UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

AUTOR
Jose Fernando Bernilla Rufasto

ASESOR
Fidel Ortiz Zapata
https://orcid.org/0000-0002-1239-7290

Chiclayo, 2024

Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín

PRESENTADA POR

Jose Fernando Bernilla Rufasto

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Hector Augusto Gamarra Uceda
PRESIDENTE

Angel Alberto Lorren Palomino
SECRETARIO

Fidel Ortiz Zapata
VOCAL

Dedicatoria

Dedico este logro a mi querida madre, Orfelinda, quien ha sido mi soporte durante mi carrera universitaria; su amor incondicional, apoyo inquebrantable y sacrificios desinteresados han sido mi mayor motivación para lograr mis metas.

A la memoria de mi amado padre, Vicente, cuyo legado de amor, sabiduría y valores perdura en mí cada día; a pesar de su partida física, su presencia permanece como fuente de inspiración y fortaleza en mi vida.

A mis hermanas y hermanos, quienes me brindan su apoyo incondicional y me alientan a perseguir mis sueños con pasión y determinación.

Agradecimientos

Expreso mi sincero agradecimiento a cada una de las personas que contribuyeron de una u otra forma en la realización de la presente investigación.

A mi asesor el Ing. Fidel Ortiz Zapata, por su excelente asesoramiento y contribuciones relevantes para este proyecto. Sus conocimientos y consejos fueron de mucha importancia para el desarrollo de esta investigación.

A mi Madre, hermanas y hermanos, mi agradecimiento infinito por su apoyo constante y sacrificios para que poder lograr culminar esta investigación y en efecto mi carrera universitaria.

A mis amigos por su apoyo y aliento en este viaje académico.

INFORME DE TESIS AL 100%

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%	19%	3%	5%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	7%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
5	idoc.pub Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1%
7	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	<1%

Índice

Introducción **20**

Revisión de literatura **23**

Antecedentes 23

Antecedentes Internacionales 23

Antecedentes Nacionales 24

Antecedentes Locales 25

Bases Legales 26

Bases Teóricas 31

Adoquines de Concreto 31

Tipos de Adoquines de Concreto 31

Propiedades Mecánicas de Adoquines de Concreto 31

Propiedades Físicas de Adoquines de Concreto 33

Componentes del Concreto para Adoquines 34

Agregados de Concretos Reciclados 36

Agregados Reciclados como Reemplazo de Agregados Naturales 37

Cenizas de Aserrín (CDA) 37

Cenizas de Aserrín como Reemplazo del Cemento 37

Concreto Vibrado 38

Propiedades del Concreto Vibrado 39

Ensayos de Agregados 40

Diseño de Mezcla 48

Elaboración de los Adoquines 51

Ensayo al concreto fresco 52

Ensayos al Concreto Endurecido (Adoquines) 53

Materiales y métodos **60**

Tipo de Estudio 60

Diseño de Investigación 60

Población, Muestra y Muestreo de Estudio 60
Población 60
Muestra 60
Muestreo 61
Hipótesis 62
Variables y Operacionalización 63
Variables 63
Operacionalización 63
Técnicas e Instrumentos 64
Técnicas 64
Instrumentos 64
Procedimiento 65
Proceso de Obtención de Cenizas de Aserrín 65
Proceso de Obtención de Agregados de Concretos Reciclados 71
Ensayo de Medición y Análisis de Muestra de Ceniza de Aserrín por Fluorescencia de Rayos X 75
Ensayo de Peso Específico de las Cenizas de Aserrín 76
Ensayo de Contenido de Humedad de Agregado Fino 79
Ensayo de P. Específico y Absorción de A. Fino 80
Ensayo de P. Unitario Suelto del A. Fino 82
Ensayo de P. Unitario Compactado del A. Fino 83
Ensayo de Granulometría de A. Grueso 84
Ensayo de C. de Humedad de A. Grueso 86
Ensayo de P. Específico y Absorción de A. Grueso 87
Ensayo de Peso Unitario Suelto de A. Grueso 89
Ensayo de Peso Unitario Compactado del A. Grueso 90
Ensayo de Granulometría de A. Grueso de RCD 91

Ensayo de C. de Humedad de A. Grueso de RCD 93
Ensayo de P. Específico y Absorción de A. Grueso de RCD 94
Ensayo de P. Unitario Suelto de A. Grueso de RCD 96
Ensayo de P. U. C del A. Grueso de RCD 97
Diseño de Mezcla 98
Asentamiento o Slump del concreto 99
Ensayo de Resistencia a la Compresión 100
Ensayo de Resistencia a la Tracción por Flexión 101
Ensayo de Resistencia a la Abrasión 102
Ensayo de Módulo de Elasticidad Estático 103
Ensayo de Absorción y Densidad 104
Variación Dimensional 105
Cambio de longitud del concreto expuesto a soluciones sulfatadas 106
Resultados y discusión 107
Resultados 107
Caracterización de Agregado Fino Natural 107
Caracterización de Agregado Grueso Natural 110
Caracterización de Agregado Grueso de Concreto Reciclado 113
Clasificación de las Cenizas de Aserrín 116
Propiedades Físico Mecánicas de Adoquines Patrón y con 5%, 10% y 15% de Cenizas de Aserrín 117
Porcentaje Óptimo de Sustitución de Cemento por CDA 125
Propiedades Físico Mecánicas de Adoquines con 5% CDA y 100% AGR trabajando con tres f'c diferentes 125
Proceso de Elaboración de Adoquines con la Incorporación de Agregado Grueso Reciclado y Cenizas de Aserrín 133
Discusión 135
Ensayos de agregados naturales (fino y grueso) y agregado grueso reciclado 135

Ensayos de Fluorescencia de Rayos X de las cenizas de aserrín 137

Ensayos de concreto endurecido (adoquines) 138

Conclusiones 161

Recomendaciones 163

Referencias 164

ANEXOS 170

Lista de figuras

Figura 1: Resistencia a la Tracción por Flexión [45] 32
Figura 2: Dimensiones de unidades de concreto para pavimentos [33]. 34
Figura 3: Ubicación del aserradero visitado. Fuente: Propia 65
Figura 4: Compra de aserrín. Fuente: Propia 65
Figura 5: Calcinación de aserrín en horno de ladrillera artesanal. Fuente: Propia 66
Figura 6: Termómetro para medir temperatura de calcinación del aserrín. Fuente: Propia 66
Figura 7: Temperatura del aserrín antes de ingresar al horno. Fuente: Propia 66
Figura 8: Temperatura de calcinación del aserrín en horno. Fuente: Propia 67
Figura 9: Tamizado de las cenizas de aserrín. Fuente: Propia 67
Figura 10: Cenizas llevadas a observar en microscopio. Fuente: Propia 68
Figura 11: Selección de muestras de cenizas y puestas en lámina porta objeto. Fuente: Propia 68
Figura 12: Visualización en microscopio de las cenizas de aserrín. Fuente: Propia 69
Figura 13: Foto microscópica de las cenizas de aserrín a 40X. Fuente: Propia 69
Figura 14: Foto microscópica de las cenizas de aserrín a 100X. Fuente: Propia 69
Figura 15: Foto microscópica de las cenizas de aserrín a 400X. Fuente: Propia 69
Figura 16: Ubicación del botadero visitado. Fuente: Propia 71
Figura 17: Botadero en carretera San José-Chiclayo. Fuente: Propia 71
Figura 18: Levantamiento topográfico de Botadero. Fuente: Propia 71
Figura 19 y 20: Toma de coordenadas del perímetro y puntos centrales del Botadero. Fuente: Propia 71
Figura 21 y 22: Planta trituradora de agregados. Fuente: Propia 74
Figura 23: Baño a temperatura constante del frasco Le Chatelier. Fuente: Propia 76
Figura 24: Peso de las cenizas de aserrín. Fuente: Propia 76
Figura 25: Cuarteo manual de agregado fino. Fuente: Propia 77
Figura 26: Puesta al horno del A.F. Fuente: Propia 77
Figura 27: Peso del A.F para el ensayo de granulometría. Fuente: Propia 77
Figura 28: Tamizado del A.F. Fuente: Propia 78
Figura 29: Peso del A.F para el ensayo de c. de humedad. Fuente: Propia 79
Figura 30: Puesta al horno del A.F para ensayo de C.H. Fuente: Propia 79
Figura 31: Liberación de agua del A.F. Fuente: Propia 80
Figura 32: Prueba de humedad superficial del A.F. Fuente: Propia 80

Figura 33: Peso superficialmente seco del A.F. Fuente: Propia..... 81
Figura 34 y 35 : Peso de fiola + agua e introducción de muestra a la fiola. Fuente: Propia 81
Figura 36 y 37: Llenado del agregado al recipiente y enrasado para ensayo PUS. Fuente: Propia 82
Figura 38: Peso del recipiente más AF para ensayo PUS. Fuente: Propia..... 82
Figura 39: Apisonado del A.F para ensayo de PUC. Fuente: Propia 83
Figura 40: Cuarteo manual de agregado grueso. Fuente: Propia 84
Figura 41: Cantidad de AG para ensayo de A. granulometría. Fuente: Propia..... 84
Figura 42: Tamizado del A.G (confitillo). Fuente: Propia..... 85
Figura 43: Peso del AG para ensayo de c. de humedad. Fuente: Propia..... 86
Figura 44: Puesta al horno del A.G para ensayo de C.H. Fuente: Propia 86
Figura 45: Lavado de agregado grueso. Fuente: Propia..... 87
Figura 46: Peso de A.G para ensayo de Pe Y ABS. Fuente: Propia 87
Figura 47: Retiro de la muestra del horno. Fuente: Propia 88
Figura 48: Llenado del A.G al recipiente PUS. Fuente: Propia 89
Figura 49: Peso del recipiente más AG para ensayo PUS. Fuente: Propia 89
Figura 50: Apisonado del A.G para ensayo de PUC. Fuente: Propia 90
Figura 51: Cuarteo manual de A.G de RCD. Fuente: Propia..... 91
Figura 52: Cantidad de AGR para ensayo de A. granulometría. Fuente: Propia 91
Figura 53: Tamizado del A.G reciclado (confitillo). Fuente: Propia 92
Figura 54: Peso del AGR para ensayo de c. de humedad. Fuente: Propia 93
Figura 55: Puesta al horno del AGR para ensayo de C.H. Fuente: Propia..... 93
Figura 56: Lavado de A. Grueso reciclado. Fuente: Propia 94
Figura 57: Peso de AGR para ensayo de Pe Y ABS. Fuente: Propia..... 95
Figura 58: Llenado del agregado de RCD al recipiente PUS. Fuente: Propia 96
Figura 59: Peso del recipiente más AGR para ensayo PUS. Fuente: Propia 96
Figura 60: Apisonado del AGR para ensayo de PUC. Fuente: Propia..... 97
Figura 61: Asentamiento del concreto para adoquines. Fuente: Propia..... 99
Figura 62: Determinación de dimensiones de adoquín antes de someter 100
Figura 63: Colocación de adoquín a la prensa hidráulica. Fuente: Propia..... 100
Figura 64: Determinación de dimensiones de adoquín antes de someter al ensayo de tracción por flexión. Fuente: Propia..... 101
Figura 65: Adoquín después de aplicar el ensayo a flexión. Fuente: Propia 101
Figura 66: Colocación del adoquín a la máquina de desgaste. Fuente: Propia 102

Figura 67: Limpieza del adoquín después del desgaste. Fuente: Propia 102
Figura 68: Determinación de dimensiones de probetas. Fuente: Propia 103
Figura 69 y 70: Colocación de la probeta al compresómetro-extensómetro. Fuente: Propia 103
Figura 71 y 72: Peso sumergido del adoquín. Fuente: Propia..... 104
Figura 73: Puesta de adoquines al horno. Fuente: Propia 104
Figura 74: Materiales para medir la variación dimensional. Fuente: Propia 105
Figura 75 y 76: Determinación de dimensiones para verificar variación dimensional. Fuente: Propia 105
Figura 77: Barras de concreto antes de someterlos a la solución sulfatada. Fuente: Propia .. 106
Figura 78 y 79: Barras de concreto introducidas a la solución sulfatada. Fuente: Propia 106
Figura 80: Desmolde de adoquines. Fuente: Propia..... 133
Figura 81: Total de adoquines desmoldados. Fuente: Propia..... 134
Figura 82: Curado de adoquines de concreto. Fuente: Propia..... 134
Figura 83: Aserradero Virgen de la Asunción, JLO. Fuente: Propia 171
Figura 84: Acumulación de aserrín en aserradero Prevca SRL, JLO. Fuente: Propia 171
Figura 85: Acumulación de aserrín en aserradero Prevca SRL, JLO. Fuente: Propia 172

Lista de tablas

Tabla 1: Tipos de adoquines según su uso [33] 31
Tabla 2: Espesor nominal y resistencia a la compresión de adoquines [33] 32
Tabla 3: Absorción máxima de adoquines [33]. 33
Tabla 4: Espesor nominal de adoquines [33] 33
Tabla 5: Tolerancia dimensional de adoquines [33] 34
Tabla 6: Tipos de cementos [46] 35
Tabla 7: Tipos de cementos. Fuente: NTP 334.082 35
Tabla 8: Clases de los agregados reciclados [47] 37
Tabla 9: Composición química de las cenizas de aserrín. Fuente: Propia 38
Tabla 10: Tamices para A.F, AG y AGR. Elaboración: Propia 40
Tabla 11: Resistencia promedio requerida a la compresión. Fuente: E.060 48
Tabla 12: Slump según el tipo de construcción. Fuente: ACI 211.1-91 49
Tabla 13: Asentamiento de concreto según el tipo de construcción. Fuente: [53]. 49
Tabla 14: Cantidad de agua requerida según TMN y Slump. Fuente: ACI 211.1-91 50
Tabla 15: Relación agua/cemento. Fuente: ACI 211.1-91 50
Tabla 16: Contenido de agregado grueso. Fuente: ACI 211.1-91 51
Tabla 17: Cantidad de especímenes con adición de cenizas de aserrín. Fuente: Propia 61
Tabla 18: Cantidad de especímenes con el % óptimo de CDA y ACR. Fuente: Propia 61
Tabla 19: Operacionalización de variables en estudio. Fuente: Propia 63
Tabla 22: Composición de los componentes de escombros. Fuente: [7]. 72
Tabla 23: Composición de los componentes de escombros del 73
Tabla 24: Límites de gradación del A.F. Fuente: NTP 400.037 78
Tabla 25: Cantidad de agregado mínimo para ensayo granulométrico. Fuente: NTP 400.012 84
Tabla 26: Requisitos granulométricos del A.G. Fuente: NTP 400.037 85
Tabla 27: Cantidad de agregado mínimo para ensayo peso específico y absorción. Fuente: NTP 400.021 88
Tabla 28: Cantidad de agregado mínimo para ensayo granulométrico. Fuente: NTP 400.012 91
Tabla 29: Requisitos granulométricos del A. Grueso. Fuente: NTP 400.037 92
Tabla 30: Cantidad de agregado mínimo para ensayo peso específico y absorción. Fuente: NTP 400.021 95
Tabla 31: Análisis granulométrico de A.F. Fuente: Propia 107
Tabla 32: C. de humedad del A.F. Fuente: Propia 108
Tabla 33: P. específico y % de absorción del A. Fino. Fuente: Propia 108

Tabla 34: P. Unitario Suelto del A. Fino. Fuente: Propia 108
Tabla 35: P. U. C del A. Fino. Fuente: Propia 109
Tabla 36: Sales solubles totales, sulfatos solubles y cloruros 109
Tabla 37: Análisis granulométrico de A.G. Fuente: Propia 110
Tabla 38: C. de humedad del A. Grueso. Fuente: Propia 111
Tabla 39: Peso específico y % de absorción del A. Grueso. Fuente: Propia 111
Tabla 40: Peso Unitario Suelto del A.G. Fuente: Propia 111
Tabla 41: Peso Unitario Compactado del A.G. Fuente: Propia 112
Tabla 42: Sales solubles totales, sulfatos solubles y cloruros 112
Tabla 43: Análisis granulométrico de A.R reciclado. Fuente: Propia 113
Tabla 44: C. de humedad del A. Grueso Reciclado. Fuente: Propia 114
Tabla 45: P. específico y absorción del A. Grueso Reciclado. Fuente: Propia 114
Tabla 46: P. U. Suelto del A. Grueso Reciclado. Fuente: Propia. 114
Tabla 47: PUC del A. Grueso Reciclado. Fuente: Propia 115
Tabla 48: Sales solubles totales, sulfatos solubles y cloruros 115
Tabla 49: Resultados de ensayo de laboratorio de cenizas de aserrín. Fuente: Propia 116
Tabla 50: Comparación de parámetros de normativas y resultados de CDA. Fuente: Propia 116
Tabla 51: Resistencia a la comprensión de adoquines a los 7, 14 y 28 días. Fuente: Propia . 117
Tabla 52: R. a la flexión de adoquines a los 28 días. Fuente: Propia 118
Tabla 53: Durabilidad al desgaste por abrasión de todos los adoquines. Fuente: Propia 119
Tabla 54: Porcentaje de absorción de todas las muestras de adoquines. Fuente: Propia 120
Tabla 55: Porcentaje de absorción de todas las muestras de adoquines. Fuente: Propia 121
Tabla 56: Densidad de todas las muestras de adoquines. Fuente: Propia 122
Tabla 57: Variación dimensional de adoquines de concreto. Fuente: Propia 123
Tabla 58: Variación de expansión unitaria en barras de concreto. Fuente: Propia 124
Tabla 59: Resistencia a la comprensión de adoquines a los 7, 14 y 28 días. 125
Tabla 60: R. a la flexión de adoquines a los 28 días. Fuente: Propia 126
Tabla 61: Durabilidad al desgaste por abrasión de todas de adoquines. Fuente: Propia 127
Tabla 62: Durabilidad al desgaste por abrasión de todos los adoquines. Fuente: Propia 128
Tabla 63: Porcentaje de absorción de todas las muestras de adoquines. Fuente: Propia 129
Tabla 64 Densidad de todas las muestras de adoquines. Fuente: Propia 130
Tabla 65: Variación dimensional de adoquines de concreto. Fuente: Propia 131
Tabla 66: Variación de expansión unitaria en barras de concreto (etapa II). Fuente: Propia 132
Tabla 67: Clasificación de cenizas de aserrín. Fuente: Propia 137

Tabla 68: Resistencia a la compresión comparado con la NTP, etapa I. Fuente: Propia 138
Tabla 69: Resistencia a la compresión comparado con la NTP, etapa II. Fuente: Propia..... 139
Tabla 70: Resistencia a la compresión comparado con la NTP, III etapa. Fuente: Propia 140
Tabla 71: R. a la tracción por flexión comparado con la NTP, I etapa. Fuente: Propia..... 141
Tabla 72: R. a la tracción por flexión comparado con la NTP, etapa II. Fuente: Propia 141
Tabla 73: Comparación de módulo de elasticidad teórico y experimental. Fuente: Propia... 144
Tabla 74: Comparación de módulo de elasticidad teórico y experimental. Fuente: Propia... 145
Tabla 75: Variación dimensional de adoquines, etapa I. Fuente: Propia 148
Tabla 76: Variación dimensional de adoquines, etapa II. Fuente: Propia..... 149
Tabla 77: Variación de longitud de barras de concreto expuesto a soluciones sulfatadas,.... 150
Tabla 78: Variación de longitud de barras de concreto expuesto a soluciones sulfatadas,.... 150
Tabla 79: Comparación de los ensayos realizados en la investigación. Fuente: Propia 142
Tabla 80: ACU de la obtención de concreto reciclado. Fuente: Propia 153
Tabla 81: ACU de la obtención de la ceniza de aserrín. Fuente: Propia..... 153
Tabla 82: ACU de la elaboración de adoquines patrón. Fuente: Propia 154
Tabla 83: ACU de la elaboración de adoquines con 5% de CDA. Fuente: Propia 154
Tabla 84: ACU de adoquines con 5% de CDA + 100% AGR. Fuente: Propia 155
Tabla 85: ACU de adoquines con 15% de AGR + 5% CDA. Fuente: Propia 155

Lista de gráficos

Gráfico 1: Proceso de demostración de la hipótesis. Fuente: Propia 62
Gráfico 2: Proceso de obtención de agregados reciclados. Fuente: Propia..... 74
Gráfico 3: Curva granulométrica del agregado fino. Fuente: Propia 107
Gráfico 4: Curva granulométrica del A. Grueso. Fuente: Propia..... 110
Gráfico 5: Curva granulométrica del A. Grueso reciclado. Fuente: Propia 113
Gráfico 6: Curva de resistencia a la compresión vs días. Fuente: Propia 117
Gráfico 7: R. a la flexión de adoquines a los 28 días. Fuente: Propia..... 118
Gráfico 8: Comparación de desgaste por abrasión de los adoquines. Fuente: Propia..... 119
Gráfico 9: Porcentaje de absorción de adoquines de concreto. Fuente: Propia 121
Gráfico 10: Densidad de adoquines de concreto con 0, 5, 10 y 15% CDA. Fuente: Propia .. 122
Gráfico 11: Variación de longitud de adoquines. Fuente: Propia 123
Gráfico 12: Variación de ancho de adoquines. Fuente: Propia 123
Gráfico 13: Variación de espesor de adoquines. Fuente: Propia..... 123
Gráfico 14: Curva comparativa de expansión unitaria de barras de concreto sometidas a soluciones sulfatadas. Fuente: Propia..... 124
Gráfico 15: Curva de R. a la compresión vs días. Fuente: Propia..... 126
Gráfico 16: R. a la flexión de adoquines a los 28 días. Fuente: Propia..... 126
Gráfico 17: Comparativo de desgastes de los adoquines muestreados. Fuente: Propia..... 127
Gráfico 18: Porcentaje de absorción de adoquines de concreto. Fuente: Propia 129
Gráfico 19: Densidad de adoquines con 5% CDA+100% ARCR. Fuente: Propia 130
Gráfico 20: Variación de longitud de adoquines. Fuente: Propia 131
Gráfico 21: Variación de ancho de adoquines. Fuente: Propia 131
Gráfico 22: Variación de espesor de adoquines. Fuente: Propia..... 131
Gráfico 23: Curva comparativa de expansión unitaria de barras de concreto sometidas a soluciones sulfatadas. Fuente: Propia..... 132
Gráfico 24: C. de humedad de agregados naturales y reciclado. Fuente: Propia 135
Gráfico 25: Resultados de p.específico de agregados naturales y reciclado. Fuente: Propia 136
Gráfico 26: Resultados de PUSS y PUSC de A. naturales y reciclado. Fuente: Propia 136
Gráfico 27: Resultados de desgaste por abrasión, segunda etapa. Fuente: Propia..... 142
Gráfico 28: Resultados de desgaste por abrasión, segunda etapa. Fuente: Propia..... 143
Gráfico 29: Resultados de módulo de elasticidad, primera etapa. Fuente: Propia..... 144
Gráfico 30: Resultados de módulo de elasticidad, segunda etapa. Fuente: Propia 145
Gráfico 31: Resultados de absorción de adoquines, primera etapa. Fuente: Propia 146

Gráfico 32: Resultados de absorción de adoquines, Segunda etapa. Fuente: Propia 146
Gráfico 33: Resultados de absorción de adoquines, Segunda etapa. Fuente: Propia 147
Gráfico 34: Resultados de absorción de adoquines, Segunda etapa. Fuente: Propia 148

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo evaluar la influencia de la incorporación de agregado grueso reciclado (AGR) y cenizas de aserrín (CDA) en la elaboración de adoquines de concreto para tránsito ligero, para ello primero se realizó la caracterización de los agregados naturales y reciclado y se clasificó las cenizas de aserrín; posteriormente como primera etapa de demostración se determinó el porcentaje óptimo de cenizas, para ello se realizó el diseño de mezcla para la muestra patrón y con adiciones de 5%, 10% y 15% de CDA, de donde mediante los ensayos físico mecánicos se obtuvo que el porcentaje óptimo es el 5%, dado que mejoran las propiedades de los adoquines, luego se realizó la segunda etapa donde se elaboraron especímenes con el porcentaje óptimo de ceniza determinado y el 100% de agregado grueso reciclado, a los cuales como en la primera etapa se le realizó los mismos ensayos donde se determinó que la incorporación del 100% de AGR hace que disminuya la resistencia a la compresión y las otras propiedades se mantienen dentro de los parámetros permitidos.

Palabras Clave: incorporación, agregado grueso reciclado, cenizas, adoquines de concreto

Abstract

The objective of this research is to evaluate the influence of the incorporation of recycled coarse aggregate (AGR) and sawdust ash (CDA) in the elaboration of concrete paving stones for light traffic, for which the characterization of natural and recycled aggregates was first carried out. and sawdust ash was classified; Subsequently, as the first demonstration stage, the optimum percentage of ashes will be reduced, for which the mixture design was carried out for the standard sample and with additions of 5%, 10% and 15% of CDA, from which, through the physical-mechanical tests, it was obtained. that the optimal percentage is 5%, since the properties of the paving stones improve, then the second stage was carried out where specimens were made with the optimal percentage of determined ash and 100% recycled coarse aggregate, to which, as in the In the first stage, the same tests were carried out where it was established that the incorporation of 100% of AGR causes the compressive strength to decrease and the other properties to remain within the permitted parameters.

Keywords: incorporation, recycled coarse aggregate, ashes, concrete pavers

Introducción

El continuo crecimiento de la población y con la rápida industrialización y urbanización en países en desarrollo ha traído consigo el aumento de actividades de construcción, renovación y demolición, los cuales producen cantidades masivas de desechos de concreto, lo que conlleva a un serio problema de contaminación ambiental [1]. Estos materiales desechables son comúnmente conocidos como RCD (Residuos de Construcción y Demolición). Así mismo el crecimiento de la población y el desarrollo de las grandes ciudades ha contribuido y sigue contribuyendo en la degradación ambiental, puesto que mientras más infraestructuras se construye se amplía el consumo de recursos naturales; es por ello que la reutilización de RCD es una opción muy viable para preservar los recursos naturales y reducir la contaminación ambiental por su acumulación en lugares inadecuados.

A nivel mundial, se genera aproximadamente 1 billón de toneladas de residuos que provienen de las actividades de construcción y demolición, de las cuales 510 millones de toneladas de la cifra total son producidas en Europa; no obstante que de esto solo el 8% se recicla; sin embargo, en países como Holanda, Alemania y el Reino Unido dan uso a estos materiales como agregados reciclados en una cantidad cerca al 20% [2].

En Colombia, Bogotá la reconstrucción y construcción de nuevas obras civiles ha generado alrededor de 2.1 millones de toneladas de RCD por año, cifra que suscita gran preocupación debido a que se tiene un manejo insuficiente de estos residuos generados, lo que conlleva a significativos problemas que afectan el medio ambiente de la ciudad [3]. La gran cantidad de RCD generados por la industria de la construcción son arrojados en sitios inapropiados o son empleados de manera incorrecta, disponiéndolos como material de relleno en áreas que en un futuro servirán para la construcción de nuevas estructuras, de esta manera los terrenos se transforman en inestables y complejo de ser aprovechado en un futuro [4].

Perú no está exento a esta problemática ya que es un país en desarrollo y la actividad del sector construcción ha ido incrementando en los últimos años y a consecuencia de esto también ha aumentado considerablemente la generación de residuos de construcción y demolición, para el cual se tiene una deficiente gestión, por ende, estos residuos terminan en botaderos informales, riveras de los ríos y playas, de esta manera generando grandes problemas medioambientales [5]. Según el Ministerio de vivienda construcción y saneamiento [6], en los años 2014 y 2015 se identificó 5,047,232.0 m3 de residuos de construcción y demolición ubicados en 8,810.0 puntos a nivel nacional.

En Lambayeque según el Ministerio del Ambiente [7], se produce alrededor de 222,102 mil toneladas al año de residuos de construcción y demolición, los cuales terminan en botaderos

informales o en cualquier lugar donde contaminan el medio ambiente y perjudican la calidad visual del paisaje urbano. De la cantidad total de RCD antes mencionada representa un 12% concreto puro, lo cual es un porcentaje considerable que se podría reutilizar como agregado reciclado en la elaboración de concretos y de esta manera contribuir con la mitigación del problema que generan estos residuos al medio ambiente.

Con respecto al problema del aserrín, su acumulación en los aserraderos es un medio para la reproducción de plagas y enfermedades, debido a que este material atrae roedores e insectos, asimismo el arrojarlos produce efectos ambientales negativos, ya que al estar expuesto a sol y la humedad se descomponen y emiten gases contaminantes [8]. En Chiclayo, en el distrito de José Leonardo Ortiz existe esta problemática, donde hay gran cantidad de aserraderos que mantienen el aserrín acumulado, lo cual genera problemas en la salud de los trabajadores y además cuando no hay espacio, algunos deciden botarlo o quemarlo, ocasionando grandes problemas ambientales, por ello en esta investigación se propone darle un segundo uso a dicho material. De acuerdo con lo planteado, al usar concretos reciclados se estaría mitigando en cierta parte la problemática de arrojar estos residuos en botaderos informales donde causan contaminación y además sería una opción viable para preservar los recursos naturales; de la misma forma con el aserrín. Así mismo, se cubriría un problema más, de mejorar las calles de tránsito ligero con la pavimentación articulada, mediante el uso de adoquines fabricados con los nuevos materiales propuestos.

Para la comprensión del problema, se formuló la siguiente interrogante:

¿De qué manera influye la incorporación de agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín en la elaboración de adoquines para pavimentos de tránsito ligero?

En tanto, la justificación de la presente investigación se enmarca en lo siguiente:

> Esta investigación se justifica según su implicancia técnica ya que se obtendrán adoquines con la resistencia similar o mayor que la resistencia de adoquines tradicionales, para ello se plantea la sustitución parcial de cemento por cenizas de aserrín y agregados naturales por agregados reciclados, esto con el fin de obtener prefabricados de óptimas condiciones para su uso en pavimentos de tránsito ligero.
>
> La presente tesis tiene relevancia social, debido a que con la fabricación de adoquines se podrá mejorar las calles donde circula tránsito liviano que están en pésimas

condiciones y los beneficiados serán la población que viven en las zonas afectadas, así como los peatones y los conductores vehiculares.

La investigación en mención tiene relevancia económica, debido a que se plantea sustituir parcialmente el cemento por cenizas de aserrín, el cual es un material de muy bajo costo o en algunos casos desechables. Asimismo, se propone la sustitución parcial del agregado grueso por agregados de residuos de concretos reciclados, los cuales se obtendrán de los botaderos o directamente de las obras en ejecución.

En el ámbito de la construcción el cemento es un material indispensable, pero su producción contamina al medio ambiente al emitir CO2, por ello con esta investigación se pretende reducir el uso de cemento sustituyéndolo por cenizas de aserrín y de esta manera reducir las emisiones de CO2. Asimismo, se plantea la reutilización de RCD, los cuales también contaminan el medio ambiente cuando son arrojados en botaderos informales.

Así mismo, se definió como objetivo general:

Evaluar la influencia de la incorporación de agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín en la elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero.

A su vez, como objetivos específicos:

Caracterizar los agregados de concretos reciclados y clasificar las cenizas de aserrín que se emplearan en la presente investigación.

Determinar las propiedades físico mecánicas de la muestra patrón y adoquines fabricados con la adición de 5%, 10% y 15% de cenizas de aserrín.

Establecer el porcentaje óptimo de sustitución de cemento por cenizas para ser utilizado en la elaboración de adoquines con agregado reciclado.

Determinar las propiedades físico mecánicas de las muestras de adoquines adicionando el porcentaje óptimo de cenizas de aserrín y sustituyendo el agregado grueso natural por el 100% de agregados reciclados y trabajando con tres diferentes *f'c.*

Comparar los resultados de las propiedades físico mecánicas de la muestra patrón y la muestra después de adicionar las cenizas de aserrín y el agregado de concretos reciclados.

Describir el proceso constructivo de la elaboración de adoquines con la incorporación de agregado reciclado y cenizas de aserrín.

Evaluar la viabilidad económica y el impacto ambiental de fabricar adoquines con los materiales propuestos.

Revisión de literatura

Antecedentes

Antecedentes Internacionales

Onyeka [9], estudia el uso de cenizas de aserrín como puzolana en la producción de concreto, especialmente se enfoca en investigar las propiedades físicas y la composición químicas de las cenizas de aserrín, así mismo se obtuvo las propiedades de resistencia a la compresión y trabajabilidad del concreto al sustituir el 5%, 10%, 15%, 20% y 25 % el peso del cemento portland por SDA, donde se determinó que los porcentajes más adecuados son los mayores a 5% y menores al 10%, debido que con el porcentaje de 5% se superó la resistencia objetiva de 25 N/mm2 , además la absorción y el asentamiento están dentro del límite permisible, pero con los porcentajes mayores al 10% el concreto empezó a disminuir su resistencia.

A. Gyanendra et. al. [10], estudian la influencia de utilización de los agregados reciclados provenientes de la construcción de la India para la fabricación de adoquines con la finalidad de evaluar su factibilidad como sustitución de los agregados naturales, donde logran determinar que estas materias primas son viables en la fabricación de adoquines, con un porcentaje de 45% para agregado grueso reciclado y 40% para agregado fino reciclado, con estas cantidades logran determinar buenos resultados con respecto a las propiedades mecánicas y de durabilidad.

M. Bikila and J. Ighalo [11], exploran el reemplazo parcial del cemento en el concreto para reducir el efecto ambiental negativo de su uso, esta sustitución lo realizan por CDA en porcentajes de 0%, 5%, 10%, 15% y 20%, donde logran determinar que la trabajabilidad y la resistencia a la compresión disminuye a medida que se reemplaza en mayores proporciones de cemento por cenizas de aserrín, además determinan que el tiempo de fraguado inicial y final del concreto aumenta a medida que se aumenta el reemplazo de SDA. Finalmente concluyen que para obtener buenos resultados solo se debe sustituir el cemento por SDA en un porcentaje de 5%.

Katar et. al. [12], exploran el uso de agregados de concretos reciclados (RCA), para fabricar concretos autocompactante con adiciones de cenizas volantes, para ello sustituyeron el agregado natural por agregados de concretos reciclados a niveles de

reemplazo de 0%, 25%, 50% y 75%, y además con estos porcentajes se determinó la resistencia a la compresión tanto a los 7, 14 y 28 días, también se realizó ensayos de absorción y tracción dividida, resultando el porcentaje más óptimo el 25%, con el cuál se alcanzó una resistencia a la compresión a los 28 días de 44.30 Mpa, con este porcentaje también se obtuvo la absorción más baja de 4.2% y en cuanto a la resistencia a la tracción dividida más alta a los 28 días fue de 3.3 MPa con un reemplazo del 50% de ACR.

Antecedentes Nacionales

C. Ibáñez y Y. Rodríguez [13], en su investigación evalúan como influye el reemplazo del cemento por cenizas de aserrín en porcentajes de 10%, 15% y 20% sobre las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos de concreto, donde al realizar un espectro de fluorescencia de rayos X, obtuvieron los elementos químicos de las CDA para saber si este material puede reemplazar al cemento, en donde en mayor cantidad se obtiene sílice (82.5%) y en porcentajes menores se encontró; aluminio (Al), hierro (Fe), calcio (Ca) y magnesio (Mg). En base a los ensayos realizados concluyen que las cenizas de aserrín si pueden reemplazar al cemento en un 20% por la similitud de sus propiedades.

E. Chávez [14], estudia el comportamiento del concreto empleando agregado reciclado que se obtiene de demoliciones de edificaciones, para ser utilizado en la fabricación de adoquines para pavimentos semiflexibles, donde se sustituye el 100% de los agregados naturales por los AR. Concluyéndose que la fabricación de concretos con agregados reciclados según el proceso de la A.C.I, cumplen con la trabajabilidad (SLUMP) requerida, asimismo cumple con la resistencia a la compresión especificada para adoquines utilizados en pavimentos de tipo I.

J. Tuesta y S. Vásquez [15], mediante su investigación verifican si es probable incrementar la resistencia en el concreto al sustituir el cemento portland por cenizas de aserrín en porcentajes de 0%, 1.5%, 2.5% y 5%. Para saber si las cenizas pueden reemplazar al cemento realizan ensayos donde obtienen características físicas y químicas muy similares a la del cemento por lo que determinan que, si es conveniente reemplazar el cemento con dichas cenizas, además se concluye que con todos los porcentajes propuestos se obtienen resultados positivos de resistencia, por lo que es más viable elegir la sustitución del 5%.

Antecedentes Locales

K. Castañeda y E. Vásquez [16], Estudian la posibilidad de emplear agregado reciclado como sustitución del agregado natural en la fabricación de adoquines de 20x10x6cm y 20x10x8cm, en esta investigación utilizaron el reemplazo de agregado natural por agregado reciclado en un 70%, concluyendo que la resistencia a la flexión y la resistencia a la compresión a los 28 días fueron óptimas solo en algunas muestras.

J. P. Ticerán Pérez [17], en su investigación emplea el concreto triturado reciclado para elaborar prefabricados de uso peatonal y de esa manera busca darle un valor económico a este material, así mismo evitar explotar las canteras naturales. Para realizar esta investigación empleó la sustitución de agregado grueso convencional por agregado de concreto proveniente del reciclaje en porcentajes de 0%, 25%, 50% y 100%, obteniendo la resistencia a la compresión más alta de 326.33 kg/cm2 con la sustitución del 50%, asimismo obtuvo una mayor resistencia a la flexión con la sustitución del 100% (9.46kg/cm2) y con relación a la absorción el menor valor obtenido es de 4.34% con la sustitución de 25%.

Bases Legales

NTP 339.185: Contenido de Humedad

Determina el proceso que se debe seguir para determinar el contenido de humedad tanto del agregado grueso como el agregado fino, esto mediante el secado. Este contenido de humedad incluye tanto la humedad superficial como la humedad presente en los poros del agregado [18].

NTP 400.010: AGREGADOS. Extracción y Preparación de las Muestras

Esta NTP, fija los procedimientos para muestreo y además tiene como objetivo la investigación inicial de los recursos de almacenamiento, control de las fuentes de abastecimiento, inspección de las actividades en el lugar de su utilización y por último la aceptación o rechazo de los agregados [19].

NTP 400.012: Análisis Granulométrico

Esta NTP fija los requisitos mínimos para realizar el análisis granulométrico del agregado fino y grueso. Principalmente se emplea para analizar la distribución de tamaño de partículas de los materiales que se utilizarán como agregados. Mediante este ensayo, se obtienen las características de los agregados y se verifica si cumplen con la gradación requerida en términos de tamaño de partículas [20].

NTP 400.017: Peso Unitario

Esta normativa establece las directrices para determinar las propiedades de los agregados, como la densidad de masa o peso unitario en condiciones sueltas y compactadas. También permite calcular los vacíos entre las partículas de los agregados, ya sea de forma individual o en una mezcla de ambos. Es importante destacar que esta normativa específica que esta metodología se emplea a los agregados con un TMN de hasta 125 mm [21].

NTP 400.021: Absorción y Peso Específico del Agregado Grueso

Esta NTP tiene como propósito dar a conocer el método para calcular la densidad promedio del A.G, excluyendo la zona de vacíos entre las partículas. Además, también permite calcular la densidad relativa o gravedad específica y la absorción del material en mención [22].

NTP 400.022: Absorción y Peso Específico del Agregado Fino.

El propósito de la norma en mención es brindar la metodología para hallar la densidad en promedio del A.F, sin tener en cuenta las zonas de vacíos entre las partículas. Además, también permite determinar la densidad relativa o gravedad específica y la absorción tanto del A.F como del A.G [23].

NTP 339.152: Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterráneas.

El procedimiento brindado por la presente normativa fue empleado para determinar el contenido de sales solubles en los agregados naturales y reciclarlo, como es la arena natural y confitillo natural y confitillo reciclado [24].

NTP 400.042: Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros y sulfatos solubles en agua para agregados en concretos.

El procedimiento establecido en esta NTP fue llevado a la práctica para determinar el contenido de cloruros y sulfatos solubles en los agregados naturales y reciclarlo, como es la arena natural y confitillo natural y confitillo reciclado [25].

NTP 339.088: Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto.

El objetivo de esta normativa es establecer los requisitos mínimos de composición y performance para el agua que será empleada en la elaboración de concretos utilizando cemento portland [26].

Especificación Estándar para Cenizas Volantes de Carbón y Puzolana Natural Cruda o Calcinada para Uso en Concreto, ASTM C618

Esta norma hace referencia a las cenizas volantes y puzolana para su uso en la elaboración del concreto como material cementante o puzolánica, asimismo esta normativa nos indica que las cenizas deben cumplir con los requisitos de composición química y los requisitos físicos prescritos [27].

NTP 334.104: Ceniza Volante y Puzolana Natural Cruda o Calcinada para Uso en Concreto

Esta norma se basa en la ASTM C 618-08a, mencionada líneas arriba, la cual brinda las especificaciones para las cenizas volantes y la puzolana natural cruda o calcinada que se utilizan como adición mineral en el concreto [28].

NTP 334.005: CEMENTO. Método de ensayo normalizado para determinar la densidad del cemento Pórtland

La norma en mención está fundamentada en la ASTM C188 – 09, e implanta el método para calcular la densidad del cemento y por ende el peso específico del mismo [29]. En esta investigación se empleó esta norma para realizar el procedimiento de ensayo del peso específico de las cenizas de aserrín basándose en la ASTM C 311.

ASTM C 311: Métodos de Prueba Estándar para Muestreo y Prueba de Cenizas o Puzolanas Naturales para su Uso en el Concreto

Esta norma hace referencia a las puzolanas y cenizas volantes para su utilización en el concreto como material cementante o puzolánica, asimismo esta normativa nos indica que las cenizas deben cumplir con los requisitos de composición química y los requisitos físicos prescritos [30].

NTP 399.035: CONCRETO. Método de ensayo para medición del asentamiento del concreto.

Esta norma se fundamenta en la norma ASTM C 143 y proporciona el proceso para llevar a cabo el ensayo de determinación del asentamiento del concreto su estado fresco empleando el cono de Abrams. [31].

NTP 399.604: UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.

Esta norma brinda las pautas a seguir para hacer el muestreo y pruebas de las unidades de albañilería de concreto. El objetivo es obtener información sobre las dimensiones, propiedades físicas y mecánicas de estas unidades, como la absorción, el peso unitario (densidad), el contenido de humedad y la resistencia a la compresión [32].

NTP 399.611: UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de Concreto para Pavimentos.

Esta normativa establece los requerimientos que debe obedecer los adoquines de concreto que serán utilizados en pavimentos, estos requisitos consisten en las dimensiones de fabricación, dimensiones efectivas, dimensiones nominales y resistencia a la compresión. Así mismo nos brinda la clasificación de adoquines mediante tres tipos (tipos I, tipo II y Tipo III) [33].

NTP 339.124: Resistencia a la Tracción por Flexión (Módulo de Rotura)

Esta norma describe el proceso que se debe seguir para realizar la prueba de resistencia a la tracción por flexión en adoquines. Consiste en colocar el adoquín apoyado en sus extremos y someterlo a una carga lineal de forma uniforme y distribuida en el centro de su longitud libre a lo largo de su ancho. Esta carga se aplica gradualmente hasta que se produce la rotura del adoquín [34].

ASTM C944/C944M-12: Método de Ensayo Estándar para la Resistencia a la Abrasión de Superficies de Concreto o Mortero por el Método de Cortador Giratorio.

La norma en mención brinda la metodología de ensayo para la capacidad de resistencia a la abrasión de las unidades de concreto, esto se realiza a través de un cortador giratorio que desgasta al espécimen a una velocidad determinado [35].

COGUANOR NTG 41087 h1: Determinación del Módulo de Ruptura de los Adoquines de Concreto

Esta norma guatemalteca brinda el procedimiento de prueba para hallar el módulo de ruptura de los adoquines de concreto que se utilizarán en áreas de tránsito vehicular y peatonal. En la presente investigación, esta norma complementó la NTP 339.124, la cual aborda la resistencia a la tracción por flexión de los adoquines de concreto [36].

ASTM C 469: Módulo de Elasticidad Estático

Esta norma permite realizar el ensayo donde se determina el módulo de elasticidad en especímenes cilíndricos de concreto y núcleos de concreto bajo esfuerzos de compresión longitudinal [37].

NTP 334.094: Método normalizado para determinar el cambio de longitud en morteros de cemento portland expuestos a soluciones sulfatadas.

El procedimiento establecido en esta NTP fue llevado a la práctica para determinar el cambio de longitud que sufre el concreto de cemento portland al estar expuesto a luciones sulfatadas [38].

NTG 41003 h11 (ASTM C 157): Método de ensayo. Determinación del cambio de longitud del mortero y del concreto de cemento hidráulico, endurecidos.

La NTG tiene relación con la NTP 334.094 y están basadas en la norma ASTM C 157, esta norma establece los parámetros de dimensiones para barras de mortero y barras de concreto según el TMN del agregado, además establece el procedimiento para determinar el cambio de longitud del mortero y concreto de cemento portland [39].

ASTM C 490: Standard Practice for Use of Apparatus for the Determination of Length Change of Hardened Cement Paste, Mortar, and Concrete.

Esta norma se relaciona con la ASTM C157, que establece los lineamientos tanto para moldes, elaboración de muestras y procedimiento de cálculo para determinar la variación de longitud en barras de mortero y concreto [40].

Ley General del Ambiente, Ley N°28611

La ley en cuestión establece los requisitos para garantizar el ejercicio del derecho a un entorno saludable y establece las medidas necesarias para una gestión ambiental eficiente, con el objetivo de promover el desarrollo del país [41].

Reglamento de Gestión y Manejo de Residuos Sólidos de la Construcción y Demolición

El propósito de esta reglamentación es instaurar las normativas para la gestión y manejo de los residuos sólidos generados en la construcción y demolición. Su enfoque principal es priorizar y fomentar la valorización de dichos residuos sólidos [42].

Ley N°274466, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental

El objetivo de esta ley es que se pueda lograr realizar una identificación, prevención, supervisión, control y corrección anticipada de los impactos ambientales negativos derivados de las actividades humanas [43].

Bases Teóricas

Adoquines de Concreto

Definición

Los adoquines son unidades prefabricados de concreto y para su elaboración principalmente se utiliza agua, cemento y agregados (finos y grueso), estos materiales deben ser pasar diversos ensayos para garantizar su uso en la fabricación de adoquines donde estos logren estándares adecuados de resistencia a la compresión, desgaste a la abrasión, absorción de agua, etc. Su uso radica en pavimentaciones de tráfico vehicular (calles y avenidas) o en pavimentación para fines peatonales (aceras, plazas, etc.) [44].

