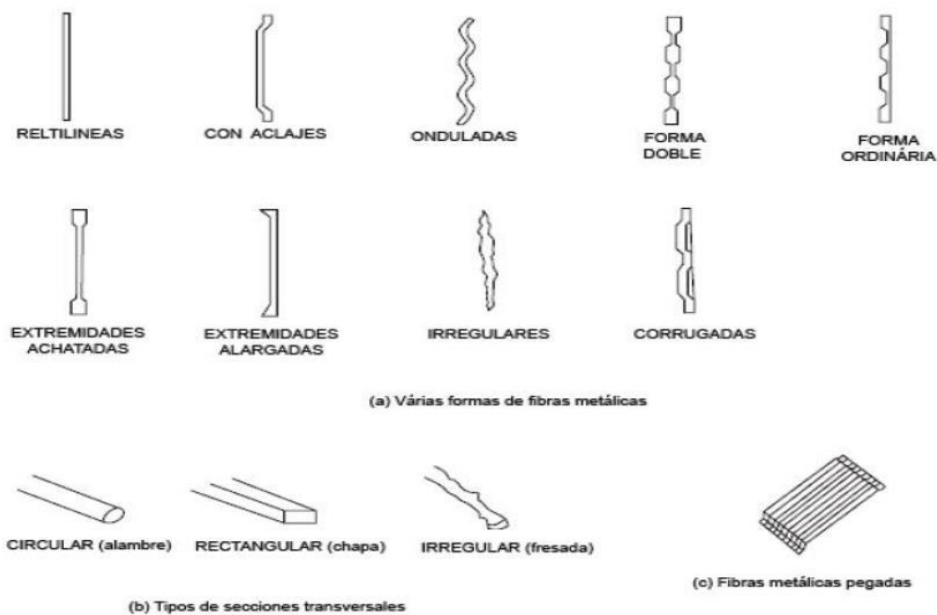
Diferentes dimensiones de fibras metálicas



Fuente: Fibras Wirand y Fibromac manual interno de entretenimiento promocional - (MACCAFERRI, 2009).

Figura 4

Diferentes formas de fibras metálicas

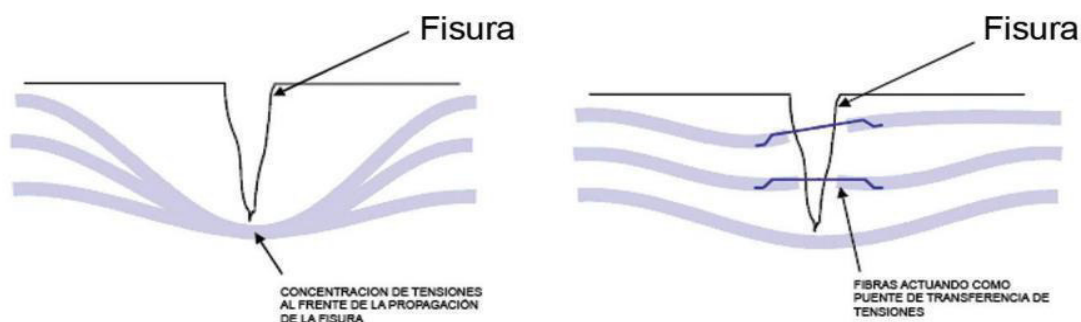


Fuente: Fibras Wirand y Fibromac manual interno de entretenimiento promocional - (MACCAFERRI, 2009).

En cierto modo, las fibras de acero como refuerzo en el concreto, tiene la principal función de controlar y evitar que se extienda las fisuras que se crean en el concreto como se muestra en la figura 5. Las fibras en el concreto modifican el comportamiento mecánico y aumenta la capacidad de absorción de energía (la tenacidad). (Sotil & Zegarra, 2015).

Figura 5

Mecanismo de control de propagación de las fisuras



Fuente: Fibras Wirand y Fibromac manual interno de entretenimiento promocional - (MACCAFERRI, 2009).

2.1.4. Fibras de alambre N° 16

La industria de la construcción deja residuos en grandes cantidades debido al auge de la población el cual demanda construcción acelerada de edificaciones, lo que genera grandes cantidades de desecho de concreto, varillas, plásticos, también subrayando específicamente los residuos de alambres. También en todo tipo de proyectos realizados como carreteras, viviendas, escuelas, canales entre otros más, se hace la utilización de distintos tipos de materiales que al finalizar el proyecto quedan sus residuos generando contaminaciones al medio ambiente. (SERMARNAT, 2011)

Los alambres son piezas con una determinada longitud y una pequeña sección circular el cual agregados al concreto les confieren características específicas (Amancio, 2020)

Los alambres son denominados a los distintos hilos delgados que son obtenidos por estiramiento de todo tipo de materiales que tengan la propiedad de ductilidad. (Amancio, 2020).

2.1.4.1. Características

El alambre N°16 también conocido como alambre de acero de bajo carbono, que se elabora a través del trefilado y con posterior tratamiento térmico de recosido; el cual otorga una muy excelente ductilidad conservando suficiente resistencia mecánica para trabajar óptimamente en las aplicaciones señaladas.

- Calibre: 16
- Diámetro: 1.65 ± 0.04 mm
- Resistencia a la tracción: 32 – 45.9 kg/mm²
- Unidad de medida: kilogramos (Kg)

2.1.4.2. *Composición química*

Es la cantidad de compuestos químicos lo que conforma el alambre:

Tabla 2

Composición química del alambre

Componente químico	Símbolo químico	Porcentaje
Carbono	C	0.10 % máx.
Fosforo	P	0.04 % máx.
Magnesio	Mn	0.30 – 0.50 % máx.
Azufre	S	0.0 5%

Fuente: elaboración propia (<https://www.pvn.gob.pe/wp-content/uploads/2020/01/e-t-agregados-y-otros-materiales-agosto-final.pdf>)

2.1.4.3. *Procesos del reciclado de alambre N°16*

En nuestro país hay un objetivo de reciclar, pero no en grandes cantidades debido a que no saben cómo darle el uso necesario al momento de reciclar. Por lo que con mi tesis busco la forma de incentivar a que se recicle, como se puede ver en el ámbito de la construcción es muy común dejar botado por todos lados los alambre N°16 después de usarlos, por lo que con esto quiero que los alambres N°16 sean un producto importante para mejorar las características del concreto que va estar destinado para el uso de pavimentos rígidos.

Figura 6

Proceso de reciclaje del alambre N° 16



Fuente: elaboración propia

Figura 7

Obtención del alambre reciclaje



Fuente: elaboración propia

2.2. Concreto

2.2.1. Antecedentes históricos

Desde las épocas de los egipcios, romanos y griegos, se conocía el mortero que utilizaban para poder realizar sus construcciones. se puede llegar a observar que aún quedan restos de las grandiosas edificaciones que realizadas con los morteros que perduran hasta el día de hoy, entre los insumos encontrados para realizar su mortero se

encontró que utilizaron el yeso calcinado, la piedra caliza calcinada, ladrillo partido a cuenta del agregado, también la ceniza volcánica, etc. (Torre, 2004)

Las estructuras realizadas más resaltantes creadas por las civilizaciones antiguas fueron los caminos, acueductos, templos, palacios, pero los hechos más importantes por los romanos y los griegos fueron el coliseo y el Partenón debido a que se puede apreciar en la actualidad. (Bartolo, 2021).

Con el avance de la tecnología al pasar del tiempo, también se realizaron nuevos descubrimientos para el concreto, por lo que uno de los primeros avances significativos fue en 1774, el ingeniero John Smeaton, verifico que, al combinar la cal viva con otros materiales, dicho material se hacía más sólido, de este modo el material se empleó para la construcción de la primera estructura de concreto, el cual era el faro de Eddy Stone en Inglaterra. (Bartolo, 2021)

Asimismo, la llega del concreto moderno en América se remonta al año 1825. El concreto moderno estaba fabricado con el cemento de cal hidráulica, por lo que para dicho año fue un éxito y una de sus primeras obras en las que se utilizo fue en la construcción de un canal de Erie. (Bartolo, 2021).

En los años siguientes se mejoraba más el uso del concreto y por lo que como evidencia podemos apreciar muchas estructuras que son importantes e imponentes, un caso es en 1902 en Francia el cual se aprecia uno de los primeros edificios de apartamentos de concreto reforzado, también en 1914 una imponentes obra de ingeniería se da inicio al famoso canal de Panamá que hasta la fecha es una maravillosa obra de arte; en 1921 se puede apreciar las construcciones de vastos, parábolas y hangares en aeropuerto de Orly en París, también en 1933 se construyó la penitenciaría de alcatraz, en el cual uno de sus materiales fue ladrillo machacado sustituyendo al agregado. En 1973 se hace la inauguración de la Casa de la Opera en Sídney – Australia, en donde se puede apreciar una imponente y maravillosa obra de ingeniería; también en 1993 se terminó de construir el museo de John F. Kennedy, en donde las estructuras son de concreto y contaban con una fabulosa arquitectura con maravillosas vistas (Bartolo, 2021).

Es por ello que, las investigaciones para mejorar el concreto no paran, en la actualidad se busca nuevas alternativas que no contaminen tanto al medio ambiente de este modo se sepa seguir realizando investigaciones en esta línea.

2.2.2. Definición

La elaboración del concreto es un material compuesto por la mezcla de ciertos elementos, como el cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que al inicio la mezcla tiene característica plástica y moldeable, posteriormente cuando seca el concreto adquiere característica rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material que sea perfecto para la construcción. De acuerdo con la definición podemos deducir que se obtiene un producto híbrido, en el que las características de los materiales se combinan en la cual aportan una o varias de sus propiedades individuales para crear un material con un comportamiento particular y original que es muy usado para la ingeniería. (Jara, 2022)

Para obtener el control total del material al momento de usarlo. No solo es de conocer las manifestaciones del elemento resultante, sino también de cada uno de los materiales usados y su interrelación, como lo afirma Bellis, (2009) “debido a que primera instancia de acuerdo a su particularidad, como distintos materiales, se contrae cuando esta en temperaturas bajas, se dilata si las temperaturas aumentan, también llega a ser afectado por sustancias agresivas y llega a romperse si se somete a esfuerzos que sean mayores a los que soporta, debido a que sus propiedades mecánicas son buenas” (Jara, 2022)

2.2.3. Clasificación de concreto

Tabla 3

Clasificación del concreto según su peso

Tipo	Peso unitario (Kg/m³)
Concreto ligero	1200 – 2000
Concreto normal	2000 – 2800
Concreto	>2800

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4*Clasificación del concreto según su aplicación*

Tipo	Acero	Características
Concreto simple	No tiene armadura de refuerzo	Resist. Compresión: buena
Concreto armado	Tiene armadura de refuerzo	Resist. Compresión y flexión: buena
Concreto prensado	Tiene acero de refuerzo	Resist. A tracción: buena para usar en viguetas
Concreto postensado	Se introducen fundas de acero de refuerzo	Resist. A tracción: buena

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5*Clasificación de concreto según su resistencia*

Tipo	Composición				
	Agua (%)	Cemento (%)	Arena (%)	Graba (%)	Aditivo (%)
Concreto convencional	10	15	35	40	-
Concreto de alta resistencia	5	20	20	41	4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6*Clasificación de concreto según su composición*

Tipo	Características
Concreto ordinario	Común
Concreto ciclópeo	Con agregado >50 cm
Concreto reciclado	Con desechos de concreto y ladrillo
Concreto inyectado	En molde con agregado se mete la pasta con partículas > a 25 cm
Concreto con aire incorporado	En el concreto se le inyecta aire > a 6% de volumen
Concreto ligero	Con 1,2 a 2.0 N/mm ²
Concreto pesado	Con agregado de densidad elevada
Concreto refractario	Gran resistencia a elevadas temperaturas – cemento de aluminato cálcico

Fuente: Elaboración propia

2.2.4. Materiales para el concreto

Los materiales usados para realizar el concreto son: el cemento, agua, agregado finos y gruesos, aire, también como material adicional en muchos casos ahora se utiliza el aditivo.

- Cemento

El cemento portland es un aglomerante hidrofílico siendo el más conocido y utilizado en la investigación que se está realizando, el cemento portland tipo I es un aglomerante que está compuesto por Clinker pulverizado más yeso que en contacto con

una cantidad de agua forma una pasta moldeable y al momento del secado se puede endurecer como una piedra (**Norma NTP 334.009**)

En 1824 Joseph Aspdin constructor inglés, es el primero patentar un proceso de calcinación de la caliza arcillosa que al quemarlo a cierta temperatura producía un cemento que al hidratarse adquiriría según él, una resistencia muy similar a las piedras de la isla portland, el cual quedaba cerca del puerto de Dorset. De esta forma dando así el nombre al cemento portland. En 1845 se realiza la industrialización del cemento portland moderno y cómo podemos observar que hasta el día de hoy la industria del cemento portland se sigue realizando, pero con algunas modificaciones. (Jara, 2022)

El cemento es el producto final de combinar el Clinker más el yeso; el Clinker es el producto que se produce por el proceso de calcinar materiales calcáreos y materiales arcillosos a elevadas temperaturas por encima de 1500°C aproximado, (Harmsen, 2005)

El cemento portland que es el más usado en nuestro país, debe cumplir con la NTP 334.009, por lo que encontramos los tipos más usados son: el tipo I, II y V, el tipo III y IV no se fabrican. Cada tipo de cemento tiene una función especial para los proyectos que se realicen, (Torre, 2004).

Componentes del cemento

Los materiales principales para la creación del cemento portland, como insumos principales tenemos: la sílice, la cal, alúminas, y hierro; lo que esto lleva a una composición química el cual es: aluminatos cálcicos hidratados y de los silicatos. (Sanchez D. , 2001)

Los cuatro compuestos principales del cemento portland son:

Tabla 7
Compuesto del cemento portland

Nombre	Compuesto	Abreviatura
SILICATO tricálcico	3CaOSiO_2	C ₂ S
SILICATO dicalcico	2CaOSiO_2	C ₂ S
ALUMINATO tricálcico	$3\text{CaOAl}_2\text{O}_3$	C ₃ A

FERRO-ALUMINATO tetraalcalico	$4\text{CaOFe}_2\text{O}_3\text{Al}_2\text{O}_3$	C_4AF
----------------------------------	--	-----------------------

Fuente: (Sanchez D. , 2001)

- Agua

Es un elemento esencial para el concreto porque con el agua se inicia el proceso de hidratación que al juntar con el cemento se inicia un proceso químico, generando una pasta moldeable con la cantidad de agua correcta que luego con el paso del tiempo se endurece hasta llegar a ser cómo una roca. Como se sabe el agua que se debe utilizar para el concreto debe de ser agua potable por lo contrario al no ser así, se debe realizar el respectivo análisis del agua para poder saber que esté libre de colorantes orgánicos y sustancias químicas; también debe cumplir con las especificaciones de la NTP 339.088. (Torre, 2004)

Tabla 8

Límites permisibles del agua para la mezcla y su curado

Descripción	Límites permisibles		
Silicio en suspensión (Residuo insoluble)	5000	ppm	Maximo
Materia orgánica	3	ppm	Maximo
Alcalinidad (NaHCO_3)	1,000	ppm	Maximo
Sulfatos (ion SO_4)	600	ppm	Maximo
Cloruros (ion Cl^-)	1,000	ppm	Maximo
pH	5 a 8		Maximo

Fuente: NTP 339.088 y (Torre, 2004)

- Agregado

Los agregados son elementos sólidos que ocupan mayor parte del concreto, con el 75% del volumen en 1 m^3 , las partículas sólidas pétreas provienen de origen natural o

artificial y tienen que ser necesariamente inorgánicas, también se tiene que entre los límites de granulometría requeridos por la norma actualizada (NTP 400.011) (Torre, 2004).

Los agregados podemos clasificarlos según su naturaleza:

Agregado fino: Es el material que proviene de un proceso de desintegración natural de las rocas, el cual son pasantes al 100% en el tamiz 3/8" y son retenidos en la malla N°200. (Torre, 2004).

Los agregados no deben contener impurezas o materia orgánica para la elaboración del concreto debe estar bien seleccionado, procesado y almacenado de acuerdo a la NTP 400.013 – 2013.

Los límites de gradación los cuales debe cumplir el material según la NTP 400.037 son los siguientes:

Tabla 9

Granulometría para el agregado fino

Tamiz	Porcentaje que pasa
3/8	100
N°4	95 – 100
N°8	80 – 100
N°16	50 – 85
N°30	25 – 60
N°50	5 – 30
N°100	2 – 10

Fuente: NTP 400.037

Agregado grueso: Son los elementos que se retienen en el tamiz N°4, y su tamaño máximo estará sujeto de acuerdo al uso que se le quiera dar por los que el tamaño máximo

varia de ½", ¾", 1" o más; los materiales pueden ser piedra chancada, grava o como también el canto rodado. (Torre, 2004).

Figura 8

Requisitos granulométricos para el agregado grueso

Tamaño Nominal	% Pasa por los tamices normalizados												
	100mm (4")	90mm (3½")	75mm (3")	63mm (2½")	50mm (2")	37.5mm (1½")	25mm (1")	19mm (¾")	12.5mm (½")	9.5mm (3/8")	4.75mm (Nº4)	2.36mm (Nº8)	1.18mm (Nº16)
90 mm a 37.5 mm (3½" a 1½")	100	90 a 100	--	25 a 60	--	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--
63 mm a 37.5 mm (2½" a 1½")	--	--	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--
50 mm a 25 mm (2" a 1")	--	--	--	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--
50 mm a 4.75 mm (2" a Nº4)	--	--	--	100	95 a 100	--	35 a 70	--	10 a 30	--	0 a 5	--	--
37.5 mm a 19 mm (1½" a ¾")	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--
37.5mm a 4.75mm (1½" a Nº4)	--	--	--	--	100	95 a 100	--	35 a 70	--	10 a 30	0 a 5	--	--
25 mm a 12.5 mm (1" a ½")	--	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	--	--	--
25 mm a 9.5 mm (1" a 3/8")	--	--	--	--	--	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	--	--
25 mm a 4.75 mm (1" a Nº4)	--	--	--	--	--	100	95 a 100	--	25 a 65	--	0 a 10	0 a 5	--
19 mm a 9.5 mm (¾" a 3/8")	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	--	--
19 mm a 4.75 mm (¾" a Nº4)	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	--	20 a 55	0 a 10	0 a 5	--
12.5mm a 4.75mm (½" a Nº4)	--	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	--
9.5mm a 2.36mm (3/8" a Nº8)	--	--	--	--	--	--	--	--	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente: NTP 400.037

Tabla 10

Porcentajes que no debe exceder las sustancias dañinas

Descripción	Agregado	
	Fino	Grueso
Partículas deleznales	3%	5%
Material más fino que el tamiz Nº200	5%	1%
Carbón y lignito	0.5%	0.5%

Fuente: Elaboración propia

De igual manera, Torre (2004) indica que para la utilización de los agregados en el concreto se deben considerar los siguientes requisitos:

- **Requisitos principales:** Son la granulometría y las sustancias dañinas
- **Requisitos secundarios:** Es el método de abrasión (método de los ángeles) e impacto
- **Requisitos opcionales:** Son la reacción álcali – sílice y equivalente de arena.

- **Aditivos**

Son productos químicos, artificiales o de origen natural que forman parte de la mezcla del concreto, el cual debe ser adicionado durante el mezclado de concreto, con la intención de proporcionar o modificar ciertas propiedades del concreto, de este modo realizar mejoras en la trabajabilidad, ante los climas frío o cálido, reducir el tiempo de secado, también como la incorporación de aire, entre otras propiedades que se requiera el concreto. (Torre, 2004).

2.2.5. Los ensayos para el concreto

Se realizan ensayos del concreto para poder visualizar sus propiedades en su estado fresco y endurecido con las normas específicas para cada muestra.

2.2.5.1. concreto en estado fresco

El concreto cuando recién está elaborado en estado fresco se realizan ensayos para determinar si cumple con las características de la NTP por lo que se hace los siguientes ensayos:

- ✓ El ensayo normado para la medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams de acuerdo a la norma NTP 339.035.
- ✓ El ensayo normado para determinar el peso unitario del concreto de acuerdo a la NTP 339.046.
- ✓ El ensayo normado para determinar la temperatura de la mezcla de concreto de acuerdo a la NTP 339.184.

2.2.5.2. *Concreto en estado solido*

Realizar los ensayos en el concreto cuando ya se ha secado y se ha hecho como una piedra, es indispensable para poder comprobar el diseño de mezcla, por lo cual se realizará ensayos de resistencia a la compresión y a la flexión.

➤ **Resistencia a la compresión**

La resistencia a la compresión indica la propiedad que permite al concreto la resistencia de cargas de aplastamiento, lo que se denomina esfuerzo de carga **P(N)** entre el área **A (mm²)**. La resistencia de los ensayos se realiza con frecuencia a los 28 días cuando las muestras han llegado a obtener el 100% de su resistencia. (Torre, 2004).

Para el correcto análisis se ha hecho el seguimiento de la siguiente norma y también se citará algunos pasos importantes:

Los ensayos normados para poder determinar la resistencia a la compresión del concreto, para muestras que son cilíndricas deben cumplir la **NTP 339.034**.

En los ensayos, las probetas deben ser de medidas 150mm x 300mm con la cual puedan mantener una relación de altura/diámetro igual a 2, en cualquier otro caso donde la relación sea menor a 1.75 se debe usar el factor de corrección de acuerdo a la **NTP 339.034, 2008**

Los ensayos no se realizarán si las probetas cuentan con un diámetro individual de un cilindro el cual difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro por más del 2%. Se debe tener presente que los ensayos que se realicen deben cumplir con la tabla 11. NTP 339.034, 2008

Tabla 11

Recopilación de ensayos físicos de los agregados

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24h	±0.5h o 2,1%
3d	±2h o 2.8%
7d	±6h o 3.0%
28d	±20h o 3.0%

90d

±48h o 2.2%

Fuente: tiempo normado para determinar la resistencia a la compresión del concreto, para muestras cilíndricas. NTP 339.034, 2008.

Formula de la compresión

La resistencia a la compresión f'_c se puede calcular con la siguiente formula, (Torre, 2004):

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

En donde:

σ : esfuerzo de resistencia de rotura a la compresión

P: carga máxima de rotura en kg

A: área de superficie de contacto en cm^2

➤ Resistencia a la flexion

Los ensayos a flexión son cuando una viga se encuentra sometida a una carga en su lado transversal, donde la carga incrementa hasta poder lograr que se fracture, en el proceso se puede llegar a observar 3 etapas: la primera etapa es cuando soporta el peso sin agrietarse, en la segunda etapa es cuando se produce esfuerzo y se produce la elasticidad del concreto con algunas grietas y en la última que es la tercera etapa se produce la resistencia llegando a romperse. El módulo de rotura nos indica que el esfuerzo de tensión por flexión, por el cual el concreto comienza a tener grietas, para evitar que se generen grietas no se debe exceder la carga que generan los esfuerzos de tensión que sobrepasen el módulo de rotura. (McCormac & Brown, 2018).

La resistencia a la flexión o módulo de rotura (M_r) es proporcionada del ensayo realizado en una viga que esta simplemente apoyada con una carga puntual en el centro; la viga de acuerdo a la norma tiene que cumplir las medidas de 150 mm de ancho, 150 mm de alto y 500mm de largo de acuerdo con la NTP 339.079 – 2017.

Formula de la flexión

El módulo de rotura se calcula con la formula siguiente:

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

En donde:

M_r : es módulo de rotura, en MPa

P: es la carga máxima de rotura indicada por la máquina de ensayo en N

L: es la longitud del tramo, mm

b: es el ancho promedio de la viga en la sección de falla, en mm.

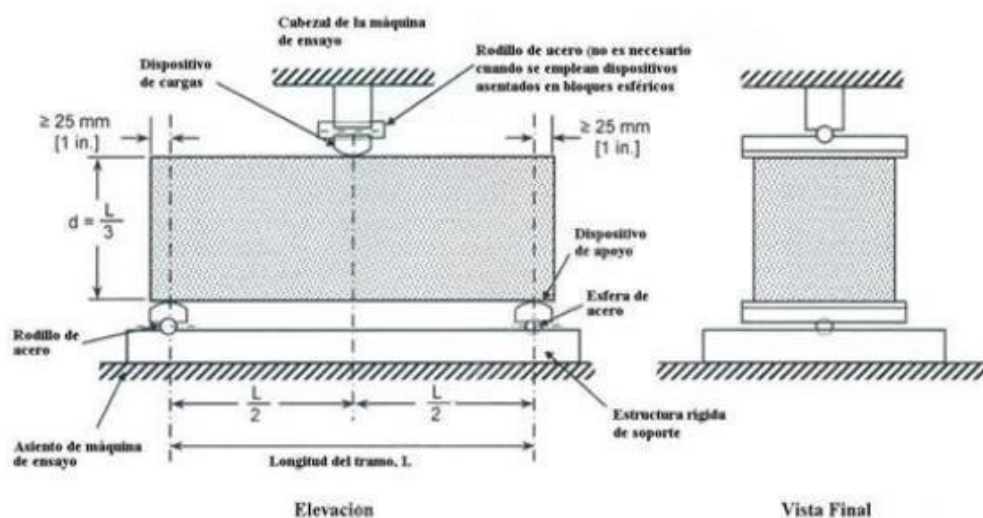
h: es la altura promedio de la viga en la sección de falla en mm.

Nota:

En el ensayo para la flexión el peso de la viga no se incluye en los cálculos antes detallados.

Figura 9

Diagrama para la prueba de flexion del concreto con el metodo de cargas en su punto medio.



Fuente: Ensayo para adquirir la resistencia a la flexion del concreto en una viga colocando cargas en el centro del elemento. NTP 339.079 – 2017.

2.2.5.3. Registro estadístico en el concreto

La resistencia al concreto se controla con la aproximación de la asignación probabilística normal. Por lo que sabemos que el concreto es un material heterogéneo el

cual hace que los resultados del ensayo se dividan a consecuencia de las técnicas de elaboración, transporte, colocación y curado. (Torre, 2004).

❖ **Distribución normal (campana de gauss)**

La resistencia a la compresión tiene un comportamiento el cual se puede demostrar a través de la práctica y los experimentos, para poder realizar que el concreto se ajuste a una distribución normal. (Torre, 2004).

$$Y = \frac{1}{D_S \sqrt{2\pi}} e^{\frac{1}{2} \left(\frac{x - x_{PROM}}{D_S} \right)^2}$$

En donde:

DS: Desviación Estándar

X_{PROM}: Resistencia promedio

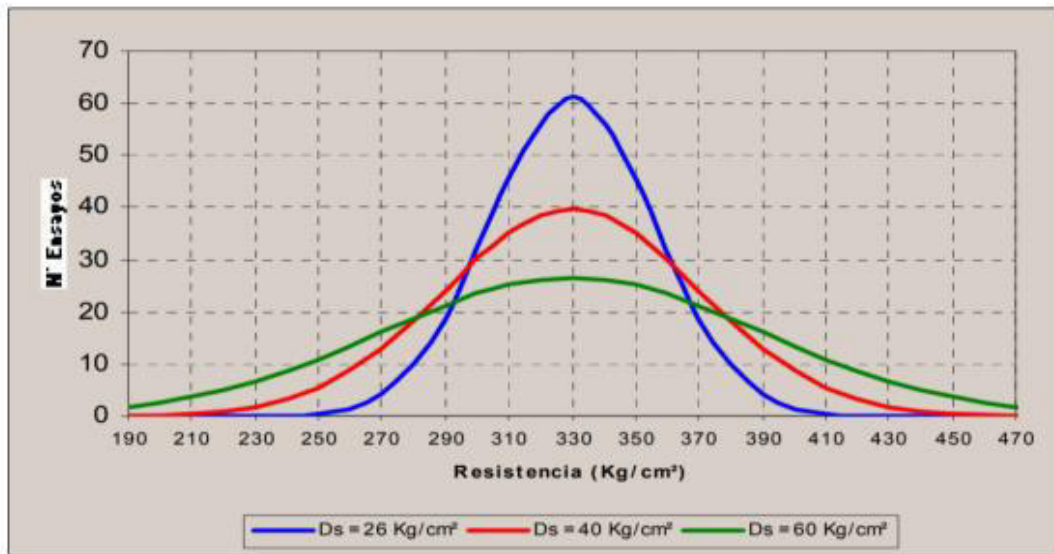
X: Resistencia de ensayo

Cuando se grafica la ecuación observamos que:

- Es simétrica con respecto a μ
- También se observa que es asintótica con respecto al eje de las abscisas
- Su fórmula y su tamaño va depender de D_S.

Figura 10

Los valores de DS en la curva normal, cuando tienen el mismo μ



Fuente: Curso básico de tecnología del concreto (Torre, 2004).

❖ Desviación estándar del concreto

Los ensayos que se realizan para la resistencia a la compresión de un determinado concreto f'_c , son la representación en las matemáticas el cual nos va indicar el grado de dispersión que existe entre los resultados de los ensayos realizados (Torre, 2004).

$$D_s = \sqrt{\frac{\sum (x - x_{prom})^2}{n - 1}}$$

En donde:

X_{prom} : Resistencia promedio

X : Resistencia individual

n : número de ensayos

❖ Coeficiente de variación

El coeficiente de variación es la expresión matemática que permite establecer la variación que existe en los ensayos de resistencia. Esto permite a las matemáticas estimar

la probabilidad de la ocurrencia de los diferentes fenómenos que puedan surgir en función de parámetros mostrados.

$$V = \frac{D_s}{X_{prom}} \times 100$$

❖ Factor de seguridad

Cuando hablamos del coeficiente de variación nos referimos a un factor de seguridad el cual está diseñado a través de fórmulas y criterios que se usan para compensar la variación de los resultados obtenidos. También estos factores dependen mucho del expediente técnico, el reglamento de diseño y quien es el diseñador. Cuando se realice un concreto para obra f'_{cr} tenga un mayor valor que el concreto f'_c . (Torre, 2004).

$$f'_{cr} = f'_c + tD_s \quad \text{ó} \quad f'_{cr} = \frac{f'_c}{1 - tV}$$

En donde:

F'_{cr} : resistencia promedio requerida en obra

F'_c : resistencia específica

V : coeficiente de variación

t : factor que depende

- del % de resultados $< f'_c$ que se admitan
- de la probabilidad de ocurrencia

Las ecuaciones anteriores se pueden modificar siempre y cuando se tengan los datos de los promedios de ensayos realizados cuando se realizan cierto número de probetas.

$$f'_{cr} = f'_c + \frac{t}{\sqrt{n}}D_s \quad \text{ó} \quad f'_{rc} = \frac{f'_c}{1 - \frac{t}{\sqrt{n}}V}$$

Donde:

n : N° de ensayos utilizados para obtener el promedio

Tabla 12*Valores de t*

% de pruebas dentro de los límites $\mu \pm tD_s$	Probabilidad de ocurrencia por debajo del límite inferior	t
40.00	3 en 10	0.52
50.00	2.5 en 10	0.67
60.00	2 en 10	0.84
68.27	1 en 6.3	1.00
70.00	1.5 en 10	1.04
80.00	1 en 10	1.28
90.00	1 en 20	1.65
95.00	1 en 40	1.98
95.45	1 en 44	2.00
98.00	1 en 100	2.33
99.00	1 en 200	2.58
99.73	1 en 741	3.00

Fuente: Curso básico de tecnología del concreto (Torre, 2004)

Tabla 13*Valores de dispersión n para el control del concreto*

DISPERCION TOTAL
Desviación estándar para diferentes grados de control (Kg/cm²)

Clase de operación	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en obra	< a 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	>49.2
Concreto en laboratorio	< a 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	>24.6
Dispersión entre testigos					
Clase de operación	Coeficiente de variación V para diferentes grados de control (%)				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en obra	< a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	5.0 a 6.0	> 6.0
Concreto en laboratorio	< a 2.0	2.0 a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	> 5.0

Fuente: Curso básico de tecnología del concreto (Torre, 2004)

Nota: Cuando en la obra no se cuente con datos reales se puede usar las tablas 1 y 2 para poder estimar: t, Ds y V. también si en caso no hay forma de poder asumir el grado de control, es recomendable usar el valor más crítico. (Torre, 2004).

❖ Segun el reglamento ACI 318

De acuerdo a lo que nos indica el reglamento, los ensayos de resistencia a compresión serán iguales al promedio de realizar dos ensayos de probetas que cuenten con las mismas características y que tengan una edad controlada de 28 días. Los valores que se obtengan de los ensayos serán favorables siempre que cumplan con 2 requisitos. (Torre, 2004)

1. Siempre que cada grupo de 3 ensayos de Resistencia a compresión tengan un promedio $\geq f'_c$

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34D_s$$

2. Cuando se realicen ensayos de Resistencia ninguno debe ser menor que f'_c en más de 35 kgf/cm²

$$f'_{cr} = f'_c - 35 + 2.33D_s$$

Nota: Cuando se realicen 30 o más ensayos consecutivos de un concreto específico se utilizarán las ecuaciones y también se utiliza cuando los valores no varían mayor a 70 kgf/cm² con f'_c diseñado (Torre, 2004).

Si se realizan menos de 30 ensayos

De acuerdo con el ACI si no se llegara a contar con al menos 30 ensayos, se recomienda que el valor D_s que se calcule tiene que tener un incremento de acuerdo con la siguiente tabla que se presenta:

Tabla 14

Factor para el incremento de la D_s en menos de 30 ensayos

Nº ensayos	Factor de incremento
Menos de 15	Ver la tabla cuando no se conoce el D_s
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 o mas	1.00

Fuente: Curso básico de tecnología del concreto (Torre, 2004)

Con menos de 15 ensayos

El ACI recomienda que cuando se tiene menos de 15 ensayos o también cuando no se pueda contar con registros estadísticos, se recomienda usar la siguiente tabla para calcular f'_{cr} :

Tabla 15

Incremento del f'_{cr} en menos de 15 ensayos

F'c especificado	F'cr (hgm²)
<210	F'c+70
210 – 350	F'c+84
>350	F'c+98

Fuente: Curso básico de tecnología del concreto. (Torre, 2004)

2.3. *Pavimento*

Cuando hablamos de pavimentos podemos encontrar de dos tipos uno es el pavimento flexible y el otro es el pavimento rígido, esto es debido a la forma en el que transmiten los esfuerzos y las deformaciones a las capas interiores, debido a que la relación de rigidez relativa depende de las capas. Los pavimentos flexibles con los que transmiten esfuerzos concentrados en una pequeña área, y en el caso de los pavimentos rígidos los esfuerzos son distribuidos en una mayor área. (Montalvo, 2015)

Los pavimentos son estructuras que encuentran apoyados en una superficie de suelo llamado sub – rasante. Como sabemos la sub – rasante debe estar compuesta de buenos materiales para poder obtener una superficie bien firme el cual pueda soportar la estructura; también hay que mencionar que el paquete se compone de más capas el cual están compuestos de diversos materiales, también son de diferentes espesores y al momento de elaborarlos se tiene que realizar un compactado bien firme de cada capa para que se pueda colocar el concreto evitando que sufra daños por las cargas externas que ejercidas durante su periodo de vida útil. (AASHTO 93).

Como se sabe, los pavimentos están compuestos de distintas capas el cual también están conformado de diversos materiales, se debe aclarar que la falta o reemplazo de alguna de las capas va depender de algunos factores como: soporte de la sub – rasante,

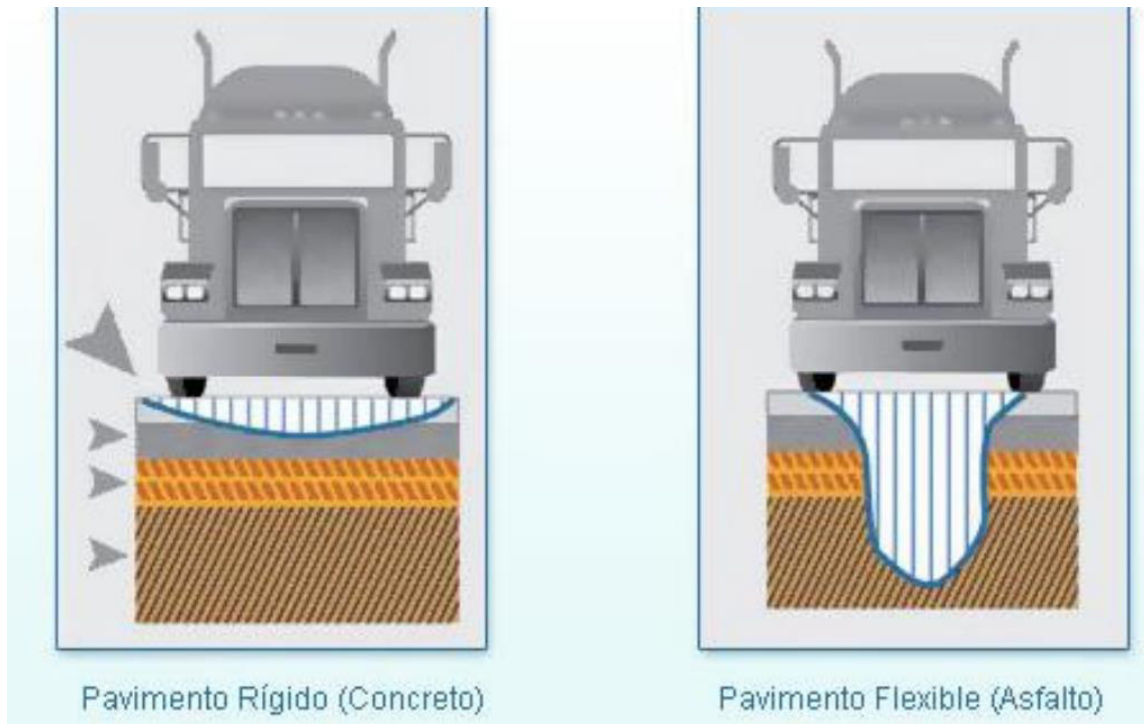
clase o tipo de material a usarse. Magnitud del tránsito, entre otros más. (Toribio & Ugaz, 2021).

A los pavimentos rígidos los podemos encontrar en la edificación de aeropuertos y principales autopistas; como también son utilizados para pisos industriales, puertos y para zonas donde se operan vehículos pesados. El concreto hidráulico es el material más usado para la construcción de pavimentos rígidos. La losa de concreto tiene que tener un diseño el cual pueda soportar las cargas de tráfico y evitar las fallas por fatiga de las que pueda sufrir el pavimento debido a las cargas que se repiten. El periodo de vida útil de un concreto puede ser de 15 a 20 años, sin embargo es más probable que según el diseño sean de 30 a 40 años. (Montalvo, 2015)

Para el diseño de un pavimento rígido otra consideración importante es la deficiencia en las juntas causadas por el bombeo de finos o erosión de los materiales de apoyo. Cuando hablamos del bombeo se refiere a la expulsión de agua y a la expulsión de grano fino de las capas de apoyo causadas por la deflexión de las losas en las juntas por movimientos de cargas de tráfico. Este problema se debe a que los pavimentos rígidos son sometidos a cargas de camiones pesados. También la erosión de los materiales de apoyo es debido a la mala disposición de los drenajes, que son inadecuados. (Montalvo, 2015)

Figura 11

Distribución de esfuerzos de los tipos de pavimentos



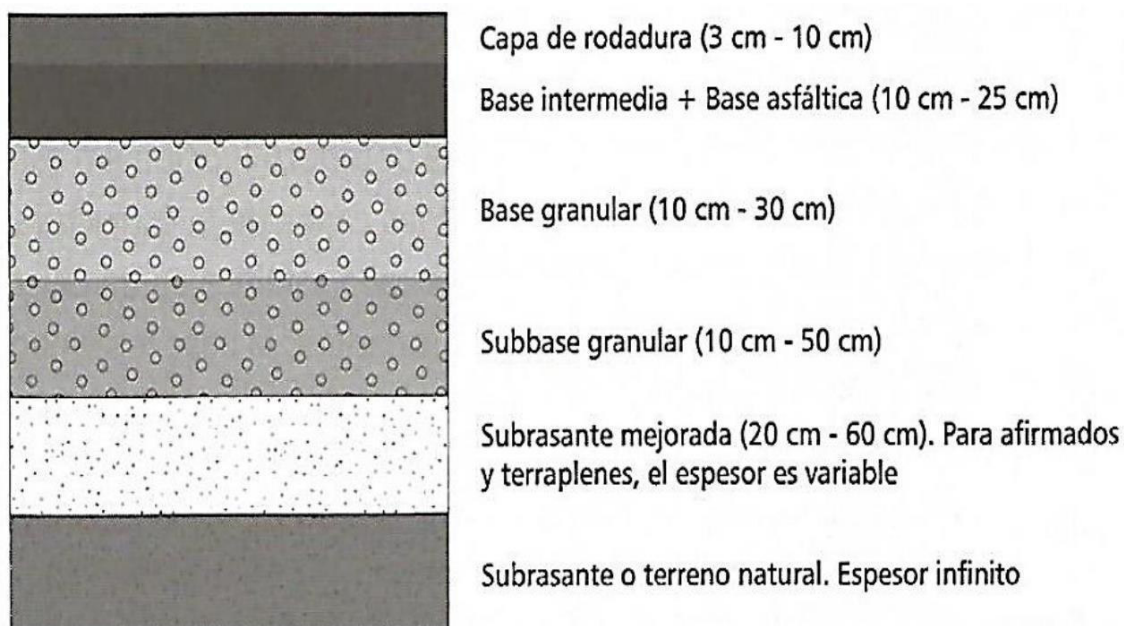
Fuente: (Montalvo, 2015)

2.3.1. Pavimento flexible

También llamado pavimento asfáltico, el cual está compuesta por una carpeta de rodadura con material asfáltico en la superficie, la que permite deformaciones pequeñas en las capas inferiores, debido a eso se generan pocas en la estructura. por debajo encontramos a la sub – base y la capa de la base granular estas permiten distribuir y transmitir las cargas que son generadas por efectos del tránsito vehicular. Este tipo de pavimentos tienen una durabilidad de 10 a 15 años, también económicos, podemos decir que también tiene una desventaja el cual es que se le debe hacer un mantenimiento periódicamente para que llegue a cumplir su vida útil. (Medina & De la Cruz, 2015)

Figura 12

Perfil de un pavimento flexible



Fuente: (Rondón & Reyes, 2015)

2.3.2. Pavimentos rígidos

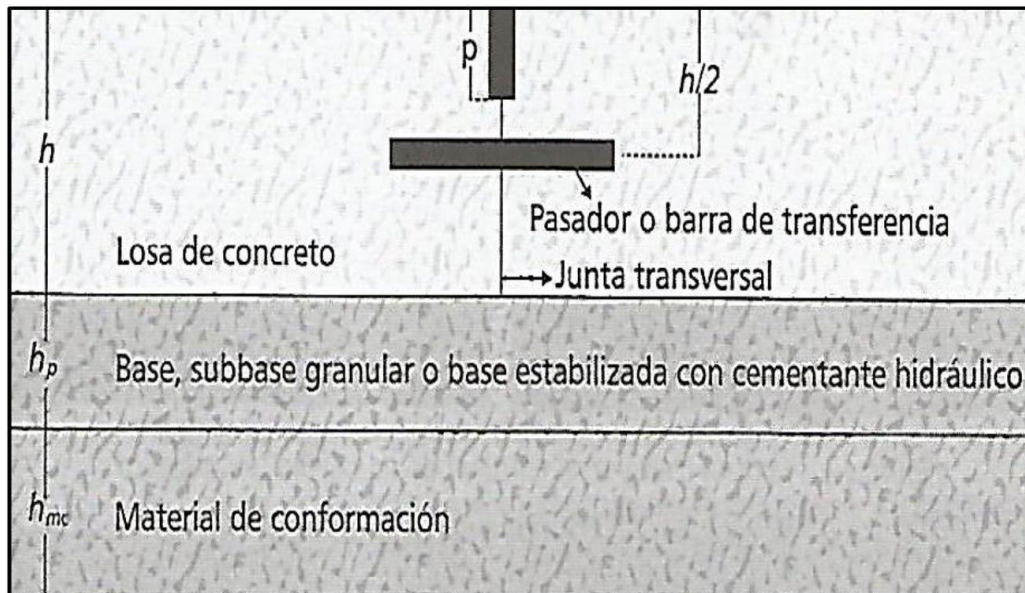
Los pavimentos rígidos generalmente están compuestos por una cubierta o losa de concreto hidráulico que debe estar compuesto entre el rango de 18 a 30 cm de espesor. la estructura debe estar apoyada sobre una capa granular no tratada o establecida con cementantes hidráulicos. También podemos decir que de acuerdo al valor del módulo de elástico aumentado del concreto; los esfuerzos que se producen por el tráfico llegan a ser mitigados principalmente por la flexión de la losa de concreto y los esfuerzos a compresión se dividen en un área extensa y se transmiten al suelo magnitudes pequeñas. (Rondón & Reyes, 2015).