Tipos de Adoquines de Concreto

Según el uso y la capacidad de carga que pueda soportar, la NTP 399.611 establece tres tipos de adoquines.

TIPO	USO
Tipo I	Este tipo es usado para pavimentos de tránsito peatonal
Tipo II	Usado para pavimentos de tránsito vehicular ligero
Tipo III	Usado para pavimentos de tránsito vehicular pesado, patios industriales o de conectores

Tabla 1: Tipos de adoquines según su uso [33]

Propiedades Mecánicas de Adoquines de Concreto

Resistencia a la Compresión

Esta propiedad de los adoquines hace referencia al esfuerzo máximo que soporta este, bajo cargas de aplastamiento. Esta resistencia se determina mediante una división de la fuerza aplicada entre el área donde se aplica la carga. Según la NTP 399.611, los adoquines pueden ser fabricados con distintas resistencias según el uso que se le va a dar.

TIPO	ESPESOR NOMINAL (mm)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, MIN MPa (kg/cm2)	
		Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I (Peatonal)	40 60	31 (320) 31 (320)	28 (290) 28 (290)
II (Vehicular ligero)	60 80 100	41 (420) 37 (380) 35 (360)	37 (380) 33 (340) 32 (325)
III (Vehicular pesado, patios industriales o de contenedores)	≥ 80	55 (561)	50 (510)

Tabla 2: Espesor nominal y resistencia a la compresión de adoquines [33]

Resistencia a la Tracción por Flexión

La propiedad de resistencia a la tracción por flexión de los adoquines se produce cuando estos son sometidos a cargas y generan un efecto que se le conoce como momento flector, esto quiere decir que la resistencia a la flexión hace referencia a la medición de la resistencia a tracción y la falla por momento de viga, losa de concreto, adoquines, etc. [45].

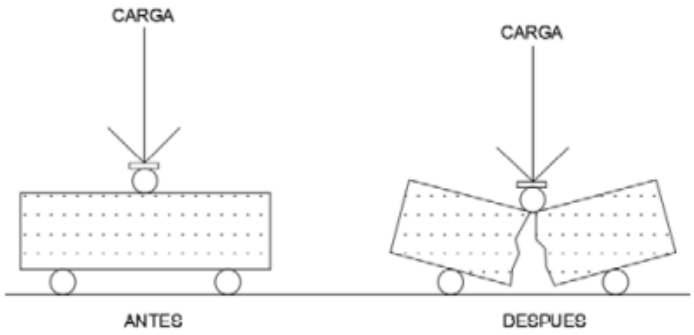


Figura 1: Resistencia a la Tracción por Flexión [45]

Resistencia a la Abrasión

La resistencia a la abrasión en pavimentos adoquinados hace referencia a la capacidad que tienen estos en la superficie para poder oponerse desgaste por roce, frotamiento y fricción. Los problemas de abrasión se originan comúnmente por las condiciones de servicio, como el tránsito vehicular, peatonal o efectos naturales como el viento y la acumulación de agua en tiempos de lluvia.

Propiedades Físicas de Adoquines de Concreto

Absorción

La absorción hace referencia a la posibilidad o capacidad que tiene un elemento para ocupar agua por la presencia de poros en su estructura. Según la NTP 399.611, los adoquines de tipo I y II en promedio de 3 unidades deben tener una absorción máxima de 6% e individualmente de 7.5% y en cuanto al tipo III en promedio de 3 unidades de tener una máxima absorción de 5% mientras que individualmente de 7%.

TIPO DE ADOQUÍN	ABSORCIÓN MÁX (%)	
	Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I y II	6	7.5
III	5	7

Tabla 3: Absorción máxima de adoquines [33].

Variación dimensional

La variación dimensional, hace referencia a dimensiones adecuadas que debe tener las unidades de concreto para realizar los ensayos, la NTP. 399. 611 brinda las dimensiones que debe tener los adoquines según su tipo (Tipo I, II y III).

TIPO	**ESPESOR NOMINAL (mm)**
I (Peatonal)	40 60
II (Vehicular ligero)	60 80 100
III (Vehicular pesado, patios industriales o de contenedores)	≥ 80

Tabla 4: Espesor nominal de adoquines [33]

Así mismo, la NTP. 399.611 establece los parámetros dimensionales para los adoquines, esta permisividad se muestra al detalle en la tabla siguiente.

TOLERANCIA DIMENSIONAL, MÁX. (mm)		
Longitud	Ancho	Espesor
± 1.6	± 1.6	± 3.2

Tabla 5: Tolerancia dimensional de adoquines [33]

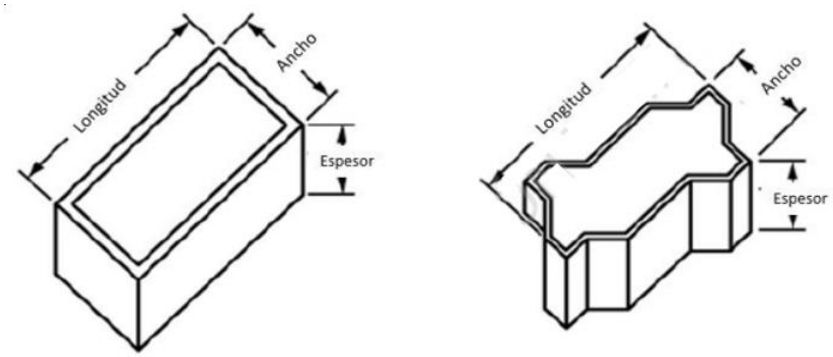


Figura 2: Dimensiones de unidades de concreto para pavimentos [33].

Componentes del Concreto para Adoquines

Los adoquines están compuestos principalmente de material cementante, agua, agregados (finos y gruesos) y aditivos cuando se requiera.

Cemento

Definición

El cemento es aquel elemento que se adquiere de la quema a grandes temperaturas de la aleación constituida por piedra, caliza, arcilla y arena ferrosa, estos luego pasan un proceso de molienda. Este producto después de la calcinación que le hace se denomina Clinker, posterior a la calcinación pasa otra vez por el proceso de calcinación con la mezcla de yeso para obtener el cemento [44].

En cuanto al cemento portland se le conoce como hidráulicos, debido a que producen un fraguado y endurecimiento al reaccionar con el agua, este proceso se denomina hidratación, el cual es una reacción química donde se juntan el cemento y el agua para conformar una masa similar a la piedra [44].

Tipos de Cementos Portland

Estos cementos en mención son empleados comúnmente en todo tipo de construcción y para garantizar su utilización deben estar regidos a las estipulaciones de la NTP 334. 009. Esta norma clasifica los diferentes tipos de cementos portland según su uso como se muestra en la siguiente tabla [46].

TIPO	USO
TIPO I	Es de uso general y no necesita de propiedades especiales para cualquier otro tipo.
TIPO II	Es de uso general, específicamente cuando se requiera de una moderada resistencia a los sulfatos.
TIPO II(MH)	De uso general, específicamente cuando se requiera moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos.
TIPO III	Se usa cuando se necesite lograr altas resistencias iniciales.
TIPO IV	Se emplea cuando se requiera bajo calor de hidratación.
TIPO V	Se usa cuando se requiera alta resistencia a los sulfatos.

Tabla 6: Tipos de cementos [46]

Por otro lado, la NTP 334.082 para cementos portland, especificaciones de la performance brinda tipos de cementos los cuales se detallan en la siguiente tabla.

TIPO	USO
TIPO GU	Este cemento es de uso general
TIPO MS	Se usa cuando se rquiere moderada resistencia a los sulfatos.
TIPO HS	Se usa cuando se requiera alta resistencia a los sulfatos.
TIPO HE	Se emplea cuando se necesite lograr altas resistencias iniciales.
TIPO MH	Se usa cuando se requiera un moderado calor de hidratación.
TIPO LH	Se usa cuando se requiere bajo calor de hidratación.

Tabla 7: Tipos de cementos. Fuente: NTP 334.082

Agregados Naturales

Definición

Los agregados naturales se le denomina a los que tienen origen de la explotación de los yacimientos naturales o las canteras de las diferentes rocas, los cuales luego son procesados según se requiera. Estos materiales se clasifican en agregados fino y grueso.

Agregado fino

Esta es una arena natural o una combinación de arena manufacturada. Debe estar compuesto por granos duros y de alta calidad, y debe estar libre de cualquier materia orgánica. Además, el porcentaje de partículas que pasan a través de cualquier tamiz no debe superar el 45%. En cuanto a su M.F, debe estar en el rango de 2.3 a 3.1, lo cual se determinará mediante el ensayo granulométrico [44].

Agregado Grueso

Este tipo de agregado está compuesto por grava triturada, piedra triturada o una combinación de estos materiales, los cuales deben cumplir con las normas actuales. Los agregados con partículas esféricas y cúbicas son los más adecuados para el concreto, ya que ofrecen una mayor resistencia y permiten un mejor acomodo de las partículas, lo que reduce el consumo de cemento [44].

Agua

Este es un componente infaltable en la fabricación de concretos, puesto que es utilizado en la mezcla y curado de estos. Además, el agua es quien genera un proceso de hidratación al unirse con el cemento y de esa forma se desarrolla la capacidad ligante. Para su utilización se debe verificar que esté exento de sustratos o sustancias como ácidos, álcalis, aceites, sales, materia orgánica, arcillas, lodos y algas [44].

Agregados de Concretos Reciclados

Definición

Los agregados reciclados que son aquellos que son producidos a través del procesamiento de materiales de desecho mineral, donde las fuentes principales de estos materiales es la de construcción y demolición de infraestructuras. Estos están conformados por escombros donde están inmersos los residuos de concreto, ladrillos, madera, plásticos, cartón, papel, metales, etc. De estos residuos, a través de investigaciones se ha podido demostrar que los residuos de concreto triturado se pueden usar como sustituto de los agregados naturales en la elaboración de concretos, previamente separando estos de otros residuos y realizando sus respectivos ensayos [47].

Clases de Agregados Reciclados

Según [47], existen tres clases de agregados reciclados donde se emplea el concreto triturado, mampostería y mezclas de agregados reciclados y naturales, los cuales están descritos en la siguiente tabla.

CLASES	ORIGEN	LADRILLOS CONTENIDO (en peso)	DESCRIPCIÓN
ACR (I)	Enladrillado	0-100%	Material de la más baja calidad: - Fuerza baja - Alto nivel de impureza - 10% finos
ACR (II)	Concreto	0-10%	Calidad relativamente alta con bajos niveles de impurezas. Principalmente concreto triturado, pero puede contener cantidades significativas agregado natural y 10% Fino
ACR (III)	Concreto y Enladrillado	0-50%	Material mixto con niveles de impureza similares a ARC (I) pero una gama más amplia de usos, por ejemplo, mezcla 80/20 de agregado/ARC(III) puede ser aceptable en todos los grados de concreto

Tabla 8: Clases de los agregados reciclados [47]

Agregados Reciclados como Reemplazo de Agregados Naturales

Estos se obtienen del reciclaje de escombros de concreto suelen presentar algunas diferencias en sus características con relación a los agregados naturales, pero es factible su uso para elaborar concretos estructurales si se verifica que la mezcla con estos es similar o igual en su resistencia, desempeño, porosidad y costos con relación a la mezcla elaborada con agregados naturales [47].

Cenizas de Aserrín (CDA)

Definición

Las cenizas de aserrín (SDA), es un material pulverizado fino y su color varía entre gris y negro, estas se obtienen de la quema de desechos orgánicos que resulta de la molienda mecánica o del procesamiento de la madera, al cual se le conoce como aserrín [48].

Cenizas de Aserrín como Reemplazo del Cemento

Diversas investigaciones han determinado que las cenizas de aserrín tienen propiedades químicas como sílice, calcio, aluminio, hierro, magnesio y entre otras en menor proporción, los cuales son idénticas a las propiedades del cemento, por ello se viene utilizando la fabricación del concreto.

A continuación, se presenta una tabla de algunas investigaciones donde a través de ensayos se ha determinado la composición química de las cenizas de aserrín, de esa manera respaldando que su utilización como mezcla puzolánica en la fabricación de concretos es viable.

AUTORES	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS CENIZAS DE ASERRÍN									REFERENCIA
	SiO2 (%)	**CaO (%)**	**Fe2O3 (%)**	**MgO (%)**	**AL2O3 (%)**	**k2O (%)**	**TiO2 (%)**	**MnO (%)**	**LOI (%)**	
C. Ibáñez y Y. Rodriguez	82.5	4.1	1.6	0.2	2.6	-	-	-	-	[13]
C.Marthong	50.2	5.42	14.23	0.09	-	9.57	-	5.6	-	[48]
S. Assiamaha et al	68.51	8.85	1.75	5.5	-	0.6	-	-	-	[49]
C. C. Ikeagwuani	53.39	7.20	2.64	3.30	14.30	8.43	0.05	0.41	5.48	[50]
C.C. Ikeagwuani et al	33.20	45.98	0.03	1.2	-	10.7	0.5	1.01	-	[51]

Tabla 9: Composición química de las cenizas de aserrín. Fuente: Propia

Como se puede observar las cenizas de aserrín (SDA) contiene cantidades considerables de cal viva (CaO), que es necesario para que se produzcan reacciones a corto plazo (intercambio catiónico, floculación y aglomeración y carbonatación de cal) como a largo plazo (puzolánicas), asimismo contiene cantidades altas de sílice, lo cual es un compuesto importante en la formación de calcio-sílice-hidratado (CSH), que viene a ser un compuesto cementoso [51].

Concreto Vibrado

Teoría de la Vibración

Es una técnica altamente efectiva para lograr un asentamiento óptimo del concreto, dotándolo de propiedades distintivas como resistencia mecánica, compacidad y terminado de calidad. Este proceso está dado en que se debe someter al concreto a una serie de vibraciones rápidas y frecuentes, lo que permite un acomodo uniforme y gradual, eliminando de forma eficiente el aire atrapado en el material [52].

Principios Fundamentales de la Vibración

La vibración del concreto se define por su frecuencia e intensidad. Esta frecuencia se refiere al número de impulsos que se aplican al concreto en un minuto. Si la frecuencia es de 3000 vibraciones por minuto o menos, se considera de baja frecuencia, mientras que, si es igual o superior a 6000 vibraciones por minuto, se considera de alta frecuencia. Las vibraciones de alta frecuencia son ideales para lograr una mejor compactación. Se dice que la vibración es completa cuando la lechada de cemento comienza a fluir hacia la superficie [52].

Propiedades del Concreto Vibrado

Compacidad

La vibración ayuda en la reducción de las cantidades del agua de mezclado con la finalidad de obtener un concreto de buena compacidad.

Impermeabilidad

En esta propiedad del concreto vibrado el ensayo que juega un papel importante es la granulometría, ya que si esta es continua y se emplea un alto contenido de cemento y se vibra se obtienen concretos de alta impermeabilidad [52].

Resistencia Mecánica

La resistencia mecánica es un factor determinante que está inmerso en las propiedades del concreto vibrado ya que este se incrementa considerablemente cuando se somete a una vibración de manera intensa [52].

Resistencia a la Abrasión

Esta resistencia en mención para que sea adecuada depende del correcto vibrado del concreto y se deriva de su propia compacidad y la resistencia al desgaste es altamente mayor.

Desmolde Rápido

Dado que para el concreto vibrado se emplea poca agua los elementos prefabricados pueden ser desmoldado instantáneamente. Cuando al desmoldar las unidades se rompen puede ser a causa de mucha agua o por la falta de vibración [52].

Ensayos de Agregados

Análisis Granulométrico del A.F, A.G y AGR

EQUIPOS

- **Balanza:** Se requiere una balanza con precisión de 0.1 g para el agregado fino, lo que representa un 0.1% del peso de la muestra utilizada. Para el agregado grueso, se utiliza una balanza con una precisión de 0.5 g o, de manera similar al agregado fino, un 0.1% de la masa de la muestra.
- **Agitador mecánico de tamices:** Emplear para dar movimiento vertical o movimiento lateral al tamiz.
- **Horno:** Debe ser idóneo de conservar temperaturas equivalentes de 110 °C ± 5°C.
- **Tamices:** Los estarán en concordancia con la normativa y serán los siguientes.
  - Tamices empleados agregado fino y grueso

TAMIZ	ABERTURA (mm)
3/8"	9.50
Nº 4	4.75
Nº 8	2.36
Nº 16	1.18
Nº 30	0.6
Nº 50	0.30
Nº 100	0.15
Nº 200	0.075

TAMIZ	ABERTURA (mm)
3"	75.00
2"	50.00
1 1/2"	38.10
1"	25.00
3/4"	19.00
1/2"	12.50
3/8"	9.50
Nº 4	4.75

Tabla 10: Tamices para A.F, AG y AGR. Elaboración: Propia

MATERIALES

- **Agregado fino:** La cantidad mínima de agregado fino según la norma es de 500 g.
- **Agregado Grueso:** La cantidad mínima de agregado grueso según la norma es de 5000 g.
- **Agregado reciclado:** Al ser un agregado grueso se debe ser un mínimo de 5000 g.

PROCEDIMIENTO

- La muestra se obtiene mediante el método de cuarteo según la normativa ASTM C 702. Esto implica tomar una cuchara metálica y formar un cono de material, el cual se aplasta y se divide en cuatro partes equivalentes. A continuación, se seleccionan dos de las partes para el análisis.
- Posteriormente, la muestra se somete al procedimiento de secado mediante un horno a una temperatura establecida por la normativa de 110 ± 5 °C, con el objetivo de eliminar la humedad natural.
- A continuación, las muestras de agregado fino y grueso se pesan en las cantidades exigidas por la normativa aplicable.
- Se procede a seleccionar los tamices, los cuales se montan en orden decreciente. En la parte inferior se coloca el fondo del tamiz, y en la parte superior se coloca una tapa para no perder evitar material cuando se realice la agitación.
- A continuación, se agitan adecuadamente los tamices para separar las partículas del agregado.
- Después de la agitación, se pesa el material que ha quedado retenido en cada tamiz.
- Por último, los datos obtenidos en este procedimiento se utilizan para calcular la retención, la retención acumulada, el material pasante y el módulo de finura.

CÁLCULO

- En cuanto a la exactitud es el 0.1% de los porcentajes pasantes sobre el peso total.
- El módulo de finura del agregado se obtiene mediante la siguiente fórmula.

$$M.F = \frac{\%\ Retenido\ acumulado}{100}$$

Estos porcentajes acumulados son de los siguientes tamices: 1 ½”, ¾”, 3/8”, N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100.

Contenido de Humedad (339.185 Y ASTM C 566)

EQUIPOS

- **Horno:** Debe ser idóneo para mantener temperaturas similares de 110 °C ± 5°C.
- **Balanza:** Debe ser electrónica con aproximación de 0.1g, tanto para agregado como para agregado grueso.
- **Recipientes:** Deben ser metal y resistentes al calor.

MATERIALES

- **Agregados:** Fino, grueso y el agregado reciclado.

PROCEDIMIENTO

- Establecer la muestra con una precisión del 0.1%.
- Luego, pesar el depósito y la muestra colectiva.
- Se sitúa en recipientes los agregados según el tipo y estos deberán ser codificados para manejar un orden de las muestras.
- Se coloca al horno a 110ºC el conjunto, por un tiempo prolongado de 24 horas.
- Por último, se retira del horno para que se enfrié y poder realizar el pesado, de donde se obtendrá el peso perdido, el cual indicará el contenido de humedad natural.

CÁLCULO

La siguiente fórmula se utiliza para determinar la humedad evaporable total.

$$P = \frac{W - D}{100} x\ 100$$

Donde:

P = Humedad total de la muestra (%)

W = Masa inicial de la muestra (g)

D = Masa de la muestra seca (g)

Peso Específico y Absorción del A. G

EQUIPOS

- **Tamices:** Estos deben ser de tamaños máximos nominales establecidos por la norma.
- **Recipientes:** Deben tener la capacidad para lograr que la muestra se mantenga cubierta con agua y de esa manera realizar la agitación sin que se pierda cantidades de agregado ni agua.
- **Balanza:** Debe tener una precisión de 0.1% del peso medio.
- **Cesta**: Con aberturas de diámetros 2.8 mm, este está fabricado con la finalidad de que se quede suspendido el agregado en el agua.
- **Depósito de agua:** Usado para el ensayo donde se suspende la cesta conectada a una balanza.
- **Horno:** Debe asegurar una temperatura equivalente de 110°C +/- 5°C.

PROCEDIMIENTO

- La temperatura empleada para el secado de muestra debe ser de 110 ºC ± 5 ºC, y dejar ventilar bajo sombra en un tiempo de 1 a 3 horas aproximadamente.
- Sumergir el material en agua a una temperatura ambiente por un periodo de tiempo de 24 horas como mínimo para lograr saturar la muestra.
- Luego secar la muestra hasta eliminar las partículas de agua visible, para luego obtener el PSSS.
- Posteriormente se pone el espécimen en la cesta de alambre para de esa forma precisar el peso sumergido.
- Finalmente, se hace un secado a la muestra para que el peso se mantenga constante a una temperatura entre 110 °C ± 5 °C.

CÁLCULO

Las fórmulas empleadas para efectuar el P.e son las siguientes:

$$Pem = \frac{A}{(B-C)}\ x\ 100 \qquad Pea = \frac{A}{(A-C)}\ x\ 100 \qquad Pesss = \frac{B}{(B-C)}\ x\ 100$$

Donde:

Pem = Peso específico de la masa (g)

Pesss = Peso específico de la masa saturada superficialmente seca

Pea = Peso específico aparente

A = Peso de la muestra seca en el aire (g)

B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (g)

C = Peso en el agua de la muestra saturada (g)

Absorción

$$Abs\ (\%) = \frac{(B - A)}{A}\ x\ 100$$

Peso Específico y Absorción del Agregado Fino (400.022 y ASTM C 127-84)

EQUIPOS

- **Tamices:** Estos deben ser de TMN establecidos que es 37,5 mm (1 ½ pulg) o menores según lo establecido por la norma.
- **Recipientes:** Deben tener la capacidad para lograr que la muestra se mantenga cubierta con agua y de esa manera realizar la agitación sin que se pierda cantidades de material ni agua.
- **Balanza:** Debe tener una precisión de 0.1% del peso medio.
- **Fiola o frasco volumétrico:** Debe tener una capacidad de 500 cm3, y debe tener una calibración hasta 0,1 cm3.
- **Cono de absorción de arena:** Para determinar la gravedad específica.
- **Varilla para apisonado:** Debe ser metálica, recta y uno de sus extremos debe tener una superficie circular plana para apisonar, este debe tener 25 ± 3 mm de diámetro.
- **Horno:** Debe poder mantener una temperatura equivalente a 110°C +/- 5°C.

MATERIALES

En cuanto a los materiales se debe tomar teniendo en consideración los factores de perdida de material.

PROCEDIMIENTO

- Situar la muestra del cuarteo en un depósito para secar a temperatura de 110 °C ± 5 °C.
- Hundir la muestra en agua y poner a reposar por un periodo de tiempo de 24 horas como mínimo.
- Secar la muestra por medio del horno, hasta obtener una superficie seca.
- Colocar el molde cónico y luego se procede a golpear la superficie de manera suave 25 veces y luego alzar el recipiente verticalmente.
- Revisar si el agregado sea derrumbado la ¾ partes. Esto indica una superficie seca.
- Luego se poner en el frasco 500 gr de muestra del material preparado y se llena de agua, de tal manera que se alcance aproximadamente 1000 cm3 a una temperatura de 23 °C ± 2 °C.
- Se debe quitar las burbujas de aire.
- Finalmente retirar el agregado colocado y poner al horno para el secado durante 24 horas mínimas.

CÁLCULO

Para realizar el cálculo se emplean las siguientes fórmulas.

$$Pem = \frac{W_O}{(V - Va)}\ x\ 100$$

$$Pesss = \frac{500}{(V - Va)}\ x\ 100$$

$$Pea = \frac{W_O}{(V - Va) - (500 - W_O)}\ x\ 100$$

Donde:

Pem = Peso específico de la masa (g)

Pesss = Peso específico de la masa saturada superficialmente seca (g)

Pea = Peso específico aparente (g)

W_O = Peso de la muestra secada en el horno (g)

V = Volumen del frasco (cm3)

V_a = Peso o volumen de agua añadida al frasco (g o cm3)

Absorción

$$Abs\ (\%) = \frac{500 - W_O}{W_O}\ x\ 100$$

Peso Unitario del A. Grueso y A. Fino

Peso Unitario Suelto (PUS)

EQUIPOS

- **Bandeja de aluminio:** Recipiente donde se colocan las muestras después del cuarteo para posteriormente ser colocadas en los moldes.
- **Moldes:** Son donde se coloca la muestra seleccionada para que luego sea compactada.
- **Varilla de acero punta hemisférica:** Útil para realizar el apisonado.
- **Balanza:** Debe tener una aproximación a 0.1% del peso de ensayo.
- **Horno:** Debe ser idóneo para mantener la temperatura equivalente de 110°C +/- 5°C.

PROCEDIMIENTO

- El agregado debe ser muestreado en base a la NTP 400.010.
- Reducir la muestra empleando el método del cuarteo a tamaño de prueba, este material debe representar del 125% a 200% del volumen requerido para llenar el recipiente, esta dimensión corresponde a la NTP 400.017.
- Luego proceder a llenar la primera capa con ayuda de la pala a una altura de 5cm aproximadamente y de forma circular.
- Seguidamente llenar la segunda capa, a una altura de 5cm aproximadamente, para evitar que se compacte.
- Posteriormente se llena la tercera capa, hasta que sobresalga, a una altura de 5cm aproximadamente.
- Con una varilla, nivelar el agregado, dando una ligera separación.
- Luego realizar pesado del recipiente con la muestra y el recipiente solo.
- Finalmente, determinar el PUS en base a la NTP 400.017.

CÁLCULO

Para calcular el PUS se emplean las siguientes fórmulas.

$$f = \frac{1000}{Wa} \qquad PUS = \frac{G - T}{V} \qquad PUS = (G - T) * f \qquad PUS = f * Ws$$

Donde:

f = Factor de calibración del recipiente

Wa = Peso del agua

PUS = Peso Unitario del agregado suelto

G = Peso del recipiente más el agregado

T = Peso del recipiente

V = Volumen del recipiente

Ws = Peso de la muestra suelta

Peso Unitario Compactado (PUC)

EQUIPOS

- **Bandeja de aluminio:** Recipiente donde se colocan las muestras después del cuarteo para posteriormente ser colocadas en los moldes.
- **Moldes:** Son donde se coloca la muestra seleccionada para que luego sea compactada.
- **Varilla de acero punta hemisférica:** Útil para realizar el apisonado.
- **Balanza:** Debe responder al 0.1% de la carga de prueba en cualquier punto de su rango de uso.
- **Horno:** Debe poder mantener una temperatura equivalente a 110°C +/- 5°C.

PROCEDIMIENTO

- El agregado debe ser muestreado en base a la NTP 400.010.
- Reducir la muestra empleando el método del cuarteo a tamaño de prueba, este material debe representar del 125% a 200% del volumen requerido para llenar el recipiente, esta dimensión corresponde a la NTP 400.017.
- Luego proceder a llenar la primera capa con ayuda de la pala a una altura de 5cm aproximadamente y de forma circular.
- Seguidamente llenar la segunda capa, a una altura de 5cm aproximadamente, para evitar que se compacte.

- Posteriormente se llena la tercera capa, hasta que sobresalga, a una altura de 5cm aproximadamente.
- Con una varilla, nivelar el agregado, dando un ligero separamiento.
- Luego realizar pesado del recipiente con la muestra y el recipiente solo.
- Finalmente, determinar el PUS en base a la NTP 400.017.

CÁLCULO

Para calcular el peso unitario suelto se emplean las siguientes fórmulas.

$$f = \frac{1000}{Wa} \qquad PUC = \frac{G - T}{V} \qquad PUC = (G - T) * f$$

$$PUS = f * Wc$$

Donde:

f = Factor de calibración del recipiente

Wa = Peso del agua

PUC = Peso Unitario del agregado compactado

G = Peso del recipiente más el agregado

T = Peso del recipiente

V = Volumen del recipiente

Wc = Peso de la muestra compactada

Diseño de Mezcla

Para efectuar el D.M se seguirá los procedimientos y criterios de selección de datos, según el Método del Comité 211 ACI. Además, se basará en el RNE E. 060.

Primero, la resistencia a la compresión promedio requerida se determina en función de la disponibilidad de datos para determinar la desviación estándar. Como no se tiene datos, se emplea la siguiente tabla.

Resistencia especificada a la compresión, MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
$f'c < 21$	$f'cr = f'c + 7{,}0$
$21 \leq f'c \leq 35$	$f'cr = f'c + 8{,}5$
$f'c > 35$	$f'cr = 1{,}1\, f'c + 5{,}0$

Tabla 11: Resistencia promedio requerida a la compresión. Fuente: E.060

Segundo, se selecciona el slump según las tablas que establece el comité ACI 211 de acuerdo con el tipo de construcción, sin embargo, estas tablas no presentan los rangos para concretos de prefabricados mediante vibración, por ello se emplea datos de investigaciones realizadas.

Types of construction	Slump, in.	
	Maximum+	Minimum
Reinforced foundation walls and footings	3	1
Plain footings, caissons, and substructure walls	3	1
Beams and reinforced walls	4	1
Building columns	4	1
Pavements and slabs	3	1
Mass concrete	2	1

Tabla 12: Slump según el tipo de construcción. Fuente: ACI 211.1-91

Compactación	Consistencia	Asentamiento (mm)	Fluidez (%)	Tipo de estructura
Vibro compactación	Muy rígida	0-10	10 – 30	Pavimentos para transito pesado, con fuerte vibración. Elementos prefabricados.
Alta vibración	Rígida	20-40	30 – 50	Pavimentos con maquina terminadora vibratoria. Cimentaciones de hormigón masivo, secciones poco reforzadas y vibradas, muros no reforzados.
Vibración normal	Plástica	50-90	50 – 70	Muros de contención reforzados, cimentaciones, pavimentos compactados normalmente, losas, vigas y columnas poco reforzadas
Baja vibración	Fluida	100-150	70 – 100	Secciones muy reforzadas (vigas, losas, columnas), muros reforzados, hormigón a colocar en condiciones difíciles.
Sin vibración	Liquida	>150	>100	Hormigón transportado por bombeo, hormigón autonivelante, no se recomienda vibrarlo.

Tabla 13: Asentamiento de concreto según el tipo de construcción. Fuente: [53].

Tercero, se determina el TMN del agregado que se empleará en el mezclado de concreto.

Cuarto, se estima el contenido de agua y aire en base al TMN y el slump seleccionado, si no se encuentra en la tabla especificada del comité ACI 211, se debe calcular mediante interpolación o extrapolación. A continuación, se presenta la tabla que brinda los valores de agua requerida con los diversos tamaños máximos nominales con y sin aire incorporado.

Water, lb/yd³ of concrete for indicated nominal maximum sizes of aggregate								
Slump, in.	⅜ in.*	½ in.*	¾ in.*	1 in.*	1-½ in.*	2 in.*,†	3 in.†,‡	6 in.†,‡
Non-air-entrained concrete								
1 to 2	350	335	315	300	275	260	220	190
3 to 4	385	365	340	325	300	285	245	210
6 to 7	410	385	360	340	315	300	270	—
More than 7*	—	—	—	—	—	—	—	—
Approximate amount of entrapped air in non-air-entrained concrete, percent	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Air-entrained concrete								
1 to 2	305	295	280	270	250	240	205	180
3 to 4	340	325	305	295	275	265	225	200
6 to 7	365	345	325	310	290	280	260	—
More than 7*	—	—	—	—	—	—	—	—
Recommended averages§ total air content, percent for level of exposure:								
Mild exposure	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5**,††	1.0**,††
Moderate exposure	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5**,††	3.0**,††
Severe exposure‡‡	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5**,††	4.0**,††

Tabla 14: Cantidad de agua requerida según TMN y Slump. Fuente: ACI 211.1-91

Quinto, se selecciona la relación (a/c) por resistencia o por durabilidad, en el caso de esta investigación se eligió por resistencia por ser el menor valor, y el procedimiento se hizo según la tabla establecida por el comité ACI 211. Si no se encuentra el valor se determina por interpolación o extrapolación.

Compressive strength at 28 days, psi*	Water-cement ratio, by weight	
	Non-air-entrained concrete	Air-entrained concrete
6000	0.41	—
5000	0.48	0.40
4000	0.57	0.48
3000	0.68	0.59
2000	0.82	0.74

Tabla 15: Relación agua/cemento. Fuente: ACI 211.1-91

Sexto, se determina la cantidad de agua necesaria en la relación a/c, se procede a calcular la cantidad de cemento requerida.

Séptimo, se realiza la determinación del contenido de agregado grueso utilizando la tabla proporcionada por la ACI 211. Esta estimación se basa en el TMN del A.G y el M.F del A.F. Si el valor exacto no se encuentra en la tabla, se puede utilizar la interpolación para obtener el factor correspondiente. Una vez obtenido el factor, se multiplica por el peso volumétrico seco compactado del agregado grueso.

Nominal maximum size of aggregate, in.	Volume of oven-dry-rodded coarse aggregate* per unit volume of concrete for different fineness moduli of fine aggregate+			
	2.40	2.60	2.80	3.00
⅜	0.50	0.48	0.46	0.44
½	0.59	0.57	0.55	0.53
¾	0.66	0.64	0.62	0.60
1	0.71	0.69	0.67	0.65
1 ½	0.75	0.73	0.71	0.69
2	0.78	0.76	0.74	0.72
3	0.82	0.80	0.78	0.76
6	0.87	0.85	0.83	0.81

Tabla 16: Contenido de agregado grueso. Fuente: ACI 211.1-91

Octavo, se determina la cantidad de agregado fino, para ello se suman todos los volúmenes de los componentes (cemento, agua, agregado grueso, aire), luego se resta la unidad menos la suma de los componentes y se obtiene un factor por unidad cúbica que se multiplica por el peso volumétrico seco compactado del agregado fino.

Noveno, se realiza el ajuste por humedad del agregado fino y grueso.

Décimo, se determina la dosificación en peso y volumen.

Elaboración de los Adoquines

El proceso de fabricación de los adoquines es el siguientes:

1. Los componentes del concreto (cemento, agregado grueso, agregado fino y agua) se pesan según el diseño de mezcla, luego se coloca en el trompo eléctrico para mezclar hasta obtener una homogeneidad.
2. Se procede a pasar al molde de adoquín, previamente este debe estar limpio y con petróleo para que se pegue la mezcla.
3. Se realiza una compactación mediante la mesa vibratoria.
4. Para el fraguado se debe tener cuidado con las condiciones ambientales como mucha calor y fuerte viento, puesto que puede alterar las propiedades.
5. El curado se realiza por un periodo de 7, 14 y 28 días, respectivamente ensayadas.

Ensayo al concreto fresco

Asentamiento o Slump (NTP. 339.035)

El propósito de este ensayo es medir el asentamiento de mezclas de concreto utilizando el método descrito en la NTP 339.035. Este método de prueba se utiliza para medir el asentamiento del concreto de cemento Portland.

INATRUMENTOS Y EQUIPOS

- Molde metálico o Cono de Abrams con medias específicas establecidas en la norma en mención.
- Varilla de hierro compactadora lisa con diámetro de 5/8'' y largo de 24''.
- Bandeja metálica
- Cucharon

PROCEDIMIENTO

1. Se humedece el cono de Abrams y se coloca sobre una superficie plana y rígida que no absorba la humedad.
2. Se posiciona el molde sobre el cono de Abrams y se fija con ambos pies pisando las aletas del cono.
3. Se llena el cono en tres capas, compactando cada capa con una varilla y dando 25 golpes distribuidos de manera uniforme en toda la sección de la capa.
4. Antes de compactar la última capa, se llena el cono por encima de su capacidad para asegurar un exceso de concreto sobre la superficie del molde. Si es necesario, se agrega la cantidad suficiente de material para mantener este exceso.
5. Después de compactar la última capa, se enrasa la superficie del cono y luego se retira el molde con cuidado, levantándolo de forma vertical.
6. Por último, se mide el asentamiento del concreto obtenido.

Ensayos al Concreto Endurecido (Adoquines)

Ensayo de Resistencia a la Compresión

El propósito de esta prueba es determinar la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería de concreto.

EQUIPOS

- **Máquina de ensayo:** Esta debe tener una capacidad adecuada y suficiente, además debe garantizar una velocidad de carga.

PROCEDIMIENTO

1. Se mide las dimensiones del espécimen con ayuda de un Vernier o también llamado pie de rey, esto con la finalidad de obtener el área exacta donde se va a aplicar la carga.
2. Luego se debe colocar la muestra al centro de la máquina de ensayo (prensa hidráulica).
3. Asegurarse que el espécimen se encuentre bien ubicado y verificar que la máquina esté lista para funcionar.
4. Seguidamente se aplica la carga de compresión hasta que la muestra presente una falla definida.
5. Finalmente apuntar la carga máxima que soporta por la unidad de albañilería de concreto

CÁLCULO

Para determinar la resistencia a la compresión (f'c) se aplica la siguiente fórmula.

$$f'c = \frac{P_{máx}}{A_n}$$

Donde:

f´c: Esfuerzo de compresión kg/cm2 (MPa)

Pmáx: Carga kg (N)

An: Área del espécimen cm2 (mm2)

Ensayo de Resistencia a la Tracción por Flexión (Módulo de Rotura) (NTP. 339.124)

El ensayo de resistencia a la tracción implica aplicar una carga lineal de manera uniforme y distribuida en el centro de un adoquín apoyado en sus extremos a lo largo de su ancho. Esta carga se incrementa gradualmente hasta que el adoquín se rompe.

EQUIPOS

- **Máquina de ensayo:** Estas son las que se emplean en laboratorios para realizar ensayos de compresión o tracción.
- **Barras de acero:** Deben de ser de 20 mm de radio.

PROCEDIMIENTO

- Sumergir las muestras a recipientes con agua a temperaturas entre 15 °C y 30 °C, durante 24 h, luego se quita del agua y se seca.
- Luego en la plataforma de la máquina y equidistante al medio se posicionan 2 barras de manera paralela, donde se apoyará el espécimen, esto con una sección L igual al largo de la muestra.
- Posteriormente se coloca la tercera barra en la parte superior del espécimen, de una forma paralela y equidistante de los apoyos, luego se atribuye de manera gradual la carga hasta lograr la rotura.
- El área de rotura de la muestra se establece con una aproximación al milímetro su ancho y espesor promedio.
- Las muestras sin forma irregular se utilizan para cortar especímenes de forma irregular para obtener muestras prismáticas rectangulares mas grandes.

CÁLCULO

Para calcular la resistencia a la tracción debido a la flexión se emplea la siguientes formula.

$$R = \frac{3PL}{2bd^2}$$

Donde:

R = Resistencia a la tracción por flexión de cada adoquín.

P = Carga de rotura (N)

L = Luz entre apoyos de espécimen (mm)

b = Ancho promedio del espécimen en la sección de rotura (mm)

d = Espesor promedio del espécimen en la sección de rotura (mm)

Ensayo de Resistencia a la Abrasión de Superficies de Concreto por el Método de Cortador Giratorio

Este ensayo brinda el método para calcular resistencia a la abrasión de núcleos de concreto a través del con el cortador giratorio.

APARATOS

- **Dispositivo de Abrasión:** Se requiere utilizar una prensa taladradora u otro dispositivo donde se pueda sostener y hacer girar el desgastador a una velocidad de 200 r/min para realizar el desgaste.
- **Arandelas:** Para evitar la abrasión restringida del concreto, las arandelas deben ser colocadas en un perno de manera que se reduzca su diámetro y se evite la fricción directa con el concreto.
- **Balanza:** Debe tener una capacidad de mínima de 4 kg y una precisión mínima de 0.1g.
- **Placa de nivelación:** Debe ser adecuada para descansar adecuadamente el espécimen y pueda rotar cuando la muestra sea colocada allí, además debe asegurar un máximo contacto con la cortadora rotativa en toda el área de ensayo.
- **Brocha:** Este se usa para limpiar el desgaste que se ha producido en el espécimen.

PROCEDIMIENTO

- Pesar el espécimen inicial con una precisión de 0.1g.
- Montar la muestra en la máquina de abrasión de tal forma que la superficie a ensayar sea perpendicular al eje.
- Instalar el instrumento de corte rotativo en la máquina de abrasión.
- Iniciar el motor y bajar gradualmente hasta que el cortador haga contacto con la superficie del espécimen.
- Realizar la abrasión durante un período de 2 minutos a partir del momento en que el cortador entra en contacto con la superficie del espécimen.
- Después de cada período de 2 minutos, retirar el espécimen del dispositivo y limpiar la superficie con un cepillo.

- Finalmente, registrar la masa final del espécimen después de cada ciclo de 2 minutos.

CÁLCULO

Para el cálculo de la resistencia a la abrasión se utiliza las siguientes formulas.

$$\%\ desgaste = \frac{m_f - m_i}{m_f} x\ 100$$

Donde:

$m_i = masa\ inicial$

$m_f = masa\ final$

Módulo de Elasticidad Estático (ASTM C 469)

Este ensayo proporciona información sobre la relación entre el esfuerzo y la deformación unitaria del concreto endurecido, así como la deformación unitaria transversal y longitudinal en diferentes edades y condiciones de curado.

El módulo de elasticidad y la relación de Poisson son utilizados para el diseño de elementos estructurales tanto reforzados como no reforzados, para determinar la cantidad de refuerzo necesario y para calcular los esfuerzos correspondientes a las deformaciones unitarias.

EQUIPOS

- **Máquina de Ensayo:** Se requiere utilizar una máquina de ensayo que pueda aplicar una carga según la velocidad y magnitud especificadas en la normativa correspondiente.
- **Compresómetro:** Se utiliza para medir el módulo de elasticidad y debe tener una precisión de aproximadamente 5 partes por millón.

PROCEDIMIENTO

- Garantizar la constancia de la temperatura y humedad durante todo el proceso del ensayo, manteniéndolos lo más estables posible.
- Calcular la resistencia a la compresión de un par de muestras antes de ejecutar la prueba del módulo de elasticidad.

- Colocar la muestra de prueba en el equipo de ensayo y alinear cuidadosamente el eje de la muestra con el centro de la rótula del cabezal de soporte superior.
- Aplicar una carga a la muestra no menor a dos veces y registrar los datos obtenidos para realizar los cálculos, considerando los promedios de los ciclos de carga posteriores.

CÁLCULO

Para los determinar el módulo de elasticidad con aproximación de 344.74 Mpa (50,000psi) se utiliza las siguiente formula.

$$E = (S2 - S1) / (\varepsilon 2 - 0.000050)$$

Donde:

E = módulo de elasticidad cuerda, MPa (psi),

S2 = esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última MPa (psi)

S1 = esfuerzo correspondiente a la deformación unitaria longitudinal, ε1, de 50 millonésimas, en MPa (psi)

ε2 = deformación unitaria longitudinal producida por el esfuerzo S2, en millonésimas: μm (μpulg.)

Para realizar el cálculo de la relación de Poisson con aproximación de 0.01 se emplea la siguiente fórmula.

$$\mu = (\varepsilon t2 - \varepsilon t1) / (\varepsilon 2 - 0.000050)$$

Donde:

μ = relación de Poisson

εt2 = deformación unitaria transversal en la altura media del espécimen producida por S2 en millonésimas: μm (μpulg.)

εt1 = deformación unitaria transversal en la altura media del espécimen producida por el esfuerzo S1 en millonésimas: μm (μpulg.)

Ensayo de Absorción (NTP. 339.604)

Este ensayo tiene por objetivo efectuar o hallar la absorción y densidad de las unidades de concreto y la norma en la que se basa es la NTP 339.604.

EQUIPOS

- **Horno:** Debe garantizar una temperatura equivalente de 110°C +/- 5°C.
- **Balanza:** Debe tener una sensibilidad de 0.5% del peso de la muestra más pequeña probada.
- **Cesta**: Con aberturas de diámetros 2.8 mm, este está fabricado de modo que se logre suspender en el agua.
- **Depósito de agua:** Se utiliza para suspender cestas en balanzas conectadas.

PROCEDIMIENTO

- Colocar los especímenes en un recipiente con agua a temperatura entre 15.6 ºC y 26.7ºC durante 24 horas.
- Pesar las muestras mientras están suspendidas por un alambre de metal y completamente sumergidas en agua, para obtener el peso sumergido (Wi).
- Permitir que las muestras se sequen y escurran durante 1 minuto para determinar el peso saturado (Ws).
- Colocar las muestras en un horno durante 24 horas para que se sequen por completo. • Registrar finalmente el peso seco al horno (Wd).

CÁLCULO

Las siguientes fórmulas se utilizan para determinar las relaciones de absorción y densidad:

$$\%\ Absorción = \frac{W_s - W_d}{W_d}\, x\ 100$$

$$Densidad = \frac{W_d}{W_s - W_i}\, x\ 1000\ (\frac{kg}{m3})$$

Donde:

$W_s = Peso\ saturado\ del\ espécimen\ (kg)$

$W_d = Peso\ sumergido\ del\ espécimen\ (kg)$

$W_i = Peso\ seco\ al\ horno\ del\ espécimen\ (kg)$

Ensayo para determinar el cambio de longitud del concreto expuestos a soluciones sulfatadas (NTP. 334.094)

Este ensayo tiene por finalidad determinar el cambio de longitud que sufre el concreto de cemento portland al estar expuesto a soluciones sulfatadas

EQUIPOS Y MATERIALES

- Arena gradada
- Anclaje (pernos) de acero inoxidable
- Mezclador
- Moldes para barras de concreto
- Comprobador de conformidad
- Contenedores para almacenar barras de concreto
- Tanque de curado.

PROCEDIMIENTO

- Realizar muestras (barras) de 7.5 cm x 7.5 cm x 28.5 cm
- Almacenar las barras de ensayo durante la exposición a la solución de sulfatos, esto se debe hacer en un recipiente adecuado y sellarlo para prevenir la evaporación del interior o la dilución con el agua del exterior.
- Medir los cambios de longitud a las semanas 1, 2, 3, 4, 8, 13 y 15 después que las muestras han sido puestas en la solución sulfatada.