Del mismo modo, los pavimentos rígidos son estructuras de concreto con gran capacidad para absorber esfuerzos por lo que podemos decir que tienen una gran resistencia y un comportamiento frágil. También podemos decir que el concreto con el cual se elabora el pavimento tiene una baja resistencia a la tracción (RT). Debido a esto el espesor del concreto debe ser más grande y por consecuente la rigidez del elemento es usualmente mayor. Las componentes del pavimento rígido son: una losa de concreto, el cual está apoyado en una base y a su vez debajo se encuentra la sub – rasante, el cual es

auto – resistente con una dosificación de concreto controlada. Como se llega a observar en la figura siguiente. (Toribio & Ugaz, 2021).

Figura 13

Perfil de un pavimento rígido



Fuente: (Rondón & Reyes, 2015)

2.3.2.1. Partes de un pavimento rígido

✓ Losa de concreto

Es la capa superior del pavimento, los esfuerzos se distribuyen de acuerdo a la rigidez de la losa, de este modo hacen que las capas inferiores como la base y sub – base soporten menos esfuerzos. (Montalvo, 2015)

✓ Base y sub – base

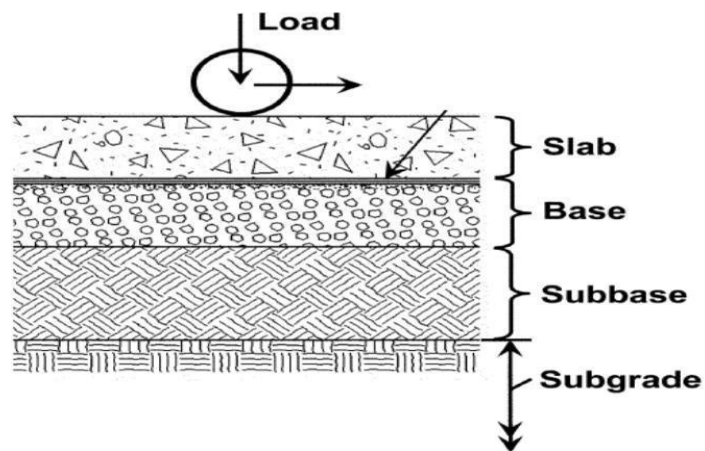
Las capas tienen como finalidad principal el soporte de los esfuerzos, pero cuando es un pavimento rígido, los esfuerzos son menores. Las capas también tienen función de drenar las aguas controlando sus asensos para proteger la estructura del pavimento rígido (Montalvo, 2015).

✓ Sub – rasante

La sub – rasante es la capa natural donde se apoyan las capas superiores que son el pavimento y las bases. Su objetivo es la de dar estabilidad que el pavimento requiere. La sub – rasante es el inicio de toda la estructura del pavimento debido a que es el suelo que soporta todo. (Montalvo, 2015).

Figura 14

Capas de un pavimento rígido



Fuente: ACI 360 – 06

2.4. Estudio de trafico

Uno de los principales factores al momento de diseñar un pavimento rígido es realizar el estudio del tráfico. Para dar inicio al estudio de tráfico debemos determinar los tipos de vehículos que van a transitar por la vía a diseñar. También debemos tener en cuenta que los datos podrían cambiar a través del tiempo. Otro factor importante es determinar las cargas de los vehículos que transmiten a través de los ejes que se componen en el pavimento; también otro factor importante para el diseño de los pavimentos rígidos es calcular las frecuencias de cargas que se dan a través del tiempo. Por último, tenemos un parámetro importante más es la predicción del crecimiento de la demanda vehicular de vías de estudio. El estudio se puede realizar mediante el uso de modelos probabilísticos bien calibrados. (Toribio & Ugaz, 2021).

De acuerdo a los puntos tratados anteriormente podemos decir que es un proceso arduo y complejo tratar de realizar una modelación de las cargas aplicadas en un

pavimento rígido. También se puede deducir que existen numerosos tipos de cargas el cual resulta evidente para los lectores; podemos decir que estas cargas son dinámicas y muy variables en el tiempo. Debido a esto podemos decir que no tiene sentido modelar la demanda de cargas de una forma puntual. Pero ponemos el estudio de las metodologías para el diseño de un pavimento rígido, el cual introducen el concepto de la ESL (Equivalent Single Axes Line) o también conocido como número de ejes equivalentes simples. Este factor representa la suma total de las cargas aplicadas por cada eje simple equivalente. (Toribio & Ugaz, 2021).

2.5. Metodología de diseño de espesores AASHTO 93

El diseño de los pavimentos en el Perú, se recomienda usar la metodología AASHTO 93, el cual busca dar un servicio de alto nivel para realizar diseños de los pavimentos rígidos; esta metodología toma en cuenta la medida que transcurra el tránsito en el tiempo, de la misma manera las cargas provenientes del tránsito el cual recaen sobre el nivel del servicio de la vía. el método expuesto está diseñado para que el pavimento soporte y llegue a cumplir su vida útil. (MTC, 2013).

El método AASHTO 93 plantea una ecuación con el cual se busca un equilibrio para realizar un diseño apropiado. El cual podemos decir que mediante procesos repetitivos asumimos espesores de la estructura con la finalidad que la estructura que se determinara establezca un nivel de servicio apropiado y se mantenga de acuerdo al periodo del diseño. (MTC, 2013).

$$\log_{10} w_{82} = Z_R S_O + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) \times \log_{10} \left[\frac{M_r C_{dx} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J (0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c/k)^{0.25}})} \right]$$

Donde:

$W_{8.2}$: número previo de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas, a lo largo del periodo de diseño

Z_R : desviación normal estándar

ΔO : error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento

D: espesor de pavimento de concreto, en milímetros

ΔPSI : diferencia entre los indicadores de servicio inicial y final.

P_t : índice de serviciabilidad o servicio final

M_r : resistencia media del concreto (en Mpa) a flexo tracción a los 28 días (método de cargas en los tercios de luz)

C_d : coeficiente de drenaje

J: coeficiente de transmisión de carga en la junta

E_c : modulo elasticidad del concreto, en Mpa

K: módulo de reacción, dado en Mpa/m de la superficie (base, subbase o subrasante) en el que se apoya el pavimento de concreto.

También de acuerdo lo antes expuesto el MTC indica que el cálculo del espesor del concreto se puede desarrollar utilizando directamente la formula AASHTO 93 mediante una hoja de cálculo. El cual puede ser por medio de monogramas, o también mediante el uso de programas de computación especializado. Sin embargo, en el manual que presenta el MTC se presentan catálogo de estructuras de pavimentos rígidos, que son sacados en función a los criterios de diseño, que se expusieron en el capítulo de metodología de diseño de la MTC, donde se relaciona el tipo de suelo y el tráfico expresado en ejes equivalentes. (MTC, 2013).

2.5.1. Periodo de diseño

Es el tiempo de vida útil que debe cumplir un pavimento rígido. De acuerdo con la MTC el periodo de diseño para los pavimentos rígidos debe ser de mínimo 20 años. También el ingeniero de diseño de pavimentos puede realizar ajustes en su periodo de diseño de acuerdo a las condiciones específicas que demanda el proyecto y lo requerido por la identidad. (MTC, 2013).

2.5.2. Variables

2.5.2.1. El transito (ESALs)

Es la cantidad de tráfico que ocurre durante un periodo de tiempo, para elaborar el diseño del carril. Recalcando el tiempo mínimo de un pavimento es de 20 años.

El método AASHTO 93 es la simplificación de los efectos del tránsito introduciendo el concepto de ejes equivalentes. A lo que se refiere es a que transforma los ejes de cualquier tipo de vehículos en ejes simples equivalentes de 8.2 toneladas de peso. Llamado también por las siglas ESALs (Equivalent single Axle load). (MTC, 2013).

El estudio de tráfico y el diseño de pavimentos rígidos se definen en 3 categorías de acuerdo a la MTC las cuales serán mostradas en la siguiente tabla:

Tabla 16

Categorías de tránsito según los ejes equivalentes

Tipos de caminos	Tráfico	Rango de tráfico pesado expresado en EE	
		Mínimo	Máximo
Camino de bajo volumen de tránsito	T _{P1}	150,000	300,000
	T _{P2}	300,000	500,000
	T _{P3}	500,000	750,000
	T _{P4}	750,000	1'000,000
	T _{P5}	1'000,000	1'500,000
Camino con un tránsito	T _{P6}	1'500,000	3'000,000
	T _{P7}	3'000,000	5'000,000
	T _{P8}	5'000,000	7.500,000

	T _{P9}	7'500,000	10'000,000
	T _{P10}	10'000,000	12'500,000
	T _{P11}	12'500,000	15'000,000
	T _{P12}	15'000,000	20'000,000
	T _{P13}	20'000,000	25'000,000
	T _{P14}	25'000,000	30'000,000
Caminos con un tránsito especial	T _{P15}	> 30'000,000	

Fuente: Elaboración propia en base a la (MTC, 2013)

2.5.2.2. *Serviciabilidad*

De acuerdo con la normativa AASHTO 93, se caracteriza con dos valores los cuales con el índice de servicio inicial (Pi) e índice de servicio final o terminal (Pt). Por lo que a la ecuación se ingresa la diferencia de los índices de servicio (ΔPSI). (MTC, 2013).

La serviciabilidad es la facultad del pavimento de servir al tránsito que avanza por vía y se califica en una escala de 0 a 5, donde 0 es un carril intransitable y 5 un carril de excelente servicio el cual en la práctica no se encuentra; el AASHTO 93 emplea una calificación de 1.5 como índice de serviciabilidad terminal del pavimento. (MTC, 2013).

El AASHTO 93 Road test tiene un valor de Pi de 4.5 para los pavimentos de concreto el cual es el valor recomendado para el MTC.

Tabla 17

Serviciabilidad de acuerdo al tráfico y a los ejes equivalentes.

Tipos de caminos	tráfico	Ejes equivalentes acumulados	Índice de serviciabilidad inicial (Pi)	Índice de serviciabilidad final o terminal (Pt)	Diferencial de serviciabilidad (ΔPSI)
------------------	---------	------------------------------	--	---	---

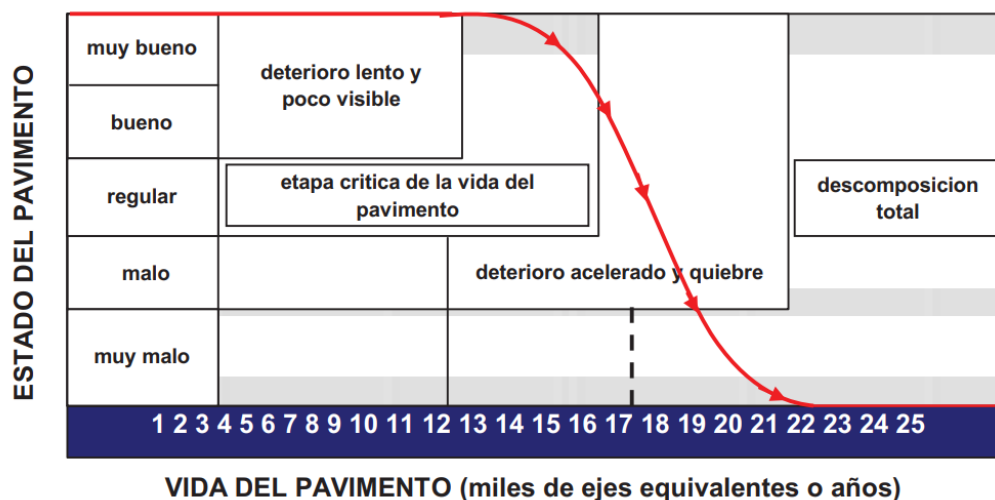
Caminos de bajo volumen de tránsito	T _{P1}	100,000	150,000	4.10	2.00	2.10
	T _{P2}	150,001	300,000	4.10	2.00	2.10
	T _{P3}	300,001	500,000	4.10	2.00	2.10
	T _{P4}	500,001	750,000	4.10	2.00	2.10
	T _{P5}	750,001	1'000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P6}	1'000,001	1'500,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P7}	1'500,001	3'000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P8}	3'000,001	5'000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P9}	5'000,001	7'500,000	4.30	2.50	1.80
Resto de caminos	T _{P10}	7'500,000	10'000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P11}	10'000,001	12'500,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P12}	12'500,001	15'000,000	4.50	3.00	1.50
	T _{P13}	15'000,001	20'000,000	4.50	3.00	1.50
	T _{P14}	20'000,001	25'000,000	4.50	3.00	1.50
	T _{P15}	> 30'000,000		4.50	3.00	1.50

Fuente: (MTC, 2013)

La superficie de rodadura de un pavimento tiene un índice de serviciabilidad de confort y deterioro a través de los años del pavimento rígido como se muestra en la figura. (MTC, 2013).

Figura 15

Serviciabilidad de un pavimento rígido acorde a su vida útil



Fuente: (MTC, 2013)

2.5.2.3. La confiabilidad “R” y la desviación estándar “So”

La confiabilidad tiene el propósito de calcular la variabilidad propia de los materiales, los procesos constructivos y de supervisión, el cual hacen que los pavimentos elaborados de la “misma forma” diferentes comportamientos de deterioro. La confiabilidad es un factor de seguridad, el cual es igual a incrementar el transito proyectado al periodo de diseño. Esto se genera a través de conceptos estadísticos. (MTC, 2013).

El rango de desviación estándar según ASSHTO es de $0.30 < So < 0.40$ y de acuerdo al manual de la MTC es un $So=0.35$. (MTC, 2013).

En el siguiente cuadro de acuerdo a la MTC recomienda valores para confiabilidad (R) y la desviación estándar (Zr), para el periodo de diseño de un pavimento rígido.

Tabla 18

Confiabilidad y desviacion estandar del deseño de un pavimento

Tipos de caminos	Trafico	Ejes equivalentes acumulados	Nivel de confiabilidad (R)	Desviacion estandar normal (Zr)
------------------	---------	------------------------------	----------------------------	---------------------------------

	T _{P0}	100,000	150,000	65%	-0.385
Caminos de bajo volumen de trancito	T _{P1}	150,001	300,000	70%	-0.524
	T _{P2}	300,001	500,000	75%	-0.674
	T _{P3}	500,001	750,000	80%	-0.842
	T _{P4}	750,001	1'000,000	80%	-0.842
	T _{P5}	1'000,001	1'500,000	85%	-1.036
	T _{P6}	1'500,001	3'000,000	85%	-1.036
	T _{P7}	3'000,001	5'000,000	85%	-1.036
Resto de caminos	T _{P8}	5'000,001	7'500,000	90%	-1.282
	T _{P9}	7'500,000	10'000,000	90%	-1.282
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	90%	-1.282
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	90%	-1.282
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	90%	-1.282
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	90%	-1.282
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	90%	-1.282
	T _{P15}	> 30'000,000		95%	-1.645

Fuente: (MTC, 2013)

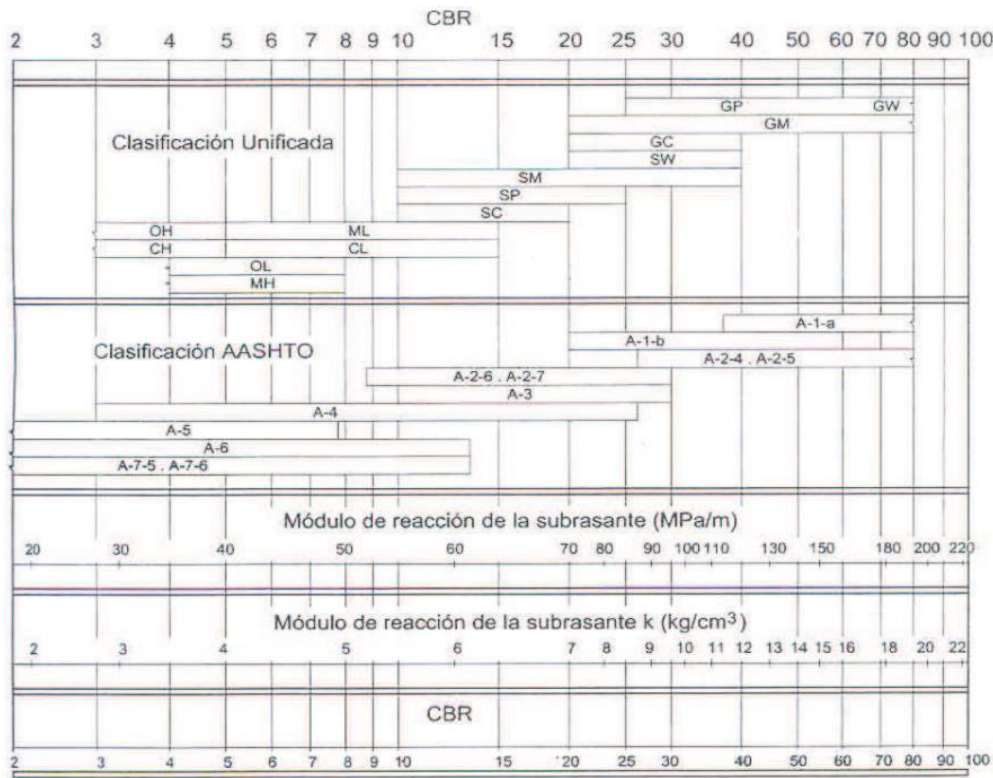
2.5.2.4. El suelo y el efecto de las capas de apoyo (Kc)

La subrasante (K) se caracteriza por el módulo de reacción de la subrasante que pueda existir. También si al colocar capas granulares o tratadas, el cual va mejorar la calidad del apoyo, si fuera el caso podrá tal vez reducir el espesor del concreto para el pavimento rígido; la mejora que se introduce tendría un módulo de reacción combinado

(Kc). De acuerdo a la MTC se utiliza la alternativa que otorga la AASHTO, por el cual el módulo de reacción se determina a partir del CBR. (MTC, 2013).

Figura 16.

Correlación CBR y módulo de reacción de la subrasante



Fuente: (MTC, 2013)

De acuerdo con la MTC, determina que una subrasante se considere cuando esta tenga un CBR igual o mayor al 6%, en caso de no cumplir, se procederá a estabilizar el suelo hasta cumplir con el suelo optimo. (MTC, 2013).

Para el diseño estructural del pavimento se tiene una sub – base granular o una base de mejor calidad que sea mucho mejor que la subrasante, el coeficiente se determinara con la ecuación siguiente:

$$K_c = \left[1 + \left(\frac{h}{38} \right)^2 \left(\frac{K_1}{K_0} \right)^{2/3} \right]^{0.5} \times K_0$$

Donde:

K_1 (kg/cm³): coeficiente de reacción de la sub base granular

K_C (kg/cm³): coeficiente de reacción combinado

K_0 (kg/cm³): coeficiente de la reacción de la subrasante

h: espesor de la subbase granular

Recomendaciones para el CBR mínimo de acuerdo al tipo de tráfico y al eje equivalente para las sub bases granulares de un pavimento rígido de acuerdo a la MTC.

Tabla 19

CBR mínimo recomendados para la sub base granular

Trafico	Ensayo norma	Requerimiento
Para tráfico $\leq 15 \times 10^8$ EE	MTC E 132	CBR mínimo 40% (1)
Para tráfico $\leq 15 \times 10^8$ EE	MTC E 132	CBR mínimo 60% (1)

Fuente: (MTC, 2013): referido al 100% de la maxima dencidad seca y una penetracion de carga de 0.1" (2.5mm).

2.5.2.5. Resistencia a la flexión del concreto

El pavimento rígido trabaja principalmente a flexión. Debido a esto se utiliza el método AASHTO 93 para los cálculos. La norma ASTM C – 78 es para el módulo de rotura. los ensayos se realizan en vigas que a los 28 días de curado deben ser ensayados aplicando cargas en los tercios de la viga hasta encontrar la falla. (MTC, 2013)

Tabla 20.

Valores del concreto de acuerdo al rango de trafico

Rango de tráfico pesado expresado en EE	Resistencia mínima al flexo tracción del concreto (MR)	Resistencia mínima equivalente a la compresión del concreto (F'c)
$\leq 5'000,000$ EE	40 kg/cm ²	280 kg/cm ²

> 5'000,000 EE	42 kg/cm ²	300 kg/cm ²
≤15'000,000 EE		
> 15'000,000 EE	45 kg/cm ²	350 kg/cm ²

Fuente: (MTC, 2013)

De acuerdo con la MTC el módulo de rotura (MR) del concreto y el módulo de compresión guardan cierta relación mediante la siguiente ecuación

$$MR = \sqrt[a]{f'c} \left(\text{valores en } \frac{kg}{cm^2} \right), \text{ segun el ACI 363}$$

Donde:

a: varía entre 1.99 y 3.18

2.5.2.6. *Modulo elástico del concreto*

Se puede calcular el módulo elástico a partir de la resistencia a compresión o flexo – tracción de acuerdo a las correlaciones establecidas

Los concretos de alto desempeño, cuentan con una resistencia a la compresión superior a 40Mpa, la estimación puede ser incierta. De acuerdo a la normativa AASHTO 93, indica que el módulo elástico puede ser hallado mediante una correlación, el cual recomienda el método ACI. (MTC, 2013).

$$E = 57,000x(f'c)^{0.5}; (f'c \text{ en PSI})$$

2.5.2.7. *Drenaje (Cd)*

Cuando hablamos del drenaje nos referimos a que las aguas se escuran evitando que malogre la estructura. el drenaje es la probabilidad de que debajo de un pavimento rígido drene el agua libre o humedad por un cierto tiempo. El nivel de drenaje de las capas intermedias va depender de los tipos de drenaje que se han diseñado.

La MTC nos indica en su manual que el drenaje puede presentar valores que pueden estar comprendidos de entre 0.7 y 1.25. debido a esto podemos decir cuando un drenaje es de alto valor, el cual favorece a la estructura.

El coeficiente de drenaje se determina a través de la calidad del material, en función de sus dimensiones, granulometría y características permeables. Luego que el material sea

saturado y siga cumpliendo con alguna condición se puede considerar que el material es excelente de acuerdo a la tabla siguiente: (MTC, 2013)

Tabla 21

Condiciones de drenaje.

Condiciones de drenaje	50% de saturación en	85% de saturación en
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	Mas de 10 horas
Muy pobre	El agua no drena	Mucho más de 10 horas

Fuente: (MTC, 2013)

Después de haber caracterizado el material y su calidad de drenaje, hallaremos el Cd correlacionando con el grado de exposición de la estructura a niveles de humedad que están cerca a la saturación. Para ello se usará la siguiente tabla. (MTC, 2013).

Tabla 22

Factor de drenaje de las capas granulares Cd

Calidad de drenaje	% del tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	< 1%	1 a 5%	5 a 25%	> 25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Regular	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Pobre	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80

Muy pobre	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70
------------------	-------------	-------------	-------------	------

Fuente: (MTC, 2013)

2.5.2.8. *Transferencia de cargas (J)*

Es un término que se usa en el diseño de pavimentos rígidos para definir la transferencia o distribución de cargas entre las juntas y fisuras. La construcción de una estructura definirá sus valores para la existencia de bermas laterales o no, la existencia de dispositivos de transferencia de cargas o no. De acuerdo al manual de la MTC el valor de “J” es proporcional con el espesor de la losa de concreto; el cual nos dice que, a menor valor de J, menor será el espesor del concreto. La MTC el coeficiente de transmisión de carga que asume para J es 3.2 de acuerdo las condiciones de la prueba AASHTO. (MTC, 2013).

Tabla 23

Valores de coeficiente de transmisión de carga J

Tipo de bermas	J			
	Granular o asfáltica		Concreto hidráulico	
Valores J	SI (con pasadores)	No (con pasadores)	SI (con pasadores)	NO (con pasadores)
	3.2	3.8 – 4.4	2.8	3.8

Fuente: (MTC, 2013)

Fundamentación científica

Huaraz es uno de los lugares con gran cantidad de calles con pavimentados con concreto y también la vida útil de estos concretos es muy corta debido a que presentan fallas en su superficie y también en la estructura, estas causas son ocasionadas debido a la deficiencia en el diseño, en los procesos constructivos, también los factores climáticos y las cargas de transición que llega a soportar. Estas acciones con el pasar del tiempo se agudiza debido a que las municipalidades o el gobierno regional no cuentan con programas de mantenimiento preventivo en la vida útil del pavimento. Como también no tienen una

metodología adecuada que permita conocer con mayor exactitud el grado de deterioro y severidad de los pavimentos. (Espinoza, 2016, pág. 14).

La problemática de los malos pavimentados en las calles de la ciudad de Huaraz se ve reflejado en la incomodidad y poco confort que ofrece a la población, debido a que las autoridades no tienen ningún afán de realizar los mantenimientos necesarios, por lo que se ve que esperan que las vías lleguen a un total deterioro para poder realizar otra nueva pavimentada, que tampoco tendrá una vida útil larga. De este modo podemos decir que las técnicas de ingeniería ofrecen metodologías que puedan ayudar a realizar evaluaciones oportunas que muestran el estado de deterioro del pavimento rígido, también tener identificado las fallas que puede presentar, también puede determinar el grado de fallas y severidad, de este modo tomar las acciones de mantenimiento rutinario y el periodo que permitan mantener en servicio las vías y como también llegar a prolongar su vida útil, de esta manera logrando que las inversiones que se realicen por parte del estado sean más eficientes. (Espinoza, 2016, pág. 14).

En la ingeniería civil el uso del concreto es muy usado para la realización de las construcciones, en este caso nos centraremos en los pavimentos rígidos debido a que con mayor frecuencia son más usados, lo que como se puede observar que la losa del pavimento rígido tiene que ser más gruesa para que no falle o se hagan fisuras. Este tema es de gran importancia ya que si las calles están dañadas genera malestar en la población y también evitando el desarrollo de la ciudad.

Se ha elegido este tema para mejorar la elaboración del pavimento rígido; que sea más resistente a la flexión y compresión, también lograr disminuir los desperdicios de alambre N°16 reutilizándolos, este tema nos interesó por lo que la construcción de las vías es favorable para la sociedad y su durabilidad también es un punto por el cual también nos interesó el tema, ya que debido al clima los pavimentos rígidos sufren más, por lo que se busca mejores soluciones.

La intención de esta investigación es analizar e investigar de cómo realizar un pavimento rígido reforzado con fibra de alambre N°16 reciclado, para obtener una mejor resistencia a la compresión y tracción.

Justificación

La elaboración de la presente investigación busca complementar los conocimientos existentes relacionados a materiales reciclados, para poder adicionar a un concreto estructural y no estructural, de esta forma realizar mejoras en sus propiedades físicas y mecánicas en comparación de un concreto convencional o que tenga características similares a un concreto con fibras de acero comercial.

La elaboración del concreto en grandes cantidades hace que la industria de la construcción busque mejores formas de mejorar y optimizar la producción, de este modo realizando un concreto con resistencia a la compresión y flexión, que los concretos convencionales y también se busca mitigar el impacto ambiental reciclando alambres N°16.

Actualmente distintos autores han demostrado que al incorporar fibras de acero en la mezcla del concreto mejora las propiedades, las cuales son usadas para elaborar losas industriales, pavimentos, recubrimiento de túneles mediante el sistema de concreto lanzado, para elementos prefabricados, etc. En nuestra sociedad la construcción de pavimentos rígidos es muy demandado, las cuales son sometidas a las cargas constantes de los vehículos, debido los esfuerzos sometidos sufren fisuraciones, eso conlleva a un mayor costo, ocasionando más gastos resanando las partes dañadas o en el peor de los casos realizar un nuevo proyecto. Por este motivo se busca la elaboración de concretos más resistentes a la compresión y flexibles con el apoyo de fibras de alambre N°16 recicladas.

En el campo de la ingeniería civil, en la construcción las fibras de acero son muy usadas en la mezcla del concreto para mejorar el desempeño del concreto, como el aumento de su resistencia, el control del agrietamiento y la mitigación de fisuras; debido a esto se busca llegar a los mismos resultados al momento de utilizar el alambre N°16 reciclado en la mezcla del concreto.

La presente investigación tiene por objetivo la utilización de materiales reciclados como el alambre N°16, para la elaboración de concreto, de este modo mejorar sus propiedades; considerando que al momento de reutilizar los alambre N°16 reciclados es una alternativa sostenible y eficiente al conseguir un concreto con características adecuadas de resistencia y control de fisuras. De este modo se realizará un aporte a la industria de la construcción y también conllevará que las futuras generaciones puedan reciclar y reutilizar los alambres N°16 en la elaboración de concretos, logrando mejores propiedades físicas y mecánicas, de este modo también disminuir con la contaminación ambiental.

Problemática

Hemos llegado en tiempos donde el consumo desmedido de los recursos naturales empleados en la fabricación del cemento, es el boom de la construcción, pero también es uno de los más grandes generadores de residuos a nivel nacional. La extracción, transporte y tratamiento del material primo, generan contaminación en la localidad y al planeta tierra, debido al impacto medio ambiental que genera dichos actos. De este modo se busca impulsar mejores alternativas sustentables en la ejecución de obras civiles, por lo que se busca que el concreto sea más resistente a la compresión, por lo que la investigación busca que sea beneficioso para la sociedad (Walhoff, 2017, pág. 2).

La contaminación en la industria de la construcción es uno de los factores más importantes, por los que debido a que las construcciones llegan a afectar los ecosistemas y el medio ambiente, debido a esto el calentamiento global cada año se hace más intenso, esto ocasiona cambios climáticos provocando inundaciones, desbordes, huaycos, crecidas de ríos, como los que pasaron las costas del Perú en este 2024, debido a los daños ocasionados se generaron pérdidas económicas. Debido a esto el cambio climático es uno de los factores más importantes para la población futura.

La utilización del concreto es uno de los materiales más usados en las obras de construcción civil, por sus propiedades como durabilidad, trabajabilidad y su gran resistencia. El concreto en la actualidad tiene una utilización muy diversa en los campos de la construcción civil, como edificios, puentes, carreteras, losas industriales, presas, etc. (Jara, 2022, pág. 3)

La presente investigación tiene como problemática el desarrollo tecnológico de la ingeniería civil y la mitigación del impacto ambiental, debido a la reutilización del material en desechos para este caso se usará fibra de alambre N°16 reciclado, para fines experimentales la fibra de alambre N°16 se cortara en longitudes de 50 mm el que se adicionara al concreto en porcentajes para mejorar sus propiedades, como la resistencia a la compresión y a la flexión, también la disminución del espesor de la losa y una disminución en el costo en relación al concreto convencional, de este modo siendo una alternativa que para acortar el impacto ambiental y también a su vez socioeconómica debido a que se hace reutilización de material reciclado como las fibras de alambre N°16 añadido al concreto en porcentajes para mejorar sus características del concreto. Por lo que, si esta investigación tienes resultados positivos, esto llevara a que los pavimentos rígidos tengan una mejor propiedad y una vida más larga.

Formulación del problema

Por las problemáticas tratadas anteriormente, se busca darles uso a las fibras de alambre N°16 reciclado para mejorar las propiedades del concreto y poder reducir el grado de contaminación ambiental, se plantea realizar una investigación el cual partirá de las siguientes interrogantes.

Problema general

¿Cuál es la influencia que puede llegar a tener el concreto reforzado con fibras de alambre N°16 recicladas, en las propiedades de un pavimento rígido?

Problemas específicos

1. ¿Cuál es la resistencia a compresión y la flexión del concreto patrón $f'_c=210\text{kg/cm}^2$?
2. ¿Cuál es la relación de agua – cemento del concreto experimental $f'_c=210\text{ kg/cm}^2$?
3. ¿Cuál es la resistencia a la compresión y la flexión del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ reforzado con fibras de alambre N°16 reciclado, remplazando el 1.5%, 2% y 2.5% del agregado fino?
4. ¿Realizar el análisis comparativo de la resistencia del concreto sin refuerzo, con respecto al concreto reforzado con fibras de alambre N°16 reciclado para pavimentos rígidos?
5. ¿Cuál es el impacto económico de la incorporación de alambre N°16 reciclado en la producción de concreto, considerando el costo de los materiales ante la posible reducción en el uso de cemento?

Hipótesis

La sustitución de agregado fino en 1.5%, 2%, y 2.5% por fibras de alambre N°16 reciclado y también se realizará con un concreto patrón para poder comparar la diferencia de la resistencia a la compresión y a la flexión para la utilización en pavimentos rígidos.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar las propiedades del concreto adicionando las fibras de alambre N°16 reciclado en 1.5%, 2% y 2.5% para pavimentos rígidos.

Objetivo específico

1. Determinar la resistencia a la compresión y flexión de un concreto patrón $f'_c=210$ kg/cm².
2. Determinar la relación de agua – cemento del concreto experimental $f'_c=210$ kg/cm².
3. Determinar la resistencia a la compresión y flexión del concreto $f'_c=210$ kg/cm² reforzado con fibras de alambre N°16 reciclado, reemplazando el 1.5%, 2% y 2.5% del agregado fino.
4. Determinar el análisis comparativo de la resistencia del concreto sin refuerzo, con respecto al concreto reforzado con fibras de alambre N°16 reciclado, para pavimentos rígidos.
5. Evaluar el impacto económico de la incorporación de alambre N°16 reciclado en la producción de concreto, considerando el costo de los materiales y la posible reducción en el uso de cemento

CAPITULO II

1. Metodología del trabajo

1.1. Enfoque de investigación

El enfoque de la presente investigación es de tipo cuantitativo, debido a que se registran medidas, datos, ensayos del concreto patrón y con la sustitución del agregado fino por las fibras de alambre N°16 reciclado, el cual se determinara la resistencia a la compresión y a la flexión, los estudios se realizaran en un laboratorio especializado.

1.2. Tipo de investigación

La investigación que se ha desarrollado es de tipo aplicado y explicativo debido a que se desarrolló con la finalidad de resolver problemas relacionados a la construcción, específicamente en las propiedades del concreto para los pavimentos rígidos; el cual busca verificar técnicas y métodos que optimicen los procesos del concreto y demostrar las hipótesis planteadas para verificar la eficiencia o ineficiencia.

1.3. Diseño de investigación

La investigación que se ha desarrollado es un diseño de tipo cuasi – experimental, debido a que se manipulan variables independientes y dependientes. La variable independiente en el diseño del concreto es sustituyendo el agregado fino por fibras de alambre N°16 reciclado en porcentajes de 1.5%, 2% y 2.5% respectivamente, buscando resultados de acuerdo al ensayo de concreto endurecido, evaluando su resistencia a la compresión y flexión.

Además, esta investigación se aplica, en vista que las conclusiones buscan darnos una mejoría al concreto normal reforzándolo con fibras de alambre reciclado las cuales podrían servir para el uso de pavimentos rígido, losas industriales y otras obras similares.

Todo el trabajo con respecto a los ensayos, se realizará en el laboratorio de la Universidad San Pedro sede de Chimbote, en donde un profesional nos estará guiando en todo el proceso.

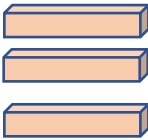
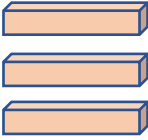
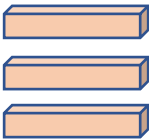
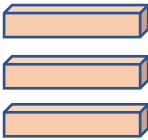
2. Población y muestra

2.1. Población

La población de esta investigación está constituida por 36 probetas y 12 vigas de concreto, para poder llevarlos a laboratorio y realizar sus respectivos estudios de compresión y flexión. Con la adición de fibras de alambre N°16 reciclado en proporción de 1.5%, 2%,

2.5% en relación del peso del concreto, para un concreto $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, para luego realizar el estudio para la disminución del volumen del pavimento rígido.

Tabla 24
Diseño patrón y experimental de probetas y viguetas

Edades de ensayo (días)	Resistencia a compresión del concreto sustituyendo el agregado fino por fibras de alambre N°16 reciclado en 1.5%, 2% y 2.5%			
	Patrón	Fibras de alambre N°16 reciclado		
	0%	1.5%	2%	2.5%
7				
14				
28				
Total	36 probetas			
Edades de ensayo (días)	Resistencia a flexión del concreto sustituyendo el agregado fino por fibras de alambre N°16 reciclado en 1.5%, 2% y 2.5%			
	Patrón	Fibras de alambre N°16 reciclado		
	0%	1.5%	2%	2.5%
28				
Total	12 viguetas			

Fuente: Elaboración propia

2.2. Muestras

Los ensayos realizados son complejos, por lo que debido a eso, las muestras serán del tipo no probabilístico, donde se realizara un muestreo por conveniencia.

La población de esta investigación está constituida por 36 probetas y 12 vigas de concreto, para poder llevarlos a laboratorio y realizar sus respectivos estudios de compresión y flexión. Con la adición de fibras de alambre N°16 reciclado en proporción de 1.5%, 2%, 2.5% en relación del peso del concreto, para un concreto $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, para luego realizar el estudio para la disminución del volumen del pavimento rígido.

para poder obtener un buen muestreo de todos los ensayos se aplicará la NTP 339.183, "práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio", en esta norma en el capítulo 5 "Especímenes", ítem 5.5 "numero de especímenes" donde hace mención que se debe realizar de 3 a más especímenes para cada edad de ensayo.

Cómo se puede apreciar en la anterior tabla 24. Muestra la cantidad de especímenes que se realizaran, siguiendo las recomendaciones mencionadas.

2.3. Técnicas e instrumentos de investigación

Las técnicas que se emplearon para esta investigación fueron guiados por la norma técnica peruana, donde cada ensayo fue determinado con sus respectivos cálculos matemáticos.

Para obtener resultados de los ensayos se usaron las normas técnicas peruanas. Los ensayos fueron de propiedades físicas de los agregados, diseño de mezcla, análisis del concreto endurecido, también se realizó la interpretación de los datos.

2.4. Recursos empleados

Para esta tesis los se emplearon principalmente antecedentes y bibliografías, donde encontramos artículos, estudios, tesis, libros, etc. En la que los autores nos brindan sus investigaciones realizadas y las conclusiones que llegaron a obtener, de este modo tener un buen concepto y análisis del tema.

También para los ensayos se utilizó el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro, donde estaba equipado con herramientas y equipos calibrados para los ensayos de los materiales y el concreto a investigar.

El software usado para la presente investigación es el Excel 2019, el cual se usó para la recolección de datos registrados y para el procesamiento de cálculos.

Otros recursos indispensables también fueron, el reglamento nacional de edificaciones, las normas técnicas peruanas y el manual de carreteras del ministerio de transportes.

3. Plan de recolección, procesamiento, análisis e interpretación de la información.

3.1. Plan de recolección de datos

✓ Agregados

Se utilizaron agregados como la piedra chancada con tamaño máximo $\frac{3}{4}$ " y arena gruesa las cuales fueron extraídas de la “cantera Rolan” que está ubicado en Tacllan – Huaraz – Ancash.

Figura 17

Recolección de agregados



fuelle: elaboración propia



fuelle: elaboración propia

Los agregados extraídos pasarán por una serie de pruebas para determinar las características físicas de cada agregado para luego realizar el diseño de mezcla, todos los estudios realizados tendrán como guía las normas:

- NTP 400.010, Extracción y preparación de las muestras en agregados.

- NTP 339.185. Método de ensayo normalizado para de humedad total evaporable de agregados por secado.
- NTP 400.012, Análisis granulométrico de agregado fino, grueso y global.
- NTP 400.017, Método de ensayos para determinar el peso unitario del agregado.
- NTP 400.018, Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μ m (200) por lavado en agregados.
- NTP 400.021, Método de ensayo normalizado para el peso específico y absorción de agregados gruesos.
- NTP 400.022, Método de ensayo normalizado para el peso específico y absorción de agregado fino.

✓ **Cemento**

El cemento utilizado es un cemento común en la zona para la elaboración de todo proyecto con las características portland tipo I

✓ **Agua**

El agua utilizada es agua potable el cual es muy buena para los ensayos.

✓ **Fibras de alambre N°16 reciclado**

Las fibras de alambre N°16 recicladas, serán cortadas en dimensiones de 50 mm de largo, como también sabemos que cuentan con un diámetro de 0.04 mm, los cuales serán proporcionados en 1.5%, 2% y 2.5% sustituyendo el agregado fino en dichas proporciones.

Figura 18

Fibras de alambre



Fuente: Elaboración propia

CAPITULO III

1. RESULTADOS

1.1. Ensayo de las propiedades físicas de los agregados

Los agregados para la realización del diseño de mezcla, se les realizó un estudio para sus características físicas las cuales fueron a base de las normas:

- NTP 400.010, Extracción y preparación de las muestras en agregados.
- NTP 339.185. Método de ensayo normalizado para de humedad total evaporable de agregados por secado.
- NTP 400.012, Análisis granulométrico de agregado fino, grueso y global.
- NTP 400.017, Método de ensayos para determinar el peso unitario del agregado.
- NTP 400.018, Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μ m (200) por lavado en agregados.
- NTP 400.021, Método de ensayo normalizado para el peso específico y absorción de agregados gruesos.
- NTP 400.022, Método de ensayo normalizado para el peso específico y absorción de agregado fino.

Tabla 25*Características físicas*

Características físicas		
Descripción	Agregado fino	Agregado grueso
Módulo de fineza	3.00	6.73
tamaño máximo	3/8"	3/4"
%contenido de humedad	5.67 %	0.20 %
% pasante malla #200	5.5 %	3.8 %
Absorción (%)	1.10%	0.93 %
Peso específico (tn/m3)	2.63	2.61
Peso seco suelto (kg/m3)	1324.00	1290.00
Peso seco compactado (kg/m3)	1658.00	1426.00

1.1.1. Análisis granulométrico agregado grueso

Se realizará el análisis granulométrico del agregado grueso de 3/4" (19 mm), para describir sus propiedades para realizar el diseño de mezcla del concreto.

Tabla 26*Análisis granulométrico del agregado grueso*

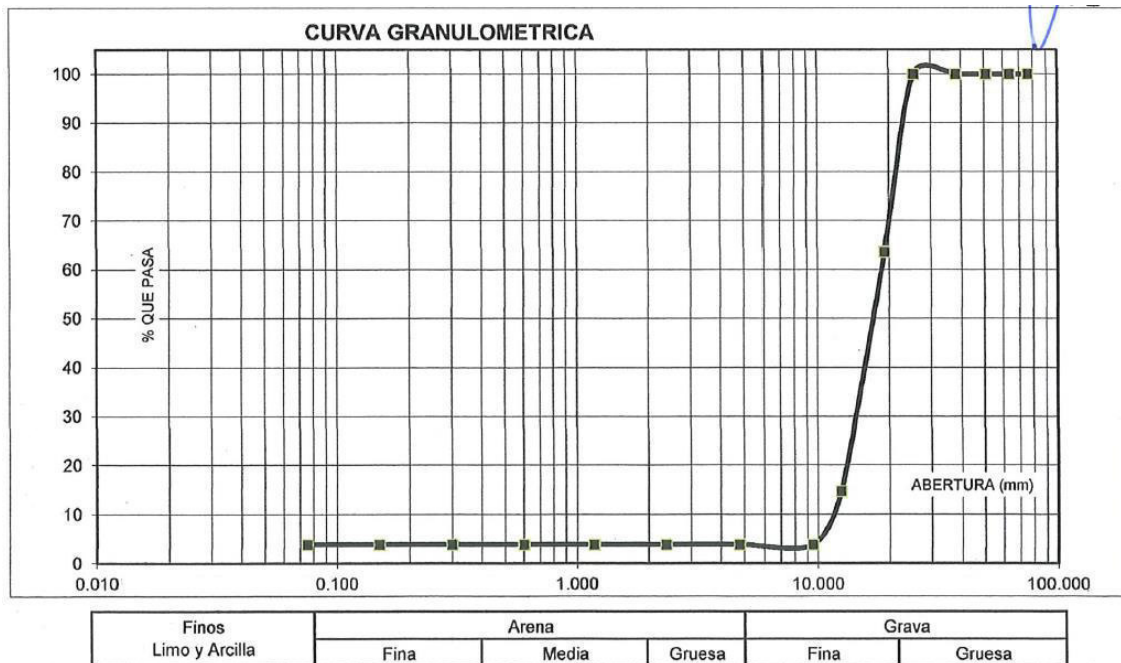
Tamizado del agregado grueso					
Tamiz	Abertura	Peso	% retenido	% retenido	% que
Nº	(mm)	retenido	parcial	acumulado	pasa
		(gr)			

2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.10	459.7	36.40	36.40	63.60
½"	12.50	618.2	48.9	85.30	14.70
⅜"	9.52	137.7	10.9	96.20	3.80
4"	4.76	0.00	0.00	96.20	3.80
Fondo		48.5	3.8	100.00	0.00
Total		1264.10	100.00	Módulo de fineza	6.63

Fuente: Elaboración propia

Figura 19

Curva granulométrica del agregado grueso



Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos de la USP

1.1.2. Análisis granulométrico del agregado fino

Se realizará el análisis granulométrico para el agregado fino, para describir sus propiedades para realizar el diseño de mezcla del concreto.