CÁLCULO

Para calcular los cambios de longitud de las muestras a cualquier edad, se emplea la siguiente fórmula:

$$\Delta L = \frac{L_X - L_i}{L_g} x\ 100$$

Donde:

$\Delta L = Cambio\ de\ longitud\ a\ la\ edad\ x, \%$

$L_X = Lectura\ en\ el\ comparador\ del\ espécimen\ a\ la\ edad\ x - lectura\ de\ la\ referencia\ a\ la\ edad\ x$

$L_i = Lectura\ inicial\ del\ espécimen - \ lectura\ de\ la\ barra\ de\ referencia, al\ mismo\ tiempo.$

$L_i = Longitud\ nominal\ del\ calibre, o\ 250\ mm\ como\ sea\ pertinente$

Materiales y métodos

Tipo de Estudio

En cuanto al tipo de esta investigación se clasifica como cuantitativo, ya que busca utilizar los valores numéricos obtenidos de pruebas de laboratorio para medir de manera precisa los diversos resultados de las propiedades físicas y mecánicas de los adoquines fabricados con cenizas de aserrín y agregados de concreto reciclado. Además, se comparará la pregunta de investigación y se verificará la hipótesis formulada para respaldar los hallazgos obtenidos.

La finalidad que se persigue en esta investigación es aplicada, puesto que en base a las teorías existentes se va a generar nuevos aportes al sector construcción, como es la elaboración de adoquines con la sustitución parcial de materiales tradicionales como el cemento y agregados, las resistencias que se alcancen con la adición de los nuevos materiales van a permitir el uso de los prefabricados para pavimentos de tránsito liviano.

Diseño de Investigación

La presente investigación sigue un diseño de tipo experimental, ya que su objetivo es analizar, a través de pruebas de laboratorio, el impacto de la adición parcial de CDA y AGR en las propiedades físicas y mecánicas de los prefabricados utilizados en pavimentos de tránsito ligero.

Población, Muestra y Muestreo de Estudio

Población

La investigación en mención presenta como población de interés los adoquines de concreto de tipo II, en los cuales se ha incorporado cenizas de aserrín y agregado grueso proveniente del concreto reciclado. El propósito es evaluar la eficiencia de estos materiales en las propiedades físicas y mecánicas de los adoquines prefabricados.

Muestra

En este estudio, se utilizó una muestra compuesta por 126 adoquines y 21 probetas. A los adoquines se les sometió a ensayos para medir su resistencia a la compresión, resistencia a la tracción por flexión, resistencia a la abrasión, contenido de absorción y variación dimensional. Por otro lado, a las probetas se les realizará el ensayo del Módulo de Elasticidad Estático.

Muestreo

En esta investigación se empleará un muestreo no probabilístico, puesto que depende del criterio del autor. Como primer paso se elaboró especímenes denominados patrón y muestras con adición de 5%, 10% y 15% de cenizas de aserrín.

CANTIDAD DE ESPECÍMENES												
% Cenizas de Aserrín	Muestra Patrón			5%			10%			15%		
Nº de Días	7	14	28	7	14	28	7	14	28	7	14	28
Ensayo de Resistencia a la Compresión	Adoquines											
	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Ensayo de Resistencia a la Tracción por Flexión	Adoquines											
	-	-	3	-	-	3	-	-	3	-	-	3
Ensayo de Durabilidad: Desgaste por abrasión	Adoquines											
	-	-	3	-	-	3	-	-	3	-	-	3
Ensayo de Módulo de Elasticidad Estático	Probetas											
	-	-	3	-	-	3	-	-	3	-	-	3
Absorción	Adoquines											
	-	-	3	-	-	3	-	-	3	-	-	3
Subtotal Probetas	3			3			3			3		
Subtotal Adoquines	18			18			18			18		
TOTAL PROBETAS	12											
TOTAL ADOQUINES	72											

Tabla 17: Cantidad de especímenes con adición de cenizas de aserrín. Fuente: Propia

Como segundo paso se elaboró especímenes con adición del porcentaje óptimo de cenizas de aserrín obtenido en el primer paso y además se incorporó agregado grueso proveniente del concreto reciclado en 100% y se trabajó con 3 diferentes f'c.

CANTIDAD DE ESPECÍMENES									
% Cenizas de Aserrín	% óptimo			% óptimo			% óptimo		
% Agregado Reciclado	100% - f'c (1)			100% - f'c (2)			100% - f'c (3)		
Nº de Días	7	14	28	7	14	28	7	14	28
Ensayo de Resistencia a la Compresión	Adoquines								
	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Ensayo de Resistencia a la Tracción por Flexión	Adoquines								
	-	-	3	-	-	3	-	-	3
Ensayo de Durabilidad: Desgaste por abrasión	Adoquines								
	-	-	3	-	-	3	-	-	3
Ensayo de Módulo de Elasticidad Estático	Probetas								
	-	-	3	-	-	3	-	-	3
Absorción	Adoquines								
	-	-	3	-	-	3	-	-	3
Subtotal Probetas	3			3			3		
Subtotal Adoquines	18			18			18		
TOTAL PROBETAS	9								
TOTAL ADOQUINES	54								

Tabla 18: Cantidad de especímenes con el % óptimo de CDA y ACR. Fuente: Propia

Hipótesis

La incorporación de agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín brindaran propiedades físicas y mecánicas favorables en los adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero.

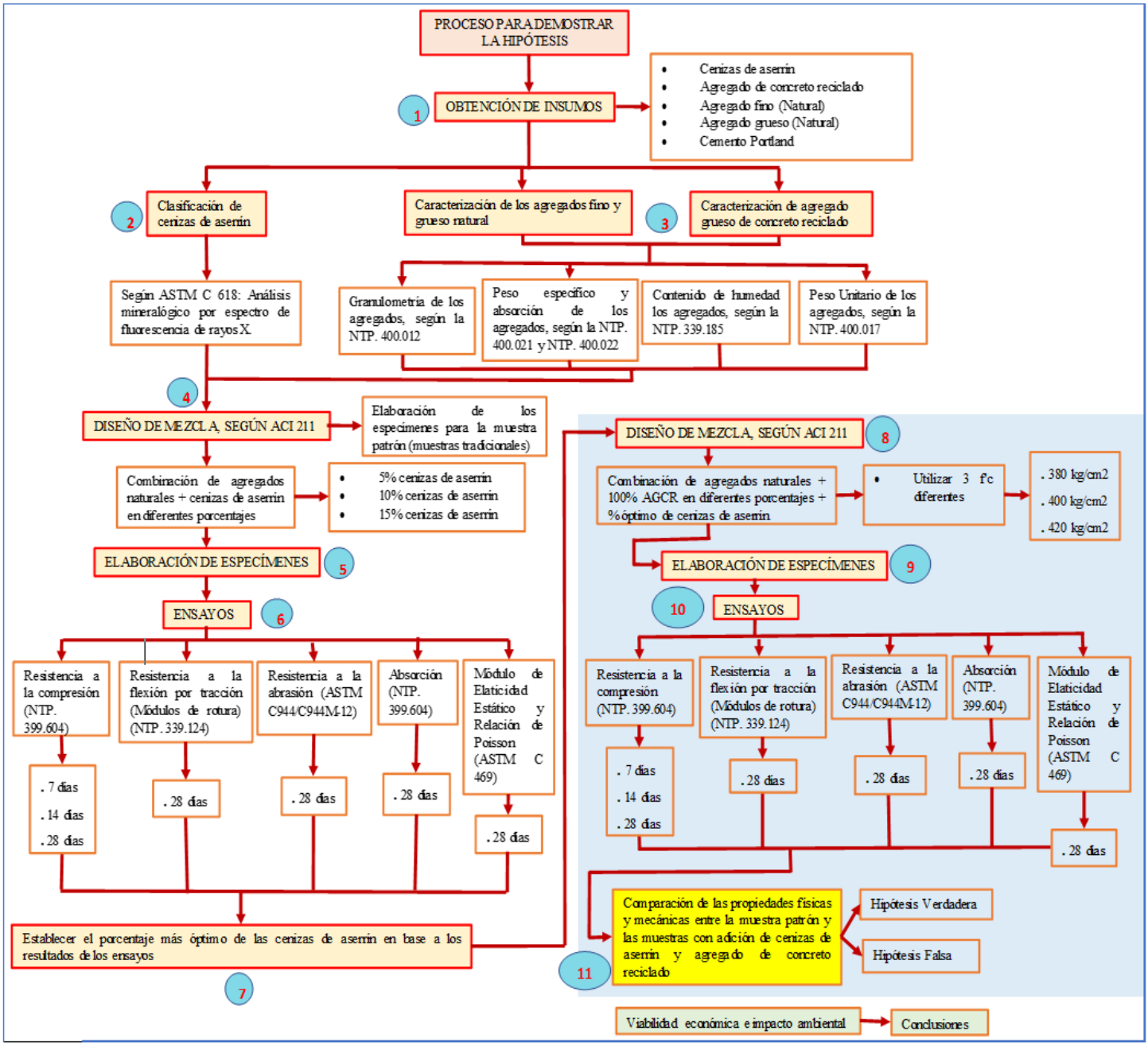


Gráfico 1: Proceso de demostración de la hipótesis. Fuente: Propia

Variables y Operacionalización

Variables

- **Variable independiente**

  Adición de cenizas de aserrín y agregados de concretos reciclados.

- **Variable dependiente**

  Propiedades físico mecánicas de los adoquines para pavimentos de tránsito ligero.

- **Variable interviniente**

  Diámetro de los agregados reciclados y diámetro de las cenizas.

Operacionalización

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	MEDICIÓN	INSTRUMENTO	RANGOS
Var. Independiente Incorporación de agregado grueso de concreto reciclado y cenizas de aserrín	Agregados de Concreto Reciclados	Cantidad de agregados reciclado	% en peso	Balanza electrónica con aproximación a 01 g	100%
	Cenizas de Aserrín	Cantidad de cenizas de aserrín	% en peso	Balanza electrónica con aproximación a 01 g	5%, 10% y 15%
Var. Dependiente Propiedades físico mecánicas de los adoquines para pavimentos de tránsito ligero	Propiedades físicas	Absorción	%	NTP. 399.611	Máx: 7.5%
		Variación Dimensional	mm	NTP. 399.611	± 1.6 y ± 3.2
	Propiedades mecánicas	Resistencia a la Compresión	kg/cm2 (Mpa)	Prensa Hidráulica	Min: 380 kg/cm2
		Resistencia a la Tracción por Flexión	kg/cm2 (Mpa)	Prensa Hidráulica	Min: 50 kg/cm2
		Resistencia a la Abrasión	%	ASTM C944/C499M-12	-
		Módulo de Elasticidad Estático	kg/cm2 (Mpa)	Compresómetro - Extensómetro	-
Var. Interviniente Diámetro del gregado grueso de concreto reciclado y cenizas de aserrín	Agregados de Concreto Reciclados	Diámetro de los agregados reciclados	% en peso	Juego de tamices	< 75mm
	Cenizas de Aserrín	Diámetro de las cenizas de aserrín	% en peso	Tamiz Nro 200	< 75um

Tabla 19: Operacionalización de variables en estudio. Fuente: Propia

Técnicas e Instrumentos

Técnicas

Para la presente investigación se empleará las siguientes técnicas.

- **La observación:** Para clasificar los agregados de concretos reciclados obtenidos de distintas fuentes y verificar las propiedades mecánicas que se obtienen al ensayar los adoquines fabricados con la incorporación de estos agregados y las cenizas de aserrín.

- **Análisis de resultados:** Tiene que ver con la discusión, interpretación y evaluación de los resultados según la normativa vigente y bibliografías consultadas.

Instrumentos

- **Programas o Softwares:** Estos son AutoCAD, Word, Excel y Power Point.
- **Fuentes:** Se empleará información de libros, artículos científicos, trabajos de investigación y Normativas vigentes, los cuales son:
  - Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)
  - Norma C. E. 10 Pavimentos Urbanos
  - Normas Técnicas Peruanas (NTP)
  - American Society for Testing and Materials (ASTM)
  - American Concrte Institute (ACI)

Procedimiento

Proceso de Obtención de Cenizas de Aserrín

COMPRA DEL ASERRÍN

La compra del aserrín se efectuó en los aserraderos virgen de la Asunción, Prevca SRL y Casa Blanca SRL ubicados en la Av. México # 2945, Av. Venezuela # 2584 y Av. Panamá respectivamente del distrito de José Leonardo Ortiz, aproximadamente a 4 minutos del mercado Moshoqueque.

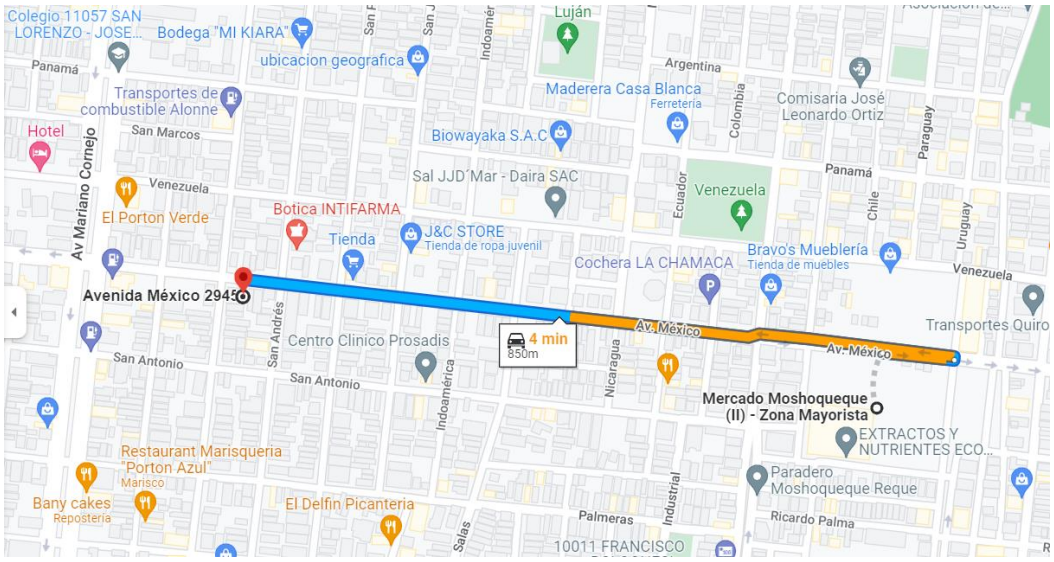


Figura 3: Ubicación del aserradero visitado. Fuente: Propia

Se realizo la compra de 15 sacos de aserrín, los cuales tienen un peso promedio de 60 kilos cada uno.



Figura 4: Compra de aserrín. Fuente: Propia

TRATAMIENTO

Primero, se realizó la calcinación del aserrín en un horno de ladrillera artesanal, con la finalidad de alcanzar la temperatura adecuada de calcinación.



Figura 5: Calcinación de aserrín en horno de ladrillera artesanal. Fuente: Propia

Para controlar la temperatura a la cual se estaba calcinando el aserrín, se utilizó una pistola termómetro de infrarrojo FLUKE 62 MAX



Figura 6: Termómetro para medir temperatura de calcinación del aserrín. Fuente: Propia

Segundo, Antes de ingresar el aserrín al horno se determinó su temperatura inicial para saber en qué proporción aumenta cuando se está calcinando; obteniendo una temperatura de 22.9 ºC.



Figura 7: Temperatura del aserrín antes de ingresar al horno. Fuente: Propia

Tercero, se determinó la temperatura de calcinación durante las 2 primeras horas, obteniendo una 461.2 ºC, posteriormente se midió otra vez a las 3 horas y se obtuvo una temperatura de 503.4 ºC.



Figura 8: Temperatura de calcinación del aserrín en horno. Fuente: Propia

Cuarto, las cenizas que se obtuvo fueron tamizadas por la malla < 75um (N°200), utilizándose el pasante a dicho tamiz con el fin de evitar grumos y partículas no quemada (materia orgánica), obteniéndose un total de 31.5 kg de CDA. Estimándose un rendimiento de 2.10 kg de cenizas tamizadas por cada saco de 60 kg de aserrín.



Figura 9: Tamizado de las cenizas de aserrín. Fuente: Propia

Quinto, para garantizar si el material fue calcinado a una temperatura adecuada se realizó el ensayo de análisis térmico diferencial, para ello se empleó 35 gramos de aserrín, los cuales mediante el analizador térmico simultaneo DTA DS CAP. Máx. 1600 ºC se determinó que se obtiene las cenizas de aserrín a una temperatura máxima de 490 ºC en un periodo de tiempo de 2 horas. De esta manera comprobándose que el aserrín fue calcinado a una temperatura adecuada de 503.4 ºC.

Sexto, para determinar si se logró calcinar el aserrín en su totalidad se realizó una visualización a través de un microscopio óptico, para ello se seleccionó una muestra de cenizas pasantes a la malla < 75um (N°200).



Figura 10: Cenizas llevadas a observar en microscopio. Fuente: Propia

Del total de cenizas de aserrín (CDA) separada, se seleccionó una muestra pequeña para ser puesta en una lámina porta objeto y ser llevada a visualizar en el microscopio. La muestra en el portaobjeto se esparció de manera que no quede acumulada en un solo punto para poder observar las posibles partículas orgánicas inmersas en las cenizas.



Figura 11: Selección de muestras de cenizas y puestas en lámina porta objeto. Fuente: Propia

Luego cuidadosamente se reguló el lente tanto a la medida de la vista y el lente para acercar y alejar la imagen de la muestra. Así mismo se empezó a visualizar las cenizas de aserrín iniciando con un aumento de tamaño de la muestra a 40X, luego a 100X y finalmente a 400X que fue el máximo aumento del microscopio.



Figura 12: Visualización en microscopio de las cenizas de aserrín. Fuente: Propia



Figura 13: Foto microscópica de las cenizas de aserrín a 40X. Fuente: Propia

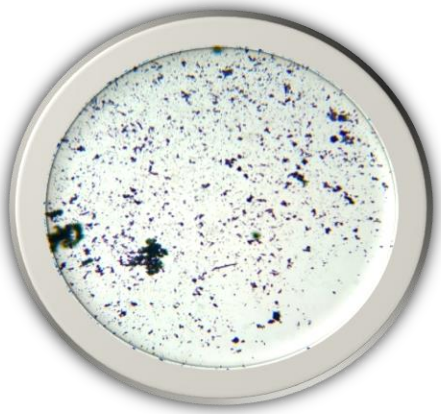


Figura 14: Foto microscópica de las cenizas de aserrín a 100X. Fuente: Propia

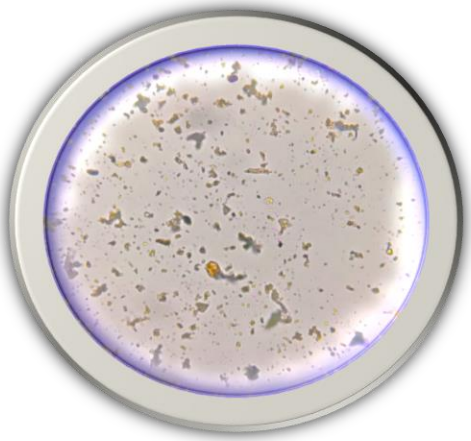


Figura 15: Foto microscópica de las cenizas de aserrín a 400X. Fuente: Propia

De las imágenes obtenidas la más representativa es la figura 15, ya que se muestra algunas partículas de aserrín no han sido calcinadas en su totalidad, esto debido a que durante su calcinación no se removió, por ende, se tendría que acondicionar un lugar donde se pueda remover el material durante su calcinación.

Finalmente, se realizó el ensayo de fluorescencia de rayos X para medir y analizar el contenido mineral que presenta la ceniza de aserrín y de esta forma para poder garantizar su reemplazo parcial del cemento con estas.

Proceso de Obtención de Agregados de Concretos Reciclados

RECOLECCIÓN

Los concretos reciclados, fueron obtenidos del botadero que se ubica en la intersección de la carretera a Panamericana Norte y carretera San José-Chiclayo a 17 minutos aproximadamente del centro de Chiclayo.

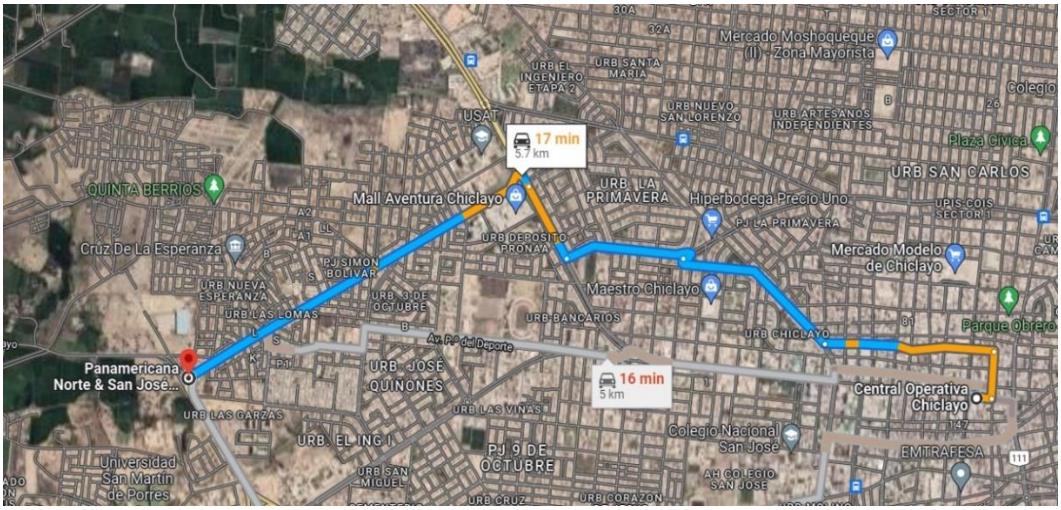


Figura 16: Ubicación del botadero visitado. Fuente: Propia



Figura 17: Botadero en carretera San José-Chiclayo. Fuente: Propia

CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES DE RCD DEL BOTADERO

Para la caracterización de los materiales de RCD del botadero ubicado en la intersección de la carretera a Panamericana Norte y carretera Chiclayo - San José, se realizó un levantamiento topográfico para determinar el volumen total de escombros y posterior a ello determinar qué cantidad de concreto reciclado puro hay en dicho lugar.



Figura 18: Levantamiento topográfico de Botadero. Fuente: Propia





Figura 19 y 20: Toma de coordenadas del perímetro y puntos centrales del Botadero. Fuente: Propia

Del estudio topográfico se determinó el área total del botadero donde exclusivamente hay materiales de RCD, dando como resultado 2.93 ha (29343.50 m2), además con esta área y mediante las alturas de curvas de nivel se determinó el volumen total de escombros que hay en el lugar en mención. Dando como resultado 52084.71 m3 de escombros.

Para obtener la cantidad de cada clase de materiales que hay en el botadero se realizó en base al Diagnostico Residuos Sólidos de la Construcción y Demoliciones en el Perú, investigación realizada por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [7]. Donde se muestra la composición de los RCDs que llegan a los botaderos o vertederos, los cuales se muestra en la siguiente tabla.

Composición Porcentual de los componentes de Escombros, **Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.**	
Materiales	Porcentaje (%)
Ladrillos, azulejos y otros cerámicos	54
Concreto	**12**
Piedra	5
Arena, grava y otros áridos	4
Madera	4
Vidrio	0.5
Plásticos	1.5
Metales	2.5
Asfalto	5
Yeso	0.2
Papel	0.3
Basura	7
Otros	4

Tabla 20: Composición de los componentes de escombros. Fuente: [7].

De la tabla anterior se puede afirmar que la cantidad de concretos reciclados en el botadero representa el 12% del volumen total de escombros obtenido, se hace énfasis en los concretos dado que la presente investigación consiste en la utilización de este material, sin embargo, adicionalmente se ha calculado la cantidad de los demás componentes inmersos, los cuales se muestran la siguiente tabla que está calculada en base a la tabla 22.

Composición en m3 de los componentes de escombros del botadero carretera Chiclayo - San José. **En base al volumen total.**	
Materiales	m3
Ladrillos, azulejos y otros cerámicos (54%)	28125.74
Concreto (12%)	6250.17
Piedra (5%)	2604.24
Arena, grava y otros áridos (4%)	2083.39
Madera (4%)	2083.39
Vidrio (0.5%)	260.42
Plásticos (1.5%)	781.27
Metales (2.5%)	1302.12
Asfalto (5%)	2604.24
Yeso (0.2%)	104.17
Papel (0.3%)	156.25
Basura (7%)	3645.93
Otros (4%)	2083.39

Tabla 21: Composición de los componentes de escombros del botadero en mención. Fuente: Propia.

De la tabla 23 sacando el 12% al volumen total de escombros se obtuvo 6250.17 m3 de concretos reciclados que hay en el botadero ubicado en la intersección de la carretera a Panamericana Norte y carretera Chiclayo - San José. Para una mejor visualización del estudio topográfico del botadero ver plano en Anexos.

En la presente investigación como ya mencionado líneas arriba, se utilizó los concretos reciclados puros como agregado grueso (confitillo) para la elaboración de prefabricados (adoquines). Para ello se seleccionó los concretos puros en la fuente (botadero) de manera cuidadosa, asegurándose que estos no presenten impurezas orgánicas o estén contaminados con agentes tóxicos o metales.

Luego fueron transportados a una trituradora para su tratamiento y posteriormente se le realizó los ensayos correspondientes al agregado para la realización del diseño de mezcla del concreto para prefabricados.

TRATAMIENTO

El tratamiento de los concretos reciclados se realizó en la planta trituradora de piedra Roca Dura SAC ubicada en el distrito de José Leonardo Ortiz-Chiclayo.





Figura 21 y 22: Planta trituradora de agregados. Fuente: Propia

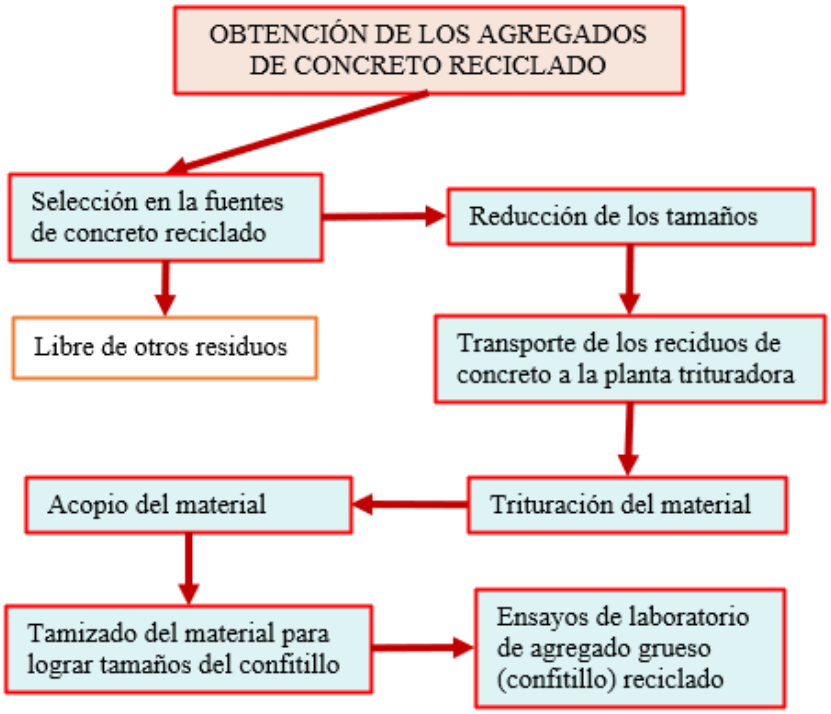


Gráfico 2: Proceso de obtención de agregados reciclados. Fuente: Propia

Ensayo de Medición y Análisis de Muestra de Ceniza de Aserrín por Fluorescencia de Rayos X

El ensayo en mención se realizó en las instalaciones del laboratorio de la facultad de ingeniería química de la Universidad Nacional de Trujillo.

La finalidad de este ensayo es determinar la composición química de las cenizas de aserrín, para ello se sigue el siguiente procedimiento.

Primero se hace el tamizado por la malla 200 para obtener una muestra adecuada y pueda adaptarse a los requisitos de tamaño del equipo.

Luego se pesa aproximadamente 25 mg de la muestra de CDA que serán sometidos al espectro de fluorescencia de rayos X marca Bunker, modelo S2-PICO FOX.

Posteriormente, se inicia la excitación de la muestra con una fuente de radiación X del tubo de Mo, por aproximadamente 2000 segundos.

Finalmente, se obtienen los componentes químicos las cenizas de aserrín en porcentajes, estos son dióxido de carbono (SiO2), óxido de calcio (CaO), trióxido de aluminio (Al2O3), trióxido de hierro (Fe2O3), óxido de potasio (k2O), óxido de magnesio (MgO), pentóxido de fósforo (P2O5), óxido de cobre (CuO), trióxido de azufre (SO3), óxido de zinc (Zn O), óxido de manganeso (Mn O) y también se obtiene la pérdida por quemado en porcentajes.

Estos resultados de composición química de las CDA nos permiten realizar una comparación con los rangos establecidos en la ASTM C-618 y de esa manera clasificarlos en clase N, F o C.

Ensayo de Peso Específico de las Cenizas de Aserrín

Este ensayo se realizó de acuerdo con el método de medición de la densidad del cemento especificado en la NTP 334.005. Además, se utilizó la norma ASTM C 311 para determinar la cantidad de muestra de prueba especificadas para puzolanas. El propósito de este ensayo fue determinar la gravedad específica de las cenizas de aserrín utilizada en el diseño de la mezcla como reemplazo del cemento. A continuación, se describe el procedimiento seguido.

Primero, se llenó el frasco Le Chatelier hasta la marca de 0 ml con kerosene según la normativa.

Segundo, el frasco se sumergió en un baño de agua a temperatura constante para evitar que las fluctuaciones de la temperatura del frasco sean mayores a 0.2 ºC



Figura 23: Baño a temperatura constante del frasco Le Chatelier. Fuente: Propia

Tercero, se pesó la cantidad de ceniza de aserrín de 50 g según lo establece la ASTM C 311 para cenizas y puzolanas, luego se introdujo al frasco evitando salpicaduras y verificando que las cenizas queden al interior.



Figura 24: Peso de las cenizas de aserrín. Fuente: Propia

Cuarto, se hizo girar el frasco en posición inclinada suavemente para liberar de aire a la CDA y no exista escape de burbujas a la parte superior.

Por último, el frasco fue sometido en un baño de agua a una temperatura constante, siguiendo el mismo procedimiento del segundo paso, y se registró la medida del volumen desplazado.

Ensayo de Granulometría de A. Fino

Este ensayo está realizado en base a la NTP 400.012, ASTM C33 y la NTP 400.037, con el objetivo de obtener la curva granulométrica del A.F y determinar el módulo de fineza. Para ello se siguió el siguiente procedimiento.

Primero, se realizó en cuarteo del material que consiste en dividir el agregado en cuatro partes, de las cuales se seleccionó las dos partes opuestas para ser ensayada.



Figura 25: Cuarteo manual de agregado fino. Fuente: Propia

Segundo, se llevó el material al horno para ser secado a una adecuada temperatura constante.



Figura 26: Puesta al horno del A.F. Fuente: Propia

Tercero, se pesó el agregado según los lineamientos de la NTP 400.012 que la muestra seca mínima para ensayar debe ser 300 gramos, para esta investigación se empleó 500 gramos.



Figura 27: Peso del A.F para el ensayo de granulometría. Fuente: Propia

En cuarto lugar, los tamices se dispusieron en orden descendente y se procedió a verter la muestra sobre el primer tamiz (de tamaño 3/8), aplicando una agitación circular vigorosa durante un tiempo apropiado.



Figura 28: Tamizado del A.F. Fuente: Propia

Quinto, se pesó los pesos retenidos en cada tamiz normalizado, esto se fue realizado en una balanza especificada en la NTP 400.012.

En sexto lugar, se determinó el % acumulado de material retenido y el porcentaje que pasa a través de cada tamiz, lo que permitió obtener la curva granulométrica.

En el séptimo paso, se compararon los porcentajes que pasan a través de los tamices con los límites de gradación establecidos en la tabla 1 de la NTP 400.037.

Tamiz	Porcentaje que pasa
9,5 mm (3/8 pulg)	100
4,75 mm (No. 4)	95 a 100
2,36 mm (No. 8)	80 a 100
1,18 mm (No. 16)	50 a 85
600 µm (No. 30)	25 a 60
300 µm (No. 50)	05 a 30
150 µm (No. 100)	0 a 10

Tabla 22: Límites de gradación del A.F. Fuente: NTP 400.037

Finalmente, a partir de los % acumulados obtenidos se calculó el módulo de finura del agregado fino.

Ensayo de Contenido de Humedad de Agregado Fino

Este ensayo se realizó siguiendo el siguiente procedimiento:

Primero, se pesó el material en una balanza especificada en la NTP, para este caso se empleó una muestra de 500 gramos.



Figura 29: Peso del A.F para el ensayo de c. de humedad. Fuente: Propia

Segundo, la muestra se expuso en un horno a temperatura constante a 110ºC durante 24 horas.



Figura 30: Puesta al horno del A.F para ensayo de C.H. Fuente: Propia

Finalmente, al día siguiente, la muestra fue sacada del horno y se permitió que se enfriara antes de proceder a su pesaje. El peso obtenido luego de este proceso reflejó la cantidad de humedad natural perdida, proporcionando así información sobre el c. de humedad de la muestra.

Ensayo de P. Específico y Absorción de A. Fino

El proceso que se siguió para efectuar este ensayo es el siguiente:

Primero, se realizó la división del agregado en su estado natural para obtener una muestra representativa. A continuación, se seleccionaron dos partes opuestas de la muestra y se colocaron en un horno a una temperatura de 110 °C ± 5 °C para secar. Una vez seco, se cubrió el agregado con agua y se dejó reposar durante 24 horas.

En segundo lugar, se procedió a drenar con precaución el excedente de agua de manera que no se pierda los finos, y se extendió el agregado de manera que pudiera secarse superficialmente.



Figura 31: Liberación de agua del A.F. Fuente: Propia

En tercer lugar, se comprobó que alrededor de tres cuartas partes del agregado se desmoronaran, asegurando así que la superficie se mantuviera seca. Para hacer esto, se colocó un molde cónico en una superficie adecuada y se llenó parcialmente con una parte del agregado fino parcialmente seco. Luego, se compactó el agregado dando 25 golpes con una barra compactadora, se limpiaron los costados y finalmente se levantó el molde verticalmente.



Figura 32: Prueba de humedad superficial del A.F. Fuente: Propia

Cuarto, se pesó 500 gramos de agregado para realizar el ensayo en mención, según lo establecido en la normativa.



Figura 33: Peso superficialmente seco del A.F. Fuente: Propia

En quinto lugar, se llenó la fiola parcialmente con agua y se registró el total pesado de la fiola incluido el agua. Posteriormente, se retiró una porción del agua y se introdujeron 500 gramos del material fino en la fiola.





Figura 34 y 35 : Peso de fiola + agua e introducción de muestra a la fiola. Fuente: Propia

Sexto, se hizo rodamientos y agitaciones manuales de la fiola para eliminar la presencia de burbujas de aire, luego se registró el total del peso de la muestra incluido el peso de la fiola y el agua.

Séptimo, se vació el material en un recipiente cuidadosamente y se retiró el agua procurando no perder agregado, luego se llevó a secar al horno por un tiempo de 24 horas.

Finalmente, al día siguiente después de 24 hora se retiró el agregado del horno y se anotó el peso seco del agregado muestreado.

Ensayo de P. Unitario Suelto del A. Fino

Este ensayo en mención se efectuó en base al siguiente procedimiento que se rige a la NTP mencionada en los capítulos anteriores.

Primero, se registró el peso del recipiente (molde) vacío.

Segundo, usando un cucharon metálico se llenó el recipiente hasta que reboce, este llenado se hizo teniendo en cuenta de no exceder los 50 mm de altura de descarga del agregado. Además, al finalizar el llenado se realizó un enrase con una varilla de apisonamiento y se limpió la parte exterior del recipiente con una brocha.





Figura 36 y 37: Llenado del agregado al recipiente y enrasado para ensayo PUS. Fuente: Propia

Por último, se realizó el pesado del recipiente incluido el agregado y se registró dicho peso con una precisión de 0.05 kg.



Figura 38: Peso del recipiente más AF para ensayo PUS. Fuente: Propia

Ensayo de P. Unitario Compactado del A. Fino

El ensayo en mención se realizó en base al procedimiento mostrado a continuación. En primer lugar, se tomó nota del peso del recipiente (molde) sin ningún contenido. Segundo, se utilizó una cuchara metálica para llenar el recipiente aproximadamente hasta un tercio de su capacidad total. Se procedió a realizar una nivelación de la superficie con los dedos y se hizo una compactación mediante 25 golpes.



Figura 39: Apisonado del A.F para ensayo de PUC. Fuente: Propia

Tercero, siguiendo el mismo procedimiento que en el segundo paso, se utilizó un cucharón metálico para llenar el recipiente hasta aproximadamente dos tercios de su capacidad total. Se procedió a realizar una nivelación de la superficie con los dedos y se hizo una compactación mediante 25 golpes.

Cuarto, utilizando nuevamente un cucharón metálico, se llenó el recipiente hasta que el material se desbordara ligeramente. Se aplicaron 25 golpes para compactarlo adecuadamente. Luego se niveló la superficie del material y se limpió cuidadosamente el exterior del recipiente.

Al final, se procedió a realizar el pesado del recipiente incluido el material y se registró este peso con una precisión de 0.05 kg.

Ensayo de Granulometría de A. Grueso

Se realizó el mismo procedimiento que para el agregado fino, pero utilizando diferente NTP y números de tamices. El ensayo se detalla a continuación.

Primero, se realizó en cuarteo del material que consiste en dividir el agregado en cuatro partes, de las cuales se seleccionó las dos partes opuestas para ser ensayada.



Figura 40: Cuarteo manual de agregado grueso. Fuente: Propia

Segundo, el agregado se coloca en un horno y se seca a una temperatura constante. Tercero, se pesó el agregado según los lineamientos de la NTP 400.012, donde se establece que la muestra seca mínima para ensayar debe ser 1000 gramos para agregado de tamaño máximo nominal (3/8) confitillo, para esta investigación se empleó 1500 gramos.

Tamaño Máximo Nominal Aberturas Cuadradas mm (pulg)	Cantidad de la Muestra de Ensayo, Mínimo kg (lb)
9,5 (3/8)	1 (2)
12,5 (1/2)	2 (4)
19,0 (3/4)	5 (11)
25,0 (1)	10 (22)
37,5 (1 ½)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 ½)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 ½)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

Tabla 23: Cantidad de agregado mínimo para ensayo granulométrico. Fuente: NTP 400.012



Figura 41: Cantidad de AG para ensayo de A. granulometría. Fuente: Propia

En cuarto lugar, los tamices se dispusieron en orden descendente para vertir la muestra en el tamiz superior (3/4). Luego, se realizó una agitación vigorosamente de manera circular durante un tiempo apropiado.



Figura 42: Tamizado del A.G (confitillo). Fuente: Propia

Quinto, se pesó los pesos retenidos en cada tamiz normalizado, esto se fue realizado en una balanza especificada en la NTP 400.012.

En sexto lugar, se determinó el % acumulado retenido y el % que logra pasar a través de cada tamiz, lo cual proporcionó los datos necesarios para construir la curva granulométrica.

Séptimo, los porcentajes que pasa debe ser comparada con los usos granulométricos especificadas en la tabla 4 de la NTP 400.037.

Huso	Tamaño máximo nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3 ½ pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2 ½ pulg)	50 mm (2 pulg)	37,5 mm (1 ½ pulg)	25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (3/4 pulg)	12,5 mm (1/2 pulg)	9,5 mm (3/8 pulg)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)	300 µm (No. 50)
1	90 mm a 37,5mm (3 ½ pulg a 1 ½ pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	...
2	63 mm a 37,5 mm (2 ½ pulg a 1 ½ pulg)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	...
3	50 mm a 25,0 mm (2 pulg a 1 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
357	50 mm a 4,75 mm (2 pulg a No. 4)	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...	...
4	37,5 mm a 19,0 mm (1 ½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...	...
467	37,5 mm a 4,75 mm (1 ½ pulg a No. 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...	...
5	25,0 mm a 12,5mm (1 pulg a ½ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...	...
56	25,0 mm a 9,5 mm (1 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...	...
57	25,0 mm a 4,75mm (1 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...	...
6	19,0 mm a 9,5 mm (3/4 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...	...
67	19,0 mm a 4 mm (3/4 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...
7	12,5 mm a 4,75 mm (1/2 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...	...
8	9,5 mm a 2,36 mm (3/8 pulg a No. 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	...
89	12,5 mm a 9,5 mm (1/2 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9[A]	4,75 mm a 1,18 mm (No. 4 a No. 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PAR

Tabla 24: Requisitos granulométricos del A.G. Fuente: NTP 400.037

Por último, se determinó el tamaño máximo de partícula que pasó por el tamiz más pequeño (1/2) y se identificó el TMN en el tamiz más pequeño en el que se encontraron las primeras partículas retenidas.

Ensayo de C. de Humedad de A. Grueso

El presente ensayo se hizo en base a la normativa especificada líneas arriba en las bases teóricas que resumido se muestra a continuación.

Primero, se pesó el agregado en una balanza especificada en la NTP, para este caso se empleó una muestra de 1500 gramos.



Figura 43: Peso del AG para ensayo de c. de humedad. Fuente: Propia

A continuación, las muestras se colocaron en un horno a temperatura constante a 110ºC durante 24 horas.



Figura 44: Puesta al horno del A.G para ensayo de C.H. Fuente: Propia

Finalmente, al día siguiente, la muestra fue removida cuidadosamente del horno y se permitió que se enfriara antes de llevar a cabo la medición del peso. A partir de esta medición, se determinó el peso perdido, lo cual indica el contenido de humedad natural de la muestra.

Ensayo de P. Específico y Absorción de A. Grueso

Para efectuar dicho ensayo se siguió el siguiente procedimiento basado en la NTP especificada en las bases teóricas líneas arriba.

Primero, se realizó el cuarteo del agregado en su estado natural para obtener una muestra representativa, de la cual se seleccionó las dos partes opuestas y se realizó un lavado para eliminar polvo o impurezas inmersas en el agregado.



Figura 45: Lavado de agregado grueso. Fuente: Propia

Segundo, el agregado se sumergió el agregado en agua a temperatura ambiente durante 24 horas, con el objetivo de lograr la saturación completa de la muestra.

Tercero, al día siguiente se secó la muestra hasta eliminar todas las partículas de agua visible y de esta forma se logró obtener el agregado en un estado saturado de manera superficialmente seco.

Cuarto, pesamos el agregado SSS de acuerdo con la cantidad de muestra para ensayo que establece la NTP 400.021 que para agregados de tamaños menores a 1/2 pulgada es de 2000 gramos. Para esta investigación se empleó 2500 gramos de confitillo.



Figura 46: Peso de A.G para ensayo de Pe Y ABS. Fuente: Propia

Tamaño máximo nominal mm (pulg.)	Masa mínima de muestra de ensayo kg (lb)
12,5 (½) o menor	2 (4,4)
19,0 (¾)	3(6,6)
25,0 (1)	4 (8,8)
37,5 (1 ½)	5(11)
50 (2)	8(18)
63 (2 ½)	12(26)
75 (3)	18(40)
90 (3 ½)	25(55)
100 (4)	40(88)
125 (5)	75(165)

Tabla 25: Cantidad de agregado mínimo para ensayo peso específico y absorción. Fuente: NTP 400.021

Quinto, se puso el confitillo sobre la canastilla de alambre para poder obtener un peso sumergido preciso.

Finalmente, el agregado se colocó en un horno durante 24 horas, y al día siguiente se extrajo y se pesó para determinar su peso seco.



Figura 47: Retiro de la muestra del horno. Fuente: Propia

Ensayo de Peso Unitario Suelto de A. Grueso

El procedimiento para realizar este ensayo está basado en la norma especificada en las bases teóricas líneas arriba.

Primero, se registró el peso del recipiente (molde) vacío.

Segundo, usando un cucharon metálico se llenó el recipiente hasta que reboce, este llenado se hizo teniendo en cuenta de no exceder los 50 mm de altura de descarga del agregado. Además, al finalizar el llenado se realizó un enrase con una varilla de apisonamiento y se limpió la parte exterior del recipiente con una brocha.



Figura 48: Llenado del A.G al recipiente PUS. Fuente: Propia

Finalmente se realizó el pesado del recipiente incluido el agregado y se anotó este peso con una exactitud de 0.05kg,



Figura 49: Peso del recipiente más AG para ensayo PUS. Fuente: Propia

Ensayo de Peso Unitario Compactado del A. Grueso

Para efectuar este ensayo se siguió el procedimiento de la normativa mencionada en las bases teóricas.

En primer lugar, se tomó nota del peso del recipiente (molde) sin contenido.

Segundo, se utilizó un cucharón metálico para llenar el recipiente aproximadamente un tercio de su capacidad total. Luego, se niveló el contenido con los dedos y se compactó golpeando el recipiente 25 veces.



Figura 50: Apisonado del A.G para ensayo de PUC. Fuente: Propia

Tercero, de manera similar al paso anterior, se utilizó un cucharón metálico para llenar el recipiente aproximadamente dos tercios de su capacidad total. Luego, se niveló el contenido con los dedos y se compactó golpeando el recipiente 25 veces.

Cuarto, empleando el procedimiento del paso anterior, se utilizó un cucharón metálico para llenar completamente el recipiente, asegurándose de que el contenido rebosara ligeramente. Luego, se apisonó el material con 25 golpes y se niveló la superficie. Finalmente, se limpió el borde superior del recipiente y se eliminaron cualquier residuo o impureza en la parte exterior.

Por último, se procedió a medir el peso del material conjuntamente con el recipiente y se registró con una precisión de 0.05 kg.

Ensayo de Granulometría de A. Grueso de RCD

El ensayo de granulometría para el agregado grueso de RCD se efectuó siguiendo el mismo proceso que para el agregado grueso natural.

En primer lugar, se realizó el proceso de cuarteo del material, el cual implica dividir el agregado en cuatro partes. De estas cuatro partes, se seleccionaron las dos partes opuestas para su posterior ensayo.



Figura 51: Cuarteo manual de A.G de RCD. Fuente: Propia

Segundo, el agregado fue colocado en un horno y sometido a un proceso de secado a una temperatura constante.

Tercero, se pesó el agregado según lo mencionado en la NTP 400.012 que la muestra seca mínima para ensayar debe ser 1000 gramos para agregado de tamaño máximo nominal (3/8) confitillo, para esta investigación se empleó 1500 gramos.

Tamaño Máximo Nominal Aberturas Cuadradas mm (pulg)	Cantidad de la Muestra de Ensayo, Mínimo kg (lb)
9,5 (3/8)	1 (2)
12,5 (1/2)	2 (4)
19,0 (3/4)	5 (11)
25,0 (1)	10 (22)
37,5 (1 ½)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 ½)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 ½)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

Tabla 26: Cantidad de agregado mínimo para ensayo granulométrico. Fuente: NTP 400.012



Figura 52: Cantidad de AGR para ensayo de A. granulometría. Fuente: Propia

Cuarto, los tamices fueron organizados en orden descendente y la muestra fue vertida sobre el primer tamiz (3/4), sometiéndola a un movimiento circular vigoroso durante un tiempo apropiado.



Figura 53: Tamizado del A.G reciclado (confitillo). Fuente: Propia

Quinto, se pesó el peso retenido en cada tamiz normalizado en la balanza especificada en la NTP 400.012.

Sexto, se calculó el % retenido acumulado y el % que pasa cada tamiz, los cuales permitieron obtener la curva granulométrica.

Séptimo, los porcentajes que pasa debe ser comparada con los usos granulométricos especificadas en la tabla 4 de la NTP 400.037.

Huso	Tamaño máximo nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3 ½ pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2 ½ pulg)	50 mm (2 pulg)	37,5 mm (1 ½ pulg)	25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (3/4 pulg)	12,5 mm (1/2 pulg)	9,5 mm (3/8 pulg)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)	300 µm (No. 50)
1	90 mm a 37,5mm (3 ½ pulg a 1 ½ pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	...
2	63 mm a 37,5 mm (2 ½ pulg a 1 ½ pulg)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	...
3	50 mm a 25,0 mm (2 pulg a 1 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
357	50 mm a 4,75 mm (2 pulg a No. 4)	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...	...
4	37,5 mm a 19,0 mm (1 ½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...	...
467	37,5 mm a 4,75 mm (1 ½ pulg a No. 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...	...
5	25,0 mm a 12,5mm (1 pulg a ½ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...	...
56	25,0 mm a 9,5 mm (1 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...	...
57	25,0 mm a 4,75mm (1 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...	...
6	19,0 mm a 9,5 mm (3/4 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...	...	...
67	19,0 mm a 4 mm (3/4 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...
7	12,5 mm a 4,75 mm (1/2 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...	...	...
8	9,5 mm a 2,36 mm (3/8 pulg a No. 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	...
89	12,5 mm a 9,5 mm (1/2 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9[A]	4,75 mm a 1,18 mm (No. 4 a No. 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PAR

Tabla 27: Requisitos granulométricos del A. Grueso. Fuente: NTP 400.037

Al finalizar, se identificó el TM de la muestra al tamiz más pequeño por donde pudo pasar completamente (1/2), además se determinó el TMN al tamiz más pequeño donde se observaron los primeros retenidos.

Ensayo de C. de Humedad de A. Grueso de RCD

El ensayo en mención está realizado en base al siguiente procedimiento establecido en la normativa mencionada en las bases teóricas.

Primero, se pesó el agregado en una balanza especificada en la NTP, para este caso se empleó una muestra de 1500 gramos.



Figura 54: Peso del AGR para ensayo de c. de humedad. Fuente: Propia

Segundo, se colocó el agregado al horno a una temperatura constante de 110ºC por un tiempo de 24 horas.



Figura 55: Puesta al horno del AGR para ensayo de C.H. Fuente: Propia

Por último, se extrajo el material del horno al día siguiente y se permitió que se enfriara antes de llevar a cabo el pesaje. A partir de esta medición se obtuvo el peso perdido, el cual representa el contenido de humedad natural del material.

Ensayo de P. Específico y Absorción de A. Grueso de RCD

Este procedimiento se lleva a cabo siguiendo las especificaciones establecidas en la NTP 400.021 y ASTM C 127-84.

Inicialmente, se dividió el material grueso reciclado en cuatro partes iguales mediante el proceso de cuarteo. Luego, se seleccionaron las dos porciones opuestas de manera aleatoria para realizar el lavado. El propósito del lavado era eliminar cualquier polvo o impureza que pudiera estar presente en el agregado y que podrían afectar en los cálculos del ensayo.



Figura 56: Lavado de A. Grueso reciclado. Fuente: Propia

Segundo, se sumergió el agregado en agua a temperatura ambiente durante un período de 24 horas con el objetivo de lograr la saturación completa de la muestra. Durante este tiempo, el agregado estuvo inmerso en el agua para permitir que absorbiera la cantidad adecuada de humedad y alcanzara un estado de saturación óptimo.

Tercero, al día siguiente, se procedió a secar la muestra hasta que se eliminaron todas las partículas de agua visibles, lo que resultó en la obtención del agregado que estaba saturado superficialmente seco. Durante este proceso de secado, se aseguró de eliminar completamente cualquier rastro visible de humedad en la muestra, dejándola en un estado en el que estaba seca en la superficie, pero aún conservaba la saturación interna.

En el cuarto paso, se procedió a pesar el agregado que estaba saturado superficialmente seco, siguiendo las pautas establecidas por la NTP 400.021. Para agregados con un tamaño inferior a 1/2 pulgada, se determinó que la muestra para el ensayo debía ser de 2000 gramos. Sin embargo, en el contexto de esta investigación, se utilizó un peso de 2500 gramos de confitillo.



Figura 57: Peso de AGR para ensayo de Pe Y ABS. Fuente: Propia

Tamaño máximo nominal mm (pulg.)	Masa mínima de muestra de ensayo kg (lb)
12,5 (½) o menor	2 (4,4)
19,0 (¾)	3(6,6)
25,0 (1)	4 (8,8)
37,5 (1 ½)	5(11)
50 (2)	8(18)
63 (2 ½)	12(26)
75 (3)	18(40)
90 (3 ½)	25(55)
100 (4)	40(88)
125 (5)	75(165)

Tabla 28: Cantidad de agregado mínimo para ensayo peso específico y absorción. Fuente: NTP 400.021

Quinto, se puso el agregado reciclado sobre la canastilla de alambre y se obtuvo el peso sumergido preciso.

Finalmente, se llevó el agregado al horno por un tiempo de 24 hormas, luego al día siguiente se sacó el agregado y se pesó con la finalidad de obtener el peso seco.

Ensayo de P. Unitario Suelto de A. Grueso de RCD

El ensayo se hizo según el siguiente proceso basado en la norma especificada en las bases teóricas.

Primero, se registró el peso del recipiente (molde) vacío.

Segundo, usando un cucharon metálico se llenó el recipiente hasta que reboce, este llenado se hizo teniendo en cuenta de no exceder los 50 mm de altura de descarga del agregado. Además, al finalizar el llenado se realizó un enrase con una varilla de apisonamiento y se limpió la parte exterior del recipiente con una brocha.



Figura 58: Llenado del agregado de RCD al recipiente PUS. Fuente: Propia

Por último, se procedió a medir el peso del agregado incluido el recipiente y se registró con una precisión de 0.05 kg.



Figura 59: Peso del recipiente más AGR para ensayo PUS. Fuente: Propia

Ensayo de P. U. C del A. Grueso de RCD

Se realizó de la misma forma que para un agregado grueso natural.

Al inicio del proceso, se tomó nota del peso del recipiente (molde) en su estado vacío.

Segundo, se realizó el llenado del recipiente aproximadamente hasta un tercio de su capacidad utilizando un cucharón metálico. Luego, se procedió a realizar la nivelación de la superficie del agregado mediante los dedos y se compactó mediante 25 golpes con una herramienta adecuada.



Figura 60: Apisonado del AGR para ensayo de PUC. Fuente: Propia

Tercero, se repitió el procedimiento anterior, llenando el recipiente hasta aproximadamente dos tercios de su capacidad utilizando un cucharón metálico. Se procedió a realizar la nivelación de la superficie del agregado mediante los dedos y se compactó mediante 25 golpes con una herramienta adecuada.

A su vez, siguiendo el mismo proceso descrito en el paso anterior, se llenó el recipiente hasta que el agregado sobrepasara su borde y se compactó utilizando un cucharón metálico y 25 golpes. Luego, se niveló la superficie enrasando el contenido y se limpió cuidadosamente el exterior del recipiente.

Por último, se procedió a medir el peso del agregado conjuntamente con el recipiente y se registró con una precisión de 0.05 kg.

Diseño de Mezcla

El diseño de mezcla del concreto para adoquines se realizó después de comprobar la calidad y el cumplimiento con las normativas vigentes de los componentes del concreto (arena, confitillo natural, confitillo reciclado y cenizas), este se efectuó por resistencia ya que la relación agua cemento por resistencia es mucho menor a la relación agua cemento por durabilidad poniéndonos en un caso extremo (muy severo), estos diseños se realizaron siguiendo los lineamientos del comité ACI 211.1-91.

1. Se determinó la resistencia promedio requerida a la compresión.
2. Se seleccionó el slump para elementos prefabricados.
3. Se determinó el tamaño máximo nominal del agregado
4. Se estimó el contenido de agua y aire en base al tamaño máximo y el slump seleccionado.
5. Se seleccionó la relación agua cemento por resistencia por ser la menor con respecto a la obtenida por durabilidad.
6. Se calculó la cantidad de cemento.
7. Se determinó el contenido de agregado grueso en base al TMN del agregado grueso y módulo de fineza del agregado fino.
8. Se determinó la cantidad de agregado fino, esto después de tener la cantidad de todos los componentes del concreto.
9. Se realizó el ajuste por humedad del agregado fino y grueso.
10. Se determinó la dosificación en peso y volumen.
11. Para revisar a detalle el diseño de mezcla patrón y con los materiales reciclados propuestos ver anexos.

Asentamiento o Slump del concreto

El ensayo fue realizado siguiendo las pautas establecidas en la NTP 339.035. En seguida, se detalla el proceso llevado a cabo:

- Se realizó un humedecimiento al cono de Abrams y se puso sobre una bandeja metálica.
- Se hizo una compactación al concreto en el cono siguiendo las indicaciones de la norma, llenándolo en 3 capas y aplicando un total de 25 golpes con una varilla en cada capa.
- Se llevó a cabo una nivelación de la superficie del concreto y se retiró de manera vertical el cono.
- Finalmente, se realizó la medición del asentamiento del concreto empleando una cinta métrica (wincha).

Estos pasos se realizaron con la finalidad de poder determinar el asentamiento producido en el concreto fresco, lo cual es importante para evaluar su trabajabilidad y cohesión.



Figura 61: Asentamiento del concreto para adoquines. Fuente: Propia

Ensayo de Resistencia a la Compresión

El ensayo en mención para adoquines se llevó a cabo en base a los lineamientos establecidos en la NTP 339.604. Esta norma proporciona las pautas y procedimientos específicos para evaluar la resistencia de las unidades de albañilería de concreto. Se llevó a cabo el ensayo siguiendo el procedimiento descrito a continuación;

Primero, se determinó las dimensiones del espécimen para hallar el área donde se va a aplicar la carga.



Figura 62: Determinación de dimensiones de adoquín antes de someter a cargas. Fuente: Propia

Segundo, se colocó las muestras en la prensa hidráulica, asegurándose que estén bien ubicados.



Figura 63: Colocación de adoquín a la prensa hidráulica. Fuente: Propia

Tercero, se impuso la carga de compresión hasta que la muestra llegue a fallar.

Finalmente, se anotó la carga máxima que resistió los adoquines.

Ensayo de Resistencia a la Tracción por Flexión

El ensayo en mención para adoquines se efectuó en base a lo establecido en la NTP 339.124 y COGUANOR NTG 41087 h1.

Para realizar el ensayo en mención se realizó el siguiente procedimiento.

Primero, se sumergió los adoquines al agua durante 24 horas, luego se quitó el agua y se secó.

Segundo, se determinó las dimensiones de los adoquines y la plataforma con las barras de acero.



Figura 64: Determinación de dimensiones de adoquín antes de someter al ensayo de tracción por flexión. Fuente: Propia

Tercero, se posicionó adecuadamente el espécimen en la prensa hidráulica, asegurando su buen posicionamiento para la aplicación de las cargas.

Cuarto, se comenzó aplicar la carga producida por la prensa hasta lograr la rotura de la muestra.



Figura 65: Adoquín después de aplicar el ensayo a flexión. Fuente: Propia

Finalmente, se anotó la carga máxima que soportó hasta llegar a fallar.

Ensayo de Resistencia a la Abrasión

El presente se efectuó mediante el rodillo giratorio para desgastar la superficie de los especímenes, esto en base a la ASTM C944.

Para efectuar este ensayo se realizó el siguiente procedimiento.

Primero, se pesó la masa inicial de cada adoquín.

Segundo, se sujetó el adoquín en la máquina de abrasión, asegurándose que la superficie del espécimen y el rodillo estén en contacto.



Figura 66: Colocación del adoquín a la máquina de desgaste. Fuente: Propia

Tercero, se prendió la máquina para iniciar el desgaste por un tiempo de 2 minutos, esto se realizó 3 ciclos para cada adoquín.

Cuarto, cada final de ciclo se limpió con una brocha el desgaste realizado y se pesó.



Figura 67: Limpieza del adoquín después del desgaste. Fuente: Propia

Finalmente, se registró la masa de cada ciclo, tomando la del tercer ciclo como masa final.

Ensayo de Módulo de Elasticidad Estático

Este ensayo se efectuó en base a la ASTM C469. Para ello se siguió el siguiente procedimiento.

Primero, se armó el compresómetro – extensómetro con los diales para medir la deformación longitudinal y transversal.

Segundo, se procedió a realizar la medición de altura y diámetro de la probeta antes de ensayar, esto para ser utilizado en cálculo de módulo de elasticidad y relación de Poisson.



Figura 68: Determinación de dimensiones de probetas. Fuente: Propia

Tercero, de acomodó la probeta en el compresómetro – extensómetro y luego se llevó a la máquina para aplicarle el esfuerzo a compresión.





Figura 69 y 70: Colocación de la probeta al compresómetro-extensómetro. Fuente: Propia

Cuarto, se le aplicó la primera carga para ajustar los deformímetros.

Quinto, se aplicó la segunda carga, las cuales ya se registraron tanto la carga aplicada, la deformación longitudinal y transversal.

Ensayo de Absorción y Densidad

Para realizar esta prueba se siguió los lineamientos de la NTP 339. Esto con la finalidad de poder verificar si la absorción es aceptable o no de acuerdo con la NTP 399.611.

Primero, se sumergió los adoquines al agua por un tiempo de 24 horas.

Segundo, se determinó el peso sumergido de cada adoquín mediante un alambre suspendido.





Figura 71 y 72: Peso sumergido del adoquín. Fuente: Propia

Tercero, después de las 24 horas se dejó secar y escurrir por 1 minuto para determinar el peso saturado.



Figura 73: Puesta de adoquines al horno. Fuente: Propia

Cuarto, se puso los adoquines al horno hasta un tiempo de 24 horas.

Por último, al día siguiente se determinó el peso totalmente seco al horno.

Variación Dimensional

La variación dimensional de adoquines se realizó en base a la NTP 339.604. Esto con la finalidad de poder verificar si la variación dimensional es aceptable o no de acuerdo con la NTP 399.611.

Para realizar determinar la variación dimensional se siguió el siguiente procedimiento.

Primero, se limpió las superficies de los adoquines para evitar que tenga algún material pegado y altere las dimensiones.

Finalmente, se midió todos los lados (largo, ancho y espesor) de los adoquines con la ayuda de vernier y wincha.



Figura 74: Materiales para medir la variación dimensional. Fuente: Propia





Figura 75 y 76: Determinación de dimensiones para verificar variación dimensional. Fuente: Propia

Cambio de longitud del concreto expuesto a soluciones sulfatadas

El cambio de longitud de las barras de concreto se realizó siguiendo los lineamientos de la NTP 334.090, estas mediciones se realizaron a las semanas establecidas por la normativa en mención.

Primero, se realizó las muestras (barras de concreto) de 7.5cm x 7.5cm x 28.5 cm cada una.

Segundo, se desmolda las muestras y se pasa a la exposición sulfatada.



Figura 77: Barras de concreto antes de someterlos a la solución sulfatada. Fuente: Propia

Tercero, se pasó a someter las muestras a la solución sulfatada y se tapa el recipiente para evitar la evaporación.





Figura 78 y 79: Barras de concreto introducidas a la solución sulfatada. Fuente: Propia

Finalmente, se realizó las mediciones de la variación de longitud de las barras a las semanas establecidas por la normativa.

Resultados y discusión

Resultados

Caracterización de Agregado Fino Natural

Para la caracterización del agregado fino natural propuesto como objetivo de la presente investigación se realizaron diversos ensayos los cuales se muestran todos los resultados de cada ensayo detalladamente a continuación.

Análisis Granulométrico

Mediante este ensayo, se obtuvieron el M.F, el TM, el TMN, y asimismo se determinó la curva granulométrica en base a los parámetros de gradación establecidos por la norma ASTM C 33.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO						SEGÚN EL TAMAÑO NOMINAL ASTM C33	
Malla (pulg)	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	LIM. INF.	LIM. SUP.
3/8"	9.5	0	0	0	100	100	100
Nº 04	4.75	18.90	3.80	3.80	96.20	95	100
Nº 08	2.36	69.85	14.00	17.80	82.20	80	100
Nº 16	1.18	98.70	19.70	37.50	62.50	50	85
Nº 30	0.6	119.12	23.80	61.30	38.70	25	60
Nº 50	0.3	90.56	18.10	79.40	20.60	5	30
Nº 100	0.15	64.91	13.00	92.40	7.60	0	10
Fondo		37.96					
TOTAL		500.00					
MF	**2.92**						

TM

TMN

Tabla 29: Análisis granulométrico de A.F. Fuente: Propia

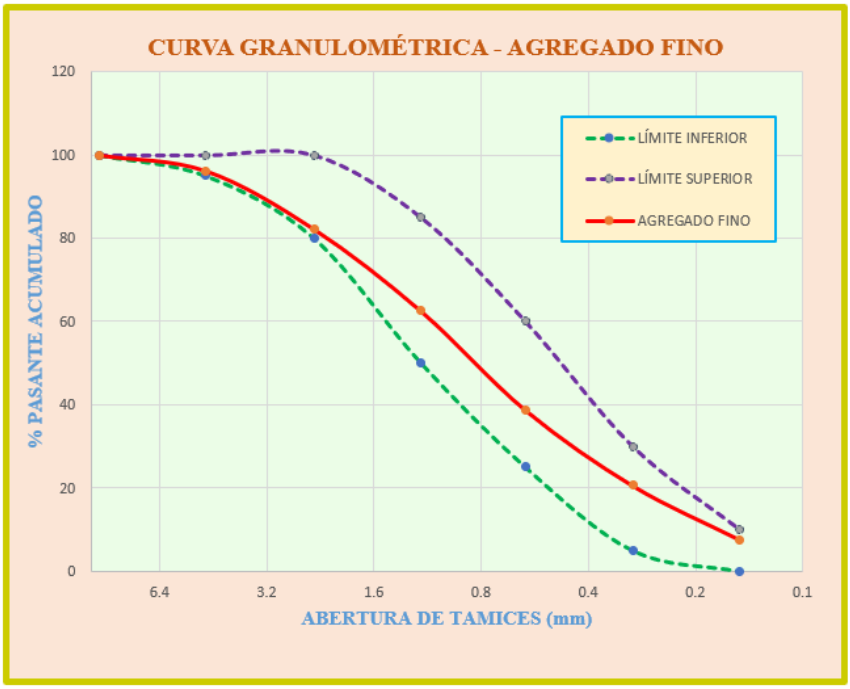


Gráfico 3: Curva granulométrica del agregado fino. Fuente: Propia

Contenido de Humedad

Mediante esta prueba, se pudo calcular el contenido de humedad presente en el agregado, información que se utilizó en el procedimiento de diseño de la mezcla.

C. H AGREGADO FINO ((1-2)/2)*100			
DESCRIPCIÓN	M-01	M-02	M-03
1.- Peso de la muest. húmeda	500	500	500
2.- Peso de la muestra seca	496.7	496.5	496.9
3.- Cont. Humedad (%)	0.66	0.70	0.62
4.- Promedio (%)	**0.66**		

Tabla 30: C. de humedad del A.F. Fuente: Propia

Peso Específico y Absorción

El P. específico (densidad relativa) y la absorción del A. Fino se determinaron siguiendo las pautas establecidas en la norma NTP 400.022.

DESCRIPCIÓN			M-01	M-02	M-03	
1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.		g	500.0	502.0	501.0	
2.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso frasco + Peso del agua.		g	985.2	987.4	985.6	
3.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso del frasco.	(1+5)	g	675.0	677.0	676.0	
4.- Peso del Agua.	(2-3)	g	310.2	310.4	309.6	
5.- Peso del Frasco		g	175.0	175.0	175.0	
6.- Peso de la Muest. secada ahorno + Peso del frasco.	(5+7)	g	668.6	671.9	669.2	
7.- Peso de la Muest. seca en el horno.		g	493.6	496.9	494.2	
8.- Volumen del frasco.		cm^3	500.0	500.0	500.0	
A.- PESO ESPECIFICO DE LA ARENA.	7/(8-4)	g/cm^3	2.601	2.621	2.596	**2.61**
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	7/(7-4)	g/cm^3	2.634	2.637	2.626	**2.63**
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	7/((8-4)-(8-7))	g/cm^3	2.691	2.664	2.677	**2.68**
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	((1-7)/7)*100	%	1.30	1.03	1.38	**1.23**

Tabla 31: P. específico y % de absorción del A. Fino. Fuente: Propia

Peso unitario suelto

Este PUS del agregado fino se determinó en base a la NTP para ser utilizado en el diseño de mezcla. La gravedad específica (densidad relativa) y la absorción se determinaron de acuerdo con los lineamientos establecidas en la norma NTP 400.022.

DESCRIPCIÓN		M-01	M-02	M-03
1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	**13106**	**13200**	**13155**
2.- Peso del recipiente	(gr.)	8480.0	8480.0	8480.0
3.- Peso del material	(gr.)	4626	4720	4675
4.- Constante ó Volumen	(m^3)	0.00299	0.00299	0.00299
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m^3)	1545.05	1576.45	1561.42
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	**(kg/m^3)**	**1550.67**		

Tabla 32: P. Unitario Suelto del A. Fino. Fuente: Propia

Peso Unitario Compactado

El P.U.C del A. fino se obtuvo según los requerimientos brindados por la NTP 400.017.

Este PUC del A. fino se determinó para ser empleado en el diseño de mezcla del concreto para los prefabricados.

DESCRIPCIÓN		M-01	M-02	M-03
1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	**13711**	**13682**	**13684**
2.- Peso del recipiente	(gr.)	8480.0	8480.0	8480.0
3.- Peso del material	(gr.)	5231	5202	5204
4.- Constante ó Volumen	(m^3)	0.00299	0.00299	0.00299
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m^3)	1747.12	1737.43	1738.10
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	**(kg/m^3)**	**1729.40**		

Tabla 33: P. U. C del A. Fino. Fuente: Propia

Sales solubles, sulfatos solubles y cloruros solubles en agregado fino (arena)

Estos componentes químicos inmersos en la arena se realizaron en base a las normas que se muestran en la tabla 36, asimismo los resultados obtenidos se presentan en la misma tabla.

AGREGADO FINO (ARENA)
SALES SOLUBLES TOTALES (NTP 339.152)
1479.07 ppm
SULFATOS SOLUBLES (NTP 339.178 / AASHTO T290)
92.59 ppm
CLORUROS SOLUBLES (NTP 339.178 / AASHTO T290)
691.67 ppm

Tabla 34: Sales solubles totales, sulfatos solubles y cloruros solubles en la arena. Fuente: Propia

Caracterización de Agregado Grueso Natural

Para la caracterización del agregado grueso natural propuesto como objetivo de la presente investigación se realizaron diversos ensayos los cuales se muestran todos los resultados de cada ensayo detalladamente a continuación.

Análisis Granulométrico

Mediante este ensayo se obtuvo el TM, TMN y se determinó la curva granulométrica que se comparó con los parámetros de gradación especificada en la ASTM C 33.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO						SEGÚN EL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL NTP 400.037, USO 89	
Malla (pulg)	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	LIM. INF.	LIM. SUP.
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1/2"	12.7	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.52	86.23	5.7	5.7	94.3	90	100
Nº 04	4.75	1040.17	69.3	75.0	25.0	20	55
Nº 08	2.36	271.12	18.1	93.1	6.9	5	30
Nº 16	1.19	59.15	3.9	97.0	3.0	0	10
Nº 50	0.3	28.14	1.9	98.9	1.1	0	5
Fondo		15.19					
TOTAL		1500.00					

TM	1/2"	TMN	3/8"

Tabla 35: Análisis granulométrico de A.G. Fuente: Propia

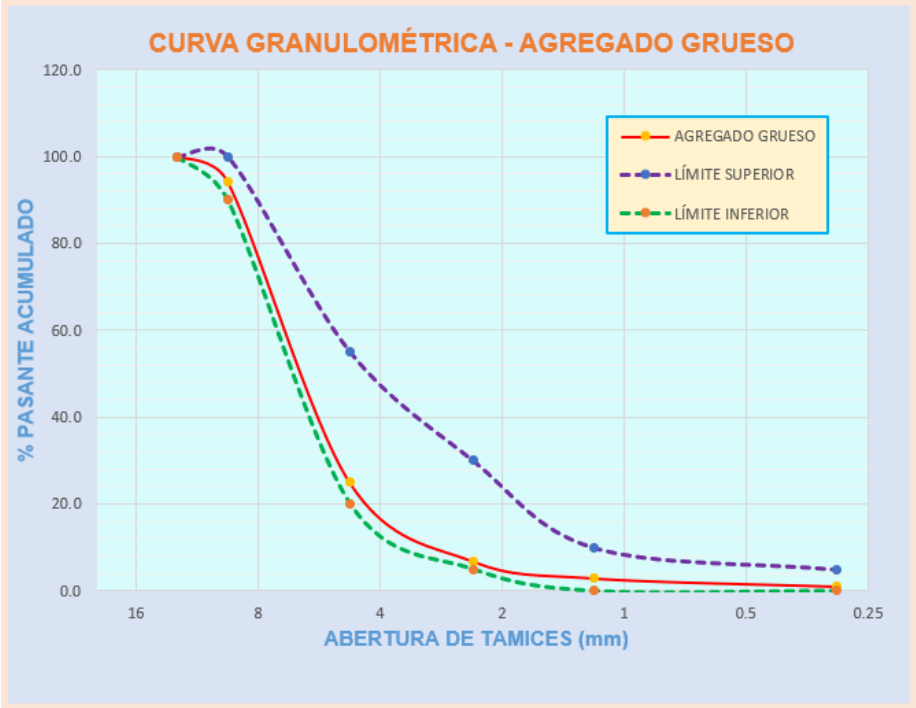


Gráfico 4: Curva granulométrica del A. Grueso. Fuente: Propia

Contenido de Humedad

A través de este ensayo se pudo obtener el contenido de humedad inmersa en el agregado, dato que empleó para proceso de diseño de mezcla.

C. H AGREGADO GRUESO ((1-2)/2)*100			
DESCRIPCIÓN	M-01	M-02	M-03
1.- Peso de la muest. húmeda	1500	1500	1500
2.- Peso de la muestra seca	1497.2	1497.4	1496.8
3.- Cont. Humedad (%)	0.19	0.17	0.21
4.- Promedio (%)	**0.19**		

Tabla 36: C. de humedad del A. Grueso. Fuente: Propia

Peso Específico y Absorción

Este ensayo del peso específico (densidad relativa) y la absorción del A. Grueso se obtuvo en base a la NTP 400.021.

DESCRIPCIÓN			M-01	M-02	M-03	
1.- Peso de la muestra seca al horno		g	2472.5	2471.4	2473.2	
2.- Peso de la muestra saturada superficialmente seca		g	2500	2500	2500	
3.- peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla		g	2040.2	2041.1	2040.5	
4.- Peso de la canastilla		g	725	725	725	
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(3-4)	g	1315	1316	1316	Promedio
A.- PESO ESPECIFICO DEL CONFITILLO	1/(2-5)	g/cm^3	2.09	2.088	2.088	**2.09**
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	2/(2-5)	g/cm^3	2.11	2.112	2.111	2.11
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	1/(1-5)	g/cm^3	2.14	2.139	2.136	2.14
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	((2-1)/1)*100	%	1.11	1.16	1.08	**1.12**

Tabla 37: Peso específico y % de absorción del A. Grueso. Fuente: Propia

Peso Unitario Suelto

El PUS del A. Grueso se determinó para ser empleado en el proceso de diseño de mezcla del concreto para los adoquines propuestos.

DESCRIPCIÓN		M-01	M-02	M-03
1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	**12587**	**12575**	**12595**
2.- Peso del recipiente	(gr.)	8480.0	8480.0	8480.0
3.- Peso del material	(gr.)	4107	4095	4115
4.- Constante ó Volumen	(m^3)	0.00299	0.00299	0.00299
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m^3)	1371.71	1367.70	1374.38
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	**(kg/m^3)**	**1368.65**		

Tabla 38: Peso Unitario Suelto del A.G. Fuente: Propia

Peso Unitario Compactado

El P.U.C del agregado grueso se determinó para ser empleado en el proceso de diseño de mezcla del concreto para los prefabricados propuestos.

DESCRIPCIÓN		M-01	M-02	M-03
1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	**12915**	**12981**	**13062**
2.- Peso del recipiente	(gr.)	8480.0	8480.0	8480.0
3.- Peso del material	(gr.)	4435.0	4501.0	4582.0
4.- Constante ó Volumen	(m^3)	0.00299	0.00299	0.00299
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m^3)	1481.26	1503.30	1530.36
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	**(kg/m^3)**		**1502.10**	

Tabla 39: Peso Unitario Compactado del A.G. Fuente: Propia

Sales solubles, sulfatos solubles y cloruros solubles en agregado grueso (confitillo)

Estos componentes químicos inmersos en el confitillo empleado se realizaron en base a las normas que se muestran en la tabla 42, asimismo los resultados obtenidos se presentan en la misma tabla.

AGREGADO GRUESO (CONFITILLO)
SALES SOLUBLES TOTALES (NTP 339.152)
1329.39 ppm
SULFATOS SOLUBLES (NTP 339.178 / AASHTO T290)
109.46 ppm
CLORUROS SOLUBLES (NTP 339.178 / AASHTO T290)
671.83 ppm

Tabla 40: Sales solubles totales, sulfatos solubles y cloruros solubles en el confitillo. Fuente: Propia

Caracterización de Agregado Grueso de Concreto Reciclado

Para la caracterización del agregado grueso reciclado proveniente de los escombros de concreto propuesto como objetivo de la presente investigación se realizaron diversos ensayos los cuales se muestran todos los resultados de cada ensayo detalladamente a continuación.

Análisis Granulométrico

Mediante este ensayo se obtuvo el TM, TMN y se determinó la curva granulométrica que se comparó con los parámetros de gradación especificada en la ASTM C 33.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO RECICLADO						SEGÚN EL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL NTP 400.037, USO 89	
Malla (pulg)	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	LIM. INF.	LIM. SUP.
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1/2"	12.7	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.52	96.60	6.4	6.4	93.6	90	100
Nº 04	4.75	999.70	66.6	73.0	27.0	20	55
Nº 08	2.36	267.13	17.8	90.8	9.2	5	30
Nº 16	1.19	66.14	4.4	95.2	4.8	0	10
Nº 50	0.3	44.11	2.9	98.1	1.9	0	5
Fondo		26.32					
TOTAL		1500.00					

TM	1/2"	TMN	3/8"

Tabla 41: Análisis granulométrico de A.R reciclado. Fuente: Propia

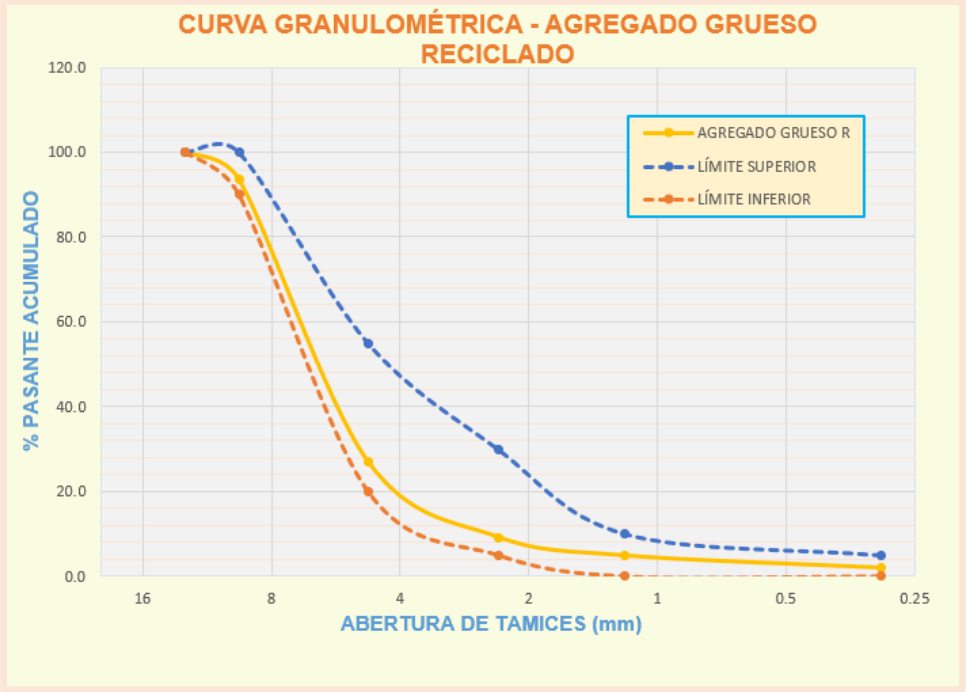


Gráfico 5: Curva granulométrica del A. Grueso reciclado. Fuente: Propia

Contenido de Humedad

Este ensayo se efectuó con la finalidad de obtener el contenido de humedad que se encuentra inmersa en el A. Grueso Reciclado, para ser empleado en el proceso de diseño de mezcla del concreto para los adoquines propuestos.

C. H AGREGADO RECICLADO ((1-2)/2)*100			
DESCRIPCIÓN	M-01	M-02	M-03
1.- Peso de la muest. húmeda	1500	1500	1500
2.- Peso de la muestra seca	1496.4	1495.8	1496.1
3.- Cont. Humedad (%)	0.24	0.28	0.26
4.- Promedio (%)	**0.26**		

Tabla 42: C. de humedad del A. Grueso Reciclado. Fuente: Propia

Peso Específico y Absorción

Este ensayo del peso específico (densidad relativa) y la absorción del A. Grueso Reciclado se obtuvo en base a los lineamientos de la NTP 400.021.

DESCRIPCIÓN			M-01	M-02	M-03	
1.- Peso de la muestra seca al horno		g	2430.1	2429.3	2429.1	
2.- Peso de la muestra saturada superficialmente seca		g	2500	2500	2500	
3.- peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla		g	2066.7	2067.8	2069.2	
4.- Peso de la canastilla		g	725	725	725	
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(3-4)	g	1342	1343	1344	Promedio
A.- PESO ESPECIFICO DEL CONFITILLO RECICLADO.	1/(2-5)	g/cm^3	2.098	2.099	2.102	**2.10**
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	2/(2-5)	g/cm^3	2.158	2.160	2.163	2.16
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	1/(1-5)	g/cm^3	2.233	2.236	2.239	2.24
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	((2-1)/1)*100	%	2.88	2.91	2.92	**2.90**

Tabla 43: P. específico y absorción del A. Grueso Reciclado. Fuente: Propia

Peso Unitario Suelto

El PUS del A. Grueso reciclado se obtuvo en base a los requerimientos establecidos por la NTP 400.017.

Este PUS del agregado grueso reciclado se determinó para ser utilizado en el proceso de diseño de mezcla del concreto para adoquines.

DESCRIPCIÓN		M-01	M-02	M-03
1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	**12200**	**12226**	**12220**
2.- Peso del recipiente	(gr.)	8480.0	8480.0	8480.0
3.- Peso del material	(gr.)	3720	3746	3740
4.- Constante ó Volumen	(m^3)	0.00299	0.00299	0.00299
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m^3)	1242.46	1251.14	1249.14
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	**(kg/m^3)**	**1244.33**		

Tabla 44: P. U. Suelto del A. Grueso Reciclado. Fuente: Propia.

Peso Unitario Compactado

El PUC del A. Grueso reciclado se obtuvo según los requerimientos brindados por la NTP 400.017.

Este PUC del A. Grueso Reciclado se determinó para ser empleado en el proceso de diseño de mezcla del concreto.

DESCRIPCIÓN		M-01	M-02	M-03
1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	**12420**	**12480**	**12540**
2.- Peso del recipiente	(gr.)	8480.0	8480.0	8480.0
3.- Peso del material	(gr.)	3940.0	4000.0	4060.0
4.- Constante ó Volumen	(m^3)	0.00299	0.00299	0.00299
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m^3)	1315.93	1335.97	1356.01
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	**(kg/m^3)**		**1332.50**	

Tabla 45: PUC del A. Grueso Reciclado. Fuente: Propia

Sales solubles, sulfatos solubles y cloruros solubles en agregado grueso reciclado (confitillo)

Estos componentes químicos inmersos en el confitillo reciclado empleado se realizaron en base a las normas que se muestran en la tabla 48, asimismo los resultados obtenidos se presentan en la misma tabla.

AGREGADO GRUESO RECICLADO (CONFITILLO)
SALES SOLUBLES TOTALES (NTP 339.152)
1488.06 ppm
SULFATOS SOLUBLES (NTP 339.178 / AASHTO T290)
121.80 ppm
CLORUROS SOLUBLES (NTP 339.178 / AASHTO T290)
751.67 ppm

Tabla 46: Sales solubles totales, sulfatos solubles y cloruros solubles en el confitillo reciclado. Fuente: Propia

Clasificación de las Cenizas de Aserrín

Para la clasificación de las CDA, primero se determinó el ensayo de C.H y composición química por Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X, los resultados de la composición química de las cenizas empleadas en esta investigación se muestran en la tabla siguiente:

ANÁLISIS QUÍMICO POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X	
COMPOSICIÓN QUÍMICA	**RESULTADOS (%)**
DIÓXIDO DE SILICIO (SiO2)	56.35
DÓXIDO DE CALCIO (Ca O)	2.93
TRIÓXIDO DE ALUMINIO (Al2 O3)	24.11
TRIÓXIDO DE HIERRO (Fe2 O3)	0.64
ÓXIDO DE POTASIO (K2 O)	115
ÓXIDO DE MAGNESIO (Mg O)	1.69
PENTOXIDO DE FÓSFORO (P2O5)	0.53
ÓXIDO DE COBRE (Cu O)	0.18
TRIÓXIDO DE AZUFRE (SO3)	0.07
ÓXIDO DE ZINC (Zn O)	0.02
ÓXIDO DE MANGANESO (Mn O)	0.05
PÉRDIDA POR CALCINACIÓN	12.28

CONTENIDO DE HUMEDAD %	0.45
DENSIDAD (g/cm3)	2.48

Tabla 47: Resultados de ensayo de laboratorio de cenizas de aserrín. Fuente: Propia

La clasificación se realizó en base a lo que establece la NTP. 334.104 y la ASTM C-618 [27][28], que clasifican a las puzolanas naturales crudas o calcinadas en clase N, a las cenizas volantes en clase F y C, a continuación, se muestra la clasificación de las cenizas de aserrín según los parámetros establecidos.

COMPOSICIÓN QUÍMICA	**CLASE**			**CENIZAS DE ASERRÍN (%)**
	CLASE N	**CLASE F**	**CLASE C**	
Dióxido de silicio (SiO2) + óxido de aluminio (Al2O3) + óxido de fierro (Fe2O3)	70.0% mín.	70.0% mín.	50.0% mín.	81.1
Trióxido de azufre (SO3), % máx.	4.0 % máx.	4.0 % máx.	4.0 % máx.	0.07
Contenido de Humedad, % máx.	3.0 % máx	3.0 % máx	3.0 % máx	0.45
Pérdida por calcinación, % máx.	10.0 % máx	6.0 % máx	6.0 % máx	12.28

Tabla 48: Comparación de parámetros de normativas y resultados de CDA. Fuente: Propia

De la tabla 50, se puede afirmar que las cenizas de aserrín empleadas en la presente investigación se clasifican como cenizas volantes de clase F, no es clase N debido a que se tiene una pérdida por calcinación de 12.28% y la NTP 334.104 [28], establece que las se emplea cenizas de clase F con pérdida por calcinación del 12% cuando se tenga ensayos de laboratorio aceptables.

Propiedades Físico Mecánicas de Adoquines Patrón y con 5%, 10% y 15% de Cenizas de Aserrín

Para evaluar las propiedades tanto físicas como mecánicas de los adoquines patrones y con adiciones de cenizas de aserrín en porcentajes de 5%, 10% y 15% como se ha propuesto en los objetivos de la presente investigación se efectuaron diversos ensayos los cuales se muestran todos los resultados de cada ensayo detalladamente a continuación.

Resistencia a la Compresión

Con la finalidad de determinar esta propiedad, se sometieron a ensayo tres muestras a los 7, 14 y 28 días respectivamente, en base a lo establecido en la norma NTP 399.611. En la tabla 44 se muestra el promedio de las resistencias de compresión de las tres unidades ensayadas para cada uno de los días.

EDAD (días)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm2)			
	0% CDA	5% CDA	10% CDA	15% CDA
0	0.00	0.00	0.00	0.00
7	255.96	270.69	260.75	251.07
14	313.68	320.66	317.71	297.72
28	386.34	389.52	381.69	374.24

Tabla 49: Resistencia a la comprensión de adoquines a los 7, 14 y 28 días. Fuente: Propia

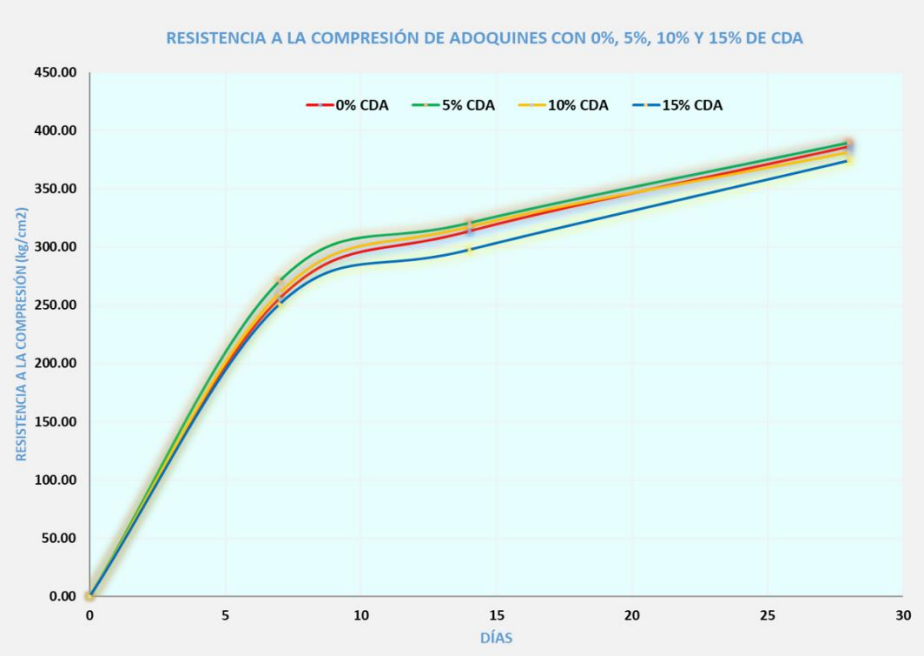


Gráfico 6: Curva de resistencia a la compresión vs días. Fuente: Propia

Resistencia a la Tracción por Flexión

Con el propósito de determinar esta propiedad en los adoquines de determinó la resistencia a la flexión, para ellos se ensayaron tres muestras. En la tabla 45 se muestra el promedio de las resistencias a la flexión de las tres unidades ensayadas a los 28 días.

EDAD (días)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (kg/cm2)			
	0% CDA	5% CDA	10% CDA	15% CDA
0	0	0.00	0.00	0.00
28	68.62	71.43	66.38	63.53

Tabla 50: R. a la flexión de adoquines a los 28 días. Fuente: Propia



Gráfico 7: R. a la flexión de adoquines a los 28 días. Fuente: Propia

Durabilidad al Desgaste por Abrasión

Para determinar la durabilidad al desgaste por abrasión de la superficie de los adoquines de concreto se ensayaron 3 muestras a los 28 días para obtener un promedio de desgaste de las 3 unidades, este desgaste de realizó mediante 3 ciclos de 2 minuto cada uno y se registraron los pesos de cada ciclo.

DESCRIPCIÓN	MUESTRA	EDAD (días)	MASA DE MUESTRA (g)							DESGASTE (%)	PROMEDIO (%)
			Peso inicial	Promedio de peso inicial	Primer ciclo	Segundo ciclo	Tercer ciclo	Peso final	Promedio de peso final		
PATRÓN	M1	28	3517.0 g.	3530.3 g.	3514.0 g.	3513.0 g.	3512.0 g.	3512.0 g.	3525.0 g.	0.14	0.15
	M2	28	3571.0 g.		3567.0 g.	3567.0 g.	3566.0 g.	3566.0 g.		0.14	
	M3	28	3503.0 g.		3498.0 g.	3498.0 g.	3497.0 g.	3497.0 g.		0.17	
5% CDA	M1	28	3415.0 g.	3471.7 g.	3412.0 g.	3411.0 g.	3411.0 g.	3411.0 g.	3467.0 g.	0.12	0.12
	M2	28	3497.0 g.		3495.0 g.	3493.0 g.	3493.0 g.	3493.0 g.		0.11	
	M3	28	3438.0 g.		3436.0 g.	3435.0 g.	3434.0 g.	3434.0 g.		0.12	
10% CDA	M1	28	3275.0 g.	3345.7 g.	3274.0 g.	3273.0 g.	3271.0 g.	3271.0 g.	3342.0 g.	0.12	0.10
	M2	28	3324.0 g.		3323.0 g.	3323.0 g.	3321.0 g.	3321.0 g.		0.09	
	M3	28	3429.0 g.		3428.0 g.	3427.0 g.	3426.0 g.	3426.0 g.		0.09	
15% CDA	M1	28	3309.0 g.	3316.3 g.	3306.0 g.	3306.0 g.	3305.0 g.	3305.0 g.	3313.0 g.	0.12	0.11
	M2	28	3211.0 g.		3210.0 g.	3209.0 g.	3208.0 g.	3208.0 g.		0.09	
	M3	28	3335.0 g.		3333.0 g.	3332.0 g.	3331.0 g.	3331.0 g.		0.12	

Tabla 51: Durabilidad al desgaste por abrasión de todas las muestras de adoquines. Fuente: Propia



Gráfico 8: Comparación de desgaste por abrasión de los adoquines. Fuente: Propia

Módulo de elasticidad

Este ensayo se realizó en base a la ASTM – 469, con fin de verificar el módulo de elasticidad de las probetas realizadas con las mismas mezclas de concreto elaborado para adoquines de tipo II. En la tabla 47 se presenta los resultados del promedio de 3 unidades ensayadas a los 28 días.