Tabla 27

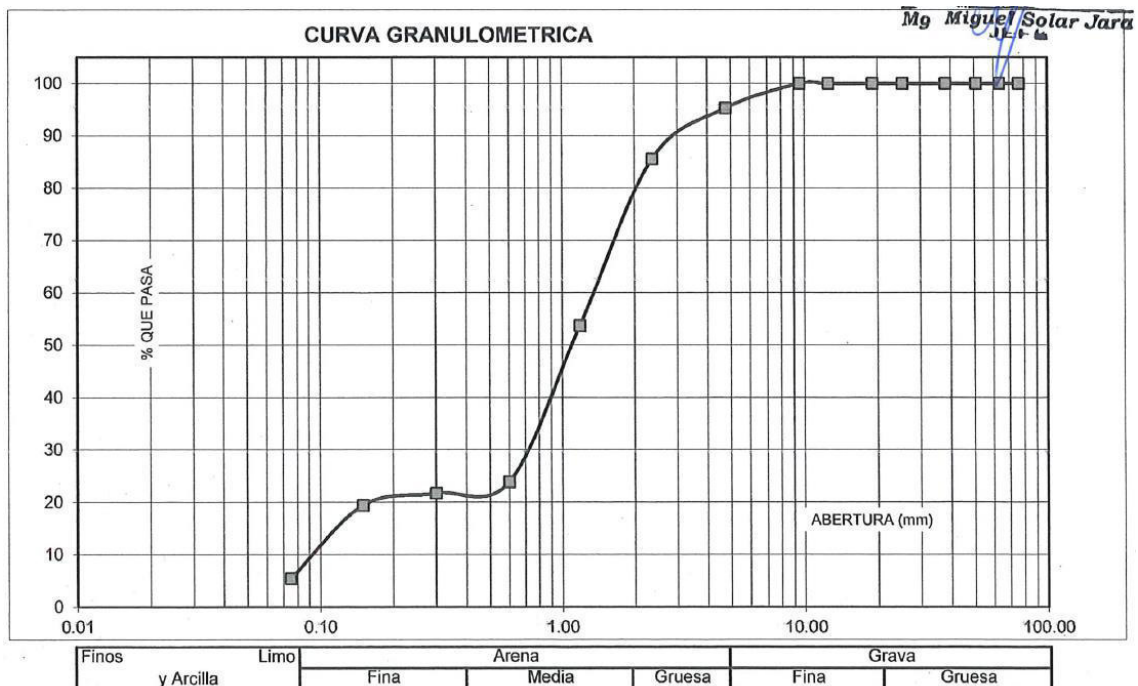
Análisis granulométrico del agregado fino

Tamizado del granulométrico del agregado fino					
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa
3/8"	9.52	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.76	20.70	4.70	4.70	95.30
8	2.36	42.30	9.70	14.40	85.60
16	1.18	139.00	31.90	46.30	53.70
30	0.60	129.80	29.80	76.10	23.90
50	0.30	9.50	2.20	78.30	21.70
100	0.15	10.00	2.30	80.60	19.40
200	0.08	60.80	13.90	94.50	5.50
Fondo		23.90	5.5	100.00	0.00
total		436.00	100	Módulo de fineza	3.00

Fuente: Elaboración propia

Figura 20

Curva granulométrica del agregado grueso



Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos de la USP

1.2. *Peso unitario*

Para poder determinar los pesos unitarios del agregado grueso y el agregado fino se realiza el procedimiento del pesado de cada material se repite 3 veces el pesado, este proceso se realiza para obtener una mejor precisión.

Peso unitario del agregado grueso

Tabla 28

Peso unitario del agregado grueso

Tipo del peso unitario	Peso unitario suelto			Peso unitario compactado		
	1	2	3	1	2	3
Peso material + molde	18050	17095	18000	19045	19065	19050
Peso de molde	5050	5050	5050	5050	5050	5050
Peso material	13000	12045	12950	13995	14015	14000

Volumen del molde	9800	9800	9800	9800	9800	9800
Peso unitario	1327	1229	1321	1428	1430	1429
Peso unitario promedio (Kg/m ³)		1292			1429	
Corregido por humedad		1290			1426	

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos de la USP

Peso unitario del agregado fino

Tabla 29

Peso unitario del agregado grueso

Tipo del peso unitario	Peso unitario suelto			Peso unitario compactado		
Muestra N°	1	2	3	1	2	3
Peso material + molde	7130	7150	7165	8120	8085	8145
Peso de molde	3300	3300	3300	3300	3300	3300
Peso material	3830	3850	3865	4820	4785	4845
Volumen del molde	2750	2750	2750	2750	2750	2750
Peso unitario	1393	1400	1405	1753	1740	1762
Peso unitario promedio (Kg/m ³)		1399			1752	
Corregido por humedad		1324			1658	

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos de la USP

Contenido de humedad

Debido a que los agregados tienen gran porcentaje en el concreto debemos hacer los estudios de humedad ya que en su mayor caso los agregados son sacados del río por lo que en su mayor parte del tiempo están húmedos, debido a esto se debe determinar frecuente mente el contenido de humedad, para después corregir las proporciones del diseño de mezcla.

Contenido de humedad del agregado grueso

Tabla 30

Contenido de humedad del agregado grueso

Agregado grueso		
Nº recipiente	01	02
Peso del recipiente + suelo húmedo (gr.)	1348.9	1273.6
Peso recipiente + suelo seco (gr.)	1346.9	1271.3
Peso de recipiente (gr.)	211.5	197.3
Peso del agua (gr.)	2	2.3
Peso suelto seco (gr.)	1135.4	1074
Humedad (%)	0.18	0.21
Humedad promedio (%)	0.20	

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos

Contenido de humedad del agregado fino

Tabla 31

Contenido de humedad del agregado fino

Agregado fino		
N° recipiente	01	02
Peso del recipiente + suelo húmedo (gr.)	1086.1	1290.9
Peso recipiente + suelo seco (gr.)	1035.7	1233.9
Peso de recipiente (gr.)	169.9	201.7
Peso del agua (gr.)	50.4	57.0
Peso suelto seco (gr.)	865.8	1032.2
Humedad (%)	5.82	5.52
Humedad promedio (%)	5.67	

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos USP

Gravedad específica y absorción de agregados

Agregado fino

Para agregados finos se llena en un cono para posteriormente darle 25 golpes con una pequeña varilla, después se le quita el cono y si mantiene la forma es que aún está húmedo, pero si por todo lo contrario se desploma, significa que esta superficialmente seco.

Tabla 32

Peso específico y absorción de agregado fino

AGREGADO FINO

Peso del material saturado sup. Seca (en aire)	300.00	300.00
Peso frasco + h ₂ O	654.10	653.00
Volumen de masa + volumen de vacío	954.10	953.00
Peso fresco + h ₂ O + material	837.00	844.00
Volumen de masa + volumen de vacío	117.10	109.00
Peso del material seco en estufa (105°C)	296.30	297.20
Volumen de masas	113.40	106.20
P.e bulk (base seca)	2.530	2.727
P.e bulk (base saturada)	2.562	2.752
P.e aparente (base seca)	2.613	2.798
(%) de absorción	1.25	0.94

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos, USP

Agregado grueso

Tabla 33

Peso específico y absorción del agregado grueso

AGREGADO GRUESO		
Peso del material saturado sup. Seca (en aire)	954.40	963.00
Peso del material saturado sup. Seco (en agua)	592.40	598.00

Volumen de masa + volumen de vacío	362.00	365.00
Peso del material seco en estufa (105°C)	946.10	953.60
Volumen de masas	353.70	355.60
P.e bulk (base seca)	2.614	2.613
P.e bulk (base saturada)	2.636	2.638
P.e aparente (base seca)	2.675	2.682
(%) de absorción	0.88	0.99

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos, USP

1.3. *Diseño de mezcla con y sin adiciones para los especímenes*

Para el presente proyecto se realizó el diseño de mezcla con el método ACI y siguiendo los parámetros de la norma E 0.60.

Los diseños de mezcla se presentarán a continuación en los cuadros de resumen en el que se encontrara el diseño sin sustituir el agregado fino y también con sustitución de porcentaje de agregado fino.

❖ Diseño de mezcla convencional $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sin sustitución.

Tabla 34.

Diseño de mezcla del concreto patrón

RESISTENCIA DE DISEÑO	
Resistencia de diseño $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	
Datos técnicos	
Agregado fino	Agregado grueso

Módulo de fineza = 3.00

Contenido de humedad (%) = 5.67%

Contenido de humedad (%) = 0.20%

Absorción (%) = 1.10%

Absorción (%) = 0.93%

Peso específico (tn/m³) = 2.63

Peso específico (tn/m³) = 2.61

Peso seco suelto (kg/m³) = 1324

Peso seco suelto (kg/m³) = 1290

Peso seco compactado (kg/m³) = 1658

Peso seco compactado (kg/m³) = 1426

VALORES DE DISEÑO

Resistencia a la compresión MPa = 21.0

Resistencia a la compresión kg/cm² = 210

Peso específico del cemento = 3.10

Tamaño máximo nom. (pulg) = 3/4"

Revenimiento (pulg) = 3" a 4" =

Relación a/c = 0.684

Aire incluido (%) = 2%

Volumen de agregado = 0.67

CANTIDAD DE MATERIAL POR M³ DE CONCRETO – PESOS HÚMEDOS

Material	Kg/cm ³
----------	--------------------

Cemento tipo I	299.708
----------------	---------

Piedra	857.450
--------	---------

Arena	974.361
-------	---------

Agua	169.106
------	---------

% de alambre N°16 reciclado	-
-----------------------------	---

Peso específico del concreto (kg/cm ³) =	2300.625
--	----------

CANTIDAD DE MATERIAL EN VOLUMEN HÚMEDO – PROPORCIONES

	Proporción	Proporción
Material	Peso	Volumen
Cemento tipo I	1	1
Piedra	2.86	3.32
Arena	3.25	3.49
Agua	0.56	23.98
% de alambre N°16 reciclado	-	-

Fuente: elaboración propia

- ❖ Diseño de mezcla convencional $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo el agregado fino por alambre reciclado N°16

Tabla 35

Diseño de mezcla del concreto con sustitución del 1.5%

RESISTENCIA DE DISEÑO	
Resistencia de diseño $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	
Datos técnicos	
Agregado fino	Agregado grueso
Módulo de fineza = 3.00	
Contenido de humedad (%) = 5.67%	Contenido de humedad (%) = 0.20%
Absorción (%) = 1.10%	Absorción (%) = 0.93%
Peso específico (tn/m^3) = 2.63	Peso específico (tn/m^3) = 2.61

Peso seco suelto (kg/m^3) = 1324	Peso seco suelto (kg/m^3) = 1290
Peso seco compactado (kg/m^3) = 1658	Peso seco compactado (kg/m^3) = 1426

VALORES DE DISEÑO

Resistencia a la compresión MPa = 21.0

Resistencia a la compresión kg/cm^2 = 210 Peso específico del cemento = 3.10

Tamaño máximo nom. (pulg) = 3/4" Revenimiento (pulg) = 3" a 4" =

Relación a/c = 0.684 Aire incluido (%) = 2%

Volumen de agregado = 0.67

CANTIDAD DE MATERIAL POR M³ DE CONCRETO – PESOS HÚMEDOS

Material	Kg/cm ³
Cemento tipo I	299.71
Piedra	857.45
Arena	959.74
Agua	169.11
% de alambre N°16 reciclado	14.615
Peso específico del concreto (kg/cm^3) =	2300.625

CANTIDAD DE MATERIAL EN VOLUMEN HÚMEDO – PROPORCIONES

	Proporción	Proporción
Material	Peso	Volumen
Cemento tipo I	1	1
Piedra	2.86	2.86

Arena	3.25	3.20
Agua	0.56	23.98
% de alambre N°16 reciclado	1.5%	0.05

Fuente: elaboración propia

Tabla 36

Diseño de mezcla del concreto con sustitución del 2%

RESISTENCIA DE DISEÑO	
Resistencia de diseño $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	
Datos técnicos	
Agregado fino	Agregado grueso
Módulo de fineza = 3.00	
Contenido de humedad (%) = 5.67%	Contenido de humedad (%) = 0.20%
Absorción (%) = 1.10%	Absorción (%) = 0.93%
Peso específico (tn/m^3) = 2.63	Peso específico (tn/m^3) = 2.61
Peso seco suelto (kg/m^3) = 1324	Peso seco suelto (kg/m^3) = 1290
Peso seco compactado (kg/m^3) = 1658	Peso seco compactado (kg/m^3) = 1426
VALORES DE DISEÑO	
Resistencia a la compresión MPa = 21.0	
Resistencia a la compresión $\text{kg/cm}^2 = 210$	Peso específico del cemento = 3.10
Tamaño máximo nom. (pulg) = 3/4"	Revenimiento (pulg) = 3" a 4" =

Relación a/c = 0.684	Aire incluido (%) =2%
	Volumen de agregado =0.67

CANTIDAD DE MATERIAL POR M³ DE CONCRETO – PESOS HÚMEDOS

Material	Kg/cm³
Cemento tipo I	299.71
Piedra	857.45
Arena	954.87
Agua	169.11
% de alambre N°16 reciclado	19.487
Peso específico del concreto (kg/cm³) =	2300.625

CANTIDAD DE MATERIAL EN VOLUMEN HÚMEDO – PROPORCIONES

	Proporción	Proporción
Material	Peso	Volumen
Cemento tipo I	1	1
Piedra	2.86	2.86
Arena	3.25	3.19
Agua	0.56	23.98
% de alambre N°16 reciclado	2%	0.07

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37

Diseño de mezcla del concreto con sustitución del 2.5%

RESISTENCIA DE DISEÑO

Resistencia de diseño $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Datos técnicos

Agregado fino

Agregado grueso

Módulo de fineza = 3.00

Contenido de humedad (%) = 5.67%

Contenido de humedad (%) = 0.20%

Absorción (%) = 1.10%

Absorción (%) = 0.93%

Peso específico (tn/m^3) = 2.63

Peso específico (tn/m^3) = 2.61

Peso seco suelto (kg/m^3) = 1324

Peso seco suelto (kg/m^3) = 1290

Peso seco compactado (kg/m^3) = 1658

Peso seco compactado (kg/m^3) = 1426

VALORES DE DISEÑO

Resistencia a la compresión MPa = 21.0

Resistencia a la compresión $\text{kg/cm}^2 = 210$

Peso específico del cemento = 3.10

Tamaño máximo nom. (pulg) = 3/4"

Revenimiento (pulg) = 3" a 4" =

Relación a/c = 0.684

Aire incluido (%) = 2%

Volumen de agregado = 0.67

CANTIDAD DE MATERIAL POR M^3 DE CONCRETO – PESOS HÚMEDOS

Material	Kg/cm^3
Cemento tipo I	299.71
Piedra	857.45
Arena	959.74

Agua	169.11
% de alambre N°16 reciclado	14.615
Peso específico del concreto (kg/cm³) =	2300.625

CANTIDAD DE MATERIAL EN VOLUMEN HÚMEDO – PROPORCIONES

	Proporción	Proporción
Material	Peso	Volumen
Cemento tipo I	1	1
Piedra	2.86	2.86
Arena	3.25	3.17
Agua	0.56	23.98
% de alambre N°16 reciclado	2.5%	0.08

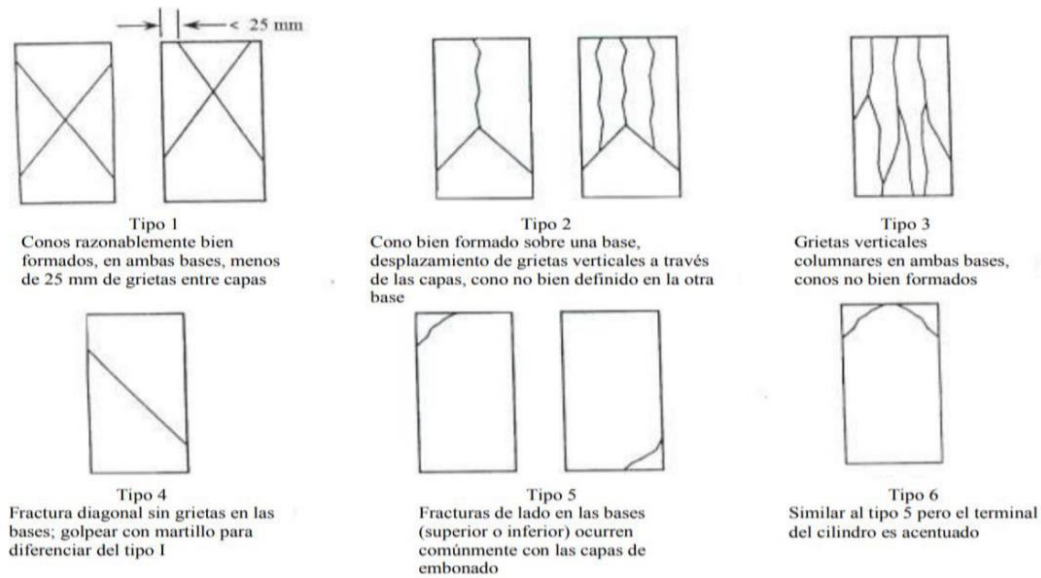
Fuente: Elaboración propia

1.4. *Elaboración de probetas para el ensayo de compresión*

Para los ensayos a compresión de las probetas cilíndricas se siguieron los procedimientos de acuerdo a como nos indica en la NTP 339.034, donde observaremos como es el tipo de fractura que sufre y también la resistencia de cada muestra.

Figura 21

Esquema de los patrones de tipos de fractura



Fuente: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas NTP 339.034.

Resultado de roturas de muestras de concreto patrón

Tabla 38

Resistencia a la compresión del concreto patrón

Muestra	Curado (días)	Fecha		Probeta (codigo)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Esfuerzo prom. (Kg/cm ²)	Resistencia mínima (Kg/cm ²)	Resistencia obtenida
		Moldeo	Rotura					
Patron	7	02/07/2024	09/07/2024	P1 – P	157.61		70%	
				P2 – P	153.92	156.82	147 kg/cm ²	74.67%
				P3 – P	158.93			
				P4 – P	179.66		85%	
	14	02/07/2024	16/07/2024	P5 – P	184.66	180.48	178.5 kg/cm ²	85.94%
				P6 – P	177.12			
				P7 – P	212.15		100%	
	28	02/07/2024	30/07/2024	P8 – P	208.92	212.78	210 kg/cm ²	101.32%
				P9 – P	217.26			

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos. USP

Resultado de roturas de muestras de concreto sustituyendo el 1.5% del agregado fino por fibras alambre N°16 reciclado

Tabla 39

Resistencia a la compresión del concreto sustituyendo el 1.5% del agregado fino por fibras de alambre N°16 reciclado

Muestra	Curado (dias)	Fecha		Probeta (codigo)	Esfuerzo (Kg/cm²)	Esfuerzo prom. (Kg/cm²)	Resistencia minima (Kg/cm²)	Resistencia obtenida
		Moldeo	Rotura					
Sustitucion al 1.5% por fibras de alambre N°16 reciclado	7	02/07/2024	09/07/2024	P1 – P	171.00		70%	
				P2 – P	176.90	174.74		83.21%
				P3 – P	176.32		147 kg/cm2	
	14	02/07/2024	16/07/2024	P4 – P	225.95		85%	
				P5 – P	222.29	225.09	178.5	107.19%
				P6 – P	227.05		kg/cm2	
	28	02/07/2024	30/07/2024	P7 – P	247.11		100%	
				P8 – P	243.49	247.54		117.88%
				P9 – P	252.01		210 kg/cm2	

Fuente: laboratorio de mcanica de suelos. USP

Resultado de roturas de muestras de concreto sustituyendo el 2 % del agregado fino por fibras alambre N°16 reciclado

Tabla 40

Resistencia a la compresión del concreto sustituyendo el 2 % del agregado fino por fibras de alambre N°16 reciclado

Muestra	Curado (dias)	Fecha		Probeta (codigo)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Esfuerzo prom. (Kg/cm ²)	Resistencia minima (Kg/cm ²)	Resistencia obtenida
		Moldeo	Rotura					
Sustitucion al 2% por fibras de alambe N°16 reciclado	7	03/07/2024	10/07/2024	P1 – P	156.01		70%	
				P2 – P	162.90	159.53	147 kg/cm2	75.63%
				P3 – P	159.68			
	14	03/07/2024	17/07/2024	P4 – P	202.64		85%	
				P5 – P	196.04	200.53	178.5	95.49%
				P6 – P	202.91		kg/cm2	
				P7 – P	241.28		100%	
	28	03/07/2024	31/07/2024	P8 – P	232.83	237.94	210 kg/cm2	113.31%
				P9 – P	239.72			

Fuente: Laboratorio de mcanica de suelos. USP

Resultado de roturas de muestras de concreto sustituyendo el 2.5% del agregado fino por fibras alambre N°16 reciclado

Tabla 41

Resistencia a la compresión del concreto sustituyendo el 2.5% del agregado fino por fibras de alambre N°16 reciclado

Muestra	Curado (dias)	Fecha		Probeta (codigo)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Esfuerzo prom. (Kg/cm ²)	Resistencia minima (Kg/cm ²)	Resistencia obtenida
		Moldeo	Rotura					
Sustitucion al 2.5% por fibras de alambre N°16 reciclado	7	03/07/2024	10/07/2024	P1 – P	178.17	180.11	70%	85.76%
				P2 – P	183.02			
				P3 – P	179.13			
	14	03/07/2024	17/07/2024	P4 – P	210.19	212.75	85%	101.31%
				P5 – P	216.32			
				P6 – P	211.73			
	28	03/07/2024	31/07/2024	P7 – P	247.55	246.71	100%	117.48%
				P8 – P	239.70			
				P9 – P	252.89			

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos. USP

1.5. Ensayos de flexion de viguetas

También conocido como probetas prismáticas, los ensayos a flexión se realizarán siguiendo los procedimientos de acuerdo a como lo indica la NTP 339.079.