IDENTIFICACIÓN	Edad (Días)	σ_u (Kg/cm^2)	Esfuerzo S2 (40%σ_u) Kg/cm^2	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm^2	ϵ unitaria ϵ_2 (S_2)	E_c Kg/cm^2	Promedio E_c Kg/cm^2
0% CDA - f´c= 380 kg/cm2	28	301.65	121	16.75424	0.000450	259479	262708.75
0% CDA - f´c= 380 kg/cm2	28	314.12	126	17.44458	0.000465	260497	
0% CDA - f´c= 380 kg/cm2	28	323.35	129	17.95777	0.000465	268151	
5% CDA - f´c= 380 kg/cm2	28	485.41	194	20.53178	0.000574	331309	325450.75
5% CDA - f´c= 380 kg/cm2	28	482.51	193	20.40920	0.000574	329333	
5% CDA - f´c= 380 kg/cm2	28	462.56	185	19.56648	0.000574	315710	
10% CDA - f´c= 380 kg/cm2	28	293.52	117	16.13025	0.000447	255245	270268.07
10% CDA - f´c= 380 kg/cm2	28	312.30	125	17.20847	0.000460	262562	
10% CDA - f´c= 380 kg/cm2	28	379.97	152	18.98280	0.000504	292997	
15% CDA - f´c= 380 kg/cm2	28	231.62	93	14.14410	0.000406	220222	236650.31
15% CDA - f´c= 380 kg/cm2	28	249.57	100	15.27947	0.000413	232609	
15% CDA - f´c= 380 kg/cm2	28	327.27	131	16.34982	0.000496	257120	

Tabla 52: Porcentaje de absorción de todas las muestras de adoquines. Fuente: Propia

Absorción

Para obtener la absorción de los adoquines de concreto se ensayaron 3 muestras a los 28 días, de los cuales se obtuvo un promedio de absorción de 3 unidades como lo establece la NTP 399.611.

MUESTRA	DESCRIPCIÓN	PESO SATURADO (g)	PESO SECO AL HORNO (g)	ABSORCIÓN (%)	PROMEDIO (%)
M1	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 0% CDA	3571.0	3410.0	4.7	4.5
M2		3464.0	3324.0	4.2	
M3		3526.0	3372.0	4.6	
M1	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 5% CDA	3320.0	3141.0	5.7	5.3
M2		3471.0	3308.0	4.9	
M3		3481.0	3311.0	5.1	
M1	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 10% CDA	3474.0	3258.0	6.6	6.2
M2		3422.0	3220.0	6.3	
M3		3414.0	3233.0	5.6	
M1	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 15% CDA	3378.0	3161.0	6.9	6.9
M2		3385.0	3169.0	6.8	
M3		3343.0	3123.0	7.0	

Tabla 53: Porcentaje de absorción de todas las muestras de adoquines. Fuente: Propia

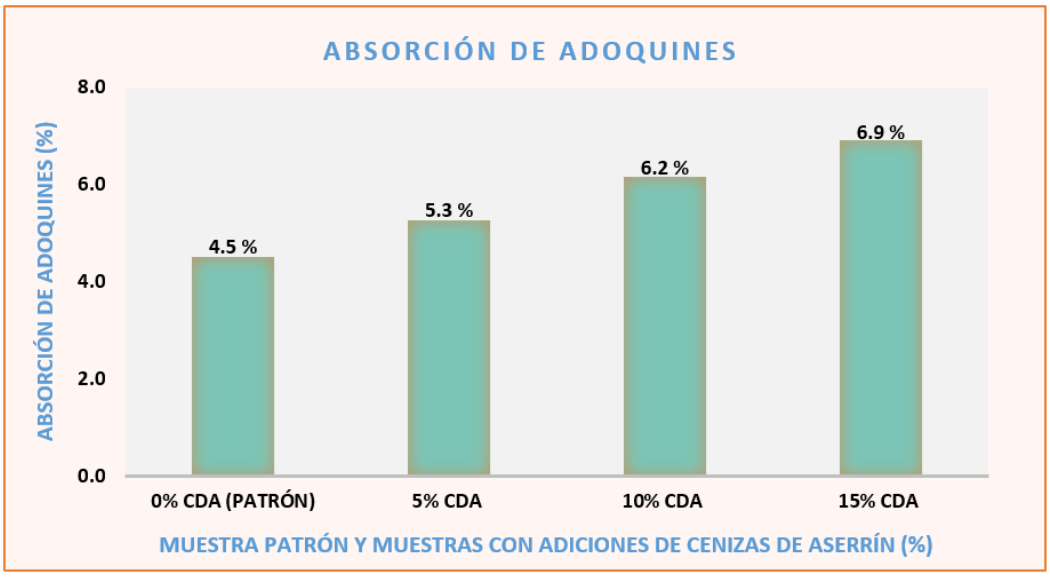


Gráfico 9: Porcentaje de absorción de adoquines de concreto. Fuente: Propia

Densidad

Para determinar la densidad de los adoquines de concreto se ensayaron 3 muestras, las mismas del ensayo de absorción, estas se ensayaron a los 28 días para obtener un promedio de densidad de 3 unidades.

MUESTRA	DESCRIPCIÓN	PESO SATURADO (g)	PESO SUMERGIDO (g)	PESO SECO AL HORNO (g)	DENSIDAD (kg/m3)	PROMEDIO (kg/m3)
M1	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 0% CDA	3571.0	2351.0	3410.0	2795.1	2772.9
M2		3464.0	2274.0	3324.0	2793.3	
M3		3526.0	2291.0	3372.0	2730.4	
M1	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 5% CDA	3320.0	2141.0	3141.0	2664.1	2702.5
M2		3471.0	2252.0	3308.0	2713.7	
M3		3481.0	2268.0	3311.0	2729.6	
M1	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 10% CDA	3474.0	2233.0	3258.0	2625.3	2654.5
M2		3422.0	2201.0	3220.0	2637.2	
M3		3414.0	2217.0	3233.0	2700.9	
M1	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 15% CDA	3378.0	2159.0	3161.0	2593.1	2572.3
M2		3385.0	2145.0	3169.0	2555.6	
M3		3343.0	2127.0	3123.0	2568.3	

Tabla 54: Densidad de todas las muestras de adoquines. Fuente: Propia

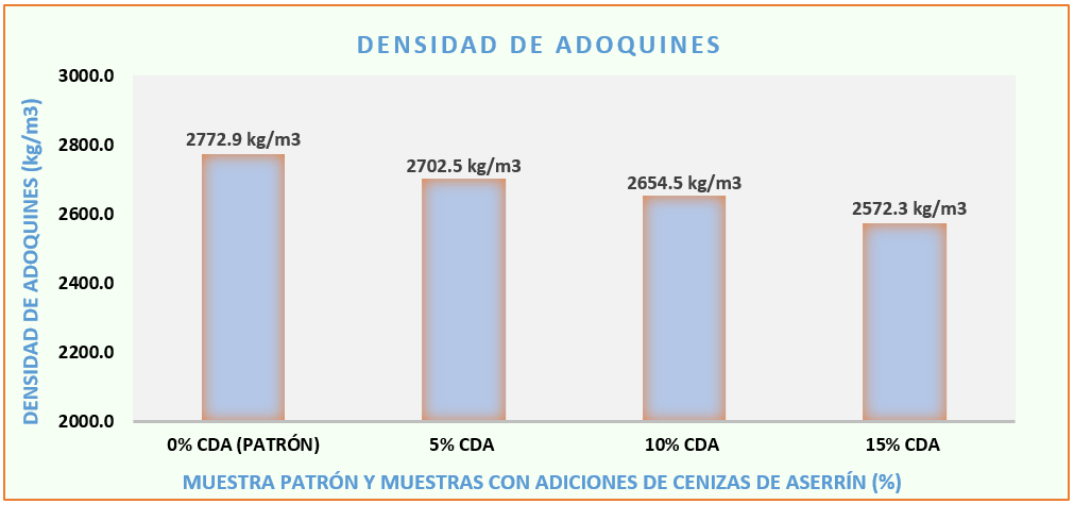


Gráfico 10: Densidad de adoquines de concreto con 0, 5, 10 y 15% CDA. Fuente: Propia

Variación Dimensional

Para determinar la variación dimensional se emplearon 6 muestras de adoquines con los diferentes porcentajes de CDA (0%, 5%, 10% y 15%), los cuales fuero comparados con los límites brindados por la NTP 399.611.

En la siguiente tabla se presenta el promedio de 6 unidades para cada tipo de muestra con los diferentes porcentajes de cenizas de aserrín.

MUESTRA	DIMENSIONES PREVISTAS			DIMENSIONES REALES			VARIACIÓN DIMENSIONAL (NTP 399.611)		
	LONGITUD (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	LONGITUD (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	LONGITUD (+-1.6 mm)	ANCHO (+-1.6 mm)	ESPESOR (+-3.2 mm)
PATRÓN	200.00	100.00	80.00	200.45	100.50	81.03	0.45	0.50	1.03
5% CDA	200.00	100.00	80.00	200.46	100.44	80.95	0.46	0.44	0.95
10% CDA	200.00	100.00	80.00	200.80	100.35	80.78	0.80	0.35	0.78
15% CDA	200.00	100.00	80.00	200.43	100.38	81.00	0.43	0.38	1.00

Tabla 55: Variación dimensional de adoquines de concreto. Fuente: Propia

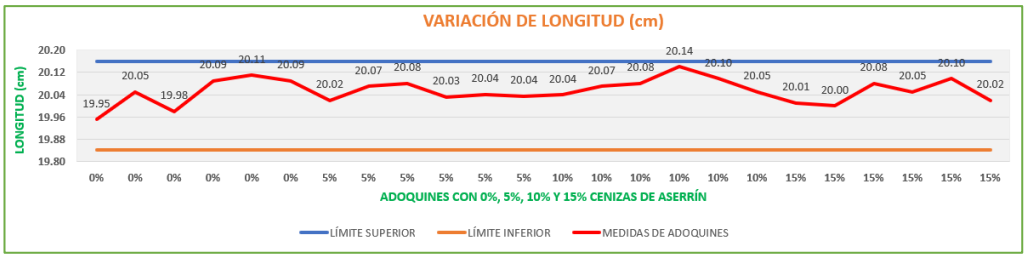


Gráfico 11: Variación de longitud de adoquines. Fuente: Propia

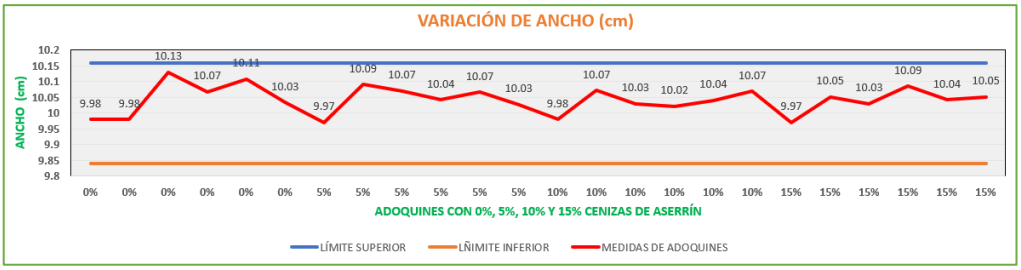


Gráfico 12: Variación de ancho de adoquines. Fuente: Propia

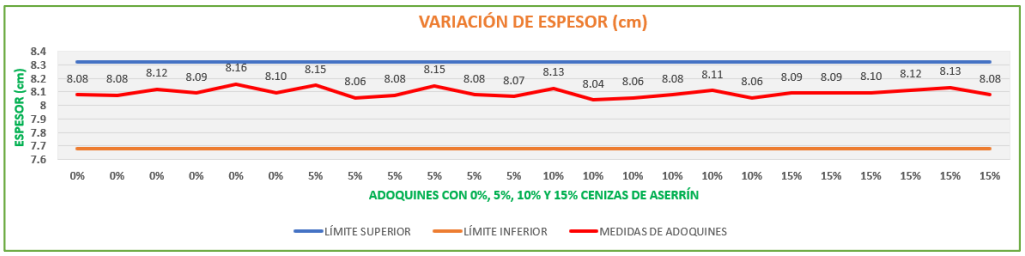


Gráfico 13: Variación de espesor de adoquines. Fuente: Propia

Cambio de longitud de muestras (barras) expuestos a soluciones sulfatadas

Para determinar la variación de longitud se emplearon 3 muestras (barras) de concreto con los diferentes porcentajes de CDA (0%, 5%, 10% y 15%), los cuales fueron medidos de la semana 0 hasta la semana 15 como indica la NTP 334.090, ASTM C 157 y ASTM C 490.

En la tabla 58 se presenta la expansión unitaria de las barras de concreto sometidas a soluciones de sulfatos, así mismo en el gráfico 14 se muestra la comparación de resultados de los ensayos realizados a las semanas establecidas por las normativas.

TIEMPO DE LECTURA		EXPANSIÓN UNITARIA (%)			
SEMANA	FECHA	PATRÓN	5% CDA	10% CDA	15% CDA
SEMANA 0	29/11/2023	0.0000 %	0.0000 %	0.0000 %	0.0000 %
SEMANA 1	06/12/2023	0.0081 %	0.0007 %	0.0003 %	0.0019 %
SEMANA 2	13/12/2023	0.0121 %	0.0047 %	0.0025 %	0.0053 %
SEMANA 3	20/12/2023	0.0301 %	0.0143 %	0.0192 %	0.0080 %
SEMANA 4	27/12/2023	0.0688 %	0.0397 %	0.0284 %	0.0251 %
SEMANA 8	24/01/2024	0.0829 %	0.0759 %	0.0689 %	0.0669 %
SEMANA 13	28/02/2024	0.1072 %	0.0981 %	0.0859 %	0.1133 %
SEMANA 15	13/03/2024	0.1165 %	0.1003 %	0.0983 %	0.1207 %

Tabla 56: Variación de expansión unitaria en barras de concreto. Fuente: Propia

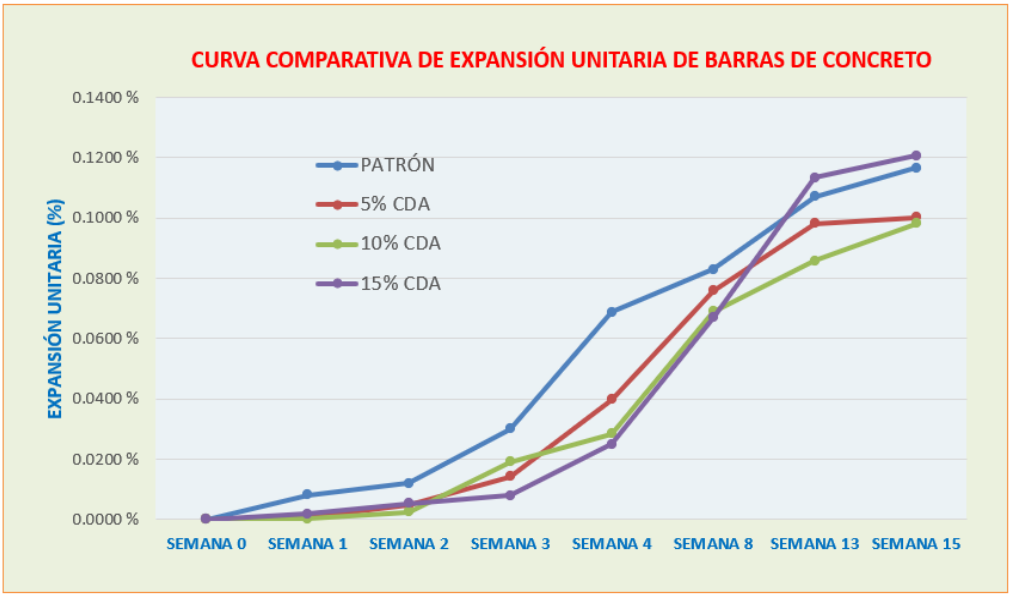


Gráfico 14: Curva comparativa de expansión unitaria de barras de concreto sometidas a soluciones sulfatadas. Fuente: Propia

Porcentaje Óptimo de Sustitución de Cemento por CDA

Después de realizar los ensayos físico mecánicos a los adoquines de concreto patrón y con 5%, 10%, 15% de CDA, se determinó que el % de reemplazo del cemento por cenizas de aserrín que cumple con las normativas establecidas es el 5% y 10%, sin embargo, el más adecuado sería el 5% debido a que presentan resultados más favorables y por ende en esta investigación se consideró que este es el porcentaje más óptimo, con el cual se trabajó en la segunda etapa que es la elaboración de adoquines de concreto con cenizas de aserrín y agregado grueso de concretos reciclados.

Propiedades Físico Mecánicas de Adoquines con 5% CDA y 100% AGR trabajando con tres f'c diferentes.

En esta segunda instancia se llevaron a cabo los mismos ensayos realizados en la primera etapa de la elaboración de adoquines para hallar las propiedades físico-mecánicas de los prefabricados con un contenido de CDA del 5% y 100% de agregado grueso completamente reciclado. Además, para esta etapa II se consideró trabajar con tres diferentes f'c, los cuales son 380 kg/cm2, 400 kg/cm2 y 420 kg/cm2, esto con la finalidad de cubrir uno de los objetivos propuestos en la presente investigación. A continuación, se muestran los resultados de ensayos detalladamente.

Resistencia a la Compresión

Para determinar esta propiedad de los adoquines se ensayaron tres muestras a los 7, 14 y 28 días respectivamente, esto con el objetivo de obtener el promedio de resistencia de las tres unidades.

EDAD (días)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm2)		
	380 - 5% CDA-100% CR	400 - 5% CDA-100% CR	420 - 5% CDA-100% CR
0	0.00	0.00	0.00
7	162.17	172.33	183.79
14	238.85	251.83	261.87
28	284.95	291.74	307.65

Tabla 57: Resistencia a la comprensión de adoquines a los 7, 14 y 28 días.
Fuente: Propia

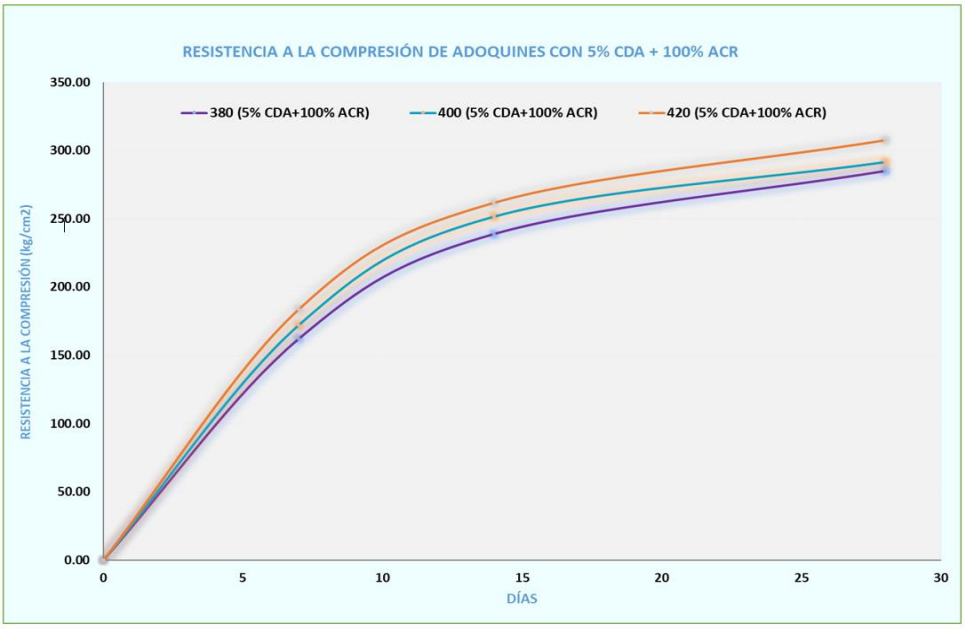


Gráfico 15: Curva de R. a la compresión vs días. Fuente: Propia

Resistencia a la Tracción por Flexión

Para comprobar esta propiedad se ensayaron tres muestras para cada diseño, esto a los 28 días, con el objetivo de obtener el promedio de resistencia a la flexión de las tres unidades.

EDAD (días)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (kg/cm2)		
	380 kg/cm2 (0% CDA + 100% ACR)	400 kg/cm2 (0% CDA + 100% ACR)	420 kg/cm2 (0% CDA + 100% ACR)
0	0	0.00	0.00
28	52.48	56.46	62.20

Tabla 58: R. a la flexión de adoquines a los 28 días. Fuente: Propia

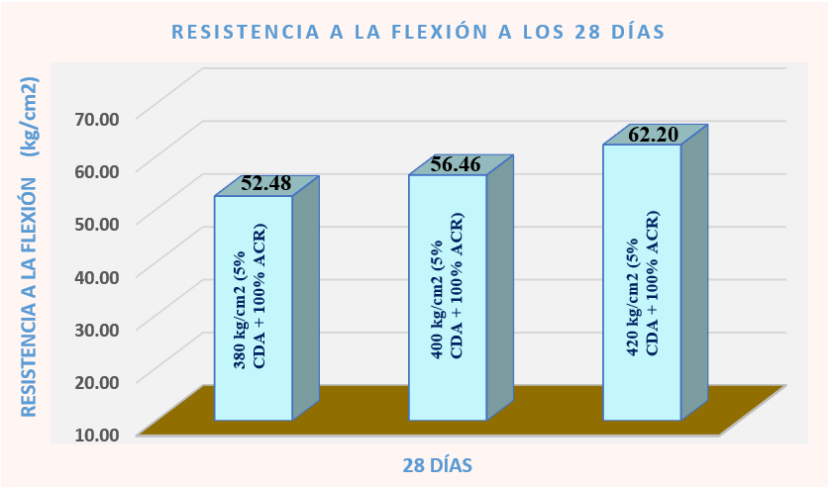


Gráfico 16: R. a la flexión de adoquines a los 28 días. Fuente: Propia

Durabilidad al Desgaste por Abrasión

Para determinar la resistencia a la abrasión de la superficie de los adoquines de concreto se ensayaron 3 muestras a los 28 días para obtener un promedio de desgaste de las 3 unidades, este desgaste de realizó mediante 3 ciclos de 2 minuto cada uno y se registraron los pesos de cada ciclo.

DESCRIPCIÓN	MUESTRA	EDAD (días)	MASA DE MUESTRA (g)							DESGASTE (%)	PROMEDIO (%)
			Peso inicial	Promedio de peso inicial	Primer ciclo	Segundo ciclo	Tercer ciclo	Peso final	Promedio de peso final		
380 kg/cm2 (5%CDA +100% ACR)	M1	28	3338.0 g.	3357.0 g.	3336.0 g.	3335.0 g.	3332.0 g.	3332.0 g.	3351.7 g.	0.18	0.16
	M2	28	3398.0 g.		3396.0 g.	3394.0 g.	3393.0 g.	3393.0 g.		0.15	
	M3	28	3335.0 g.		3332.0 g.	3331.0 g.	3330.0 g.	3330.0 g.		0.15	
400 kg/cm2 (5%CDA +100% ACR)	M1	28	3055.0 g.	3219.7 g.	3051.0 g.	3051.0 g.	3049.0 g.	3049.0 g.	3214.3 g.	0.20	0.16
	M2	28	3269.0 g.		3266.0 g.	3265.0 g.	3264.0 g.	3264.0 g.		0.15	
	M3	28	3230.0 g.		3228.0 g.	3227.0 g.	3226.0 g.	3226.0 g.		0.12	
420 kg/cm2 (5%CDA +100% ACR)	M1	28	3224.0 g.	3231.0 g.	3218.0 g.	3217.0 g.	3216.0 g.	3216.0 g.	3224.0 g.	0.25	0.27
	M2	28	3239.0 g.		3237.0 g.	3232.0 g.	3230.0 g.	3230.0 g.		0.28	
	M3	28	3269.0 g.		3267.0 g.	3264.0 g.	3260.0 g.	3260.0 g.		0.28	

Tabla 59: Durabilidad al desgaste por abrasión de todas las muestras de adoquines. Fuente: Propia

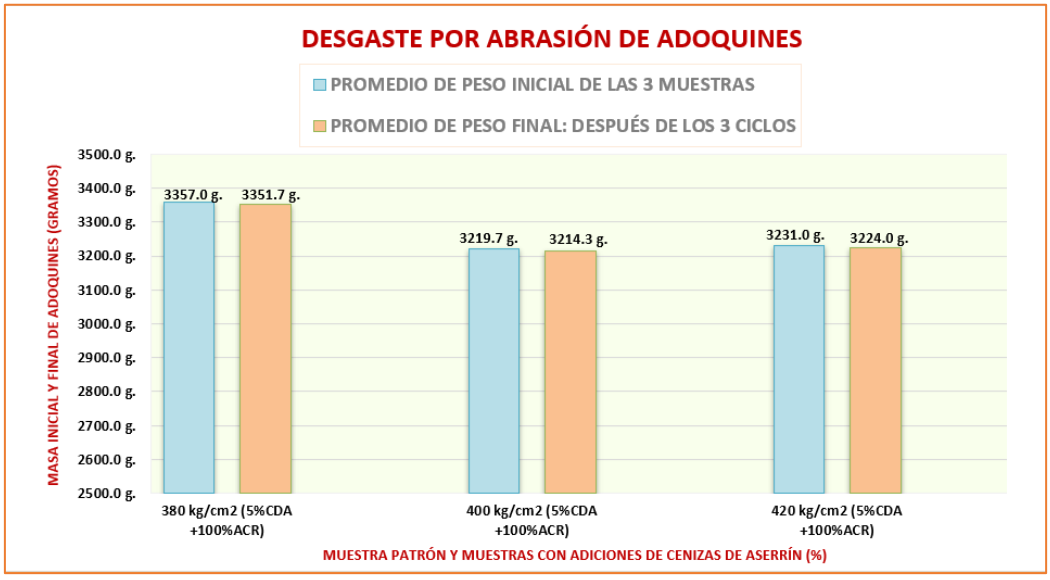


Gráfico 17: Comparativo de desgastes de los adoquines muestreados. Fuente: Propia

Módulo de elasticidad

Este ensayo se realizó en base a la ASTM – 469, con fin de verificar el módulo de elasticidad de las probetas realizadas con las mismas mezclas de concreto elaborado para adoquines de tipo II, elaborados con 5% de CDA y 100% de AGR. En la tabla 62 se presenta los resultados del promedio de 3 unidades ensayadas a los 28 días.

IDENTIFICACIÓN	Edad (Días)	σ_u (Kg/cm^2)	Esfuerzo S2 (40%σ_u) Kg/cm^2	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm^2	ϵ unitaria ϵ_2 (S_2)	E_c Kg/cm^2	Promedio E_c Kg/cm^2
5% CDA y 100% AGR - f´c= 380 kg/cm2	28	318.14	127	16.06236	0.000474	262437	273342.50
5% CDA y 100% AGR - f´c= 380 kg/cm2	28	345.13	138	17.42538	0.000482	279222	
5% CDA y 100% AGR - f´c= 380 kg/cm2	28	344.08	138	17.37146	0.000482	278368	
5% CDA y 100% AGR - f´c= 400 kg/cm2	28	357.20	143	17.85758	0.000495	280810	278583.13
5% CDA y 100% AGR - f´c= 400 kg/cm2	28	343.25	137	17.16042	0.000487	275035	
5% CDA y 100% AGR - f´c= 400 kg/cm2	28	349.32	140	17.46222	0.000487	279905	
5% CDA y 100% AGR - f´c= 420 kg/cm2	28	365.62	146	18.26498	0.000502	283010	283436.46
5% CDA y 100% AGR - f´c= 420 kg/cm2	28	371.26	149	18.59675	0.000509	283099	
5% CDA y 100% AGR - f´c= 420 kg/cm2	28	367.16	147	18.34340	0.000502	284200	

Tabla 60: Durabilidad al desgaste por abrasión de todas las muestras de adoquines. Fuente: Propia

Absorción

Se realizaron pruebas de absorción en tres muestras de adoquines de concreto a los 28 días, con el objetivo de obtener un promedio de absorción de las tres unidades, siguiendo las pautas establecidas en la NTP 399.611.

MUESTRA	DESCRIPCIÓN	PESO SATURADO (g)	PESO SECO AL HORNO (g)	ABSORCIÓN (%)	PROMEDIO (%)
M1	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 5%CDA + 100% ACR	3346.0	3165.0	5.7	5.7
M2		3345.0	3168.0	5.6	
M3		3351.0	3170.0	5.7	
M1	ADOQUINES 400 kg/cm2 CON 5%CDA + 100% ACR	3338.0	3159.0	5.7	6.3
M2		3425.0	3205.0	6.9	
M3		3367.0	3168.0	6.3	
M1	ADOQUINES 420 kg/cm2 CON 5%CDA + 100% ACR	3254.0	3029.0	7.4	6.8
M2		3342.0	3143.0	6.3	
M3		3324.0	3113.0	6.8	

Tabla 61: Porcentaje de absorción de todas las muestras de adoquines. Fuente: Propia

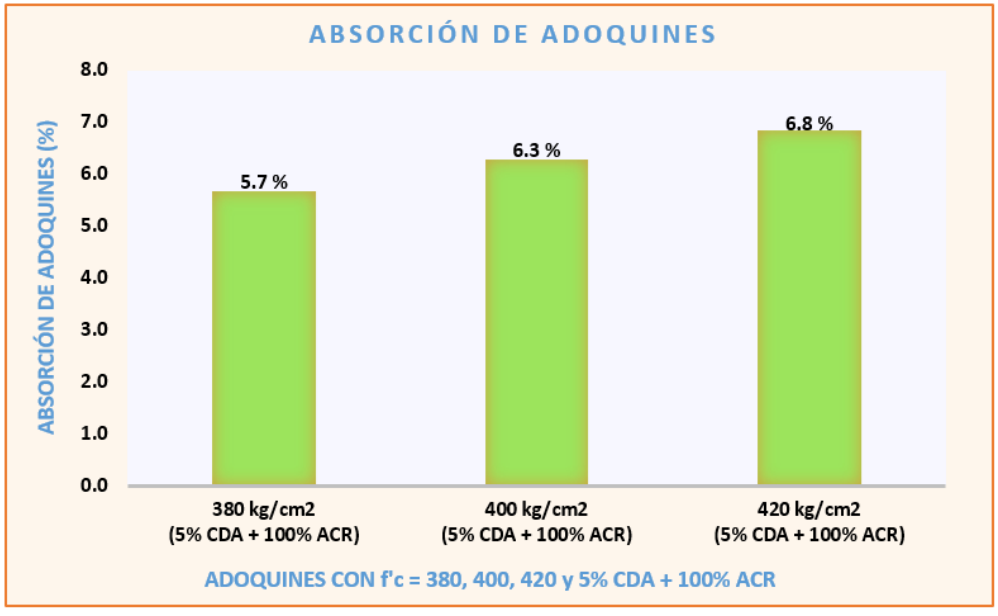


Gráfico 18: Porcentaje de absorción de adoquines de concreto. Fuente: Propia

Densidad

Para determinar la densidad de los adoquines de concreto se ensayaron 3 muestras, las mismas del ensayo de absorción, estas se ensayaron a los 28 días para obtener un promedio de densidad de 3 unidades.

MUESTRA	DESCRIPCIÓN	PESO SATURADO (g)	PESO SUMERGIDO (g)	PESO SECO AL HORNO (g)	DENSIDAD (kg/m3)	PROMEDIO (kg/m3)
M1	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 5%CDA + 100% ACR	3356.0	2154.0	3145.0	2616.5	2600.2
M2		3345.0	2141.0	3158.0	2622.9	
M3		3351.0	2125.0	3140.0	2561.2	
M1	ADOQUINES 400 kg/cm2 CON 5%CDA + 100% ACR	3338.0	2116.0	3159.0	2585.1	2532.5
M2		3425.0	2140.0	3205.0	2494.2	
M3		3367.0	2109.0	3168.0	2518.3	
M1	ADOQUINES 420 kg/cm2 CON 5%CDA + 100% ACR	3254.0	2019.0	3029.0	2452.6	2463.0
M2		3342.0	2086.0	3143.0	2502.4	
M3		3324.0	2045.0	3113.0	2433.9	

Tabla 62 Densidad de todas las muestras de adoquines. Fuente: Propia

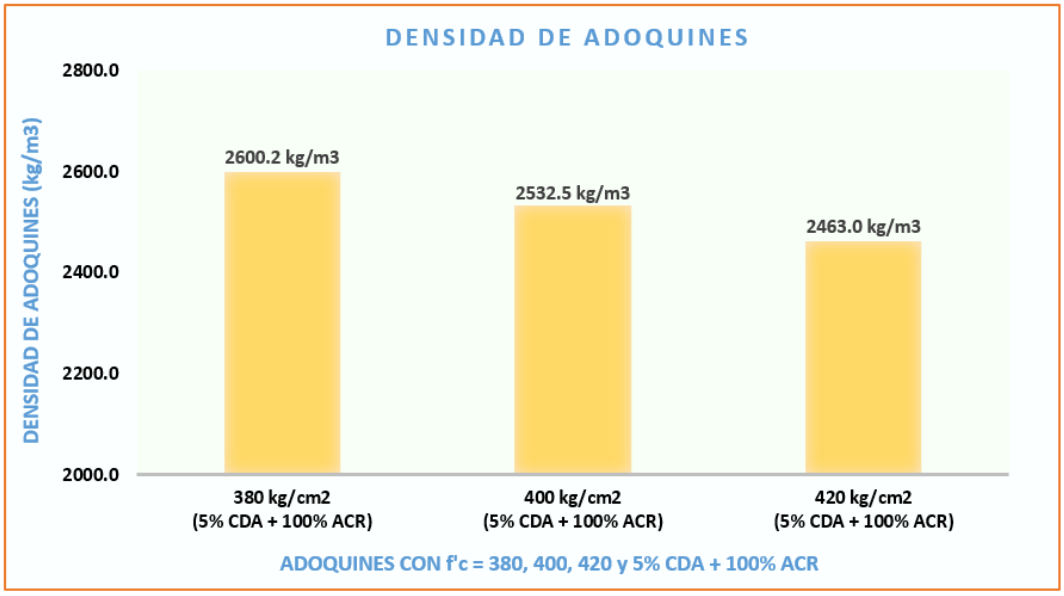


Gráfico 19: Densidad de adoquines de concreto con 5% CDA+100% ARCR. Fuente: Propia

Variación Dimensional

Para determinar la variación dimensional se emplearon 6 muestras de adoquines elaborados con f'c de 38, 400 y 420 kg/cm2 y 5% CDA más 100% ACR, los cuales son comparados con los límites establecidos en la NTP 399.611.

En la siguiente tabla se muestra el promedio de 6 unidades para cada tipo de muestra.

MUESTRA	DIMENSIONES PREVISTAS			DIMENSIONES REALES			VARIACIÓN DIMENSIONAL (NTP 399.611)		
	LONGITUD (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	LONGITUD (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	LONGITUD (+-1.6 mm)	ANCHO (+-1.6 mm)	ESPESOR (+-3.2 mm)
380 (5% CDA + 100% ACR)	200.00	100.00	80.00	200.55	100.50	81.19	0.55	0.50	1.19
400 (5% CDA + 100% ACR)	200.00	100.00	80.00	200.67	100.48	81.09	0.67	0.48	1.09
420 (5% CDA + 100% ACR)	200.00	100.00	80.00	200.37	100.50	81.07	0.37	0.50	1.07

Tabla 63: Variación dimensional de adoquines de concreto. Fuente: Propia

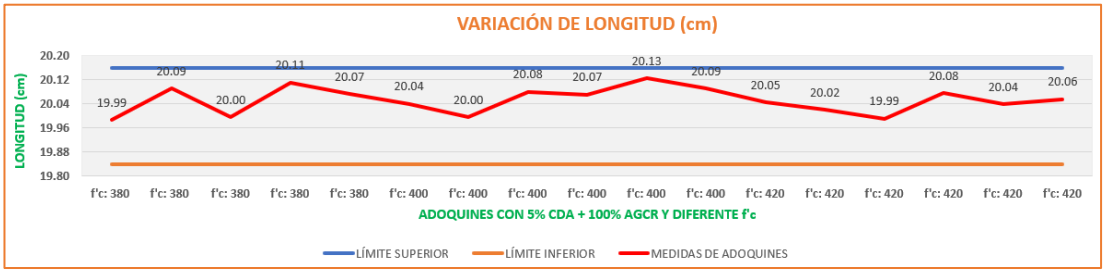


Gráfico 20: Variación de longitud de adoquines. Fuente: Propia

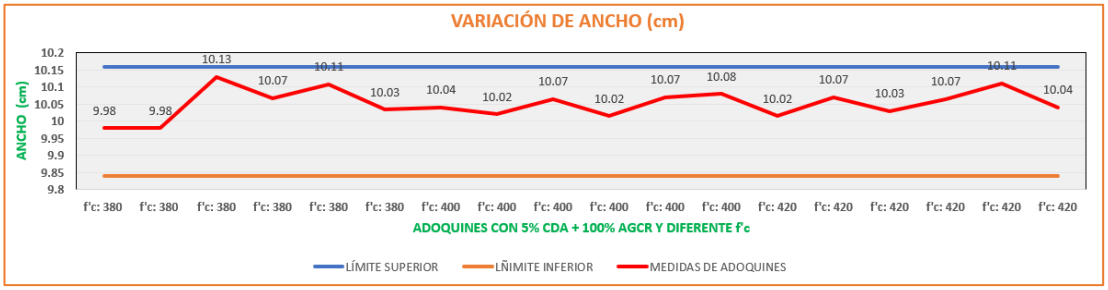


Gráfico 21: Variación de ancho de adoquines. Fuente: Propia

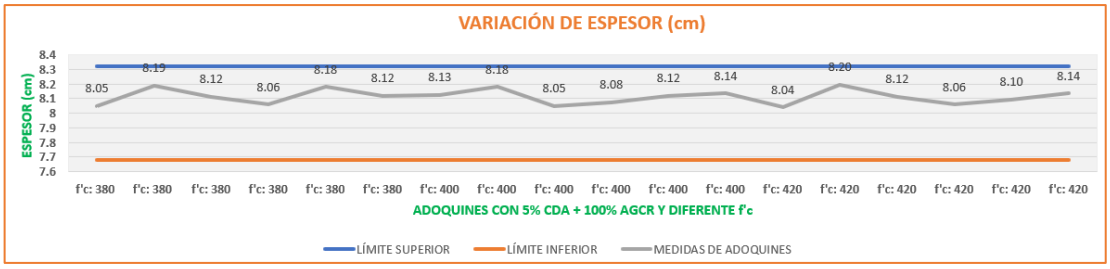


Gráfico 22: Variación de espesor de adoquines. Fuente: Propia

Cambio de longitud de muestras (barras) expuestos a soluciones sulfatadas (etapa II)

Para determinar la variación de longitud se emplearon 3 muestras (barras) de concreto elaborados con 5% CDA y 11% AGR, los cuales fueron medidos de la semana 0 hasta la semana 15 como indica la NTP 334.090, ASTM C 157 y ASTM C 490.

En la tabla 66 se presenta la expansión unitaria de las barras de concreto sometidas a soluciones de sulfatos, así mismo en el gráfico 23 se muestra la comparación de resultados de los ensayos realizados a las semanas establecidas por las normativas.

TIEMPO DE LECTURA		EXPANSIÓN UNITARIA (%)		
SEMANA	FECHA	f'c = 380 kg/cm2 (5% CDA + 100% ACR)	f'c = 400 kg/cm2 (5% CDA + 100% ACR)	f'c = 420 kg/cm2 (5% CDA + 100% ACR)
SEMANA 0	29/11/2023	0.0000 %	0.0000 %	0.0000 %
SEMANA 1	06/12/2023	0.0093 %	0.0085 %	0.0079 %
SEMANA 2	13/12/2023	0.0125 %	0.0093 %	0.0096 %
SEMANA 3	20/12/2023	0.0214 %	0.0227 %	0.0232 %
SEMANA 4	27/12/2023	0.0711 %	0.0712 %	0.0649 %
SEMANA 8	24/01/2024	0.0836 %	0.0663 %	0.0721 %
SEMANA 13	28/02/2024	0.1043 %	0.0923 %	0.0980 %
SEMANA 15	13/03/2024	0.1252 %	0.1127 %	0.1120 %

Tabla 64: Variación de expansión unitaria en barras de concreto (etapa II). Fuente: Propia

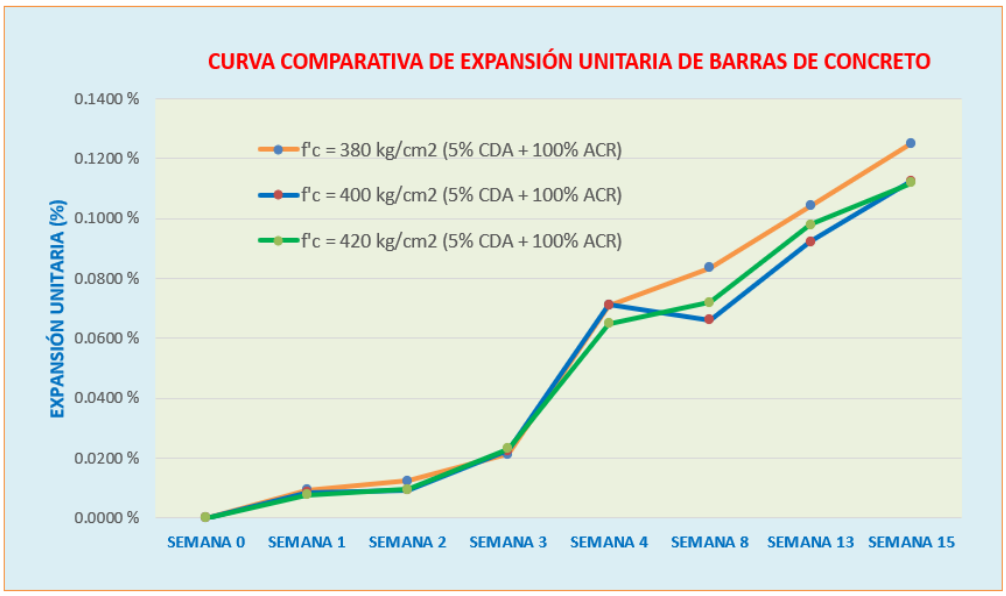


Gráfico 23: Curva comparativa de expansión unitaria de barras de concreto sometidas a soluciones sulfatadas. Fuente: Propia

Proceso de Elaboración de Adoquines con la Incorporación de Agregado Grueso Reciclado y Cenizas de Aserrín

Para la elaboración de adoquines con la sustitución del 5% de cemento por cenizas de aserrín y la sustitución del agregado grueso natural por agregado grueso reciclado en 100% se siguió el siguiente procedimiento.

1. Se acondicionó un lugar adecuando donde realizar la elaboración de los adoquines.
2. Se limpió y preparó todos los equipos que se van a utilizar (molde según las dimensiones requeridas, mesa vibratoria, trompo mezclador, balanza, recipientes y maderas para la puesta de los especímenes).
3. Debido a la poca cantidad de las muestras, las proporciones se tomaron en peso.
4. Se mezcló los componentes del concreto en un trompo mezclador, vale recalcar que inicialmente se colocó los agregados y se mezcló por unos minutos, seguidamente se introdujo el cemento y las cenizas y de igual forma se mezcló por tiempo similar, luego se vertió con el agua todos los materiales por un tiempo adecuado, hasta visualizar que la mezcla encontraba homogénea.
5. Se colocó la mezcla en el molde hasta llenarlo totalmente, luego se realizó la vibración por un tiempo de 15 segundos para que se asiente y posterior a ello se verificó si faltaba más mezcla debido al asentamiento, en algunos casos que faltaba se llenó y se volvió a vibrar por un tiempo de 5 segundos más.
6. Las muestras vibro compactadas totalmente se enrasó y se retiraron de la mesa vibratoria y fueron llevados a desmoldar sobre las maderas preparadas inicialmente.



Figura 80: Desmolde de adoquines. Fuente: Propia

7. El desmolde se realizó cuidadosamente de manera vertical para evitar fracturas en las muestras.
8. Finalmente, se deja secar en el mismo lugar por un tiempo de 24 horas y posterior a ello se pone a curar en agua.



Figura 81: Total de adoquines desmoldados. Fuente: Propia



Figura 82: Curado de adoquines de concreto. Fuente: Propia

Discusión

Ensayos de agregados naturales (fino y grueso) y agregado grueso reciclado

Ensayos de granulometría

El agregado fino utilizado en el estudio proviene de la cantera La Victoria, mientras que el A.G (confitillo) natural se obtuvo de la cantera Tres Tomas. Ambos agregados han demostrado resultados confiables, ya que cumplen con lo establecido en la norma NTP 400.037. El módulo de fineza obtenido para el agregado fino fue de 2.92, lo cual indica una adecuada gradación. Además, se realizó una evaluación de la gradación de los agregados naturales (grueso y fino), así como del A.G Reciclado, y se pudo comprobar que cumplen con los requisitos de tamaño máximo, tal como se refleja en las curvas granulométricas de los tres agregados.