Resultado de roturas de los ensayos a flexión

Tabla 42

Resistencia a la flexión del concreto patrón

Especimen		Fecha		Ancho	Alto	Longitud	δ	Carga	Modulo rotura
Elemento	Moldeo	Rotura	Edad	b(cm)	d(cm)	L(cm)	(mm)	P(kg)	R(kg/cm ²)
Patron VA-01	02/07/2024	30/07/2024	28	15.2	15.1	45.1	3.05	3952.0	51.4
Patron VA-02	02/07/2024	30/07/2024	28	15.2	15.1	45.2	3.15	4000.0	52.6
Patron VA-03	02/07/2024	30/07/2024	28	15.15	15.15	45	2.7	3911.0	50.6

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos. USP

Tabla 43

Resistencia a la flexión del concreto – experimental 1.5%

Especimen		Fecha		Ancho	Alto	Longitud	δ	Carga	Modulo rotura
Elemento	Moldeo	Rotura	Edad	b(cm)	d(cm)	L(cm)	(mm)	P(kg)	R(kg/cm ²)
Patron VA-01	02/07/2024	30/07/2024	28	15.15	15.15	45	2.95	4626.0	59.90
Patron VA-02	02/07/2024	30/07/2024	28	15.15	15.15	45	2.30	4961.0	64.20
Patron VA-03	02/07/2024	30/07/2024	28	15.15	15.15	45	2.90	4703.0	60.90

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos. USP

Tabla 44*Resistencia a la flexión del concreto – experimental 2%*

Especimen		Fecha		Ancho	Alto	Longitud	δ	Carga	Modulo rotura
Elemento	Moldeo	Rotura	Edad	b(cm)	d(cm)	L(cm)	(mm)	P(kg)	R(kg/cm ²)
Patron VA-01	02/07/2024	30/07/2024	28	15.15	15.15	45	3.12	5096.0	65.9
Patron VA-02	02/07/2024	30/07/2024	28	15.15	15.15	45	3.50	5416.0	70.1
Patron VA-03	02/07/2024	30/07/2024	28	15.15	15.15	45	3.46	5320.0	68.8

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos. USP

Tabla 45*Resistencia a la flexión del concreto patrón*

Especimen		Fecha		Ancho	Alto	Longitud	δ	Carga	Modulo rotura
Elemento	Moldeo	Rotura	Edad	b(cm)	d(cm)	L(cm)	(mm)	P(kg)	R(kg/cm ²)
Patron VA-01	02/07/2024	30/07/2024	28	15.15	15.15	45	3.12	5921.0	76.60
Patron VA-02	02/07/2024	30/07/2024	28	15.15	15.15	45	3.50	5879.0	76.10
Patron VA-03	02/07/2024	30/07/2024	28	15.15	15.15	45	3.46	6020.0	77.90

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos. USP

1.6. Resumen de los resultados promedios de los ensayos a compresion

Los resultados obtenidos de las probetas realizadas fueron ensayadas a distintas edades las cuales fueron 7, 14 y 28 días; los ensayos fueron realizados en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro.

Tabla 46*Ensayos de resistencia a la compresión a distintas edades*

Días	Patrón	Fibras de alambre N°16 reciclado al 1.5%	Fibras de alambre N°16 reciclado al 2%	Fibras de alambre N°16 reciclado al 2.5%
7	156.82	174.74	159.53	180.11
14	180.48	225.09	200.53	212.75
28	212.78	247.54	237.94	246.71

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos, USP

La Resistencia a los 7 días de edad de los ensayos realizados, de los cuales se obtuvo los siguientes datos; el concreto patrón obtuvo una resistencia $f'_c=156.82\text{kg/cm}^2$, el concreto con la sustitución del 1.5% de fibras de alambre N°16 reciclado obtuvo una resistencia $f'_c=174.74\text{ kg/cm}^2$, el concreto con sustitución del 2% de fibras de alambre N°16 reciclado obtuvo una resistencia $f'_c=159.53\text{ kg/cm}^2$ y el concreto con sustitución del 2.5% de fibras de alambre N°16 reciclado obtuvo una resistencia $f'_c=180.11\text{ kg/cm}^2$.

La Resistencia a los 14 días de edad de los ensayos realizados, de los cuales se obtuvo los siguientes datos; el concreto patrón obtuvo una resistencia $f'_c=180.48\text{kg/cm}^2$, el concreto con la sustitución del 1.5% de fibras de alambre N°16 reciclado obtuvo una resistencia $f'_c=225.99\text{ kg/cm}^2$, el concreto con sustitución del 2% de fibras de alambre N°16 reciclado obtuvo una resistencia $f'_c=200.53\text{ kg/cm}^2$ y el concreto con sustitución del 2.5% de fibras de alambre N°16 reciclado obtuvo una resistencia $f'_c=212.75\text{ kg/cm}^2$.

La Resistencia a los 28 días de edad de los ensayos realizados, de los cuales se obtuvo los siguientes datos; el concreto patrón obtuvo una resistencia $f'_c=212.78\text{ kg/cm}^2$, el concreto con la sustitución del 1.5% de fibras de alambre N°16 reciclado obtuvo una resistencia $f'_c=247.54\text{ kg/cm}^2$, el concreto con sustitución del 2% de fibras de alambre N°16 reciclado obtuvo una resistencia $f'_c=237.94\text{ kg/cm}^2$ y el concreto con sustitución del 2.5% de fibras de alambre N°16 reciclado obtuvo una resistencia $f'_c=246.71\text{ kg/cm}^2$.

1.7. *Resumen de los resultados obtenidos de los ensayos a flexión*

Los ensayos se realizaron a los 28 días de edad en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro.

Tabla 47

Ensayos de resistencia a la flexión en viguetas del módulo de rotura

Días	Patrón	Fibras de	Fibras de	Fibras de
		alambre N°16	alambre N°16	alambre N°16
		reciclado al	reciclado al	reciclado al
		1.5%	2%	2.5%
28	51.40	61.67	68.27	76.87

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos, USP

La Resistencia a los 28 días de edad de los ensayos realizados, de los cuales se obtuvo los siguientes datos; el concreto patrón obtuvo un módulo de rotura de $MR=51.40 \text{ kg/cm}^2$, el concreto con la sustitución del 1.5% de fibras de alambre N°16 reciclado obtuvo un módulo de rotura de $MR=61.67 \text{ kg/cm}^2$, el concreto con sustitución del 2% de fibras de alambre N°16 reciclado obtuvo un módulo de rotura de $MR=68.27 \text{ kg/cm}^2$ y el concreto con sustitución del 2.5% de fibras de alambre N°16 reciclado obtuvo un módulo de rotura de $MR=76.87 \text{ kg/cm}^2$.

1.8. *Análisis de costo con concreto convencional*

Para elaborar 1 m^3 de concreto se utilizará los siguientes materiales.

Cemento	:	436.17 Kg	= 10.26 bolsas
Agregado Fino	:	749.18 Kg	= 0.427 m^3
Agregado Grueso	:	952.28 Kg	= 0.678 m^3
Agua	:	201.16 L	= 0.201 m^3

Se investigó costos de los materiales que se resumen la siguiente tabla.

Tabla 48

Precios de los materiales en el mercado local.

Material	Precio Unitario
Cemento	S/. 35.40 x bolsa
Agregado Fino	S/. 49 x m ³
Agregado Grueso	S/. 47 x m ³
Agua	S/. 5 x m ³

Se realizará el Análisis de costos y presupuestos para elaborar 1m³ de concreto con el programa Costos y Presupuestos S10.

Tabla 49

Presupuesto con concreto convencional

S10		Página 1					
Análisis de Precios Unitarios							
Presupuesto: Producción de concreto para pavimentos				Fecha: 16 de febrero de 2025			
Partida	1.00	CONCRETO f'c 210 kg/cm2 PARA PAVIMENTOS					
Rendimiento	m3/DIA	MO 20.0000	EQ.20.0000	Costo unitario por m3			
				S/		584.83	
Código	Descripción	Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial
Mano de Obra							
0147010002	OPERARIO		hh	2.0000	0.8000	27.46	21.97
0147010004	OFICIAL		hh	2.0000	0.8000	21.59	17.27
0147010004	PEON		hh	12.0000	4.8000	19.53	93.74
							132.98
Materiales							
0205000004	PIEDRA CHANCADA DE ¾"		m3		0.678	47.00	31.87
0205010004	ARENA GRUESA		m3		0.4270	49.00	20.92
0221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 KG)		BOL		10.2600	35.40	363.204
0239050000	AGUA		m3		0.2010	5.00	1.01
							417.00
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	417.00	20.85

0348010012	MEZCLADOR DE CONCRETO 9-11 P3	hm	1.0000	0.4000	25.00	10.00
0349070007	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP – 1.50”	hm	0.5000	0.2000	20.00	4.00
						34.85

Fuente: S10

Según el análisis de costos unitarios realizados en el programa Costos y presupuestos S10 se concluye que el costo por producir 1 m³ de concreto f'c 210 kg/cm² de 584.83 soles. Los datos de hora hombre fueron obtenidos de la tabla salarial en vigencia y los costos de los materiales y hora máquina corresponden al entorno local.

1.9. *Análisis de costo con concreto convencional con adición de alambre N° 16 reciclado*

Para elaborar 1 m³ de concreto se utilizará los siguientes materiales.

Cemento	:	414.36 Kg	= 9.75 bolsas
Agregado Fino	:	749.18 Kg	= 0.427 m ³
Agregado Grueso	:	952.28 Kg	= 0.678 m ³
Agua	:	200.34 L	= 0.200 m ³
Alambre N°16 recic	:	14.65 Kg/cm3	

Tabla 50*Presupuesto de concreto convencional con adición de alambre reciclado N°16*

S10				Página 1			
Análisis de Precios Unitarios							
Presupuesto: Producción de concreto para pavimentos con alambre					Fecha: 16 de febrero de 2025		
Partida		1.00		CONCRETO f'c 280 kg/cm2 PARA PAVIMENTOS			
Rendimiento		m3/DIA		MO 20.0000		EQ.20.0000	
						Costo unitario por m3	
						S/ 576.50	
Código	Descripción	Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial
Mano de Obra							
147010002	OPERARIO		hh	2.0000	0.8000	27.46	21.97
147010004	OFICIAL		hh	2.0000	0.8000	21.59	17.27
147010004	PEON		hh	12.0000	4.8000	19.53	93.74
							132.98
Materiales							
205000004	PIEDRA CHANCADA DE 3/4"		m3		0.678	47.00	31.87
205010004	ARENA GRUESA		m3		0.2570	49.00	12.59
221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 KG)		BOL		10.2600	35.40	363.204
239050000	AGUA		m3		0.2010	5.00	1.01
7408.11.00.00	ALAMABRE RECICLADO N°16		Kg/cm3		16.4500	0.0000	0.00
							408.67
Equipos							
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	417.00	20.85
348010012	MEZCLADOR DE CONCRETO 9-11 P3		hm	1.0000	0.4000	25.00	10.00
349070007	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP - 1.50"		hm	0.5000	0.2000	20.00	4.00
							34.85

Fuente: S10

De acuerdo al análisis de precios unitarios del concreto optimizado con alambre reciclado N° 16 para pavimentos se calculó que el costo para producir 1 m³ es de 576.50 soles. Se asume alambre reciclado N° 16 sin ningún precio debido a que este material es desechado y representa un agente contaminante medioambiental.

Comparación

Tabla 5

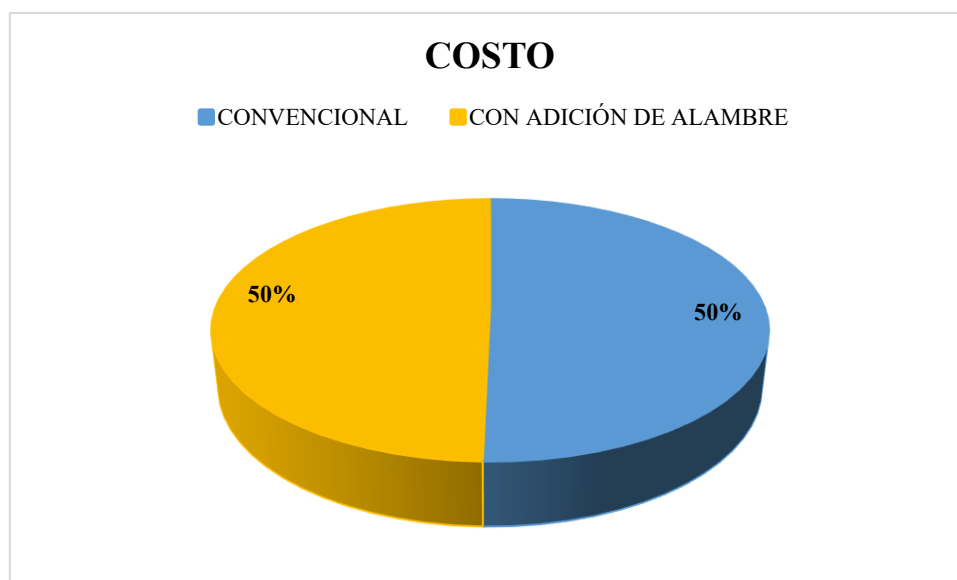
Comparativa de costos

COSTO S/	
CONVENCIONAL	CON ADICIÓN DE ALAMBRE
584.83	576.5

Fuente: Elaboración propia

Figura 22

Comparativa de costos



Fuente: Elaboración propia

Se aprecia una variación de costos de S/8.33 respecto del concreto con adición y con el concreto convencional, debido a que se implementó el uso de menos cantidad de concreto para adicionar a la mezcla del pavimento, lo que equivale un 1.424% de reducción de costo.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

- 1- A los 7 días, el concreto patrón alcanzó una resistencia de 156.82 kg/cm². En comparación, el concreto con 1.5% de fibras de alambre N°16 reciclado obtuvo 174.74 kg/cm², el que contenía 2% de fibras logró 159.53 kg/cm², y el que incorporó 2.5% de fibras alcanzó 180.11 kg/cm². A los 14 días, la resistencia del concreto patrón fue de 180.48 kg/cm². En cuanto a las mezclas con fibras de alambre reciclado, el concreto con 1.5% de fibras presentó 225.99 kg/cm², el que tenía 2% de fibras alcanzó 200.53 kg/cm², y el de 2.5% de fibras obtuvo 212.75 kg/cm². A los 28 días, la resistencia del concreto patrón llegó a 212.78 kg/cm². En las Muestras con adición de fibras recicladas, el concreto con 1.5% de fibras logró 247.54 kg/cm², el de 2% de fibras obtuvo 237.94 kg/cm², y el que contenía 2.5% de fibras alcanzó 246.71 kg/cm².
- 2- A los 28 días, los ensayos realizados arrojaron los siguientes valores de módulo de rotura: el concreto patrón presentó un valor de 51.40 kg/cm², mientras que el concreto con 1.5% de fibras de alambre N°16 reciclado alcanzó 61.67 kg/cm². Por su parte, el concreto con 2% de fibras obtuvo un módulo de rotura de 68.27 kg/cm², y el que contenía 2.5% de fibras registró el valor más alto, con 76.87 kg/cm².
- 3- El análisis de costos unitarios realizados en el programa Costos y presupuestos S10 se concluye que el costo por producir 1 m³ de concreto f'c 210 kg/cm² de 584.83 soles, de igual manera el análisis de precios unitarios del concreto optimizado con alambre reciclado N° 16 para pavimentos se calculó que el costo para producir 1 m³ es de 576.50 soles. Observando una diferencia de costos de S/8.33 soles entre el concreto con adición y el concreto convencional. Esto se debe

a la reducción en la cantidad de concreto utilizado en la mezcla para el pavimento,
lo que representa una disminución del 1.424% en el costo total.

1.10. *Análisis estadístico*

Tabla 52.

Análisis estadístico

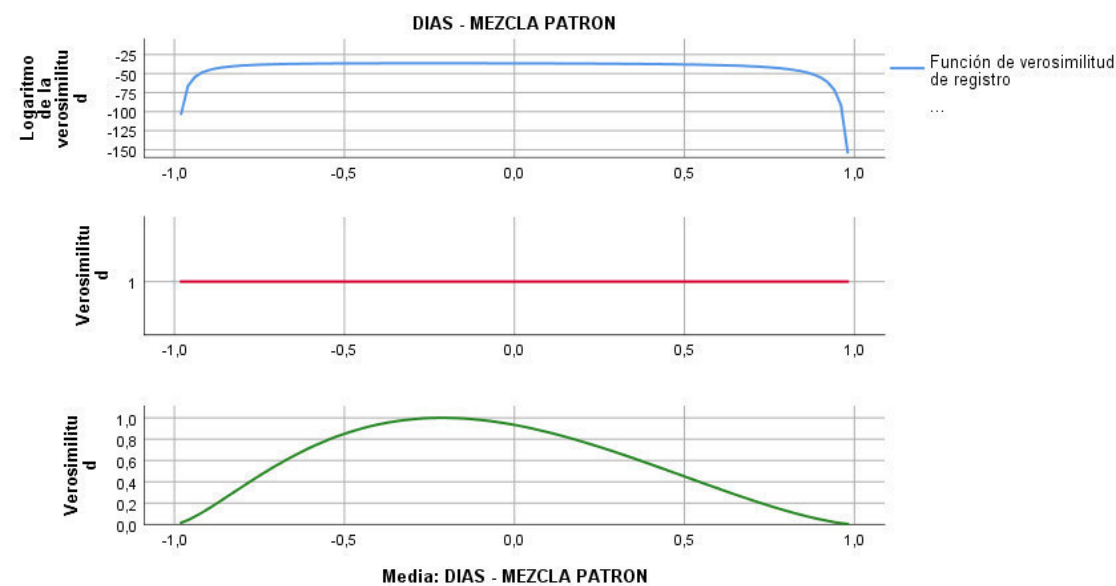
ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Fibras de alambre						
N°16 reciclado al 1.5%	Entre grupos	3320.557	2	1660.279	0.096	0.916
	Dentro de grupos	17273.828	1	17273.828		
	Total	20594.386	3			
Fibras de alambre						
N°16 reciclado al 2%	Entre grupos	1565.456	2	782.728	0.054	0.950
	Dentro de grupos	14393.954	1	14393.954		
	Total	15959.410	3			
Fibras de alambre						
N°16 reciclado al 2.5%	Entre grupos	1732.614	2	866.307	0.060	0.945
	Dentro de grupos	14422.813	1	14422.813		
	Total	16155.427	3			
MEZCLA PATRON						
	Entre grupos	1616.531	2	808.266	0.062	0.943
	Dentro de grupos	13021.752	1	13021.752		
	Total	14638.284	3			

Fuente: Software SPSS V.16

- No se encontraron diferencias significativas en la resistencia del concreto entre las mezclas con fibras recicladas (1.5%, 2%, 2.5%) y la mezcla patrón.
- Esto sugiere que agregar estas fibras en esas proporciones mejora significativamente la propiedad evaluada del concreto.

Figura 23.

Gráfico estadístico para mezcla patrón



Fuente: Software SPSS V.16

Figura 24.

Gráfico estadístico con adición al 1.5%

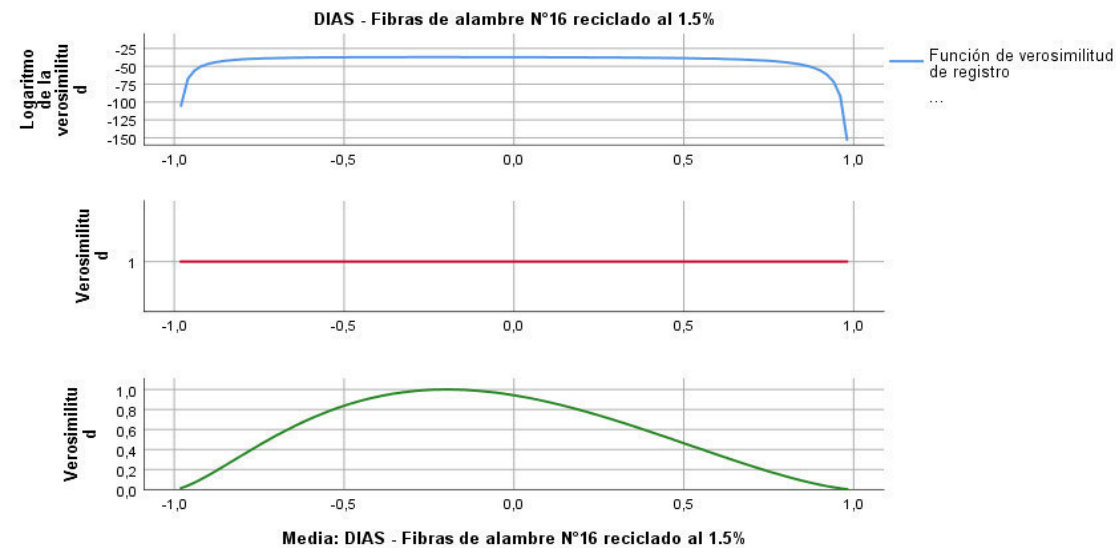
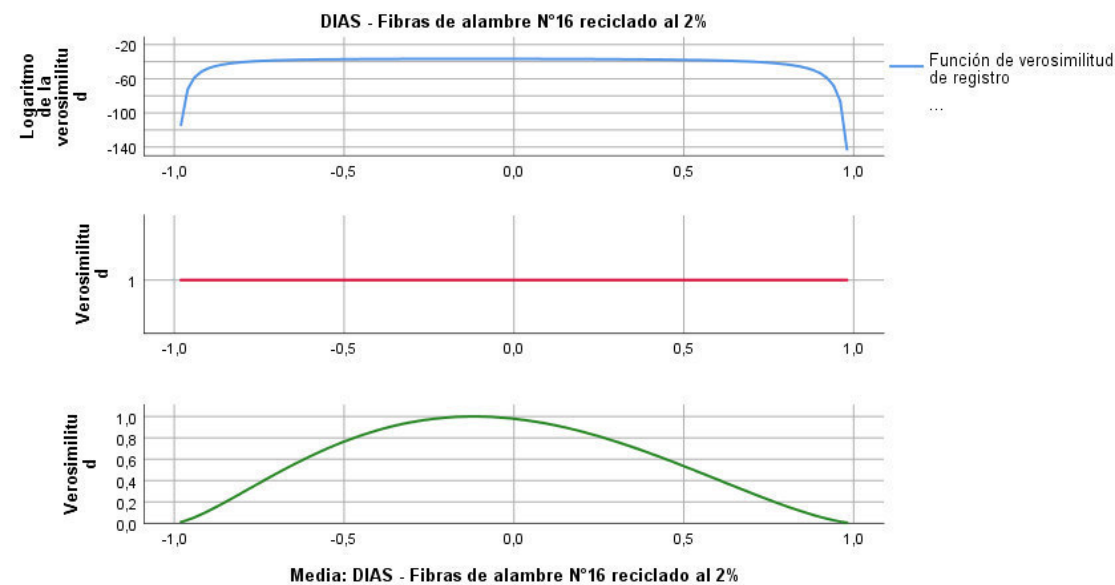


Figura 25.