Ensayos de contenido de humedad

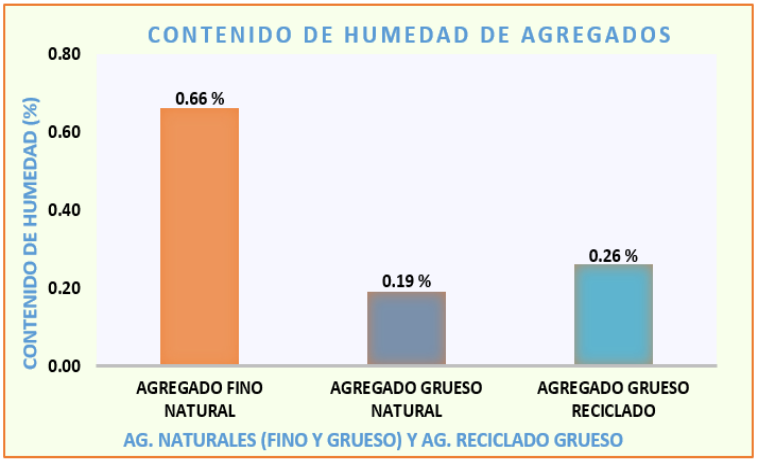


Gráfico 24: C. de humedad de agregados naturales y reciclado. Fuente: Propia

Los contenidos de humedad de los agregados mencionados en el gráfico 24, se determinaron siguiendo las directrices establecidas en la NTP 339.018. Los resultados hallados fueron muy satisfactorios y se utilizaron en el diseño de la mezcla de concreto para adoquines. Estos datos fueron de gran importancia para calcular el contenido de agua efectiva necesaria en la mezcla. Los resultados obtenidos, que se muestran en el gráfico anterior, presentan un C.H de 0.66% para la arena, 0.19% para el confitillo natural y 0.26% para el agregado grueso reciclado. Vale decir que estos valores fueron obtenidos a partir del promedio de 3 muestras ensayadas para cada agregado.

Ensayos de peso específico y absorción.

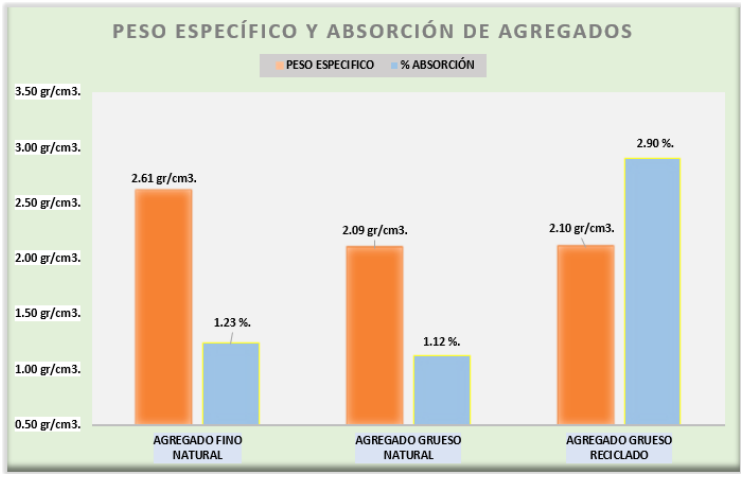


Gráfico 25: Resultados de peso específico de agregados naturales y reciclado. Fuente: Propia

Los pesos específicos y absorción de los agregados empleados en esta investigación se determinaron siguiendo las directrices establecidas por la NTP 400.021 y NTP 400.022. Los datos obtenidos se muestran en el gráfico anterior, y se puede ver que para la arena se alcanza un peso específico de 2.61 gr/cm3 y una absorción de 1.23%. Con respecto al confitillo natural se obtuvo un peso específico de 2.09 gr/cm3 y una absorción de 1.12% y para el confitillo reciclado, los valores fueron de 2.10 gr/cm3 para el peso específico y una absorción de 2.90% para la absorción. Vale recalcar que estos valores se obtuvieron a partir del promedio de 3 muestras ensayadas para cada tipo de agregado.

Ensayos de peso unitario suelto y peso unitario compactado

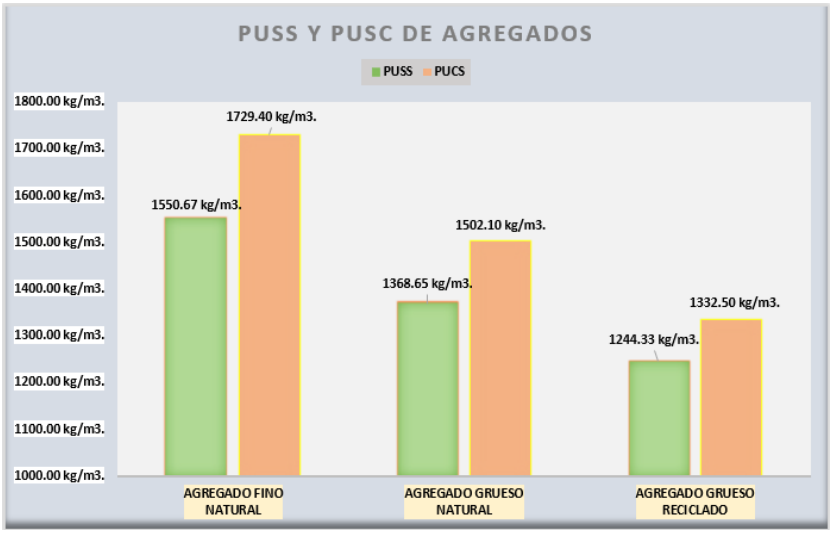


Gráfico 26*: Resultados de PUSS y PUSC de A. naturales y reciclado. Fuente: Propia*

El P.U.S y P.U.C se obtuvieron siguiendo las directrices establecidas en la NTP 400.017. Estos resultados obtenidos fueron muy satisfactorios los cuales se presentan en el gráfico anterior, donde se observa que para la arena natural se obtuvo un P.U.S de 1550.67 kg/m3 y un P.U.C de 1729.40 kg/m3. En cuanto al confitillo natural, se obtuvo un P.U.S de 1368.65 kg/m3 y un P.U.C de 1502.10 kg/m3 y por último para el confitillo reciclado, los datos obtenidos son de 1244.33 kg/m3 para el P.U.S y 1332.50 kg/m3 para el P.U.C. Es importante destacar que estos valores se obtuvieron a partir del promedio de 3 muestras ensayadas para cada tipo de agregado.

Ensayos de Fluorescencia de Rayos X de las cenizas de aserrín

Clasificación de cenizas de aserrín

Para la clasificación de las cenizas de aserrín propuesto como objetivo de esta investigación se realizó el ensayo de Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X, este ensayo se hizo siguiendo los requerimientos de la NTP. 334.104 y la ASTM C-618, de donde se obtiene que los minerales más predominantes son el dióxido de silicio (SiO2 = 56.355%), dióxido de calcio (Ca O =2.93%), trióxido de aluminio (Al2 O3 = 24.11%) y trióxido de hierro (Fe2 O3 = 0.64%). Según la normativa mencionada la sumatoria de SiO2 + Al2 + Fe2 O3 indica que clase de cenizas se obtiene, en este caso la sumatoria de los 3 elementos da como resultado 81.10 %; por lo tanto, las cenizas de aserrín de la presente investigación es de clase F, no es clase N debido a que se tiene una pérdida por calcinación de 12.28% y la NTP 334.104, establece que se emplea cenizas de clase F con pérdida por calcinación del 12% cuando se tenga ensayos de laboratorio aceptables.

COMPOSICIÓN QUÍMICA	CLASE			CENIZAS DE ASERRÍN (%)
	CLASE N	CLASE F	CLASE C	
Dióxido de silicio (SiO2) + óxido de aluminio (Al2O3) + óxido de fierro (Fe2O3)	70.0% mín.	70.0% mín.	50.0% mín.	81.1
Trióxido de azufre (SO3), % máx.	4.0 % máx.	4.0 % máx.	4.0 % máx.	0.07
Contenido de Humedad, % máx.	3.0 % máx	3.0 % máx	3.0 % máx	0.45
Pérdida por calcinación, % máx.	10.0 % máx	6.0 % máx	6.0 % máx	12.28

Tabla 65: Clasificación de cenizas de aserrín. Fuente: Propia

Ensayos de concreto endurecido (adoquines)

Ensayo de resistencia a la compresión

MUESTRA	f'c DISEÑO (kg/cm2)	EDAD (días)	CARGA MÁXIMA (kg)	ÁREA BRUTA (cm2)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INDIVIDUAL (kg/cm2)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm2)	NTP 399.611	
							UNIDADES INDIVIDUALES (340 kg/cm2)	PROMEDIO DE 3 UNIDADES INDIVIDUALES (380 kg/cm2)
PATRON-07	380	28	77940	199.10	391.46	386.34	CUMPLE	CUMPLE
PATRON-08	380	28	77580	200.10	387.71		CUMPLE	
PATRON-09	380	28	76880	202.40	379.85		CUMPLE	
5% CDA-07	380	28	77891	199.60	390.24	389.52	CUMPLE	CUMPLE
5% CDA-08	380	28	76940	199.50	385.66		CUMPLE	
5% CDA-09	380	28	78218	199.20	392.66		CUMPLE	
10% CDA-07	380	28	77102	200.00	385.51	381.69	CUMPLE	CUMPLE
10% CDA-08	380	28	76881	200.10	384.21		CUMPLE	
10% CDA-09	380	28	74991	199.80	375.33		CUMPLE	
15% CDA-07	380	28	75520	199.50	378.55	374.24	CUMPLE	NO CUMPLE
15% CDA-08	380	28	73991	199.80	370.33		CUMPLE	
15% CDA-09	380	28	74921	200.40	373.86		CUMPLE	

Tabla 66: Resistencia a la compresión comparado con la NTP, etapa I. Fuente: Propia

Para evaluar la resistencia a la compresión de los adoquines de la primera instancia en esta investigación se fabricó especímenes con diferentes porcentajes de cenizas de aserrín: 0% (patrón), 5%, 10% y 15%, esto con el objetivo de determinar el porcentaje óptimo de cenizas de aserrín para su uso en la segunda etapa, donde se utilizó el 100% de agregado reciclado. Los resultados que se obtuvieron mediante este ensayo se presentan en la tabla 68, donde para los adoquines patrones (0% CDA) se obtuvo una resistencia a la compresión de 386.34 kg/cm2 y la resistencia con las adiciones de cenizas de aserrín obtenidas son: para 5% de CDA es 389.52 kg/cm2, con un 10% de CDA es 381.69 kg/cm2, y con un 15% de CDA se alcanzó 374.24 kg/cm2. Según lo establecido en la NTP 399.611, para adoquines de tipo II el promedio de resistencia a la compresión de 3 unidades ensayadas debe ser de al menos 380 kg/cm2. Por ende, se puede decir que los adoquines fabricados con un 0%, 5% y 10% de cenizas de aserrín cumplen con los requisitos de la normativa, ya que los valores obtenidos superan el valor mínimo establecido. Sin embargo, los adoquines con un 15% de cenizas de aserrín no cumplen con la norma, ya que su resistencia a la compresión es inferior al valor permitido. Además, se confirma que el porcentaje óptimo de cenizas de aserrín es del 5%, ya que con este contenido se logra una mayor resistencia a la compresión con relación a los otros porcentajes evaluados.

MUESTRA	DESCRIPCIÓN	f'c DISEÑO (kg/cm2)	EDAD (dias)	CARGA MÁXIMA (kg)	ÁREA BRUTA (cm2)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INDIVIDUAL (kg/cm2)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm2)	NTP 399.611	
								UNIDADES INDIVIDUALES (340 kg/cm2)	PROMEDIO DE 3 UNIDADES INDIVIDUALES (380 kg/cm2)
07	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% ACR	380	28	55515	199.50	278.27	284.95	NO CUMPLE	NO CUMPLE
08		380	28	60140	200.20	300.40		NO CUMPLE	
09		380	28	55211	199.90	276.19		NO CUMPLE	
07	ADOQUINES 400 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% ACR	400	28	59579	199.90	298.04	291.74	NO CUMPLE	NO CUMPLE
08		400	28	54610	200.10	272.91		NO CUMPLE	
09		400	28	60914	200.20	304.27		NO CUMPLE	
07	ADOQUINES 420 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% ACR	420	28	60912	199.50	305.32	307.65	NO CUMPLE	NO CUMPLE
08		420	28	62174	199.80	311.18		NO CUMPLE	
09		420	28	61413	200.40	306.45		NO CUMPLE	

Tabla 67: Resistencia a la compresión comparado con la NTP, etapa II. Fuente: Propia

Par evaluar la resistencia a la compresión de los adoquines de la segunda instancia en esta investigación se fabricó especímenes con un f´c de 380 kg/cm2, 400 kg/cm2 y 420 kg/cm2, además se usó el porcentaje óptimo (5%) de cenizas de aserrín y 100% de agregado grueso reciclado. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 69, donde se puede observar la resistencia a la compresión con un f´c de 380 kg/cm2 es 284.95 kg/cm2, con un f´c de 400 kg/cm2 es 291.74 kg/cm2 y con un f´c de 420 kg/cm2 es 307.65 kg/cm2. Según lo establecido en la NTP 399.611, para adoquines de tipo II, el promedio de resistencia a la compresión de 3 unidades ensayadas debe ser de al menos 380 kg/cm2. Sin embargo, ninguno de los valores obtenidos cumple con el requisito establecido por la norma, ya que todos están por debajo del parámetro permitido. Esto se debe al hecho de que en la segunda etapa se utilizó el 100% de agregado grueso reciclado, lo que podría haber afectado la resistencia final de los adoquines.

Debido a que no se cumplió la resistencia a la compresión utilizando el 100% de agregado grueso reciclado y 5% de cenizas con ningún f´c trabajado, se realizó muestras con menores porcentajes de AGR empleando el f´c = 380kg/cm2. Los porcentajes empleados de AGR son de 15%, 20% y 25%; vale mencionar que se trabajó con estos porcentajes solo para comprobar si el material reciclado utilizado en 100% interfiere en la resistencia, ya que el trabajar con estos porcentajes no es parte de la demostración de la hipótesis.

MUESTRA	DESCRIPCIÓN	f'c DISEÑO (kg/cm2)	EDAD (dias)	CARGA MÁXIMA (kg)	ÁREA BRUTA (cm2)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INDIVIDUAL (kg/cm2)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm2)	NTP 399.611	
								UNIDADES INDIVIDUALES (340 kg/cm2)	PROMEDIO DE 3 UNIDADES INDIVIDUALES (380 kg/cm2)
01	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 5% CDA + 15% AGR	380	28	79141	201.80	392.17	390.81	CUMPLE	CUMPLE
02		380	28	78892	201.80	390.95		CUMPLE	
03		380	28	78641	202.01	389.30		CUMPLE	
01	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 5% CDA + 20% AGR	380	28	77546	199.10	389.48	381.68	CUMPLE	CUMPLE
02		380	28	76317	201.90	378.00		CUMPLE	
03		380	28	75964	201.20	377.55		CUMPLE	
01	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 5% CDA + 25% ACR	380	28	76971	200.00	384.86	367.61	CUMPLE	NO CUMPLE
02		380	28	75914	200.50	378.62		CUMPLE	
03		380	28	68517	201.90	339.36		NO CUMPLE	

Tabla 68: Resistencia a la compresión comparado con la NTP, III etapa. Fuente: Propia

En esta etapa adicional se evaluó la resistencia a la compresión de los adoquines fabricados con un f´c de 380 kg/cm2, utilizando el porcentaje óptimo de cenizas de aserrín (CDA) y agregado grueso de concreto reciclado en diferentes porcentajes: 15%, 20% y 25%. El objetivo era determinar si la baja resistencia observada en la etapa II se debía a la utilización del 100% de agregado grueso reciclado (AGR). Los resultados obtenidos, presentados en la tabla 70 muestran que la resistencia a la compresión con un 15% de AGR y un 5% de CDA es de 390.81 kg/cm2, con un 20% de AGR y el mismo porcentaje de CDA, se obtuvo una resistencia de 381.68 kg/cm2. Por último, con un 25% de AGR y un 5% de CDA, la resistencia fue de 367.61 kg/cm2.

Según lo establecido en la NTP 399.611, para adoquines de tipo II, el promedio de resistencia a la compresión de 3 unidades ensayadas debe ser de al menos 380 kg/cm2. Por lo tanto, se puede afirmar que con la adición de un 15% y un 20% de AGR, junto con un 5% de CDA son prefabricados adecuados, ya que los valores superan los 380 kg/cm2 establecidos en la norma. Sin embargo, con la incorporación de un 25% de AGR y un 5% de CDA, no se cumple con el requisito, ya que la resistencia a la compresión está por debajo del parámetro permitido. Con esto se confirma que la incorporación de AGR en porcentajes altos hace que disminuya sus propiedades de los adoquines.

Ensayo de resistencia a la tracción por flexión

MUESTRA	DESCRIPCIÓN	f'c DISEÑO (kg/cm2)	EDAD (dias)	CARGA MÁXIMA (kg)	CARGA MÁXIMA (N)	MÓDULO DE ROTURA (Mpa)	MÓDULO DE ROTURA (kg/cm2)	PROMEDIO MÓDULO DE ROTURA (kg/cm2)	NTP 339.124 - COGUANOR	
									UNIDADES INDIVIDUALES (50 kg/cm2)	PROMEDIO DE 3 UNIDADES INDIVIDUALES (50 kg/cm2)
01	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 0% CDA	380	28	16180.89	1650	6.69	68.23	68.64	CUMPLE	CUMPLE
02		380	28	16916.385	1725	7.00	71.37		CUMPLE	
03		380	28	15710.1732	1602	6.50	66.31		CUMPLE	
01	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 5% CDA	380	28	17848.012	1820	7.43	75.79	71.43	CUMPLE	CUMPLE
02		380	28	17063.484	1740	6.97	71.06		CUMPLE	
03		380	28	16082.824	1640	6.61	67.45		CUMPLE	
01	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 10% CDA	380	28	15886.692	1620	6.56	66.86	66.38	CUMPLE	CUMPLE
02		380	28	15906.3052	1622	6.52	66.51		CUMPLE	
03		380	28	15700.3666	1601	6.45	65.78		CUMPLE	
01	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 15% CDA	380	28	14955.065	1525	6.18	63.00	63.53	CUMPLE	CUMPLE
02		380	28	15886.692	1620	6.52	66.53		CUMPLE	
03		380	28	14641.2538	1493	5.99	61.07		CUMPLE	

Tabla 69: R. a la tracción por flexión comparado con la NTP, I etapa. Fuente: Propia

La resistencia a la tracción por flexión de adoquines de la primera etapa trabajado con el 0% (patrón), 5%, 10% y 15% de cenizas de aserrín se realizó con la finalidad de obtener el porcentaje óptimo para ser utilizado en la segunda etapa con la utilización del 100% de agregado reciclado. Los resultados se muestran en la tabla 71, donde se puede observar que la resistencia a la flexión de la muestra patrón es de 68.62 kg/cm2, con el 5% de CDA se obtuvo 71.43 kg/cm2, con el 10% de CDA se obtuvo 66.38 kg/cm2 y con el 15% de CDA se logró llegar a una resistencia de 63.53 kg/cm2. La NTP 339.124 y la COGUANOR NTG 41087 h1 establece que, para adoquines, la resistencia a la tracción por flexión no debe ser menor que 50 kg/cm2. Por lo tanto, se puede afirmar que con el 0%, 5% y 10% y 15% de CDA cumple con la normativa puesto que los valores superan el valor indicado en esta.

MUESTRA	DESCRIPCIÓN	f'c DISEÑO (kg/cm2)	EDAD (dias)	CARGA MÁXIMA (kg)	CARGA MÁXIMA (N)	MÓDULO DE ROTURA (Mpa)	MÓDULO DE ROTURA (kg/cm2)	PROMEDIO MÓDULO DE ROTURA (kg/cm2)	NTP 339.124 - COGUANOR	
									UNIDADES INDIVIDUALES (50 kg/cm2)	PROMEDIO DE 3 UNIDADES INDIVIDUALES (50 kg/cm2)
01	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% AGR	380	28	1540	15102.164	5.75	58.64	54.78	CUMPLE	CUMPLE
02		380	28	1370	13435.042	5.13	52.35		CUMPLE	
03		380	28	1390	13631.174	5.23	53.35		CUMPLE	
01	ADOQUINES 400 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% AGR	400	28	1410	13827.306	5.32	54.20	57.61	CUMPLE	CUMPLE
02		400	28	1515	14856.999	5.69	57.98		CUMPLE	
03		400	28	1592	15612.107	5.95	60.67		CUMPLE	
01	ADOQUINES 400 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% AGR	420	28	1740	17063.484	6.56	66.85	62.20	CUMPLE	CUMPLE
02		420	28	1560	15298.296	5.71	58.26		CUMPLE	
03		420	28	1636	16043.598	6.03	61.50		CUMPLE	

Tabla 70: Resistencia a la tracción por flexión comparado con la NTP, etapa II. Fuente: Propia

Para evaluar la resistencia a la tracción por flexión en adoquines de la segunda etapa, se elaboraron especímenes utilizando 3 diferentes resistencias características de concreto (f´c): 380 kg/cm2, 400 kg/cm2 y 420 kg/cm2. Además, se utilizó el porcentaje óptimo de cenizas de aserrín y se empleó el 100% de agregado grueso reciclado.

Los resultados obtenidos, presentados en la tabla 72, indican que la resistencia a la tracción por flexión con un f´c de 380 kg/cm2 es de 54.78 kg/cm2, con un f´c de 400 kg/cm2 es de 57.61 kg/cm2 y con un f´c de 420 kg/cm2 se alcanzó una resistencia a la flexión de 62.20 kg/cm2.

Tanto la norma NTP 339.124 como la COGUANOR NTG 41087 h1 establecen que, para adoquines, la resistencia a la tracción por flexión mínimamente de ser de 50 kg/cm2. Por ende, se puede afirmar que con los f´c de 380 kg/cm2, 400 kg/cm2 y 420 kg/cm2, junto con el porcentaje óptimo de cenizas de aserrín y el uso del 100% de AGR, se cumple con la normativa, ya que los valores superan el valor mínimo indicado en las normas mencionadas.

Ensayo de resistencia abrasión

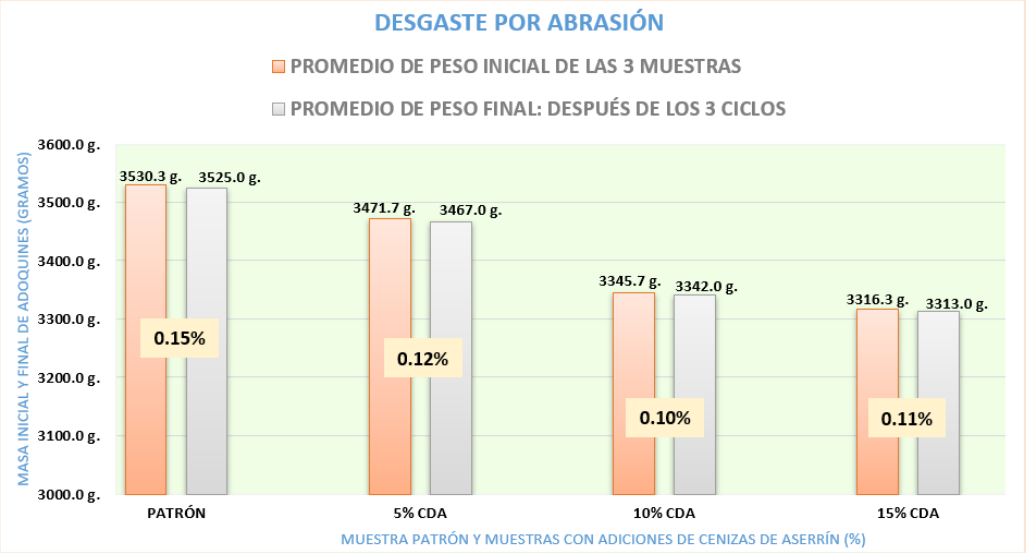


Gráfico 27*: Resultados de desgaste por abrasión, segunda etapa. Fuente: Propia*

La resistencia al desgaste por abrasión de adoquines de la primera etapa trabajado con el 0% (patrón), 5%, 10% y 15% de cenizas de aserrín se realizó con la finalidad de obtener el porcentaje de desgaste después de los tres ciclos sometidos al desgaste y de esta forma conocer el porcentaje óptimo de CDA para ser utilizado en la

segunda etapa con la utilización del 100% de agregado reciclado. De los resultados mostrados en el gráfico 27, se puede observar que la resistencia al desgaste por abrasión de la muestra patrón es de 0.15%, con el 5% de CDA se obtuvo 0.12%, con el 10% de CDA se obtuvo 0.10% y con el 15% de CDA se logró desgastar 0.11%. De estos resultados se puede afirmar que desgaste por abrasión de los adoquines tipo II es bajo, esto debido a la buena calidad de materiales empleados. Vale decir que los valores que se muestran en el resultado fueron obtenidos del promedio de 3 muestras ensayadas.

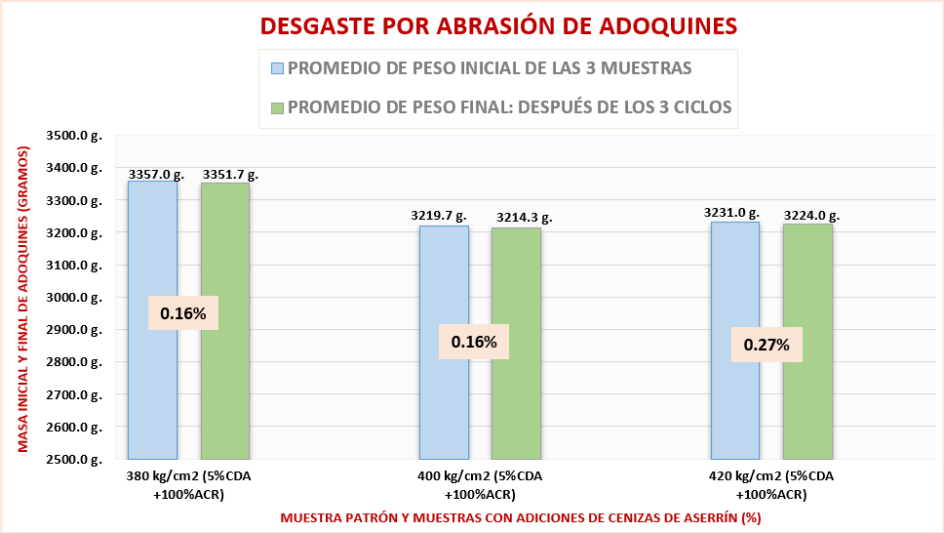


Gráfico 28*: Resultados de desgaste por abrasión, segunda etapa. Fuente: Propia*

La resistencia al desgaste por abrasión de adoquines de la segunda etapa trabajado con los f´c de 380 kg/cm2, 400 kg/cm2 y 420 kg/cm2 más el porcentaje óptimo de cenizas de aserrín y el 100% de agregado grueso reciclado se realizó con el propósito de saber cuánto se logra desgastar los adoquines sometidos a 3 ciclos de desgaste. De los resultados mostrados en el gráfico 28, se puede observar que la resistencia al desgaste con un f´c =380 k/cm2 es de 0.16%, con el f´c = 400 k/cm2 es de 0.16% y con el f´c = 420 k/cm2 es 0.27. De estos resultados se puede afirmar que desgaste por abrasión de los adoquines tipo II es relativamente bajo, esto debido a la buena calidad de materiales empleados. Vale decir que los valores que se muestran en el resultado fueron obtenidos del promedio de 3 muestras ensayadas.

Ensayo de módulo de elasticidad

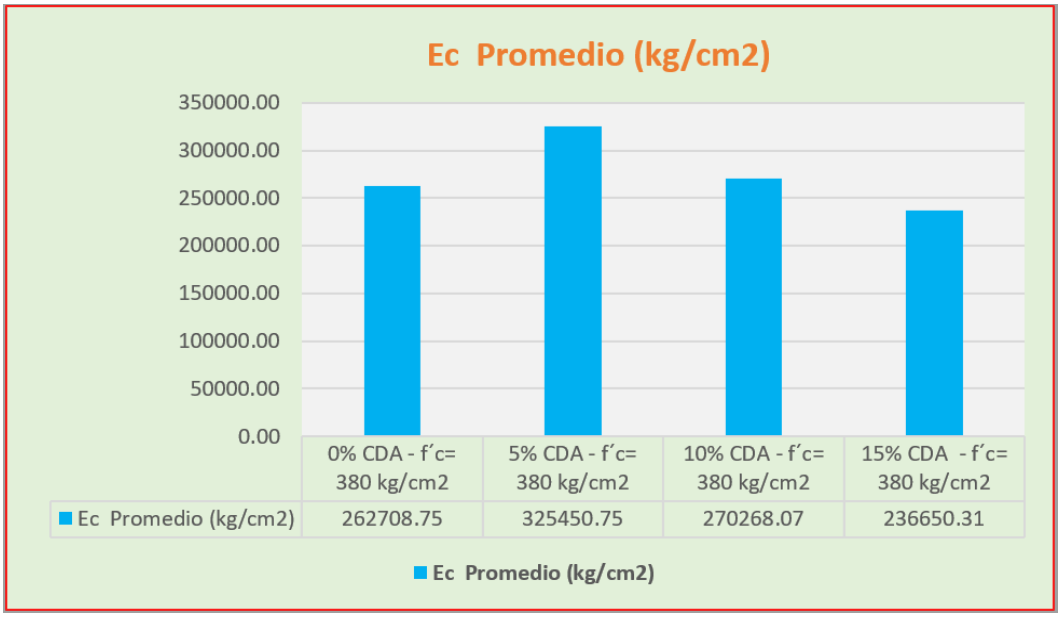


Gráfico 29*: Resultados de módulo de elasticidad, primera etapa. Fuente: Propia*

MUESTRA	Ec EXPERIMENTAL (kg/cm2)	Ec TEÓRICO (según E060) (kg/cm2)
f'c = 380 kg/cm2 (0% CDA)	262708.75	292403.83
f'c = 380 kg/cm2 (5% CDA)	325450.75	
f'c = 380 kg/cm2 (10% CDA)	270268.07	
f'c = 380 kg/cm2 (15% CDA)	236650.31	

Tabla 71: Comparación de módulo de elasticidad teórico y experimental. Fuente: Propia.

Para evaluar el módulo de elasticidad del concreto para adoquines de la primera instancia de esta investigación se realizó probetas con el mismo diseño de mezcla que se elaboró los prefabricados, y de los resultados mostrados en el gráfico 29 y tabla 73 se puede afirmar que el módulo de elasticidad con la adición del 5% de CDA es superior a la teórica calculada en base a la fórmula establecida por la norma E060, esto quiere decir que el concreto con esta adición está menos propenso a deformarse bajo las cargas aplicadas permanentemente, además este valor refleja lo que se mencionó líneas arriba que con 5% de CDA se tiene una mayor resistencia a la compresión.

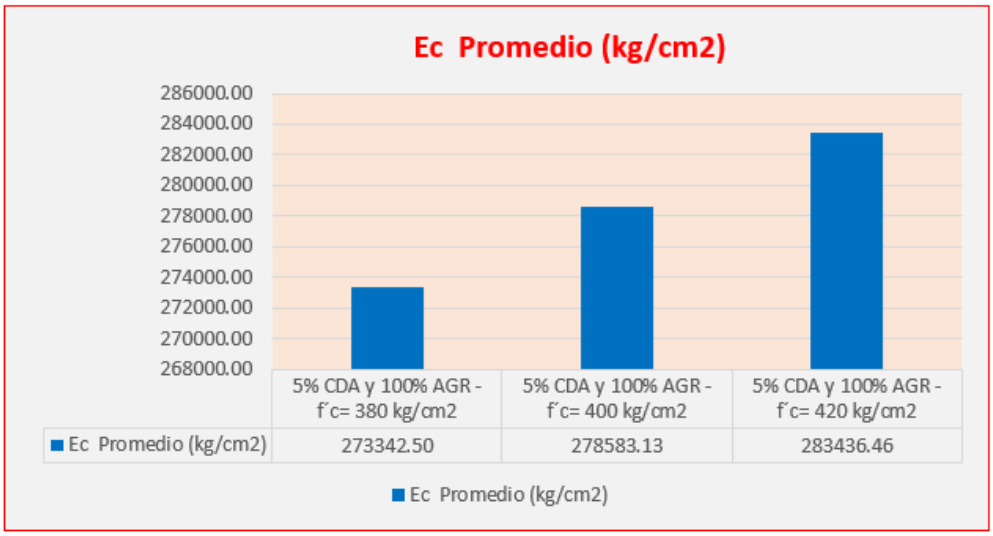


Gráfico 30*: Resultados de módulo de elasticidad, segunda etapa. Fuente: Propia*

MUESTRA	Ec TEÓRICO (según E060) (kg/cm2)	Ec EXPERIMENTAL (kg/cm2)
f'c = 380 kg/cm2 (5% CDA+ 100% AGR)	292403.83	273342.50
f'c = 400 kg/cm2 (5% CDA+ 100% AGR)	300000.00	278583.13
f'c = 420 kg/cm2 (5% CDA+ 100% AGR)	307408.52	283436.46

Tabla 72: Comparación de módulo de elasticidad teórico y experimental. Fuente: Propia.

Para evaluar el módulo de elasticidad del concreto para adoquines de la segunda instancia de esta investigación se realizó probetas con el mismo diseño de mezcla que se elaboró los prefabricados, y de los resultados mostrados en el gráfico 30 y tabla 74 se puede afirmar que el módulo de elasticidad de las probetas elaboradas con f'c de 380 kg/cm2, 400 kg/cm2 y 420 kg/cm2 no superan los valores teóricos calculada en base a la fórmula establecida por la norma E060, lo que significaría esto quiere decir que el concreto con estos diseños podrían sufrir deformaciones bajos las cargas permanentes a los que están expuestos.

Ensayo de absorción

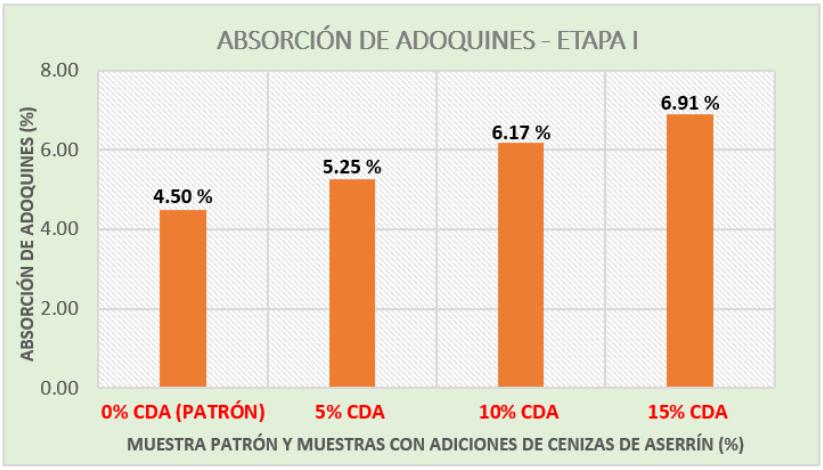


Gráfico 31*: Resultados de absorción de adoquines, primera etapa. Fuente: Propia*

La absorción de adoquines de la primera etapa trabajado con el 0% (patrón), 5%, 10% y 15% de cenizas de aserrín se realizó con la finalidad de obtener la absorción permitida por la NTP y así establecer el porcentaje óptimo de cenizas para ser utilizado en la segunda etapa con la utilización del 100% de agregado reciclado. De los datos mostrados en el gráfico 31, se puede apreciar que la absorción de la muestra con 0% de CDA es de 4.5%, con el 5% de CDA se obtuvo 5.3%, con el 10% de CDA se obtuvo 6.17% y con el 15% de CDA se logró obtener una absorción de 6.91%. La NTP 399.611 establece que para estos prefabricados de tipo II, el promedio de 3 unidades la absorción máxima debe ser 6% y la absorción de la unidad individual máxima debe ser de 7.5%. Por lo tanto, se puede afirmar que con el 0%, 5% de CDA cumple con lo indicado en la NTP mencionada y 10% y 15% de CDA no cumple con la normativa puesto que los valores superan lo indicado en la normativa.

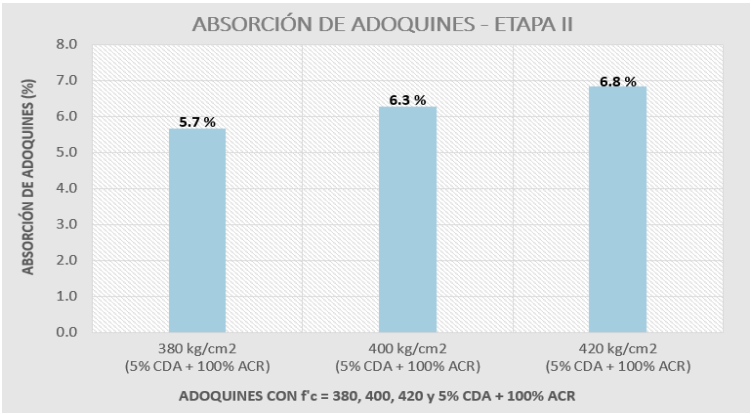


Gráfico 32: Resultados de absorción de adoquines, Segunda etapa. Fuente: Propia

La absorción de adoquines de la segunda etapa trabajado con los f´c de 380 kg/cm2, 400 kg/cm2 y 420 kg/cm2 más el porcentaje óptimo de cenizas de aserrín y el 100% de AGR se realizó con el propósito de obtener la absorción y comparar con lo permitido por la NTP. De los resultados mostrados en el gráfico 32, se puede apreciar que la absorción con un f´c =380 k/cm2 es de 5.7 %, con el f´c = 400 k/cm2 es de 6.3% y con el f´c = 420 k/cm2 es 6.8%. La NTP 399.611 establece que, para estos prefabricados de tipo II, el promedio de 3 unidades la absorción máxima debe ser 6% y la absorción de la unidad individual máxima debe ser de 7.5%. Por lo tanto, se puede afirmar que con el f´c =380 k/cm2 cumple con lo indicado en la NTP mencionada y los 2 restantes no cumplen con la normativa puesto que los valores superan el valor indicado.

Ensayo de densidad

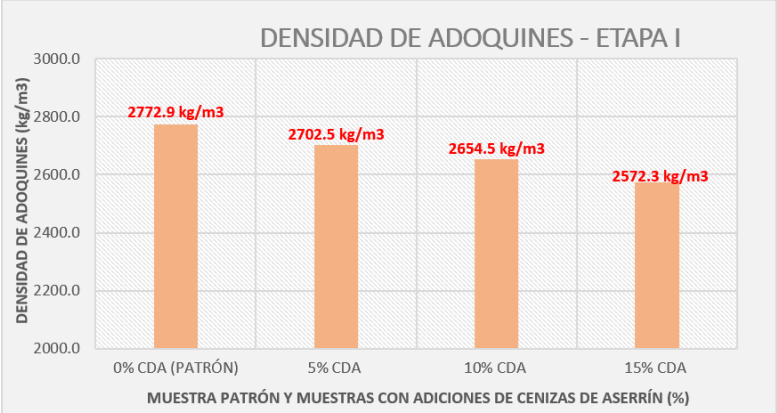


Gráfico 33: Resultados de absorción de adoquines, Segunda etapa. Fuente: Propia

La densidad de adoquines de la primera etapa elaborado con el 0% (patrón), 5%, 10% y 15% de cenizas de aserrín se realizó en base a la NTP 339.604. De los resultados mostrados en el gráfico 33, se puede apreciar que la densidad de la muestra convencional es de 2772.9 kg/m3, con el 5% de CDA se obtuvo 2702.5 kg/m3, con el 10% de CDA se obtuvo 2654.5 kg/m3 y con el 15% de CDA se logró obtener una densidad de 2572.3 kg/m3.

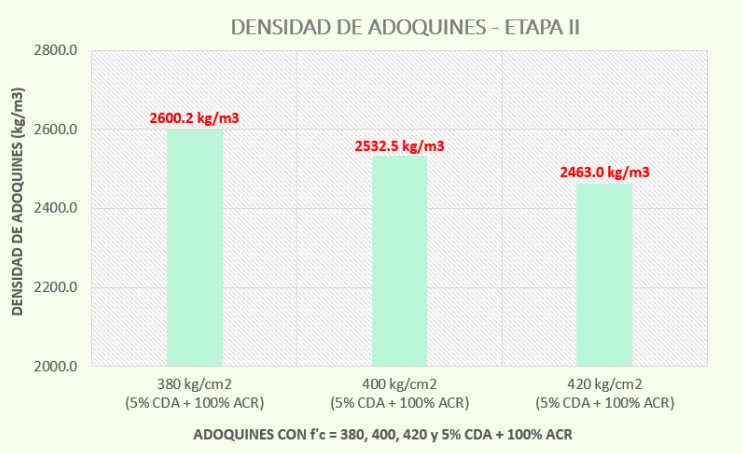


Gráfico 34: Resultados de absorción de adoquines, Segunda etapa. Fuente: Propia

Se realizó la medición de densidad en adoquines de la segunda etapa, los cuales fueron elaborados con diferentes resistencias características de concreto f´c = 380 kg/cm2, 400 kg/cm2 y 420 kg/cm2. Además, se utilizó el porcentaje óptimo de cenizas de aserrín y el 100% de AGR. Estos cálculos se llevaron a cabo siguiendo las pautas establecidas en la NTP 339.604.

Los resultados obtenidos, presentados en el gráfico 34, muestran que la densidad de la muestra con f´c = 380 kg/cm2 es de 2600.2 kg/m3. Para el f´c = 400 kg/cm2, la densidad es de 2532.5 kg/m3, y para el f´c = 420 kg/cm2, la densidad es de 2463.0 kg/m3. Estos valores fueron obtenidos mediante la aplicación de la norma mencionada y la medición de la densidad de los adoquines correspondientes.

Ensayo de variación dimensional

MUESTRA	DIMENSIONES REALES			VARIACIÓN DIMENSIONAL (NTP 399.611)					
	LONGITUD (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	LONGITUD (+-1.6 mm)		ANCHO (+-1.6 mm)		ESPESOR (+-3.2 mm)	
PATRÓN	200.45	100.50	81.03	0.45	CUMPLE	0.50	CUMPLE	1.03	CUMPLE
5% CDA	200.46	100.44	80.95	0.46	CUMPLE	0.44	CUMPLE	0.95	CUMPLE
10% CDA	200.80	100.35	80.78	0.80	CUMPLE	0.35	CUMPLE	0.78	CUMPLE
15% CDA	200.43	100.38	81.00	0.43	CUMPLE	0.38	CUMPLE	1.00	CUMPLE

Tabla 73: Variación dimensional de adoquines, etapa I. Fuente: Propia

La variación dimensional de las muestras de adoquín de la primera etapa realizadas con un diseño de f'c = 380 kg/cm2 y con adiciones de ceniza de aserrín (CDA), en porcentajes de 0%, 5%, 10% y 15%, de donde se ensayaron 6 unidades de adoquines

para cada porcentaje de adición, las cuales en promedio tienen los siguientes resultados; Con respecto al largo con 0% CDA (patrón) tiene una variación de +0.45 mm, con 5% una variación de +0.46 mm, con 10% una variación de +0.80 mm y con 15% tiene una variación dimensional de 0,43 mm; en relación al ancho con 0% CDA (patrón) tiene una variación de +0.5 mm, con 5% una variación de +0.44 mm, con 10% una variación de +0.35 mm y con 15% tiene una variación dimensional de 0,38 mm; y por último en relación al espesor con 0% CDA tiene una variación de +1.03 mm, con 5% una variación de +0.95 mm, con 10% una variación de +0.78 mm y con 15% de tiene una variación dimensional de 1.00 mm. De los resultados se afirma que tanto el largo como el ancho y el espesor cumplen con los parámetros de la NTP 399.611, ya que los valores están por debajo de los límites máximos.

MUESTRA	DIMENSIONES REALES			VARIACIÓN DIMENSIONAL (NTP 399.611)					
	LONGITUD (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	LONGITUD (+-1.6 mm)		ANCHO (+-1.6 mm)		ESPESOR (+-3.2 mm)	
380 (5% CDA + 100% ACR)	200.55	100.50	81.19	0.55	CUMPLE	0.50	CUMPLE	1.19	CUMPLE
400 (5% CDA + 100% ACR)	200.67	100.48	81.14	0.67	CUMPLE	0.48	CUMPLE	1.14	CUMPLE
420 (5% CDA + 100% ACR)	200.37	100.55	81.07	0.37	CUMPLE	0.55	CUMPLE	1.07	CUMPLE

Tabla 74: Variación dimensional de adoquines, etapa II. Fuente: Propia

La variación dimensional de las muestras de adoquín de la segunda etapa realizadas con los diseños de f'c = 380 kg/cm2, 400 kg/cm2 y 420 kg/cm2 y con la adición de 5% CDA más 100% agregado grueso reciclado, de los cuales se ensayaron 6 unidades de adoquín por cada diseño, las cuales en promedio tienen los siguientes resultados; con respecto al largo con 380kg/cm2 tiene una variación de +0.55mm, con 400 kg/cm2 tiene una variabilidad de +0.67mm y con 420 kg/cm2 presenta una variación dimensional de 0.37mm; en relación al ancho con 380 kg/cm2 presenta una variación de +0.50mm, con 400kg/cm2 una variación de +0.48mm y con 420kg/cm2 tiene una variación dimensional de 0.50mm; y finalmente con respecto al espesor con 380 kg/cm2 tiene una variación de +1,19 mm, con 400 kg/cm2 una variación de +1,14 mm y con 420 kg/cm2 tiene una variación dimensional de 1,07 mm. De los resultados se afirma que tanto el largo como el ancho y el espesor cumplen con lo establecido en la NTP 399.611, ya que los valores se están por debajo de los límites máximos.