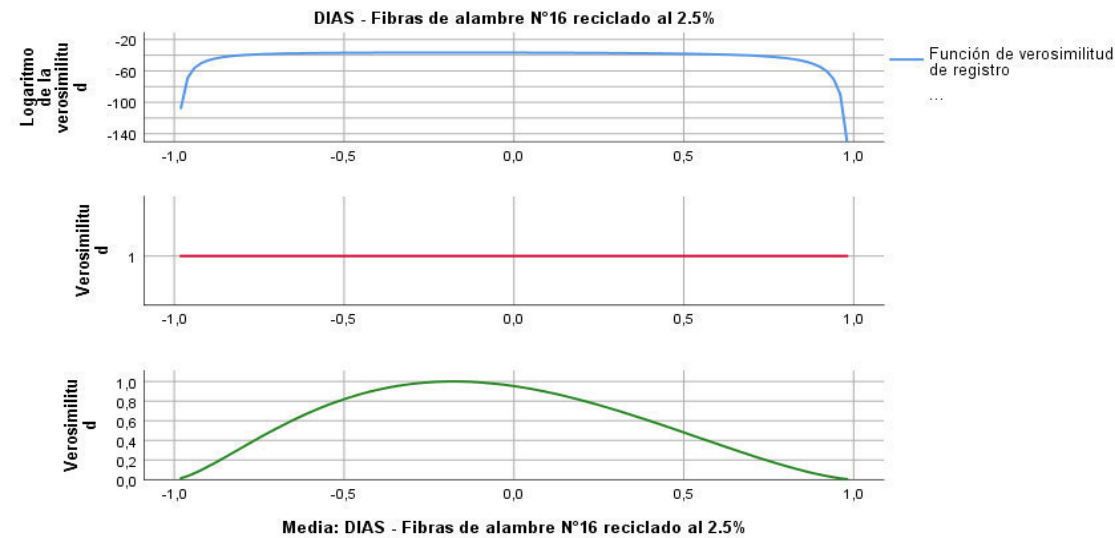
Gráfico estadístico con adición al 2%



Fuente: Software SPSS V.16

Figura 26.

Gráfico estadístico con adición al 2.5 %



Fuente: Software SPSS V.16

CAPITULO IV

CONCLUSIONES

- 1- En base a los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión, el módulo de rotura del concreto patrón con respecto al concreto reforzado con fibras de alambre N° 16 reciclado, se obtienen muestras reforzadas con mayores valores en resistencia a la compresión F'_c y resistencia a la flexión M_r , como se muestra en los ensayos.
- 2- Los datos técnicos y las proporciones de los materiales utilizados para la mezcla de concreto con una resistencia de diseño de $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ muestran que la mezcla tiene un buen balance en cuanto a las propiedades físicas de los materiales. Por lo que para realizar los ensayos se sustituyó el agregado fino con fibras de alambre N°16 reciclado en 1.5%, 2% y 2.5% donde también se observó las variaciones de los materiales y las propiedades que influyen la sustitución.
 - ✓ Concreto patrón: módulo de fineza de 3.00, absorción 1.10%, contenido de humedad 5.67%; agregado grueso: absorción menor al 0.93%, contenido de humedad bajo en 0.20%; peso específico del cemento 3.10 tn/m^3 ; relación agua/cemento de 0.684. lo que indica los materiales tienen las características necesarias para obtener un buen concreto.
 - ✓ Para el concreto con sustitución del agregado fino con alambre N°16 reciclado en 1.5%, 2%, y 2.5% la relación de agua/cemento no varía para el diseño de mezcla y también la adición de las fibras mejora las propiedades del concreto.
- 3- Los resultados obtenidos del concreto reforzado con fibras de alambre N°16 reciclado en 1.5%, 2% y 2.5% :

- ✓ Concreto reforzado con fibras de alambre N°16 reciclado en 1.5% obtuvo una resistencia a la compresión de $F'_c = 247.54 \text{ kg/cm}^2$ y a la flexión $M_r = 61.67 \text{ kg/cm}^2$.
 - ✓ Concreto reforzado con fibras de alambre N°16 reciclado en 2% obtuvo una resistencia a la compresión de $F'_c = 237.94 \text{ kg/cm}^2$ y a la flexión $M_r = 68.267 \text{ kg/cm}^2$.
 - ✓ Concreto reforzado con fibras de alambre N°16 reciclado en 2.5% obtuvo una resistencia a la compresión de $F'_c = 246.71 \text{ kg/cm}^2$ y a la flexión $M_r = 76.867 \text{ kg/cm}^2$.
- 4- La diferencia entre los resultados del concreto patron con respecto del concreto reforzado con fibras de alambre N°16 reciclado, segun el analisis de prueba Anova, se muestra en la tabla 52, indica que no se encuentra diferencias significativas, lo que nos indica que si agregamos las fibras de alambre N°16 reciclado tendríamos una mejora considerable en el concreto.
- 5- El presupuesto para la producción de concreto de 210 kg/cm^2 para un pavimento rígido muestra una estructura detallada de costos por cada recurso utilizado en el proceso de producción:
- ✓ Concreto patron: mano de obra es de S/.132.98, materiales es de S/. 417.00, equipos es de S/. 34.85 que hace un total de S/. 584.83 por metro cubico.
 - ✓ Concreto con adición del alambre N°16 reciclado: mano de obra S/. 132.98, materiales S/. 408.67, equipos S/. 34.85 que hace un total de S/. 576.50 por metro cubico, lo que nos indica que tenemos un ahorro del 1.424% por metro cubico.

RECOMENDACIONES

- 1- Se recomienda realizar un estudio más detallado de la dosificación de las fibras de alambre N°16 reciclado, evaluando otros porcentajes intermedios entre 1.5% y 2.5%, con el fin de determinar el punto óptimo de adición que logre un equilibrio entre las propiedades mecánicas y la trabajabilidad del concreto. Es posible que en porcentajes superiores a 2.5% se presenten dificultades en la mezcla y reducción en la fluidez del concreto.
- 2- Es fundamental realizar ensayos adicionales a largo plazo, considerando factores como la resistencia a la acción de agentes agresivos, como sales y ciclos de humedad y sequedad, con el fin de confirmar la mejora en la durabilidad del concreto reforzado con fibras recicladas en condiciones reales de exposición.
- 3- Dado que las fibras de alambre reciclado pueden alterar las propiedades térmicas del concreto, se recomienda realizar pruebas que evalúen su comportamiento frente a variaciones térmicas y su capacidad para resistir los efectos del agrietamiento térmico, especialmente en pavimentos expuestos a cambios climáticos significativos.
- 4- Aunque el presente estudio ha mostrado beneficios técnicos en términos de resistencia, es importante realizar un análisis económico más exhaustivo que considere no solo el costo de las fibras recicladas, sino también los posibles ahorros derivados de la mejora en la durabilidad y menor necesidad de mantenimiento de los pavimentos rígidos, con el fin de apoyar la viabilidad de esta solución en proyectos de infraestructura.
- 5- Considerando los beneficios obtenidos en términos de resistencia, el uso de fibras de alambre reciclado podría ser particularmente recomendable para pavimentos

en áreas con alta demanda de carga vehicular o zonas de tráfico pesado, donde se requieren materiales con mayor tenacidad y resistencia al agrietamiento.

- 6- Se sugiere promover la incorporación de fibras recicladas no solo en pavimentos rígidos, sino también en otros tipos de concreto estructural, como el utilizado en cimentaciones, lo que contribuiría a una construcción más sostenible y responsable con el medio ambiente.

ANEXOS

ANEXO 1 – ESTUDIOS DE LABORATORIO



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

DISEÑO DE MEZCLA (2.5% SUSTITUCION DEL AGREGADO FINO)

SOLICITA : BACH. ROSALES ROSAS JUAN CARLOS
TESIS : "EVALUACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO CON ALAMBRES N°16 RECICLADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES DE UN PAVIMENTO RÍGIDO"
LUGAR : INDEPENDENCIA – PROVINCIA DEL HUARAZ – ANCASH
FECHA : 07/10/2024

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedio 210 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso especifico 3.12

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

CANTERA : TACLLAN

- Peso especifico de masa 2.63
- Peso unitario suelto 1324 kg/m³
- Peso unitario compactado 1658 kg/m³
- Contenido de humedad 5.67 %
- Absorción 1.10 %
- Módulo de fineza 3.00

D.- Agregado grueso

CANTERA : TACLLAN

Diedro perfil angular



SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4" .

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4" , el volumen unitario de agua es de 205 lt/m³ .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m ³)	0.097
2.5% de Alambre N°16.....	(m ³)	0.009
Agua efectiva.....	(m ³)	0.205
Agregado fino.....	(m ³)	0.342
Agregado grueso.....	(m ³)	0.328
Aire.....	(m ³)	0.020
		<u>1.000</u> m ³

PESOS SECOS

Cemento.....	299.71	kg/m ³
2.5% de Alambre N°16.....	23.052	kg/m ³
Agua efectiva.....	205.00	lts/m ³
Agregado fino.....	899.01	kg/m ³
Agregado grueso.....	855.78	kg/m ³

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	299.71	kg/m ³
2.5% de Alambre N°16.....	24.359	kg/m ³
Agua efectiva.....	169.11	lts/m ³
Agregado fino.....	950.00	kg/m ³
Agregado grueso.....	857.45	kg/m ³

PROPORCIONES EN VOLUMEN

$\frac{299.71}{299.71}$	:	$\frac{24.359}{299.71}$	:	$\frac{950.00}{299.71}$	:	$\frac{857.45}{299.71}$
1	:	0.08	:	3.17	:	2.86

23.98 lts / bolsa



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

DISEÑO DE MEZCLA

(2% SUSTITUCION DEL AGREGADO FINO)

SOLICITA : BACH. ROSALES ROSAS JUAN CARLOS
TESIS : "EVALUACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO CON ALAMBRES N°16 RECICLADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES DE UN PAVIMENTO RÍGIDO"
LUGAR : INDEPENDENCIA – PROVINCIA DEL HUARAZ – ANCASH
FECHA : 07/10/2024

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedio 210 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso específico 3.12

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

CANTERA : TACLLAN

- Peso específico de masa 2.63
- Peso unitario suelto 1324 kg/m³
- Peso unitario compactado 1658 kg/m³
- Contenido de humedad 5.67 %
- Absorción 1.10 %
- Módulo de fineza 3.00

D.- Agregado grueso

CANTERA : TACLLAN

- Piedra, perfil angular 3/4"
- Tamaño Máximo Nominal 2.61
- Peso específico de masa 1290 kg/m³
- Peso unitario suelto 1426 kg/m³
- Contenido de humedad 0.20 %
- Absorción 0.93 %

 **UNIVERSIDAD SAN PEDRO**
FACULTAD DE INGENIERÍA
11b. Huancayo de Huancayo, Depto de Huancayo
Mg Miguel Solar Jara
JEFE



SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4".

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4", el volumen unitario de agua es de 205 lt/m³.

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m ³)	0.097
2% de Alambre N°16.....	(m ³)	0.007
Agua efectiva.....	(m ³)	0.205
Agregado fino.....	(m ³)	0.344
Agregado grueso.....	(m ³)	0.328
Aire.....	(m ³)	0.020
		<u>1.000</u> m ³

PESOS SECOS

Cemento.....	299.71	kg/m ³
2% de Alambre N°16.....	18.441	kg/m ³
Agua efectiva.....	205.00	lts/m ³
Agregado fino.....	903.62	kg/m ³
Agregado grueso.....	855.78	kg/m ³

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	299.71	kg/m ³
2% de Alambre N°16.....	19.487	kg/m ³
Agua efectiva.....	169.11	lts/m ³
Agregado fino.....	954.87	kg/m ³
Agregado grueso.....	857.45	kg/m ³

PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$\frac{299.71}{299.71} : \frac{19.487}{299.71} : \frac{954.87}{299.71} : \frac{857.45}{299.71}$$
$$1 : 0.07 : 3.19 : 2.86$$

23.98 lts / bolsa


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
LAB. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg. Miguel Solar Jara
M.Sc.



DISEÑO DE MEZCLA

(1.5% SUSTITUCION DEL AGREGADO FINO)

SOLICITA : BACH. ROSALES ROSAS JUAN CARLOS
TESIS : "EVALUACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO CON ALAMBRES N°16 RECICLADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES DE UN PAVIMENTO RÍGIDO"
LUGAR : INDEPENDENCIA – PROVINCIA DEL HUARAZ – ANCASH
FECHA : 07/10/2024

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedio 210 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso especifico 3.12

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

CANTERA : TACLLAN

- Peso especifico de masa 2.63
- Peso unitario suelto 1324 kg/m³
- Peso unitario compactado 1658 kg/m³
- Contenido de humedad 5.67 %
- Absorción 1.10 %
- Módulo de fineza 3.00

D.- Agregado grueso

CANTERA : TACLLAN

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 3/4"
- Peso especifico de masa 2.61
- Peso unitario suelto 1290 kg/m³
- Peso unitario compactado 1426 kg/m³
- Contenido de humedad 0.20 %
- Absorción 0.93 %


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
LAB. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg Miguel Sotol Jara
J.E.S.



SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4" .

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4" , el volumen unitario de agua es de 205 lt/m³ .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m ³)	0.097
1.5% de Alambre N°16.....	(m ³)	0.005
Agua efectiva.....	(m ³)	0.205
Agregado fino.....	(m ³)	0.346
Agregado grueso.....	(m ³)	0.328
Aire.....	(m ³)	0.020
		<u>1.000</u> m ³

PESOS SECOS

Cemento.....	299.71	kg/m ³
1.5% de Alambre N°16.....	13.831	kg/m ³
Agua efectiva.....	205.00	lts/m ³
Agregado fino.....	908.23	kg/m ³
Agregado grueso.....	855.78	kg/m ³

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	299.71	kg/m ³
1.5% de Alambre N°16.....	14.615	kg/m ³
Agua efectiva.....	169.11	lts/m ³
Agregado fino.....	959.74	kg/m ³
Agregado grueso.....	857.45	kg/m ³

PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$\frac{299.71}{299.71} : \frac{14.615}{299.71} : \frac{959.74}{299.71} : \frac{857.45}{299.71}$$

$$1 : 0.05 : 3.20 : 2.86 \quad 23.98 \text{ lts / bolsa}$$

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
LAB. MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Mg. Miguel Solar Jara
J.L.F.



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

DISEÑO DE MEZCLA

SOLICITA : BACH. ROSALES ROSAS JUAN CARLOS
TESIS : "EVALUACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO CON ALAMBRES N°16 RECICLADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES DE UN PAVIMENTO RÍGIDO"
LUGAR : INDEPENDENCIA – PROVINCIA DEL HUARAZ – ANCASH
FECHA : 7-10-2024

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el método del ACI
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso específico 3.10

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

CANTERA : TACLLAN

- Peso específico de masa 2.63
- Peso unitario suelto 1324 kg/m³
- Peso unitario compactado 1658 kg/m³
- Contenido de humedad 5.67 %
- Absorción 1.10 %
- Módulo de fineza 3.00

D.- Agregado grueso

CANTERA : TACLLAN

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 3/4"
- Peso específico de masa 2.61
- Peso unitario suelto 1290 kg/m³
- Peso unitario compactado 1426 kg/m³
- Contenido de humedad 0.20 %
- Absorción 0.93 %


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Mg. Miguel Solar Jara
J.E.F. 10



SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4" .

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4" , el volumen unitario de agua es de 205 lt/m³ .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

FACTOR DE CEMENTO

F.C. : 205 / 0.684 = 299.708 kg/m³ = 7.05 bolsas / m³

VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS

Cemento.....	299.708 kg/m ³
Agua efectiva.....	169.106 lts/m ³
Agregado fino.....	974.361 kg/m ³
Agregado grueso.....	857.450 kg/m ³

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{299.71}{299.71} : \frac{974.361}{299.71} : \frac{857.45}{299.71}$$
$$1 : 3.25 : 2.86 : 23.98 \text{ lts / bolsa}$$

PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$1 : 3.49 : 3.32 : 23.98 \text{ lts / bolsa}$$

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Ing. Miguel Solar Jara



UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO-EXPERIMENTAL 2.5%
MÉTODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN EL TERCIO DE LA LUZ
(ASTM C-78, MTC E-709-2000)

SOLICITA : BACH. ROSALES ROSAS JUAN CARLOS
TESIS : "EVALUACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO CON ALAMBRES N°16 RECICLADO PARA MEJORAR LAS
PROPIEDADES DE UN PAVIMENTO RÍGIDO"
LUGAR : INDEPENDENCIA – PROVINCIA DEL HUARAZ – ANCASH
FECHA : 07/10/2024

R = Módulo de rotura
P = Máxima carga aplicada indicada por la maquina de ensayo
L = Longitud libre de apoyos
b = Ancho promedio de viga
d = Altura promedio de viga

$$R = PL/bd^2$$

Dentro del tercio medio de la
luz libre

N°	ESPECIMEN ELEMENTO	FECHA			Ancho	Altura	Longitud	δ	Carga	Módulo Rotura
		MOLDEO	ROTURA	EDAD	b(cm)	d(cm)	L(cm)	(mm)	P(kg)	R(kg/cm²)
01	EXPERIMENTAL 2.5%- VA-10	2/07/2024	30/07/2024	28	15.15	15.15	45	3.12	5921.0	76.6
02	EXPERIMENTAL 2.5%- VA-11	2/07/2024	30/07/2024	28	15.15	15.15	45	3.5	5879.0	76.1
03	EXPERIMENTAL 2.5%- VA-12	2/07/2024	30/07/2024	28	15.15	15.15	45	3.46	6020.0	77.9

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
Facultad de Ingeniería Civil
Mg. Miguel Solar Jara



UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO-EXPERIMENTAL 2%
MÉTODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN EL TERCIO DE LA LUZ
(ASTM C-78, MTC E-709-2000)

SOLICITA : BACH. ROSALES ROSAS JUAN CARLOS
TESIS : "EVALUACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO CON ALAMBRES N°16 RECICLADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES DE UN PAVIMENTO RÍGIDO"
LUGAR : INDEPENDENCIA – PROVINCIA DEL HUÁRAZ – ANCASH
FECHA : 07/10/2024

R = Módulo de rotura
P = Máxima carga aplicada indicada por la máquina de ensayo
L = Longitud libre de apoyos
b = Ancho promedio de viga
d = Altura promedio de viga

$$R = PL/bd^2$$

Dentro del tercio medio de la luz libre

ESPECIMEN		FECHA			Ancho	Altura	Longitud	δ	Carga	Módulo Rotura
N°	ELEMENTO	MOLDEO	ROTURA	EDAD	b(cm)	d(cm)	L(cm)	(mm)	P(kg)	R(kg/cm²)
01	EXPERIMENTAL 2%- VA-7	2/07/2024	30/07/2024	28	15.15	15.15	45	3.12	5096.0	65.9
02	EXPERIMENTAL 2%- VA-8	2/07/2024	30/07/2024	28	15.15	15.15	45	3.5	5416.0	70.1
03	EXPERIMENTAL 2%- VA-9	2/07/2024	30/07/2024	28	15.15	15.15	45	3.46	5320.0	68.8


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Mg. Miguel Solar Jara



UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO-EXPERIMENTAL 1.5%
MÉTODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN EL TERCIO DE LA LUZ
(ASTM C-78, MTC E-709-2000)

SOLICITA : BACH. ROSALES ROSAS JUAN CARLOS
TESIS : "EVALUACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO CON ALAMBRES N°16 RECICLADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES DE UN PAVIMENTO RÍGIDO"
LUGAR : INDEPENDENCIA – PROVINCIA DEL HUARAZ – ANCASH
FECHA : 07/10/2024

R = Módulo de rotura
P = Máxima carga aplicada indicada por la maquina de ensayo
L = Longitud libre de apoyos
b = Ancho promedio de viga
d = Altura promedio de viga

$$R = PL/bd^2$$

Dentro del tercio medio de la luz libre

N°	ESPECIMEN		FECHA			Ancho	Altura	Longitud	δ	Carga	Módulo Rotura
	ELEMENTO	MOLDEO	ROTURA	EDAD		b(cm)	d(cm)	L(cm)	(mm)	P(kg)	R(kg/cm²)
01	EXPERIMENTAL 1.5%- VA-4	2/07/2024	30/07/2024	28		15.15	15.15	45	2.95	4626.0	59.9
02	EXPERIMENTAL 1.5%- VA-5	2/07/2024	30/07/2024	28		15.15	15.15	45	2.3	4961.0	64.2
03	EXPERIMENTAL 1.5%- VA-6	2/07/2024	30/07/2024	28		15.15	15.15	45	2.9	4703.0	60.9

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
Mg. Miguel Solar Jara
Jefe de Laboratorio



UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO
MÉTODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN EL TERCIO DE LA LUZ
(ASTM C-78, MTC E-709-2000)

SOLICITA : BACH. ROSALES ROSAS JUAN CARLOS
TESIS : "EVALUACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO CON ALAMBRES N°16 RECICLADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES DE UN PAVIMENTO RÍGIDO"
LUGAR : INDEPENDENCIA – PROVINCIA DEL HUARAZ – ANCASH
FECHA : 07/10/2024

R = Módulo de rotura
P = Máxima carga aplicada indicada por la máquina de ensayo
L = Longitud libre de apoyos
b = Ancho promedio de viga
d = Altura promedio de viga

$$R = PL/bd^2$$

Dentro del tercio medio de la luz libre

ESPECIMEN		FECHA			Ancho	Altura	Longitud	δ	Carga	Módulo Rotura
N°	ELEMENTO	MOLDEO	ROTURA	EDAD	b(cm)	d(cm)	L(cm)	(mm)	P(kg)	R(kg/cm²)
01	PATRON VA-1	2/07/2024	30/07/2024	28	15.2	15.1	45.1	3.05	3952.0	51.4
02	PATRON VA-2	2/07/2024	30/07/2024	28	15.2	15.1	45.2	3.15	4000.0	52.2
03	PATRON VA-3	2/07/2024	30/07/2024	28	15.15	15.15	45	2.7	3911.0	50.6

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
LAB. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg. Miguel Solar Jara



UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL 2.5%

SOLICITA : BACH. ROSALES ROSAS JUAN CARLOS
TESIS : "EVALUACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO CON ALAMBRES N°16 RECICLADO PARA MEJORAR LAS
PROPIEDADES DE UN PAVIMENTO RÍGIDO"
LUGAR : INDEPENDENCIA – PROVINCIA DEL HUARAZ – ANCASH
FECHA : 7/10/2024

F° C : 210 Kg/cm²

N°	TESTIGO	ALUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/FC
	ELEMENTO	(%)	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/Cm ²	(%)
01	EXPERIMENTAL	-	03/07/2024	10/07/2024	7	178.17	84.84
02	EXPERIMENTAL	-	03/07/2024	10/07/2024	7	183.02	87.15
03	EXPERIMENTAL	-	03/07/2024	10/07/2024	7	179.13	85.30
04	EXPERIMENTAL	-	03/07/2024	17/07/2024	14	210.19	100.09
05	EXPERIMENTAL	-	03/07/2024	17/07/2024	14	216.32	103.01
06	EXPERIMENTAL	-	03/07/2024	17/07/2024	14	211.73	100.82
07	EXPERIMENTAL	-	03/07/2024	31/07/2024	28	247.55	117.88
08	EXPERIMENTAL	-	03/07/2024	31/07/2024	28	239.70	114.14
09	EXPERIMENTAL	-	03/07/2024	31/07/2024	28	252.89	120.43

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Mg. Miguel Solar Jara



UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL 2%

SOLICITA : BACH. ROSALES ROSAS JUAN CARLOS
TESIS : "EVALUACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO CON ALAMBRES N°16 RECICLADO PARA MEJORAR LAS
PROPIEDADES DE UN PAVIMENTO RÍGIDO
LUGAR : INDEPENDENCIA – PROVINCIA DEL HUARAZ – ANCASH
FECHA : 7/10/2024

F' C : 210 Kg/cm²

N°	TESTIGO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/Cm ²	FC/F' C (%)
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
01	EXPERIMENTAL	-	03/07/2024	10/07/2024	7	156.01	74.29
02	EXPERIMENTAL	-	03/07/2024	10/07/2024	7	162.90	77.57
03	EXPERIMENTAL	-	03/07/2024	10/07/2024	7	159.68	76.04
04	EXPERIMENTAL	-	03/07/2024	17/07/2024	14	202.64	96.49
05	EXPERIMENTAL	-	03/07/2024	17/07/2024	14	196.04	93.35
06	EXPERIMENTAL	-	03/07/2024	17/07/2024	14	202.91	96.62
07	EXPERIMENTAL	-	03/07/2024	31/07/2024	28	241.28	114.90
08	EXPERIMENTAL	-	03/07/2024	31/07/2024	28	232.83	110.87
09	EXPERIMENTAL	-	03/07/2024	31/07/2024	28	239.72	114.15

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
LAB. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg Miguel Solar Jara
J.E.F. Ing.



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL 1.5%

SOLICITA : BACH. ROSALES ROSAS JUAN CARLOS
TESIS : "EVALUACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO CON ALAMBRES N°16 RECICLADO PARA MEJORAR LAS
PROPIEDADES DE UN PAVIMENTO RÍGIDO
LUGAR : INDEPENDENCIA – PROVINCIA DEL HUARAZ – ANCASH
FECHA : 7/10/2024

F' C 1 210 Kglcm2

N°	TESTIGO	SLUMP (")	MOLDEO	ROTURA	EDAD DIAS	FC Kg/Cm2	RC/FC (%)
01	EXPERIMENTAL	-	02/07/2024	09/07/2024	7	171.00	81.43
02	EXPERIMENTAL	-	02/07/2024	09/07/2024	7	176.90	84.24
03	EXPERIMENTAL	-	02/07/2024	09/07/2024	7	176.32	83.96
04	EXPERIMENTAL	-	02/07/2024	16/07/2024	14	225.95	107.59
05	EXPERIMENTAL	-	02/07/2024	16/07/2024	14	222.29	105.85
06	EXPERIMENTAL	-	02/07/2024	16/07/2024	14	227.05	108.12
07	EXPERIMENTAL	-	02/07/2024	30/07/2024	28	247.11	117.67
08	EXPERIMENTAL	-	02/07/2024	30/07/2024	28	243.49	115.95
09	EXPERIMENTAL	-	02/07/2024	30/07/2024	28	252.01	120.01

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
LAB. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg Miguel Solar Jara
C.E. 10



UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA : BACH. ROSALES ROSAS JUAN CARLOS
TESIS : EVALUACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO CON ALAMBRES N°16 RECICLADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES DE UN PAVIMENTO RÍGIDO
LUGAR : INDEPENDENCIA - PROVINCIA DEL HUARAZ - ANCASH
FECHA : 7/10/2024

F' C : 210 Kg/cm²

N°	TESTIGO ELEMENTO	SLUMP (")	MOLDEO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	FC Kg/Cm ²	FC/F' C (%)
01	PATRON	-	02/07/2024	09/07/2024	7	157.61	75.05
02	PATRON	-	02/07/2024	09/07/2024	7	153.92	73.29
03	PATRON	-	02/07/2024	09/07/2024	7	158.93	75.68
04	PATRON	-	02/07/2024	16/07/2024	14	179.66	85.55
05	PATRON	-	02/07/2024	16/07/2024	14	184.66	87.93
06	PATRON	-	02/07/2024	16/07/2024	14	177.12	84.34
07	PATRON	-	02/07/2024	30/07/2024	28	212.15	101.02
08	PATRON	-	02/07/2024	30/07/2024	28	208.92	99.48
09	PATRON	-	02/07/2024	30/07/2024	28	217.26	103.46

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
LAB. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg Miguel Solar Jara
J.E.F. S.



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO

(ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH. ROSALES ROSAS JUAN CARLOS
TESIS : "EVALUACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO CON ALAMBRES N°16 RECICLADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES DE UN PAVIMENTO RÍGIDO"
LUGAR : INDEPENDENCIA – PROVINCIA DEL HUARAZ – ANCASH
CANTERA : TACLLAN
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 7-10-2024

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1086.1	1290.9
TARA + SUELO SECO (gr)	1035.7	1233.9
PESO DEL AGUA (gr)	50.4	57.0
PESO DE LA TARA (gr)	169.9	201.7
PESO DEL SUELO SECO (gr)	865.8	1032.2
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.82	5.52
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	5.67	


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Mg Miguel Solar Jara
JEF. L.



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO

(ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH. ROSALES ROSAS JUAN CARLOS
TESIS : "EVALUACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO CON ALAMBRES N°16 RECICLADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES DE UN PAVIMENTO RÍGIDO"
LUGAR : INDEPENDENCIA – PROVINCIA DEL HUARAZ – ANCASH
CANTERA : TACLLAN
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 7-10-2024

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1348.9	1273.6
TARA + SUELO SECO (gr)	1346.9	1271.3
PESO DEL AGUA (gr)	2	2.3
PESO DE LA TARA (gr)	211.5	197.3
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1135.4	1074
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.18	0.21
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.20	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Lic. Miguel Solar Jara
Mg Miguel Solar Jara



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO FINO
(Según norma ASTM C-127)

SOLICITA : BACH. ROSALES ROSAS JUAN CARLOS
TESIS : "EVALUACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO CON ALAMBRES N°16 RECICLADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES DE UN PAVIMENTO RÍGIDO"
LUGAR : INDEPENDENCIA – PROVINCIA DEL HUARAZ – ANCASH
CANTERA : TACLLAN
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 7-10-2024

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	gr.	300.00	300.00
B	Peso de picnometro + agua	gr.	654.10	653.00
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A+B)	cm³	954.10	953.00
D	Peso de picnometro + agua + material	gr.	837.00	844.00
E	Volumen de masa + volumen de vacíos (C-D)	cm³	117.10	109.00
F	Peso de material seco en estufa	gr.	296.30	297.20
G	Volumen de masa (E-(A-F))		113.40	106.20
H	P.e. Bulk (Base Seca) F/E		2.530	2.727
I	P.e. Bulk (Base Saturada) A/E		2.562	2.752
J	P.e. Aparente (Base Seca) F/E		2.613	2.798
K	Absorción (%) ((D-A)/A)x100		1.25	0.94

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.628
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.657
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.706
Absorción (%) : 1.10


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Mg. Miguel Solar Jara
J.E.F.B.



UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO GRUESO
(Según norma ASTM C-127)

SOLICITA : BACH. ROSALES ROSAS JUAN CARLOS
TESIS : "EVALUACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO CON ALAMBRES N°16 RECICLADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES DE UN PAVIMENTO RÍGIDO"
LUGAR : INDEPENDENCIA – PROVINCIA DEL HUARAZ – ANCASH
CANTERA : TACLLAN
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 7-10-2024

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	954.40	963.00
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	592.40	598.00
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A-B)	362.00	365.00
D	Peso de material seco en estufa	946.10	953.60
E	Volumen de masa (C-(A-D))	353.70	355.60
G	P.e. Bulk (Base Seca) D/C	2.614	2.613
H	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.636	2.638
I	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	2.675	2.682
F	Absorción (%) ((D-A/A)x100)	0.88	0.99

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.613
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.637
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.678
Absorción (%) : 0.93


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Miguel Solar Jara



UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

SOLICITA : BACH. ROSALES ROSAS JUAN CARLOS
TESIS : "EVALUACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO CON ALAMBRES N°16 RECICLADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES DE UN PAVIMENTO RÍGIDO"
LUGAR : INDEPENDENCIA – PROVINCIA DEL HUARAZ – ANCASH
CANTERA : TACLLAN
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 7-10-2024

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7130	7150	7165
Peso de molde	3300	3300	3300
Peso de muestra	3830	3850	3865
Volumen de molde	2750	2750	2750
Peso unitario (Kg/m ³)	1393	1400	1405
Peso unitario prom. (Kg/m ³)	1399		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1324		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8120	8085	8145
Peso de molde	3300	3300	3300
Peso de muestra	4820	4785	4845
Volumen de molde	2750	2750	2750
Peso unitario (Kg/m ³)	1753	1740	1762
Peso unitario prom. (Kg/m ³)	1752		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1658		

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
AL SECTOR DE INGENIERÍA CIVIL
Mg. Miguel Solar Jara



UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

SOLICITA : BACH. ROSALES ROSAS JUAN CARLOS
TESIS : "EVALUACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO CON ALAMBRES N°16 RECICLADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES DE UN PAVIMENTO RÍGIDO"
LUGAR : INDEPENDENCIA – PROVINCIA DEL HUARAZ – ANCASH
CANTERA : TACLLAN
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 7-10-2024

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	18050	17095	18000
Peso de molde	5050	5050	5050
Peso de muestra	13000	12045	12950
Volumen de molde	9800	9800	9800
Peso unitario (Kg/m3)	1327	1229	1321
Peso unitario prom. (Kg/m3)	1292		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1290		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	19045	19065	19050
Peso de molde	5050	5050	5050
Peso de muestra	13995	14015	14000
Volumen de molde	9800	9800	9800
Peso unitario (Kg/m3)	1428	1430	1429
Peso unitario prom. (Kg/m3)	1429		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1426		

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
C.A. Miguel Solar Jara y Equipo de Asesoría
Mg. Miguel Solar Jara
Jr. + Jr.



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO

(ASTM C 136-08)

SOLICITA : BACH. ROSALES ROSAS JUAN CARLOS
TESIS : "EVALUACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO CON ALAMBRES N°16 RECICLADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES DE UN PAVIMENTO RÍGIDO"
LUGAR : INDEPENDENCIA - PROVINCIA DEL HUARAZ - ANCASH
CANTERA : TACLLAN
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 7-10-2024

TAMIZ		Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert. (mm)	(gr.)	(%)	(%)	(gr.)
3"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.75	20.7	4.7	4.7	95.3
N° 8	2.36	42.3	9.7	14.4	85.6
N° 16	1.18	139.0	31.9	46.3	53.7
N° 30	0.60	129.8	29.8	76.1	23.9
N° 50	0.30	9.5	2.2	78.3	21.7
N° 100	0.15	10.0	2.3	80.6	19.4
N° 200	0.08	60.8	13.9	94.5	5.5
PLATO	ASTM C-117-04	23.9	5.5	100.0	0.0
TOTAL		436.0	100.0		

PROPIEDADES FÍSICAS

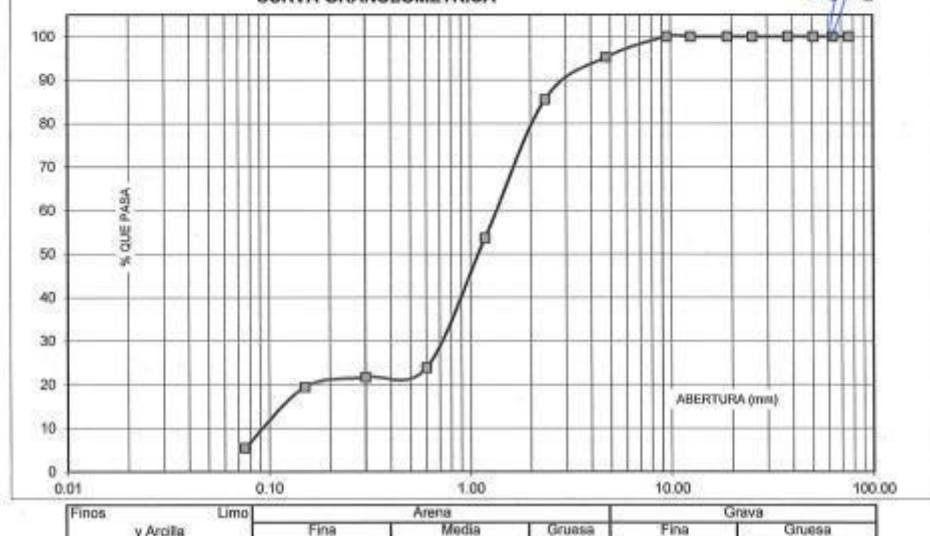
Módulo de Fineza : 3.00

OBSERVACIONES

La Muestra tomada identificada por el solicitante.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
de Ingeniería Civil y Geología y Minas
Mg. Miguel Solar Jara

CURVA GRANULOMÉTRICA





ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO
(ASTM C 136-06)

SOLICITA : BACH. ROSALES ROSAS JUAN CARLOS
TESIS : "EVALUACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO CON ALAMBRES N°16 RECICLADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES DE UN PAVIMENTO RÍGIDO"
LUGAR : INDEPENDENCIA - PROVINCIA DEL HUARAZ - ANCASH
CANTERA : TACLLAN
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 7-10-2024

TAMIZ	Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)
3"	76.200	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.100	459.7	38.4	61.6
1/2"	12.500	618.2	48.9	51.1
3/8"	9.520	137.7	10.9	89.1
N° 4	4.760	0.0	0.0	100.0
N° 8	2.360	0.0	0.0	100.0
N° 16	1.180	0.0	0.0	100.0
N° 30	0.600	0.0	0.0	100.0
N° 50	0.300	0.0	0.0	100.0
N° 100	0.150	0.0	0.0	100.0
N° 200	0.075	0.0	0.0	100.0
PLATO	ASTM C-117-04	46.5	3.8	96.2
TOTAL		1264.1	100.0	

PROPIEDADES FÍSICAS	
Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Huso	N° 56
Ref. (ASTM C-33)	

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
LAB. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg. Miguel Solar Jara
J.E.F.M.



REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE DOCUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

1. Información del Autor			
ROSALES ROSAS JUAN CARLOS		76793747	juan950828@gmail.com
Apellidos y Nombres		DNI	Correo Electrónico
2. Tipo de Documento de Investigación			
☒ Tesis	☐ Trabajo de Suficiencia Profesional	☐ Trabajo Académico	☐ Trabajo de Investigación
3. Grado Académico o Título Profesional¹			
☐ Bachiller	☒ Título Profesional	☐ Título Segunda Especialidad	☐ Maestría ☐ Doctorado
4. Título del Documento de Investigación			
Evaluación del concreto reforzado con alambres N°16 reciclado para mejorar las propiedades de un pavimento rígido			
5. Programa Académico			
Ingeniería civil			
6. Tipo de Acceso al Documento			
☒ Abierto o Público ³ (info:cu-repo/semantics/openAccess)		☐ Acceso restringido ⁴ (info:cu-repo/semantics/restrictedAccess) (*)	
Embargo (Máximo 24 meses) (info:cu-repo/semantics/embargoedAccess)		Fecha de Liberación de embargo: ____ / ____ / ____ (Formato: día / mes / año)	
(*) En caso de restringido y embargo sustentar motivo			

A. Originalidad del Archivo Digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador y forma parte del proceso que conduce a obtener el grado académico o título profesional.

B. Otorgamiento de una licencia CREATIVE COMMONS⁵

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.⁶



Huella Digital

Firma

Ciudad	Día	Mes	Año
	25	11	2025

Importante

- Según Resolución de Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU-CD, Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales, Art 8, inciso 8.2.
- Ley N° 30035. Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y D.S. 006-2015-PCM.
- Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad San Pedro una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundir en el Repositorio Institucional Digital Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.
- En caso de que el autor elija la segunda opción, únicamente se publicará los datos del autor y resumen de la obra, de acuerdo a la directiva N° 004-2016-CONCYTEC-DEGC (Numerales 5.2 y 6.7) que norma el funcionamiento del Repositorio Nacional Digital.
- Las licencias Creative Commons (CC) es una organización internacional sin fines de lucro que pone a disposición de los autores un conjunto de licencias flexibles y de herramientas tecnológicas que facilitan la difusión de información recursos educativos, obras artísticas y científicas, entre otros. Estas licencias también garantizan que el autor obtenga el crédito por su obra.
- Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales -RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

Nota: - En caso de falsedad en los datos, se procederá de acuerdo a ley (Ley 27444, art. 32, núm. 32.3).

Evaluación del concreto reforzado con alambres N°16 reciclado para mejorar las propiedades de un pavimento rígido

INFORME DE ORIGINALIDAD

29%

INDICE DE SIMILITUD

29%

FUENTES DE INTERNET

%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

8%

2

repositorio.unasam.edu.pe

Fuente de Internet

5%

3

repositorio.usanpedro.edu.pe

Fuente de Internet

4%

4

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

1%

5

repositorio.usmp.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

it.scribd.com

Fuente de Internet

1%

7

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

8

repositorio.unj.edu.pe

Fuente de Internet

1%

9

repositorio.ucp.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

10

Submitted to Universidad Privada del Norte

Trabajo del estudiante

<1%

11

Submitted to uni

Trabajo del estudiante

<1%

12	Fuente de Internet	<1 %
13	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
14	repositorio.ucss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
20	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
21	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	Submitted to uncedu Trabajo del estudiante	<1 %
24	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1 %
25	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	oa.upm.es Fuente de Internet	<1 %

27	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
28	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
29	vdocumento.com Fuente de Internet	<1 %
30	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
31	Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante	<1 %
32	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
33	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	<1 %
34	portal.mtc.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
35	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
36	pdfcoffee.com Fuente de Internet	<1 %
37	Submitted to Universidad Tecnológica de los Andes Trabajo del estudiante	<1 %
38	Submitted to Universidad Tecnológica de Bolívar,UTB Trabajo del estudiante	<1 %
39	Submitted to Universidad Católica Boliviana "San Pablo" Trabajo del estudiante	<1 %
40	repositorio.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

41	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
42	1library.co Fuente de Internet	<1 %
43	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
44	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	<1 %
45	Submitted to Universidad Alas Peruanas Trabajo del estudiante	<1 %
46	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
47	Submitted to University of Zagreb Faculty of Science Trabajo del estudiante	<1 %
48	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
49	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
50	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
51	Submitted to Escuela Nacional Superior de Folklore José María Arguedas Trabajo del estudiante	<1 %
52	Submitted to Universidad Nacional Autonoma de Chota Trabajo del estudiante	<1 %
53	Submitted to Universidad Peruana Del Centro Trabajo del estudiante	<1 %
54	Submitted to Universidad Politécnica del Perú Trabajo del estudiante	<1 %

55	www.manual.ec Fuente de Internet	<1 %
56	cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
57	repository.umng.edu.co Fuente de Internet	<1 %
58	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
59	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
60	www.sciencegate.app Fuente de Internet	<1 %
61	doku.pub Fuente de Internet	<1 %
62	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
63	www.clubensayos.com Fuente de Internet	<1 %
64	www.theinsightpartners.com Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

< 10 words

Excluir bibliografía

Activo