Ensayo de cambio de longitud de concretos expuestos a soluciones sulfatadas

TIEMPO DE LECTURA	EXPANSIÓN UNITARIA (%)			
SEMANA	PATRÓN	5% CDA	10% CDA	15% CDA
SEMANA 0	0.0000 %	0.0000 %	0.0000 %	0.0000 %
SEMANA 1	0.0081 %	0.0007 %	0.0003 %	0.0019 %
SEMANA 2	0.0121 %	0.0047 %	0.0025 %	0.0053 %
SEMANA 3	0.0301 %	0.0143 %	0.0192 %	0.0080 %
SEMANA 4	0.0688 %	0.0397 %	0.0284 %	0.0251 %
SEMANA 8	0.0829 %	0.0759 %	0.0689 %	0.0669 %
SEMANA 13	0.1072 %	0.0981 %	0.0859 %	0.1133 %
SEMANA 15	0.1165 %	0.1003 %	0.0983 %	0.1207 %

Tabla 75: Variación de longitud de barras de concreto expuesto a soluciones sulfatadas, etapa I. Fuente: Propia

La variación de longitud de barras de concreto sumergidas a soluciones sulfatadas para las muestras de la primera etapa en la semana 15 la variación del concreto patrón es de 0.1165%, con 5%, 10% y 15% de CDA se obtuvo una variación de longitud de 0.1003%, 0.0983% y 0.1207% respectivamente. La NTP 334.094 establece que el máximo rango permisible es de 0.034%, por ende, se puede afirmar que todos los concretos ensayados funcionan bien ante exposiciones de soluciones sulfatadas, dando un mejor resultado las barras de concreto con adiciones de cenizas en 10%, seguidamente con la de 5%.

TIEMPO DE LECTURA	EXPANSIÓN UNITARIA (%)		
SEMANA	f'c = 380 kg/cm2 (5% CDA + 100% ACR)	f'c = 400 kg/cm2 (5% CDA + 100% ACR)	f'c = 420 kg/cm2 (5% CDA + 100% ACR)
SEMANA 0	0.0000 %	0.0000 %	0.0000 %
SEMANA 1	0.0093 %	0.0085 %	0.0079 %
SEMANA 2	0.0125 %	0.0093 %	0.0096 %
SEMANA 3	0.0214 %	0.0227 %	0.0232 %
SEMANA 4	0.0711 %	0.0712 %	0.0649 %
SEMANA 8	0.0836 %	0.0663 %	0.0721 %
SEMANA 13	0.1043 %	0.0923 %	0.0980 %
SEMANA 15	0.1252 %	0.1127 %	0.1120 %

Tabla 76: Variación de longitud de barras de concreto expuesto a soluciones sulfatadas, etapa II. Fuente: Propia

Al igual que las barras concreto ensayadas en la primera etapa, todas están por debajo del límite permisible establecida por la normativa.

Vale recalcar que para la elaboración de las barras de concreto de la presente investigación se empleó cemento tipo MS.

Comparación de las propiedades físicas y mecánicas de los adoquines con los materiales propuestos

Muestra	Resistencia a la compresión (kg/cm2)		Resistencia a la flexión (kg/cm2)		Resistencia a la abrasión (%)		Absorción (%)		Densidadad (kg/m3)		Variación dimensional (Adoquines) mm		Variación de longitud por exposición a sulfatos %	
	Unidad	Promedio	Unidad	Promedio	Unidad	Promedio	Unidad	Promedio	Unidad	Promedio	Caras	Promedio	Unidad	Promedio
PRIMERA ETAPA														
PATRON-01	386.94	384.83	68.23	68.64	0.14	0.15	4.72	4.50	2795.08	2772.91	Longitud	0.45	0.2064	0.1165 %
	387.71		71.37		0.14		4.21		2793.28		Espesor	1.03	0.0732	
	379.85		66.31		0.17		4.57		2730.36		Ancho	0.50	0.0700	
5% CDA-01	390.24	389.80	75.79	71.43	0.12	0.12	5.70	5.25	2664.12	2702.47	Longitud	0.46	0.1876	0.1003 %
	387.67		71.06		0.11		4.93		2713.70		Espesor	0.95	0.0596	
	391.50		67.45		0.12		5.13		2729.60		Ancho	0.44	0.0536	
10% CDA-01	385.51	383.35	66.86	66.38	0.12	0.10	6.63	6.17	2625.30	2654.47	Longitud	0.80	0.1820	0.0983 %
	384.21		66.51		0.09		6.27		2637.18		Espesor	0.78	0.0652	
	380.34		65.78		0.09		5.60		2700.92		Ancho	0.35	0.0476	
15% CDA-01	378.55	372.58	63.00	63.53	0.12	0.11	6.86	6.91	2593.11	2572.34	Longitud	0.43	0.2000	0.1207 %
	365.32		66.53		0.09		6.82		2555.65		Espesor	1.00	0.0684	
	373.86		61.07		0.12		7.04		2568.26		Ancho	0.38	0.0936	
SEGUNDA ETAPA														
fc= 380 kg/cm2: 5% CDA + 100% AGR	278.27	284.95	58.64	54.78	0.18	0.16	5.72	5.67	2616.47	2600.19	Longitud	0.55	0.220	0.1252 %
	300.40		52.35		0.15		5.59		2622.92		Espesor	1.19	0.082	
	276.19		53.35		0.15		5.71		2561.17		Ancho	0.50	0.074	
fc= 400 kg/cm2: 5% CDA + 100% AGR	298.04	291.74	54.20	57.61	0.20	0.16	5.67	6.27	2585.11	2532.52	Longitud	0.67	0.220	0.1127 %
	272.91		57.98		0.15		6.86		2494.16		Espesor	1.14	0.054	
	304.27		60.67		0.12		6.28		2518.28		Ancho	0.48	0.065	
fc= 420 kg/cm2: 5% CDA + 100% AGR	305.32	307.65	66.85	62.20	0.25	0.27	7.43	6.85	2452.63	2462.98	Longitud	0.37	0.217	0.1120 %
	311.18		58.26		0.28		6.33		2502.39		Espesor	1.07	0.051	
	306.45		61.50		0.28		6.78		2433.93		Ancho	0.55	0.068	

Tabla 77: Comparación de todos los ensayos realizados en la investigación. Fuente: Propia

Según uno de los objetivos de la investigación es comparar las propiedades físicas y mecánicas de la muestra patrón y con las adiciones de cenizas de aserrín más la incorporación de agregado grueso de concreto reciclado, entonces de la tabla 79 se puede decir que las propiedades de la muestra patrón es ligeramente mejor que las propiedades de los adoquines elaborados en la segunda etapa y además en esta segunda instancia la resistencia a la compresión no cumple con lo establecido en la normativa. Además de esta tabla se puede afirmar que las propiedades de los especímenes elaborados solo con 5% de CDA superan las propiedades de la muestra patrón. Vale decir que los resultados mostrados en la tabla en mención son del promedio de 3 unidades ensayadas a los 28 días.

En cuanto a la variación de longitud del concreto expuesto a soluciones sulfatadas todas las muestras cumplen con las normativas, que los valores están por debajo del limite máximo permisible, resultados de este ensayo mostrado en la tabla 79 son de la lectura en la semana 15 de exposición a los sulfatos.

Evaluación económica

En la siguiente investigación se realizó una evaluación económica a los adoquines patrones (convencionales) y a los adoquines con adiciones de cenizas de aserrín y agregado de concreto reciclado, desde su obtención de las materias primas hasta la elaboración de los adoquines.

PARTIDA:	OBTENICIÓN DE AGREGADOS DE CONCRETO RECICLADO					
Costo por:	m3				Fecha:	Junio. 2023
Rendimiento:	7.5	m3/dia	TOTAL=		S/ 324.04	
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
Mano de Obra						**S/ 103.07**
Capataz	hh	0.1	0.1173	28.88	3.39	
Peón	hh	5	5.3333	18.69	99.68	
Materiales						**S/ 0.01**
Agua	m3		0.0020	6.00	0.01	
Equipos y Herramientas						**S/ 220.96**
Desgaste de herramientas	%MO		3.00%	103.07	3.09	
Volquete de 12m3	hm	0.3125	0.3333	297.51	99.17	
Máquina trituradora de agregado	hm	0.3125	0.3333	350.00	116.67	
Tamices de 4.75mm y 25mm	hm	2	2.1333	0.95	2.027	

Tabla 78: ACU de la obtención de concreto reciclado. Fuente: Propia

El precio de los agregados de concreto reciclado para 7.5 metros cúbicos es de 324.04 soles, siendo así que para 1 metros cúbico de agregado reciclado sale aproximadamente 43.21 nuevos soles.

PARTIDA:	OBTENICIÓN DE CENIZA DE ASERRÍN (CDA) - ARTESANAL					
Costo por:	kg				Fecha:	Junio. 2023
Rendimiento:	95.00	kg/dia	TOTAL=		S/ 7.71	
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
Mano de Obra						**S/ 3.15**
Peón	hh	2	0.1684	18.69	3.15	
Materiales						**S/ 3.36**
Aserrin	Sac		0.6711	5.00	3.36	
Equipos y Herramientas						**S/ 1.20**
Desgaste de herramientas	%MO		3.00%	3.15	0.09	
Tamices de 0.6 mm y 0.075mm	hm	2	0.1684	0.95	0.16	
Moto car	hm	1	0.0842	3.75	0.32	
Horno Artesanal	hm	1	0.0842	7.50	0.63	

Tabla 79: ACU de la obtención de la ceniza de aserrín. Fuente: Propia

El precio de la obtención de las cenizas de aserrín, después de un proceso de calcinación para su uso en la elaboración de adoquines sale de 7.71 nuevos soles el kilo gramo.

Para la evaluación económica de la elaboración de adoquines se realizó para los convencionales y para los adoquines elaborados con el porcentaje óptimo de adición de cenizas de aserrín y 100% de agregado grueso reciclado. Así mismo adicionalmente se evaluó con la adición de 5% de CDA y 15% de AGR dado que con estos se obtiene mejores resultados en cuanto a las propiedades físicas y mecánicas.

PARTIDA:	ELABORACIÓN DE ADOQUÍN PATRÓN					
Costo por:	UND				Fecha:	Junio. 2023
Rendimiento:	450.00	und/dia	TOTAL=		S/ 323.65	
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
Mano de Obra						**S/ 1.46**
Operario	hh	1	0.0178	26.25	0.47	
Peón	hh	3	0.0533	18.69	1.00	
Materiales						**S/ 321.41**
Cemento MS	bls		9.6900	31.00	300.39	
Agregado fino natural	m3		0.1878	45.00	8.45	
Agregado grueso natural (Confitillo)	m3		0.2323	50.00	11.62	
Agua	m3		0.1549	6.13	0.95	
Equipos y Herramientas						**S/ 0.78**
Desgaste de herramientas	%MO		3.00%	1.46	0.04	
Mezcladora	hm	1	0.0178	26.21	0.47	
Mesa vibratoria	hm	1	0.0178	15.00	0.27	

Tabla 80: ACU de la elaboración de adoquines patrón. Fuente: Propia

Con respecto al precio de los adoquines sin adicionar ningún material reciclado (muestra patrón) para un rendimiento de 450 unidades diarias sale un precio de 323.65 soles, por ende, aproximadamente el valor de una unidad de adoquín es de 0.72 nuevos soles.

PARTIDA:	ELABORACIÓN DE ADOQUÍN CON 5% CDA					
Costo por:	UND				Fecha:	Junio. 2023
Rendimiento:	450.00	und/dia	TOTAL=		S/ 473.87	
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
Mano de Obra						**S/ 1.46**
Operario	hh	1	0.0178	26.25	0.47	
Peón	hh	3	0.0533	18.69	1.00	
Materiales						**S/ 471.63**
Cemento MS	bls		9.1800	31.00	284.58	
Cenizas de aserrin (CDA)	kg		21.4300	7.71	165.12	
Agregado fino natural	m3		0.2095	45.00	9.43	
Agregado grueso natural (Confitillo)	m3		0.2308	50.00	11.54	
Agua	m3		0.1569	6.13	0.96	
Equipos y Herramientas						**S/ 0.78**
Desgaste de herramientas	%MO		3.00%	1.46	0.04	
Mezcladora	hm	1	0.0178	26.21	0.47	
Mesa vibratoria	hm	1	0.0178	15.00	0.27	

Tabla 81: ACU de la elaboración de adoquines con 5% de CDA. Fuente: Propia

Con respecto al precio de los adoquines adicionando 5% de cenizas de aserrín el precio es de es de 1.05 soles cada unidad.

PARTIDA:	ELABORACIÓN DE ADOQUÍN CON 5% CDA + 100% AGR					
Costo por:	UND				Fecha:	May. 2023
Rendimiento:	450.00	und/dia	TOTAL=		S/ 461.78	
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
Mano de Obra						**S/ 1.46**
Operario	hh	1	0.0178	26.25	0.47	
Peón	hh	3	0.0533	18.69	1.00	
Materiales						**S/ 459.54**
Cemento MS	bls		9.1800	31.00	284.58	
Cenizas de aserrin (CDA)	kg		21.4300	7.71	165.12	
Agregado grueso reciclado	m3		0.2043	43.20	8.83	
Agua	m3		0.1641	6.13	1.01	
Equipos y Herramientas						**S/ 0.78**
Desgaste de herramientas	%MO		3.00%	1.46	0.04	
Mezcladora	hm	1	0.0178	26.21	0.47	
Mesa vibratoria	hm	1	0.0178	15.00	0.27	

Tabla 82: ACU de la elaboración de adoquines con 5% de CDA + 100% AGR. Fuente: Propia

Los adoquines adicionando 5% de CDA y 100% de agregado grueso reciclado, el precio para un rendimiento de 450 unidades diarias sale de 461.78 soles, por ende, el precio por cada adoquín es 1.02 nuevos soles.

PARTIDA:	ELABORACIÓN DE ADOQUÍN DE 15% AGR + 5% CDA					
Costo por:	UND				Fecha:	May. 2023
Rendimiento:	450.00	und/dia	TOTAL=		S/ 473.66	
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
Mano de Obra						**S/ 1.46**
Operario	hh	1	0.0178	26.25	0.47	
Peón	hh	3	0.0533	18.69	1.00	
Materiales						**S/ 471.42**
Cemento MS	bls		9.1800	31.00	284.58	
Cenizas de aserrin (CDA)	kg		21.4300	7.71	165.12	
Agregado fino natural	m3		0.2095	45.00	9.43	
Agregado grueso natural (Confitillo)	m3		0.1965	50.00	9.83	
Agregado grueso reciclado	m3		0.0345	43.20	1.49	
Agua	m3		0.1581	6.13	0.97	
Equipos y Herramientas						**S/ 0.78**
Desgaste de herramientas	%MO		3.00%	1.46	0.04	
Mezcladora	hm	1	0.0178	26.21	0.47	
Mesa vibratoria	hm	1	0.0178	15.00	0.27	

Tabla 83: ACU de la elaboración de adoquines con 15% de AGR + 5% CDA. Fuente: Propia

Los adoquines adicionando 5% de CDA y 15% de agregado grueso reciclado, el precio para un rendimiento de 450 unidades diarias sale de 473.66 soles, por ende, el precio por cada adoquín es 1.05 nuevos soles.

Los adoquines con 0% de cenizas de aserrín son los más económicos, debido a que con las adiciones de cenizas se encarecen debido al costo elevado en el proceso de obtención de las CDA.

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

1. RESUMEN EJECUTIVO

La Evaluación de Impacto Ambiental del proyecto “PROPUESTA DE ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS DE TRÁNSITO LIGERO INCORPORANDO AGREGADO GRUESO RECICLADO Y CENIZAS DE ASERRÍN” contara con los siguientes aspectos:

- **OBJETIVO GENERAL DE LA EIA**

  El objetivo principal de la Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) del proyecto denominado "PROPUESTA DE ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS DE TRÁNSITO LIGERO INCORPORANDO AGREGADO GRUESO RECICLADO Y CENIZAS DE ASERRÍN" es analizar y evaluar los posibles efectos ambientales que podrían surgir en el proceso de demolición de concreto reciclado, la quema del aserrín y la producción de adoquines utilizando estos materiales reciclables; el estudio se enfocará en identificar los impactos ambientales y proponer medidas preventivas y mitigadoras para minimizar su alcance y garantizar un desarrollo sostenible del proyecto.

- **MARCO LEGAL**

  El marco legal para la EIA del proyecto se fundamenta en la Constitución Política del Perú, la cual fija los principios y derechos relacionados con la protección del medio ambiente. Además, se considerarán todas las leyes, normativas y regulaciones vigentes que son importantes para un buen desarrollo y adecuada implementación de la EIA. Estas disposiciones legales proporcionarán el marco normativo necesario para llevar a cabo la evaluación de manera adecuada y garantizar el cumplimiento de los reglamentos ambientales y la protección del entorno en el contexto específico del proyecto.

- **DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

  En los últimos años, se ha realizado un progreso positivo en el ámbito de la legislación para el tema ambiental en nuestro país. Se han establecido importantes normativas como instrumentos jurídicos para poder regular la interacción entre el ser humano y el medio ambiente, con el objetivo de promover un desarrollo sostenible en nuestra nación.

Durante la evaluación, se han considerado las condiciones de la legislación ambiental en vigencia durante todos los procesos de ejecución del proyecto. Además, se han seguido lineamientos adicionales que orientan en esta dirección, como la identificación y análisis comparativo de los riesgos y posibles impactos ambientales de las diferentes alternativas evaluadas. También se ha tomado en cuenta la identificación de la población que podría beneficiarse o verse afectada por la implementación del proyecto de investigación.

- **UBICACIÓN:**

  Aunque el proyecto está principalmente dirigido al distrito de José Leonardo Ortiz, su impacto ambiental se extiende a toda la ciudad de Chiclayo. Esto se debe a que los residuos de construcción y demolición (RCD) utilizados en el proyecto fueron obtenidos del vertedero ubicado en la carretera Chiclayo-San José, el cual es utilizado como punto de acopio de diferentes áreas de Chiclayo.

  Los límites geográficos de la ciudad de Chiclayo son los siguientes:

  Al norte: limita con las provincias de Lambayeque y Ferreñafe.

  Al sur: limita con el departamento de La Libertad.

  Al este: limita con el departamento de Cajamarca.

  Al oeste: limita con el océano Pacífico.

- **ÁREAS DE INFLUENCIA DEL PROYECTO**

  Con la finalidad de establecer el alcance del proyecto "PROPUESTA DE ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS DE TRÁNSITO LIGERO INCORPORANDO AGREGADO GRUESO RECICLADO Y CENIZAS DE ASERRÍN", se delimitará el territorio o área de estudio que engloba diversos elementos ambientales, como la flora, fauna, población, suelo y agua. Estos componentes ambientales pueden verse impactados de manera tanto positiva como negativa.

- **AREA DE INFLUENCIA INDIRECTA:**

  En cuanto al área de influencia indirecta está en base a las áreas donde la influencia y los cambios de los factores ambientales no son tan fuertes y pueden ser positivos o negativos. En cuanto al área indirecta del proyecto en mención, provocará cambios en el paisaje, la flora, la fauna y la población de las ciudades cercanas.

- **ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA:**

  Está en base a las áreas directamente afectadas se refieren a áreas donde los impactos ambientales ocurrirán de inmediato y tendrán una intensidad significativa, afectando los aspectos ambientales físicos, biológicos y socioeconómicos del proyecto en mención.

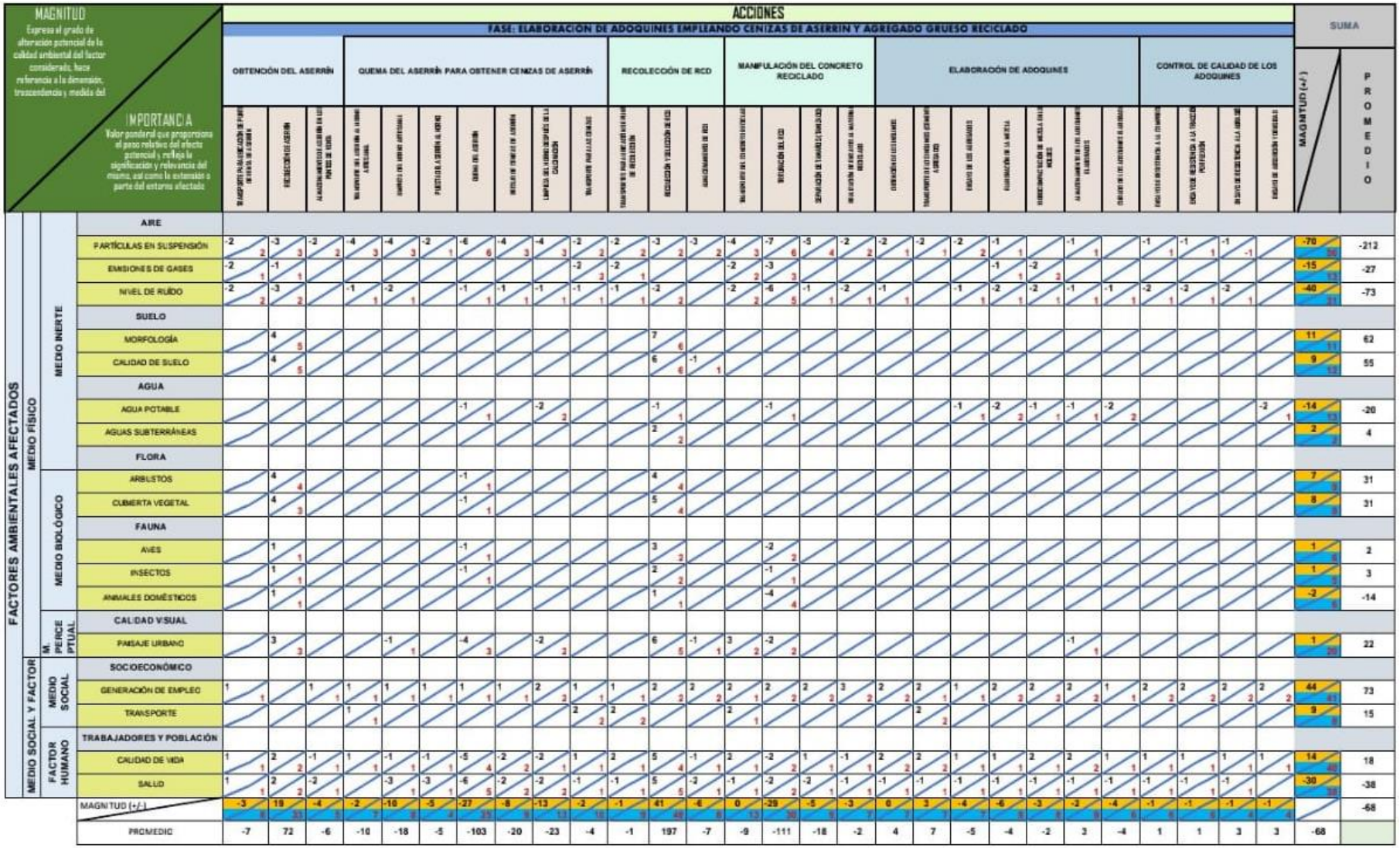
- **LÍNEA DE BASE AMBIENTAL**
  - Línea de base física (LBF): hidrografía, clima, calidad del aire, suelo, ruido, vulnerabilidad y sismos.
  - Línea de base biológica (LBB): flora y fauna.
  - Línea de base socioeconómica (LBS): ubicación, características físicas, población y vivienda, densidad poblacional, aspecto paisajístico-cultural y aspecto económico.
  - Diagnóstico arqueológico: No presenta lugares arqueológicos por las características del proyecto.
- **PLAN DE MANEJO AMBIENTAL**

  Se formuló el PMA con el propósito de establecer una serie de acciones que buscan prevenir, controlar, corregir, evitar o reducir los impactos ambientales presentados en la ejecución del proyecto en todas las fases de su implementación. Es fundamental que los responsables del proyecto de elaboración de adoquines con materiales reciclables o inertes apliquen de manera clara y eficiente este PMA.

- **CONCLUSIONES DE LA EIA**
  - El principal impacto negativo producido durante el proceso de ejecución del proyecto es en el factor aire debido a que se ve afectado su calidad, esto a causa de la emisión de polvo en el proceso de trituración del concreto reciclado, asimismo se genera humo por la quema del aserrín.
  - El principal impacto positivo producido durante el proceso de ejecución del proyecto es en el factor ambiental, ya que se reutiliza los concretos reciclados, los cuales terminan en botaderos informales y de esa forma generando contaminación; así mismo se usa el aserrín material que su acumulación en los aserraderos genera plagas y atrae roedores.
  - Otro de los impactos positivos es en el factor socioeconómico, esto debido a que al pavimentar las calles con los adoquines se generaría una mejor calidad de vida de las personas, tanto en salud y economía.
  - El impacto total ocasionado en la etapa de elaboración de los prefabricados es -68.

El contenido completo de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) revisar Anexos.

Matriz de Leopold



Elaboración propia

Conclusiones

La caracterización del agregado fino natural, el agregado grueso natural y el agregado grueso reciclado presentan resultados confiables, los cuales sirvieron para realizar los diseños de mezcla de la investigación. En cuanto a las cenizas de aserrín de esta investigación se clasifican como puzolanas volantes clase F, debido a que la suma de dióxido de silicio (SiO2) + óxido de aluminio (Al2O3) + óxido de hierro (Fe2O3), da como resultado un 81,1%.

Con respecto a las propiedades físicas de la primera etapa, la absorción de los adoquines con 0% y 5% CDA cumple con lo establecido en la norma de absorción máxima y con 10% y 15% de CDA no cumple porque exceden el límite de absorción y en cuanto a variación dimensional cumplen con todas las dimensiones, ya que se encuentran por debajo de los límites establecidos en la NTP 399.611.En relación a las propiedades mecánicas las resistencias a la compresión que cumplen con la normatividad son con las adiciones de 0%, 5% y 10% de CDA, ya que superan los 380 kg/cm2 y con la adición del 15% de CDA no cumple por estar por debajo de lo permitido; En cuanto a la resistencia a la tracción por flexión se obtuvieron buenos resultados con todas las adiciones de CDA, ya que superan los 50 kg/cm2 que como mínimo exige la normativa utilizada y en cuanto a la resistencia al desgaste por abrasión, relativamente se obtienen valores pequeño, esto debido a que los materiales utilizados para el concreto fueron de buena calidad.

De la primera etapa se determinó que el porcentaje óptimo de ceniza de aserrín es del 5%, ya que tanto en propiedades físicas como mecánicas se obtienen mejores resultados, por tal motivo se utilizó este porcentaje de CDA en la elaboración de adoquines nuevos en la segunda etapa con uso de 100% de AGR y con diseños de f'c = 380kg/cm2, 400 kg/cm2 y 420 kg/cm2.

Con respecto a las propiedades físicas de la segunda etapa, la absorción de los adoquines elaborados con f'c = 380 kg/cm2 cumple con lo establecido en la norma de absorción máxima y con f'c = 400 kg/cm2 y 420 kg/cm2 no cumplen porque superan el límite de absorción y en cuanto a variación dimensional cumplen con todas las dimensiones, ya que están por debajo de los límites establecidos en la NTP 399.611.En cuanto a las propiedades mecánicas de los adoquines elaborados en esta etapa, la resistencia a la compresión no cumple con ninguno de los diseños, esto se debe a que se utilizó 100% de AGR; Con respecto a la resistencia a la tracción por flexión se obtuvieron buenos resultados con todos los diseños utilizados, ya que

superan los 50 kg/cm2 que como mínimo exige la normativa utilizada y en cuanto a la resistencia al desgaste por abrasión se obtuvo desgastes mínimos.

Las propiedades físico-mecánicas de las muestras patrón y las muestras con adición de agregado reciclado más cenizas de aserrín mantienen una diferencia significativa, puesto que las muestras patrón tienen resultados que cumplen con los parámetros establecidos por normativas, y las muestras con adiciones no dan buenas propiedades mecánicas.

Con respecto a la reacción de las cenizas de aserrín en el concreto, se comprobó que estas actúan como puzolanas, ya que reducen la expansión por reacción álcali-sílice; esto se confirma con los resultados del ensayo de variación de longitud por exposición a los sulfatos, donde con 5% y 10% de CDA reducen la expansión del concreto con respecto a la muestra patrón; además con estos porcentajes de cenizas se obtiene adecuada resistencia al desgaste por abrasión; así mismo la resistencia a la compresión y resistencia a la tracción por flexión se ve afectada de manera positiva con la adición de 5% y 10% de cenizas de aserrín.

se reduce la disponibilidad de álcalis libres en la solución del concreto, lo que disminuye la probabilidad de que se produzca la RAS y, por lo tanto, se reduce la expansión potencial del concreto.
El proceso empleado para la elaboración de adoquines de concreto a nivel de investigación resultó eficiente ya que se pudo obtener las muestras necesarias sin complicaciones.

Con respecto a la viabilidad económica se obtiene que los adoquines con 0% de cenizas de aserrín son los más económicos, debido a que el proceso de obtención de las CDA de aserrín es elevado. Y con relación al impacto ambiental generado al fabricar adoquines con los materiales propuestos, se obtiene como resultado un impacto negativo de – 68, esto calculado mediante la matriz de Leopold.

Recomendaciones

Se recomienda promover el uso de materiales reciclables como son los RCD y cenizas de aserrín (CDA) en otros proyectos de investigación como estabilización de suelos, elaboración de concretos, morteros, prefabricados, etc. Estos deben ser utilizados después de una caracterización y clasificación para emplearlos en porcentajes adecuados.

Se recomienda emplear cenizas de aserrín como reemplazo del cemento en porcentajes de 10% o menos, puesto que al aumentar el porcentaje de sustitución influye de manera negativa en las propiedades del concreto endurecido ya que disminuye la resistencia a la compresión de manera significativa.

En base los ensayos realizados en este trabajo de investigación se recomiendan a los futuros investigadores que para la sustitución parcial del cemento por cenizas de aserrín para su uso en el concreto el 5% es ideal.

Se recomienda a los futuros investigadores que para tener propiedades similares a un concreto convencional emplear la sustitución de agregados naturales por agregados reciclados en menores porcentajes que el 100%.

Se recomienda para no generar impactos negativos al quemar el aserrín, realizar esta acción en hornos donde se pueda controlar las emisiones de humo al ambiente e industrializar el proceso para disminuir los costos unitarios.

Referencias

[1] R. D. Bermúdez Hernández, “Evaluación de la resistencia a la compresión de un concreto con la sustitución de residuos de construcción y demolición como agregado grueso”, Tesis para para optar título de ingeniero civil, Corporación Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia, 2021. [En línea]. Disponible en: https://hdl.handle.net/11323/8174

[2] “Agregados reciclados: ¿qué y para qué?”, Redacción 360 en concreto, Colombia [En línea]. Disponible en: https://n9.cl/oj1gw

[3] N. B. Sánchez Pacheco, “reutilización de residuos de construcción y demolición (RCD) en la industria de la construcción”, Trabajo de grado para optar título de especialista en gerencia integral de proyectos, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia, 2020. [En línea]. Disponible en: https://n9.cl/mfwvp

[4] C.A. Pacheco, L.G. Fuentes, E.H. Sánchez y H.A. Rondón, “Residuos de construcción y demolición (RCD), una perspectiva de aprovechamiento para la ciudad de barranquilla desde su modelo de gestión”, Ingeniería y Desarrollo - Universidad del Norte, Vol. 35, Nº.2, pp. 533-555, Marzo, 2018. [En línea]. Disponible en: https://n9.cl/ikxje

[5] M.R. Herrera, “Residuos de la construcción y demolición en el litoral marino de Lima Metropolitana (Perú): recomendaciones para su adecuada gestión”, South Sustainability, Vol. 3, Nº.1, pp. 1-4, Enero, 2022. [En línea]. Disponible en: https://n9.cl/nugxn

[6] Ministerio de vivienda construcción y saneamiento, “Manejo de residuos de la construcción y demolición”. MVCS, Perú, noviembre, 2015. [En línea]. Disponible en: https://n9.cl/w7263

[7] Ministerio del Ambiente, “Informe De La Situación Actual De La Gestión De Residuos Sólidos No Municipales”. Ministerio del Ambiente, Perú, Informe Técnico, 2008. [En línea]. Disponible en: https://redrrss.minam.gob.pe/material/20101021014236.pdf

[8] L. A. Morey Flores y O. E. Solignac Barbarán, “Tecnología de Procesamiento Básico de Transformación de Especies Maderables y el Grado de Contaminación Ambiental en los Aserraderos de Iquitos, 2013”, Tesis para para optar grado de Magister en Ciencias, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos, Perú, 2014. [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/3O3RbCe

[9] F. C. Onyeka, “Application of Industrial Waste (Saw-Dust Ash) in the Production of Self-Compacting Concrete”, Published in International Research Journal of Innovations in

Engineering and Technology (IRJIET), Volume 3, Issue 11, pp 1-9, November 2019. [En línea]. Available in: https://bit.ly/3zK2uLh

[10] A. Gyanendra, R.C. Gupta and S. Sandeep, "Impact of concrete on mechanical and durability properties of concrete blocks", Vol. 42, Nº.2, pp. 975-981, November, 2020. [En línea]. Aviable in: https://bit.ly/3NT931E

[11] M. Bikila and J. Ighalo, "Utilization of Cordia Africana wood as partial cement replacement in C 25", Vol. 1, December, 2021. [En línea]. Aviable in: https://bit.ly/3nK6pRh

[12] I. Katar, Y. Ibrahim, M.A. Malik and S.H. Khahro, "Mechanical Properties of Concrete with Recycled Concrete Aggregate and Fly Ash", Engineering Management Department, Vol. 6, Nº.23, pp. 1-13, April, 2021. [En línea]. Available in: https://bit.ly/3bdyEoA

[13] C. S. Ibáñez Neciosup, Y. K. Rodríguez Morales, "Propiedades físico-mecánicas del ladrillo de concreto al sustituir el cemento por cenizas de aserrín en un 10% 15% y 20% Nuevo Chimbote - 2018", Tesis de Pregrado, Chimbote, Universidad César Vallejo, Perú, 2018, [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/3xYxHJu

[14] E. A. Chávez Beraún "Adoquines de Concreto Elaborados con Agregado Reciclado para Pavimentos en la Esperanza-Amarilis-Huánuco 2018", Tesis de Pregrado, Huánuco, Universidad de Huánuco, Perú, 2018, [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/39odL9p

[15] J. H. Tuesta Ramírez y S. Vásquez Silva, "Diseño de mezcla de concreto simple adicionando ceniza de aserrín para mejorar la resistencia a la compresión, Lamas 2021", Tesis de Pregrado, Tarapoto, Universidad César Vallejo, Perú, 2021, [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/3zyI7Ro

[16] K. J. Castañeda Cruz y E. L. Vásquez Barreto, "Aplicación de Concreto Reciclado en la Producción de Concreto para Pavimentos de Tránsito Vehicular Ligero en la Ciudad de Chiclayo", Tesis de Pregrado, Pimentel, Universidad Señor de Sipán, Perú, 2014, [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/3b70oLk

[17] J. P. Ticerán Pérez, "Elaboración de Prefabricados para Uso Peatonal con Residuos de Concreto Triturado Como Agregado Grueso en el Distrito de Lambayeque, 2019", Tesis de Pregrado, Chiclayo, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Perú, 2021, [En línea]. Disponible en: https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/4509

[18] Norma Técnica Peruana, Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI Calle de la Prosa 104, (Lima 41), NTP 399.185, 2013, [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/3ODVQe7

[19] Norma Técnica Peruana, Dirección de Normalización - INACAL Calle las Camelias 815, San Isidro, (Lima 27) NTP 400.010, 2013, (Revisada 2016), [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/3O3d5Wc

[20] Norma Técnica Peruana, Dirección de Normalización - INACAL Calle las Camelias 817, San Isidro, (Lima 27) NTP 400.012, 2013, (Revisada 2018), [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/3OkVJUy

[21] Norma Técnica Peruana, Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI Calle de la Prosa 104, (Lima 41), NTP 400.017, 2011, [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/3mV5jl4

[22] Norma Técnica Peruana, Dirección de Normalización - INACAL Calle las Camelias 817, San Isidro, (Lima 27) NTP 400.021, 2013, (Revisada 2018), [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/3MXjyR3

[23] Norma Técnica Peruana, Dirección de Normalización - INACAL Calle las Camelias 817, San Isidro, (Lima 27) NTP 400.022, 2013, (Revisada 2018), [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/3O1E6JH

[24] Norma Técnica Peruana, Comisión de Reglamentos y Comerciales - INDECOPI Calle de la Prosa 138, (Lima 41) NTP 339.152, 2002, (Revisada 2015), [En línea]. Disponible en: https://n9.cl/eokmd

[25] Norma Técnica Peruana, Dirección de Normalización - INACAL Calle las Camelias 815, San Isidro, (Lima 27) NTP 400.042, 2016, [En línea]. Disponible en: https://n9.cl/579ku

[26] Norma Técnica Peruana, Dirección de Normalización - INACAL Calle las Camelias 817, San Isidro, (Lima 27) NTP 339.088, 2014, (Revisada 2019), [En línea]. Disponible en: https://n9.cl/emnsx

[27] ASTM C 618 International, “Especificación estándar para cenizas volantes de carbón y puzolana natural bruta o calcinada para uso en concreto”. [En línea]. Disponible en: https://www.astm.org/Standards/C618.htm

[28] Norma Técnica Peruana, Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI Calle de la Prosa 104, (Lima 41), NTP 334.104, 2011, [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/3TacBjK

[29] Norma Técnica Peruana, Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI Calle de la Prosa 104, (Lima 41), NTP 334.005, 2011, [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/3g7uv7V

[30] ASTM C 311 International, "Método de prueba estándar para muestreo y prueba de cenizas volantes o puzolanas para su uso en Hormigón Portland-cemento". [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/3D17axy

[31] Norma Técnica Peruana, Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI Calle de la Prosa 138, (Lima 41), NTP 334.035, 2009, [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/3EFRscJ

[32] Norma Técnica Peruana, Comisión de reglamentos técnicos y comerciales - INDECOPI Calle de la Prosa 104, (Lima 41), NTP 399.604, 2002, (Revisada 2018), [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/3aZH4zM

[33] Norma Técnica Peruana, Dirección de Normalización - INACAL Calle las Camelias 817, San Isidro, (Lima 27) NTP 399.611, 2017, [En línea]. Disponible en: https://pdfcoffee.com/ntp-399611-2017-2-pdf-free.html

[34] Norma Técnica Peruana, Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas (INTINTEC), Lima, Perú, NTP 339.124, 1998, [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/3OicPmt

[35] ASTM C944/C944M-12, "Método de Ensayo Estándar para la Resistencia a la Abrasión de Superficies de Concreto o Mortero por el Método de Cortador Giratorio" [En línea]. Disponible en: bit.ly/3gkRrks

[36] COGUANOR NTG 41087 h1, Métodos de Ensayo. "Determinación del módulo de ruptura de los adoquines de concreto", [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/3gdan4x

[37] ASTM C 469-94 International, "Método Estándar de Ensayo para Módulo de Elasticidad Estático y Relación de Poisson del Concreto en Compresión". [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/3EKv9T9

[38] Norma Técnica Peruana, Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI Calle de la Prosa 138, (Lima 41), NTP 334.094, 2009, [En línea]. Disponible en: https://n9.cl/rj83lx

[39] NTG 41003 h11 (ASTM C 157), "Método de ensayo. Determinación del cambio de longitud del mortero y del concreto de cemento hidráulico, endurecidos". [En línea]. Disponible en: https://n9.cl/5obec

[40] ASTM C 490, “Standard Practice for Use of Apparatus for the Determination of Length Change of Hardened Cement Paste, Mortar, and Concrete”. [En línea]. Disponible en: https://n9.cl/ab75j

[41] Ley Nº 28611, Ley General del Ambiente, [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/3CZIPs3

[42] Reglamento de Gestión y Manejo de Residuos Sólidos de la Construcción y Demolición, [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/3Vv8Ruv

[43] Ley Nº 274466, Ley del sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/3D9bsmZ

[44] M. I. Cabezas Fierro, “Elaboración de un Manual de Procesos Constructivos del Adoquinado” Proyecto de pregrado, Quito, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador, 2014, [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/3QsUjco

[45] M. J. Sánchez Gamboa “Análisis de las propiedades físicas-mecánicas del adoquinado de concreto y bloques de asfalto con material reciclado de neumático para pavimento de tránsito liviano, Lima 2019” Tesis de pregrado, Lima, Universidad César Vallejo, Perú, 2019, [En línea]. Disponible en: https://n9.cl/c6w795

[46] Norma Técnica Peruana, Dirección de Normalización - INACAL Calle las Camelias 817, San Isidro, (Lima 27) NTP 334.009, 2020.

[47] L. R. Bazalar La Puerta y M. A. J. Cadenillas Calderón “Propuesta de agregado reciclado para la elaboración de concreto estructural con f’c=280 kg/cm2 en estructuras aporticadas en la ciudad de Lima para reducir la contaminación ambiental” Tesis de pregrado, Lima, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, 2019, [En línea]. Disponible en: https://bit.ly/3b1swiP

[48] C. Marthong, “Sawdust Ash (SDA) as Partial Replacement of Cement”, International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA), Vol. 2, Nº.4, pp. 1980-1985, July-August 2012, [En línea]. Available in: https://n9.cl/q43kx

[49] S. Assiamaha, S. Agyemanb, K. Adinkrah y H. Danso, “Utilization of sawdust ash as cement replacement for landcrete interlocking blocks production and mortarless construction”, Published by Elsevier Ltd, February,2022, [En línea]. Available in: https://n9.cl/jviuc

[50] C. C. Ikeagwuani, “Compressibility Characteristics of Black Cotton Soil Admixed With Sawdust Ash and Lime”, Nigerian Journal of Technology (NIJOTECH), Vol. 35, Nº.4, pp. 718-725, October, 2016, [En línea]. Available in: https://n9.cl/qghj5z

[51] C. C. Ikeagwuani, I, Obeta y J. Agunwamba, “Stabilization of black cotton soil subgrade using sawdust ash and lime”. ScienceDirect, 162-175, 2019, [En línea]. Available in: https://n9.cl/qhksx

[52] J. Arrieta Freyre y E. Peñaherrera Deza, “Fabricación de bloques de concreto con una mesa vibradora”. Programa Científico, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú, [En línea]. Disponible en: https://n9.cl/8vfa49

ANEXOS

ANEXO 01: DECLARACIÓN JURADA

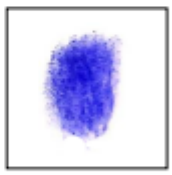
DECLARACIÓN JURADA

Yo, **BERNILLA RUFASTO JOSE FERNANDO**, de nacionalidad peruana; con documento nacional de identidad Nº 72277200, domiciliado en el distrito de JOSE LEONARDO ORTIZ, CALLE LAMBAYEQUE CPM RAMIRO PRIALE Mz. K LT. 21, provincia de Chiclayo, estudiante de Ingeniería Civil Ambiental de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, del curso de Proyecto de Tesis- Ciclo académico 2022-I DECLARO BAJO JURAMENTO que:

Verifiqué la no duplicidad del proyecto de tesis titulado **Propuesta de elaboración de adoquines para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín**, de verificarse que si existe el tema antes mencionado me pongo a plena disposición para las sanciones emitidas por la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo según corresponda.

La verificación de la no duplicidad se realizó en la medida que se pudo por la coyuntura nacional debido al Covid19.

Chiclayo, 17 de junio del 2022



(firma)

Huella Dactilar

- ANEXO 02: FOTOGRAFÍAS
  - FOTOGRAFÍAS DE ASERRADEROS DE JLO.



Figura 83: Aserradero Virgen de la Asunción, JLO. Fuente: Propia

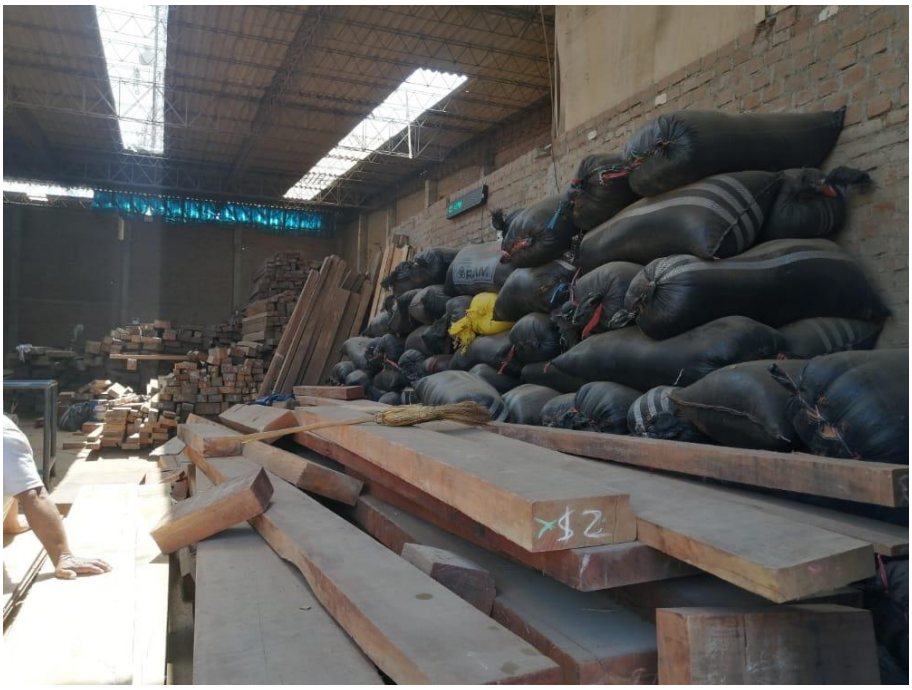


Figura 84: Acumulación de aserrín en aserradero Prevca SRL, JLO. Fuente: Propia

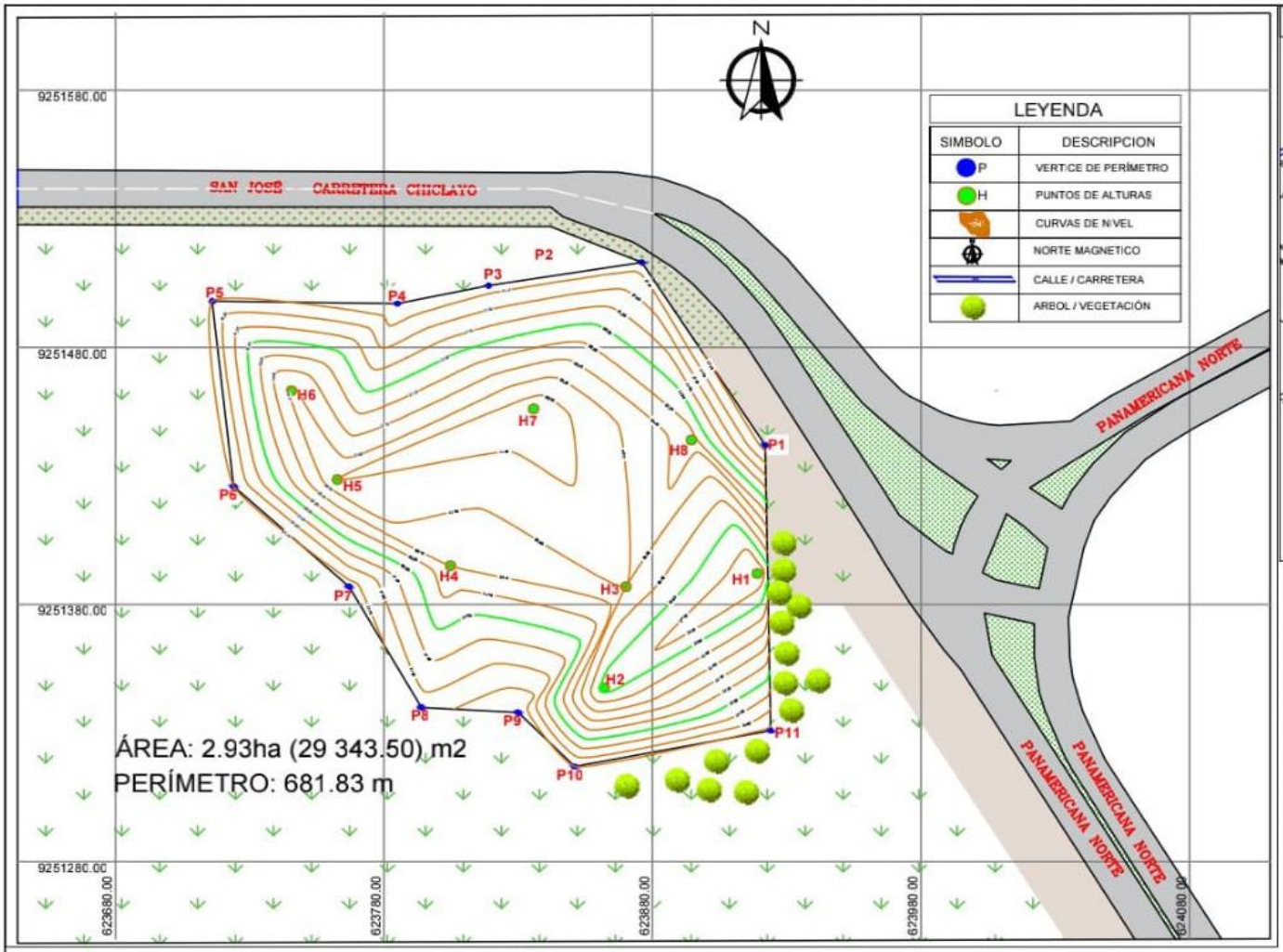
- ANEXO 03: OBTENCIÓN DE ESCOMBROS DE CONCRETO



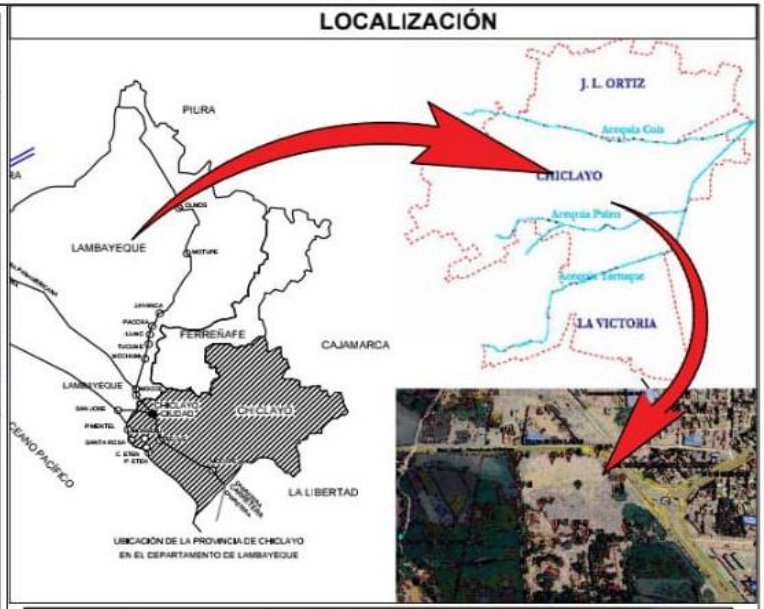
Figura 85: Acumulación de aserrín en aserradero Prevca SRL, JLO. Fuente: Propia



- ANEXO 04: PLANO TOPOGRÁFICO DE BOTADERO UBICADO EN INTERSECCIÓN DE CARRTERA CHICLAYO-SAN JOSE



LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
P	VERTICE DE PERÍMETRO
H	PUNTOS DE ALTURAS
	CURVAS DE NIVEL
	NORTE MAGNETICO
	CALLE / CARRETERA
	ARBOL / VEGETACIÓN



CUADRO TÉCNICO					
			GEOREFERENCIACIÓN: UTM WGS 84: 17M		
TRAMO	D(m)	VERTICE	ANGULO	ESTE	NORTE
P1 - P2	84.60	P1	148°05'37"	623922.00	9251442.00
P2 - P3	36.77	P2	145°19'08"	623876.00	9251513.00
P3 - P4	65.01	P3	158°30'05"	623819.00	9251504.00
P4 - P5	64.20	P4	174°39'05"	623785.00	9251497.00
P5 - P6	97.62	P5	87°59'50"	623716.00	9251498.00
P6 - P7	58.05	P6	138°40'38"	623724.00	9251426.00
P7 - P8	54.20	P7	162°05'00"	623767.00	9251387.00
P8 - P9	36.06	P8	123°03'21"	623794.00	9251340.00
P9 - P10	29.70	P9	138°10'47"	623830.00	9251338.00
P10 - P11	74.33	P10	124°08'37"	623851.00	9251317.00
P11 - P1	111.02	P11	99°49'27"	623924.00	9251331.00

ALTURA DE CÚMULOS DE RCD			
PUNTO	ALTURA (m)	ESTE	NORTE
H1	2.40	623922.00	9251442.00
H2	2.10	623876.00	9251513.00
H3	1.60	623842.00	9251527.00
H4	1.40	623777.00	9251528.00
P5	1.80	623713.00	9251523.00
H6	1.65	623724.00	9251426.00
H7	1.95	623767.00	9251387.00
H8	1.30	623794.00	9251340.00
PROMEDIO	1.775		

Composición Porcentual de los componentes de Escombros, **Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [7].**	
Materiales	Porcentaje (%)
Ladrillos, azulejos y otros cerámicos	54
Concreto	**12**
Piedra	5
Arena, grava y otros áridos	4
Madera	4
Vidrio	0.5
Plásticos	1.5
Metales	2.5
Asfalto	5
Yeso	0.2
Papel	0.3
Basura	7
Otros	4

VOLUMENES (m3)	
VOLUMEN TOTAL DE ESCOMBROS	**52084.71 m3**
VOLUMEN DE CONCRETO RECICLADO	**6250.17 m3**

NOTA:

LA PRESENTE INVESTIGACION CONSISTE EN LA UTILIZACION DE CONCRETO RECICLADO PURO, COMO AGREGADO GRUESO (CONCRETILLO) PARA LA ELABORACIÓN DE PREFABRICADOS (ADOQUINES).

ESTOS RECICLADO SE OBTUVIERON DEL BOTADERO UBICADO EN LA CARRTERA CHICLAYO - SAN JOSÉ.

DEL ESTUDIO TOPOGRÁFICO SE OBTUVO UN VOLUMEN TOTAL DE ESCOMBROS DE 52084.71 m3. DE LOS CUALES SEGÚN EL MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO REPRESENTA EL 12% CONCRETOS RECICLADOS.

SACANDO EL 12% AL VOLUMEN TOTAL DE ESCOMBROS SE OBTIVE 6250.17 m3 DE CONCRETO RECICLADO EN EL BOTADERO UBICADO EN LA CARRTERA CHICLAYO - SAN JOSÉ

Composición en m3 de los componentes de escombros del botadero carretera Chiclayo - San José. **En base al volumen total.**	
Materiales	m3
Ladrillos, azulejos y otros cerámicos (54%)	28125.74
Concreto (12%)	6250.17
Piedra (5%)	2604.24
Arena, grava y otros áridos (4%)	2083.39
Madera (4%)	2083.39
Vidrio (0.5%)	260.42
Plásticos (1.5%)	781.27
Metales (2.5%)	1302.12
Asfalto (5%)	2604.24
Yeso (0.2%)	104.17
Papel (0.3%)	156.25
Basura (7%)	3645.93
Otros (4%)	2083.39

USAT
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

TESISTA
JOSE FERNANDO BERNILLA RUFASTO

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL

TESIS: PROPUESTA DE ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS DE TRÁNSITO LIGERO INCORPORANDO AGREGADO GRUESO RECICLADO Y CENIZAS DE ASERRÍN

PLANO: TOPOGRÁFICO DE BOTADERO DE RCD

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	LÁMINA N°
LAMBAYEQUE	CHICLAYO	CHICLAYO	L-1
FECHA: MAYO–2024	ESCALA: 1:250	DIBUJO: FEBERU	

- ANEXO 05: TRITURACIÓN DE AGREGADOS





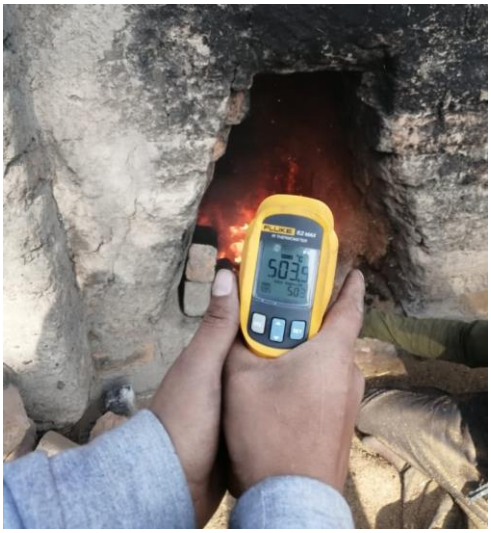


FUENTE: Propia

- ANEXO 06: CALCINACIÓN DE ASERRÍN





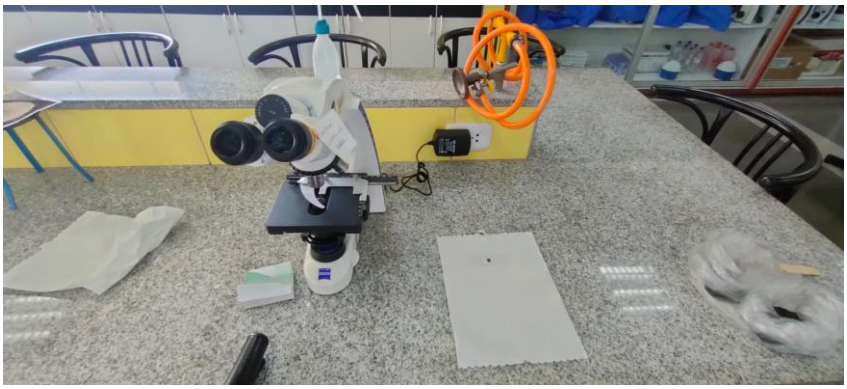


FUENTE: Propia

- ANEXO 06: TAMIZADO Y OBSERVACIÓN EN MICROSCOPIO DE CDA









FUENTE: Propia

- ANEXO 07: ENSAYOS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION

LASACI

REPORTE DE MEDICION Y ANALISIS DE MUESTRA POR EL ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL

SOLICITANTE	José Fernando Bernilla Rufasto
TESIS	Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
MUESTRA	CENIZA DE ASERRÍN
FECHA	13 DE SETIEMBRE DEL 2022

MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO

1. MUESTRA: CENIZA DE ASERRÍN (10gr.)

N° DE MUESTRAS	CANTIDAD DE MUESTRA ENSAYADA	PROCEDENCIA
1	35 g	-

2. ENSAYOS A APLICAR

- ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL ATD
- ANALISIS TERMOGRAVIMETRICO TGA

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- ANALIZADOR TERMICO SIMULTANEO TG_DTA_DSC CAP. MAX 1600°C SETSYS_EVOLUTION, CUMPLE CON NORMAS ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- TASA DE CALENTAMIENTO: 20 °C/MIN
- GAS DE TRABAJO – FLUJO: NITROGENO, 10 ML/MIN
- RANGO DE TRABAJO 25 – 920°C
- MASA DE MUESTRA ANALIZADA: 35 MG

JEFE DE LABORATORIO ING. CARLOS VALQUI MENDOZA
ANALISTA RESPONSABLE ING. CARLOS VALQUI MENDOZA

LASACI DIRECCIÓN

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

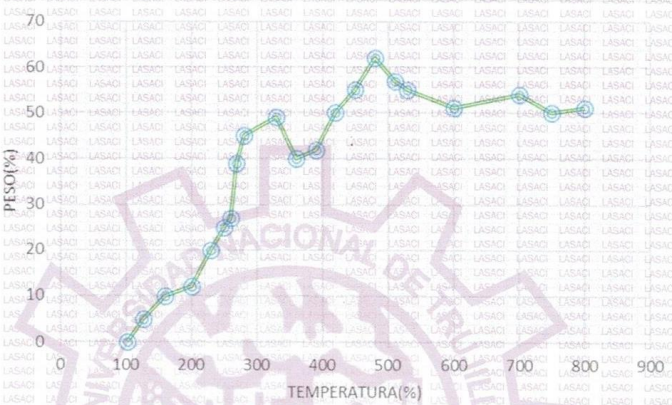
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

lasaciunt@gmail.com 949959632

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION
LASACI

4. RESULTADOS

c. CURVA TGA Y ATD



5. CONCLUSION

- Para la presente investigación de la mezcla conformada por CENIZA DE ASERRÍN, el porcentaje de cenizas de acuerdo al análisis de emisión de quemado es de 0.32%.
- El análisis termo gravimétrico de CENIZA DE ASERRÍN indica un pico de temperatura máxima de 490°C por un periodo de tiempo de 2hr. entre 450 y 580 °C

LASACI DIRECCIÓN
INGENIERO QUÍMICO
CIP 122588

Trujillo, 19 de Setiembre del 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION

LASACI

REPORTE DE MEDICION Y ANALISIS DE MUESTRA POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X

SOLICITANTE	José Fernando Bernilla Rufasto
TESIS	Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
MUESTRA	CENIZA DE ASERRÍN
FECHA	13 DE SETIEMBRE DEL 2022

MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO

1. CONSIDERACIONES EXPERIMENTALES

CONDICIONES DE LA MEDICION:

El análisis se realizó en un espectrómetro de fluorescencia total de rayos x marca **BRUKER**, MODELO **S2-PICOFOX.**

Fuente de rayos x: tubo de Mo.

Tiempo de medida: 2000 segundos.

ESTANDAR INTERNACIONAL PARA CUANTIFICACION: Elemento: Galio (Ga)

Concentración: g/l.

2. CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Se analizó 25 mg de la muestra de CENIZA DE ASERRÍN, la cual fue tamizada previamente a malla 200.

3. METODO

- **BASADO EN LA NORMA** : ASTM C25
- **VOLUMETRIA** : USAQ-ME06

LASACI DIRECCIÓN

JEFE DE LABORATORIO — ING. CARLOS VALQUI MENDOZA

ANALISTA RESPONSABLE — ING. CARLOS VALQUI MENDOZA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION

LASACI

4. RESULTADOS

COMPOSICION QUIMICA	RESULTADOS (%)	METODO UTILIZADO
DIOXIDO DE SILICIO (Si O2)	56.35	Espectrometría de fluorescencia de rayos x
OXIDO DE CALCIO (Ca O)	2.93	
TRIOXIDO DE ALUMINIO (Al2 O3)	24.11	
TRIOXIDO DE HIERRO (Fe2 O3)	0.64	
OXIDO DE POTASIO (K2 O)	1.15	
OXIDO DE MAGNESIO (Mg O)	1.69	
PENTOXIDO DE FOSFORO (P2O5)	0.53	
OXIDO DE COBRE (Cu O)	0.18	
TRIOXIDO DE AZUFRE (SO 3)	0.07	
OXIDO DE ZINC (Zn O)	0.02	
OXIDO DE MANGANESO (Mn O)	0.05	
PÉRDIDA POR QUEMADO	12.28	

5. CONCLUSION

- Al realizar la comparación del espectro de la muestra analizada con las energías características de los elementos de la tabla periódica a partir del sodio, se encontraron principalmente sílice (Si) y Aluminio (Al) con un alto porcentaje. Y en menores porcentajes se encontró; Calcio (Ca), Potasio (K), hierro (Fe), fósforo (P), magnesio (Mg), manganeso (Mn), cobre (Cu), azufre (S) y zinc (Zn).

CARLOS ALBERTO VALDIVIA MEDINA
INGENIERO QUIMICO
CIP 122538

LASACI DIRECCIÓN

Trujillo, 19 de Setiembre del 2022

Ensayo de Peso Específico de Cenizas de Aserrín



Peso de la muestra de cenizas de aserrín. Fuente: propia



Medida de temperatura. Fuente: propia



Baño maría. Fuente: propia

Resultados de ensayo

San Martín Nº 800
San José – Lambayeque
R.U.C. 20609763125
Email: grupollifi@gmail.com

Solicitante : Bernilla Rufasto José Fernando

Tesis : Tesis: "Propuestas de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín"

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

Fecha de Ensayo : Lunes, 05 de Septiembre del 2022.

ENSAYO : Peso específico de cenizas de aserrín

NORMA : NTP 334.005 / ASTM C 311

MUESTRA	M - 01	M - 02
PESO DE LA CENIZA DE ASERRÍN (gr)	50	50
LECTURA INICIAL (ml)	0.0	0.0
LECTURA FINAL (ml)	20.05	20.20
VOLUMEN DESPLAZADO (cm3)	20.05	20.20
PESO ESPECÍFICO (gr/cm3)	2.49	2.48
PESO ESPECÍFICO PROMEDIO (gr/cm3)	**2.48**	

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

FIRMA TÉCNICO DE LABORATORIO Y TESISTA	
TÉCNICO	TESISTA
JORGE M. LLICAN JACINTO LABORATORISTA	

Fuente propia

Análisis granulométrico de agregado fino



Cuarteo del agregado fino. Fuente: propia



Puesta al horno del agregado fino para secado. Fuente: propia



Peso de la arena para el ensayo granulométrico. Fuente: propia



Tamizado del agregado fino. Fuente: propia

Resultados de ensayo

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

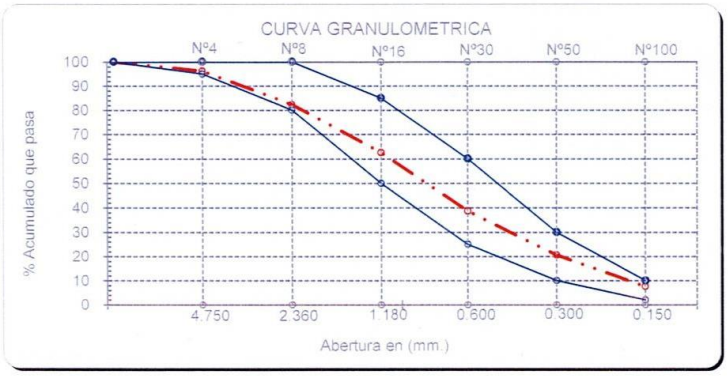
Escuela : Bernilla Rufasto José Fernando
Escula : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 02 de Septiembre del 2022
Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012

Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

P. Inicial H. 503.3
P. Inicial S. 500.0
% de Humedad = 0.66

Malla		Peso	(%)	(%) Acum.	(%) Acum.	Especificaciones:	
Pulg.	(mm.)	Ret.	Ret.	Ret.	Que Pasa		
1/2"	12.700	0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0.00	0.0	0.0	100.0	100	100
Nº 04	4.750	18.9	3.8	3.8	96.2	95	100
Nº 08	2.360	69.85	14.0	17.8	82.3	80	100
Nº 16	1.180	98.7	19.7	37.5	62.5	50	85
Nº 30	0.600	119.12	23.8	61.3	38.7	25	60
Nº 50	0.300	90.56	18.1	79.4	20.6	10	30
Nº 100	0.150	64.9	13.0	92.4	7.6	2	10
Fondo		37.96	7.6	100.0	0.0		

Módulo de Fineza	2.922
Abertura de malla de referencia	4.750



FIRMA TÉCNICO DE LABORATORIO Y TESISTA

TÉCNICO	TESISTA
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES USAT TÉCNICO DE LABORATORIO	

Análisis granulométrico de agregado grueso



Cuarteo del agregado grueso. Fuente: propia



Peso del agregado grueso para el ensayo granulométrico. Fuente: propia



Tamizado del agregado grueso. Fuente: propia

Resultados de ensayo

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERILES

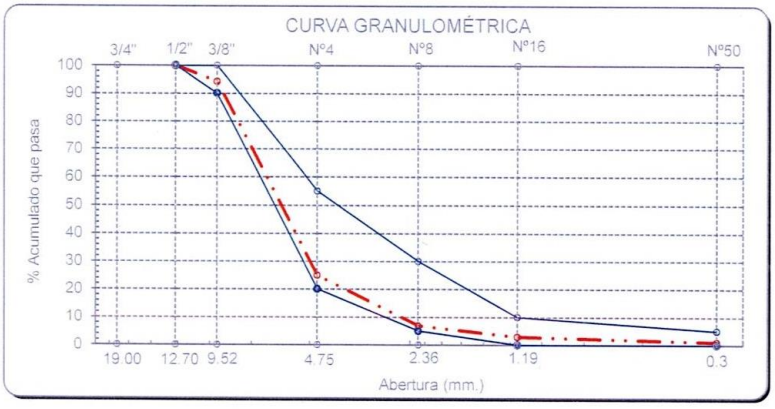
Escuela : Bernilla Rufasto José Fernando
Escula : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 02 de Septiembre del 2022

Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012

Cantera : Confitillo-Tres Tomas **P. Inicial H.** 1502.9 **P. Inicial S.** 1500 **% de Humedad =** 0.19

Malla		Peso	(%)	(%) Acum.	(%) Acum.	Especificaciones	
Pulg.	(mm.)	Ret.	Ret.	Ret.	Que Pasa	USO 89	
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1/2"	12.70	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
3/8"	9.52	86.2	5.7	5.7	94.3	90.0	100.0
Nº4	4.75	1040.2	69.3	75.1	24.9	20.0	55.0
Nº8	2.36	271.1	18.1	93.2	6.8	5.0	30.0
Nº16	1.19	59.2	3.9	97.1	2.9	0.0	10.0
Nº50	0.30	28.1	1.9	99.0	1.0	0.0	5.0
FONDO	0.00	15.2	1.0	100.0	0.0	0.0	0.0

Tamaño Maximo	1/2"	12.70
Tamaño Maximo Nominal	3/8"	9.52



FIRMA TÉCNICO DE LABORATORIO Y TESISTA

TÉCNICO	TESISTA
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES USAT TÉCNICO DE LABORATORIO	

Análisis granulométrico de agregado grueso reciclado



Peso del agregado grueso reciclado para el ensayo granulométrico. Fuente: propia



Juego de tamices para el tamizado de agregado grueso reciclado. Fuente: propia

Resultados de ensayo

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERILES

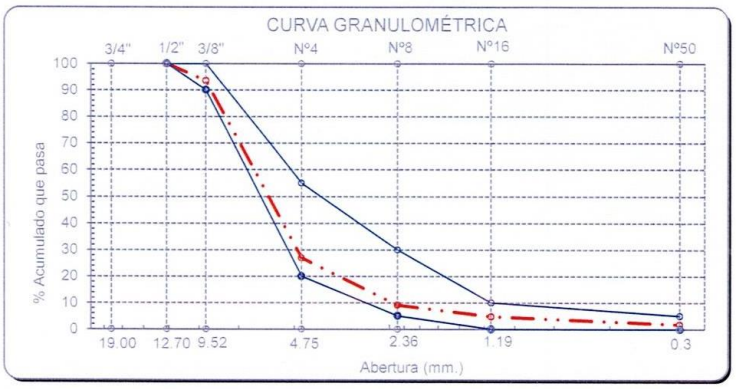
Tesista : Bernilla Rufasto José Fernando
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 07 de octubre del 2022

Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso reciclado
Referencia : Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012

Cantera : Confitillo-concreto reciclado **P. Inicial H.** 1503.6 **% de Humedad =** 0.24
P. Inicial S. 1500

Malla		Peso	(%)	(%) Acum.	(%) Acum.	Especificaciones	
Pulg.	(mm.)	Ret.	Ret.	Ret.	Que Pasa	USO 89	
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1/2"	12.70	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
3/8"	9.52	96.6	6.4	6.4	93.6	90.0	100.0
Nº4	4.75	999.7	66.6	73.1	26.9	20.0	55.0
Nº8	2.36	267.1	17.8	90.9	9.1	5.0	30.0
Nº16	1.19	66.1	4.4	95.3	4.7	0.0	10.0
Nº50	0.30	44.1	2.9	98.2	1.8	0.0	5.0
FONDO	0.00	26.1	1.7	100.0	0.0	0.0	0.0

Tamaño Maximo	1/2"	12.70
Tamaño Maximo Nominal	3/8"	9.52



FIRMA TÉCNICO DE LABORATORIO Y TESISTA

TÉCNICO	TESISTA
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES USAT TÉCNICO DE LABORATORIO	

Peso específico y absorción de agregado fino



Lavado del agregado. Fuente: propia



Preparación de la muestra. Fuente: propia



Pesado del agregado para el ensayo. Fuente: propia



Pesado de la fiola + el agua. Fuente: propia



Agregado del material a la fiola. Fuente: propia

Peso específico y absorción de agregado grueso



Lavado del agregado. Fuente: propia



Pesado del agregado. Fuente: propia



Puesta del agregado al horno para el secado. Fuente: propia

Resultados de ensayo

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesista : Bernilla Rufasto José Fernando
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 02 de Septiembre del 2022

Ensayo : Peso especifíco y Absorción del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022
Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

I .- Datos.

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + Peso del Agua	(g)	**985.2**	**987.4**	**985.6**
2.- Pe: Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	675	677	676
3.- Peso del Agua	(g)	310.2	310.4	309.6
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	668.6	671.9	669.2
5.- Peso del Frasco	(g)	**175**	**175**	**175**
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	**493.6**	**496.9**	**494.2**
7.- Volumen del frasco	(g)	500	500	500

II .- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm3)	**2.610**
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm3)	2.633
C.- PESO ESPESIFICO APARENTE	(g/cm3)	2.678
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	**1.23**

Ensayo : Peso especifíco y Absorción del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021
Cantera : Confitillo-Tres Tomas

I .- Datos.

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	**2472.5**	**2471.4**	**2473.2**
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	**2500**	**2500**	**2500**
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del canastilla	(g)	**2040.2**	**2041.1**	**2040.5**
4.- Peso de la canastilla	(g)	**725**	**725**	**725**
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	1315.2	1316.1	1315.5

II .- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm3)	**2.09**
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm3)	2.11
C.- PESO ESPESIFICO APARENTE	(g/cm3)	2.14
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	**1.12**

FIRMA TÉCNICO DE LABORATORIO Y TESISTA

TÉCNICO	TESISTA
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES USAT	

Peso específico y absorción de agregado grueso reciclado



Lavado del agregado. Fuente: propia



Pesado del agregado. Fuente: propia

Resultados de ensayo

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesista : Bernilla Rufasto José Fernando
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 07 de octubre del 2022

Ensayo : Peso especifíco y Absorción del agregado grueso reciclado
Referencia : Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021
Cantera Escombros de concreto

I .- Datos.

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	**2430.1**	**2429.3**	**2429.1**
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	**2500**	**2500**	**2500**
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del canastilla	(g)	**2066.7**	**2067.8**	**2069.2**
4.- Peso de la canastilla	(g)	**725**	**725**	**725**
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	1341.7	1342.8	1344.2

II .- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm3)	**2.10**
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm3)	2.16
C.- PESO ESPESIFICO APARENTE	(g/cm3)	2.24
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	**2.90**

FIRMA TÉCNICO DE LABORATORIO Y TESISTA

TÉCNICO	TESISTA
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES USAT TÉCNICO DE LABORATORIO	

Peso unitario suelto de agregado fino



Puesta del agregado al molde.
Fuente: propia



Llenado del agregado al molde.
Fuente: propia



Pesado del agregado + el molde. Fuente: propia

Peso unitario compactado de agregado fino



Compactación del agregado en el molde. Fuente: propia

Resultados de ensayo

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Bernilla Rufasto José Fernando
Escula : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 02 de Septiembre del 2022

Ensayo : Peso unitario del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Canetra : Cantera La Victoria-Pátapo.

1.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	**13106**	**13200**	**13155**
2.- Peso del recipiente	(gr.)	8480.0	8480.0	8480.0
3.- Peso del material		4626	4720	4675
4.- Constante ó Volumen	(m^3)	0.00299	0.00299	0.00299
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m^3)	1545.05	1576.45	1561.42
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m^3)		**1550.67**	

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	**13711**	**13682**	**13684**
2.- Peso del recipiente	(gr.)	8480.0	8480.0	8480.0
3.- Peso del material		5231	5202	5204
4.- Constante ó Volumen	(m^3)	0.00299	0.00299	0.00299
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m^3)	1747.12	1737.43	1738.10
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m^3)		**1729.40**	

Ensayo : Contenido de humedad del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

C.- CONTENIDO DE HUMEDAD

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	**500**	**500**	**500**
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	**496.7**	**496.5**	**496.9**
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0.0	0.0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.7	0.7	0.6
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)		**0.66**	

FIRMA TÉCNICO DE LABORATORIO Y TESISTA

TÉCNICO	TESISTA
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES USAT TÉCNICO DE LABORATORIO	

Peso unitario suelto de agregado grueso



Llenado del agregado al molde.
Fuente: propia



Pesado del agregado + el molde.
Fuente: propia

Peso unitario compactado de agregado grueso



Compactación del agregado en el molde. Fuente: propia

Resultados de ensayo

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABOROTORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Bernilla Rufasto José Fernando
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 02 de Septiembre del 2022

Ensayo : Peso unitario del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Cantera : Confitillo-Tres Tomas

A.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	**12587**	**12575**	**12595**
2.- Peso del recipiente	(gr.)	8480.0	8480.0	8480.0
3.- Peso del material		4107	4095	4115
4.- Constante ó Volumen	(m^3)	0.00299	0.00299	0.00299
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m^3)	1371.71	1367.70	1374.38
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m^3)		**1368.65**	

B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	**12915**	**12981**	**13062**
2.- Peso del recipiente	(gr.)	8480.0	8480.0	8480.0
3.- Peso del material		4435.0	4501.0	4582.0
4.- Constante ó Volumen	(m^3)	0.00299	0.00299	0.00299
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m^3)	1481.26	1503.30	1530.36
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m^3)		**1502.10**	

Ensayo : Contenido de humedad del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

C.- CONTENIDO DE HUMEDAD

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	**1500**	**1500**	**1500**
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	**1497.20**	**1497.40**	**1496.80**
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.19	0.17	0.21
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)		**0.19**	

FIRMA TÉCNICO DE LABORATORIO Y TESISTA

TÉCNICO	TESISTA
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES USAT TÉCNICO DE LABORATORIO	

Peso unitario suelto de agregado grueso reciclado



Puesta del agregado al molde.
Fuente: propia



Pesado del agregado reciclado + el molde.
Fuente: propia

Peso unitario compactado de agregado grueso reciclado



Compactación del agregado reciclado en el molde.
Fuente: propia

Resultados de ensayo

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABOROTORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Bernilla Rufasto José Fernando
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 07 de octubre del 2022

Ensayo : Peso unitario del agregado grueso reciclado
Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Cantera : Confitillo-Tres Tomas

A.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	**12200**	**12226**	**12220**
2.- Peso del recipiente	(gr.)	8480.0	8480.0	8480.0
3.- Peso del material		3720	3746	3740
4.- Constante ó Volumen	(m^3)	0.00299	0.00299	0.00299
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m^3)	1242.46	1251.14	1249.14
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m^3)		**1244.33**	

B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	**12420**	**12480**	**12540**
2.- Peso del recipiente	(gr.)	8480.0	8480.0	8480.0
3.- Peso del material		3940.0	4000.0	4060.0
4.- Constante ó Volumen	(m^3)	0.00299	0.00299	0.00299
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m^3)	1315.93	1335.97	1356.01
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m^3)		**1332.50**	

Ensayo : Contenido de humedad del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

C.- CONTENIDO DE HUMEDAD

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	**1500**	**1500**	**1500**
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	**1496.40**	**1495.80**	**1496.10**
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.24	0.28	0.26
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)		**0.26**	

FIRMA TÉCNICO DE LABORATORIO Y TESISTA

TÉCNICO	TESISTA
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES USAT TÉCNICO DE LABORATORIO	

Contenido de humedad de agregado fino



Peso de agregado para ensayo de contenido de humedad. Fuente: propia



Puesta al horno del agregado para el secado. Fuente: propia

Contenido de humedad de agregado grueso



Peso de agregado grueso para ensayo de contenido de humedad. Fuente: propia



Puesta al horno del agregado grueso para el secado. Fuente: propia

Contenido de humedad de agregado grueso reciclado



Pesado del agregado reciclado para ensayo de contenido de humedad. Fuente: propia



Secado del agregado reciclado en horn Fuente: propia

Resultados de ensayo

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesista : Bernilla Rufasto José Fernando
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 02 de Septiembre del 2022

Ensayo : Contenido de humedad del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

I .- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	**500**	**500**	**500**
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	**496.7**	**496.5**	**496.9**
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0.0	0.0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.66	0.70	0.62
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)		**0.66**	

Ensayo : Contenido de humedad del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Confitillo-Tres Tomas

I .- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	**1500**	**1500**	**1500**
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	**1497.2**	**1497.4**	**1496.8**
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0.0	0.0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.2	0.2	0.2
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)		**0.19**	

Observaciones :

FIRMA TÉCNICO DE LABORATORIO Y TESISTA

TÉCNICO	TESISTA
	

Resultados de ensayo

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesista : Bernilla Rufasto José Fernando

Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental

Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.

Fecha de ensayo : Chiclayo, 07 de octubre del 2022

Ensayo : *Contenido de humedad del agregado grueso reciclado*

Referencia : *Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185*

Cantera Escombros de concreto

I .- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	*(gr.)*	***1500***	***1500***	***1500***
B.- Peso de muestra seca	*(gr.)*	***1496.4***	***1495.8***	***1496.1***
C.- Peso de recipiente	*(gr.)*	*0.0*	*0.0*	*0.0*
D.- Contenido de humedad	*(%)*	*0.2*	*0.3*	*0.3*
E.- Contenido de humedad (promedio)	*(%)*		***0.26***	

Observaciones :

FIRMA TÉCNICO DE LABORATORIO Y TESISTA

TÉCNICO	TESISTA
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES USAT TÉCNICO DE LABORATORIO	

Ensayos de contenido de sales solubles, sulfatos solubles y cloruros solubles en agregado fino (arena)

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA, INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

Solicitante : Bernilla Rufasto José Fernando
Tesis : Propuestas de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.
Fecha de Inicio de Ensayo : miércoles, 29 de Noviembre de 2023
Fecha de Fin de Ensayo : miércoles, 13 de Marzo de 2024

ENSAYO DE AGREGADO FINO (ARENA)

ENSAYO : Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y agua subterránea.
NORMA : NTP 339.152:2002

SALES SOLUBLES TOTALES (NTP 339.152)				PROM
RELACION DE MEZCLA SUELO - AGUA DESTILADA	---	3.00		
N° DE MUESTRA	---	M1	M2	
MASA DEL RECIPIENTE	(g)	101.32	101.32	
MASA DEL RECIPIENTE + RESIDUOS DE SALES	(g)	101.37	101.37	1479.1
PESO DEL RESIDUO DE SALES	(g)	0.0490	0.0500	
VOLUMEN DE SOLUCION TOMADA	(ml)	100.3	100.5	
CONSTITUYENTES DE SALES SOLUBLES EN MUESTRA	(p.p.m.)	1466	1493	
CONSTITUYENTES DE SALES SOLUBLES EN MUESTRA	(%)	0.147	0.149	

ENSAYO : Método de ensayo normalizado para la determinación cuantitativa de sulfatos solubles en suelos y agua subterránea.
NORMA : NTP 339.178:2002

SULFATOS SOLUBLES (NTP 339.178 / AASHTO T290)				PROM
VOLUMEN DE AGUA DESTILADA	(ml)	300	300	
PESO DE SUELO SECO	(g)	100	100	
PESO DEL CRISOL	(g)	94.25	94.25	
PESO DEL CRISOL + RESIDUO DE SULFATOS	(g)	94.25	94.25	
PESO DE RESIDUO DE SULFATOS	(g)	0.0023	0.0022	92.6
VOLUMEN DE LA SOLUCION TOMADA	(ml)	30.3	30.1	
PESO DE LA MUESTRA EN VOLUMEN DE SOLUCION	(g)	10.1	10.0	
CONCENTRACIÓN DE IÓN SULFATO	(p.p.m.)	94.6	90.5	
CONCENTRACIÓN DE IÓN SULFATO	(%)	0.0095	0.0091	

ENSAYO : Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros solubles en suelos y agua subterránea.
NORMA : NTP 339.178:2002

CLORUROS SOLUBLES (NTP 339.178 / AASHTO T290)				PROM
VOLUMEN DE AGUA DESTILADA	(ml)	300		
PESO DE SUELO SECO	(g)	100		
VOLUMEN DE SOLUCION TOMADA	(ml)	30	30	
TITULACION DE LA SOLUCION DE NITRATO DE PLATA	(T)	1	1	
CONSUMO DE SOLUCION DE NITRATO DE PLATA	(ml)	21.1	20.8	691.7
PESO DE MUESTRA EN VOLUMEN DE SOLUCIÓN	(g)	30	30	
CONTENIDO DE CLORUROS	(p.p.m.)	697	687	
CONTENIDO DE CLORUROS	(%)	0.0697	0.0687	
pH DE ENSAYO	---	7.7	7.7	

FIRMA TÉCNICO DE LABORATORIO Y TESISTA

TÉCNICO

JORGE M. LLICAN JACINTO
LABORATORISTA

TESISTA

Ensayos de contenido de sales solubles, sulfatos solubles y cloruros solubles en agregado grueso (confitillo)

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA, INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

Solicitante : Bernilla Rufasto José Fernando
Tesis : Propuestas de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.
Fecha de Inicio de Ensayo : miércoles, 29 de Noviembre de 2023
Fecha de Fin de Ensayo : miércoles, 13 de Marzo de 2024

ENSAYO DE AGREGADO GRUESO (CONFITILLO)

ENSAYO : Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y agua subterránea.
NORMA : NTP 339.152:2002

SALES SOLUBLES TOTALES (NTP 339.152)				PROM
RELACION DE MEZCLA SUELO - AGUA DESTILADA	---	3.00		
N° DE MUESTRA	---	M1	M2	
MASA DEL RECIPIENTE	(g)	101.278	101.278	
MASA DEL RECIPIENTE + RESIDUOS DE SALES	(g)	101.323	101.323	
PESO DEL RESIDUO DE SALES	(g)	0.0450	0.0450	1329.4
VOLUMEN DE SOLUCION TOMADA	(ml)	101.6	101.5	
CONSTITUYENTES DE SALES SOLUBLES EN MUESTRA	(p.p.m.)	1329	1330	
CONSTITUYENTES DE SALES SOLUBLES EN MUESTRA	(%)	0.133	0.133	

ENSAYO : Método de ensayo normalizado para la determinación cuantitativa de sulfatos solubles en suelos y agua subterránea.
NORMA : NTP 339.178:2002

SULFATOS SOLUBLES (NTP 339.178 / AASHTO T290)				PROM
VOLUMEN DE AGUA DESTILADA	(ml)	300	300	
PESO DE SUELO SECO	(g)	100	100	
PESO DEL CRISOL	(g)	94.25	94.25	
PESO DEL CRISOL + RESIDUO DE SULFATOS	(g)	94.25	94.25	
PESO DE RESIDUO DE SULFATOS	(g)	0.0027	0.0027	109.5
VOLUMEN DE LA SOLUCION TOMADA	(ml)	30.4	30.2	
PESO DE LA MUESTRA EN VOLUMEN DE SOLUCION	(g)	10.13	10.07	
CONCENTRACIÓN DE IÓN SULFATO	(p.p.m.)	109.0	109.9	
CONCENTRACIÓN DE IÓN SULFATO	(%)	0.0109	0.0110	

ENSAYO : Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros solubles en suelos y agua subterránea.
NORMA : NTP 339.178:2002

CLORUROS SOLUBLES (NTP 339.178 / AASHTO T290)				PROM
VOLUMEN DE AGUA DESTILADA	(ml)	300	300	
PESO DE SUELO SECO	(g)	100	100	
VOLUMEN DE SOLUCION TOMADA	(ml)	30	30	
TITULACION DE LA SOLUCION DE NITRATO DE PLATA	(T)	1	1	
CONSUMO DE SOLUCION DE NITRATO DE PLATA	(ml)	20.5	20.2	
PESO DE MUESTRA EN VOLUMEN DE SOLUCIÓN	(g)	30	30	671.8
CONTENIDO DE CLORUROS	(p.p.m.)	677	667	
CONTENIDO DE CLORUROS	(%)	0.0677	0.0667	
pH DE ENSAYO	---	7.7	7.7	

FIRMA TÉCNICO DE LABORATORIO Y TESISTA

TÉCNICO	TESISTA
JORGE M. LLICAN JACINTO LABORATORISTA	

Ensayos de contenido de sales solubles, sulfatos solubles y cloruros solubles en agregado grueso reciclado (confitillo)

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA, INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

Solicitante : Bernilla Rufasto José Fernando
Tesis : Propuestas de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.
Fecha de Inicio de Ensayo : miércoles, 29 de Noviembre de 2023
Fecha de Fin de Ensayo : miércoles, 13 de Marzo de 2024

ENSAYO DE AGREGADO GRUESO RECICLADO (CONFITILLO)

ENSAYO : Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y agua subterránea.
NORMA : NTP 339.152:2002

SALES SOLUBLES TOTALES (NTP 339.152)				PROM
RELACION DE MEZCLA SUELO - AGUA DESTILADA	---	3.00		1488.1
Nº DE MUESTRA	---	M1	M2	
MASA DEL RECIPIENTE	(g)	101.278	101.278	
MASA DEL RECIPIENTE + RESIDUOS DE SALES	(g)	101.328	101.328	
PESO DEL RESIDUO DE SALES	(g)	0.0498	0.0499	
VOLUMEN DE SOLUCION TOMADA	(ml)	100.4	100.6	
CONSTITUYENTES DE SALES SOLUBLES EN MUESTRA	(p.p.m.)	1488	1488	
CONSTITUYENTES DE SALES SOLUBLES EN MUESTRA	(%)	0.149	0.149	

ENSAYO : Método de ensayo normalizado para la determinación cuantitativa de sulfatos solubles en suelos y agua subterránea.
NORMA : NTP 339.178:2002

SULFATOS SOLUBLES (NTP 339.178 / AASHTO T290)				PROM
VOLUMEN DE AGUA DESTILADA	(ml)	300	300	121.8
PESO DE SUELO SECO	(g)	100	100	
PESO DEL CRISOL	(g)	94.25	94.25	
PESO DEL CRISOL + RESIDUO DE SULFATOS	(g)	94.25	94.25	
PESO DE RESIDUO DE SULFATOS	(g)	0.0029	0.0030	
VOLUMEN DE LA SOLUCION TOMADA	(ml)	30.4	30.2	
PESO DE LA MUESTRA EN VOLUMEN DE SOLUCION	(g)	10.13	10.07	
CONCENTRACIÓN DE IÓN SULFATO	(p.p.m.)	119.7	123.9	
CONCENTRACIÓN DE IÓN SULFATO	(%)	0.0120	0.0124	

ENSAYO : Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros solubles en suelos y agua subterránea.
NORMA : NTP 339.178:2002

CLORUROS SOLUBLES (NTP 339.178 / AASHTO T290)				PROM
VOLUMEN DE AGUA DESTILADA	(ml)	300	300	751.7
PESO DE SUELO SECO	(g)	100	100	
VOLUMEN DE SOLUCION TOMADA	(ml)	30	30	
TITULACION DE LA SOLUCION DE NITRATO DE PLATA	(T)	1	1	
CONSUMO DE SOLUCION DE NITRATO DE PLATA	(ml)	22.4	23.1	
PESO DE MUESTRA EN VOLUMEN DE SOLUCIÓN	(g)	30	30	
CONTENIDO DE CLORUROS	(p.p.m.)	740	763	
CONTENIDO DE CLORUROS	(%)	0.0740	0.0763	
pH DE ENSAYO	---	7.7	7.7	

FIRMA TÉCNICO DE LABORATORIO Y TESISTA

TÉCNICO

JORGE M. LLICAN JACINTO
LABORATORISTA

TESISTA

Diseño de Mezcla Patrón

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesista : Bernilla Rufasto José Fernando
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.

DISEÑO DE MEZCLA FINAL PARA ADOQUINES f'c = 380 kg/cm^2

CEMENTO:

1.- Tipo de cemento : Cemento Pórtland para Prefabricados (MS)
2.- Peso específico : 3150 Kg/m^3

AGREGADOS :

Agregado fino :

Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

1.- Peso específico de masa	2.61 gr/cm^3
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.63 gr/cm^3
3.- Peso unitario suelto	1550.67 Kg/m^3
4.- Peso unitario compactado	1729.40 Kg/m^3
5.- % de absorción	1.23 %
6.- Contenido de humedad	0.66 %
7.- Módulo de fineza	2.922

Agregado grueso :

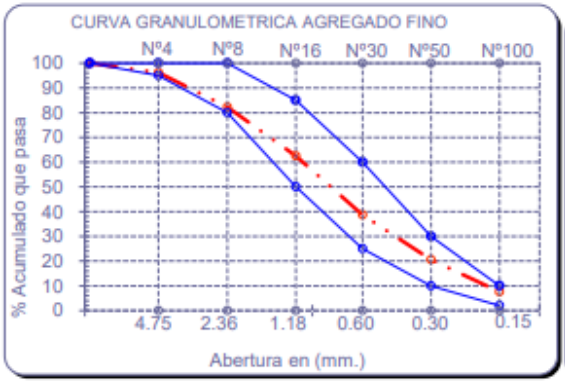
Cantera : Confitillo-Tres Tomas

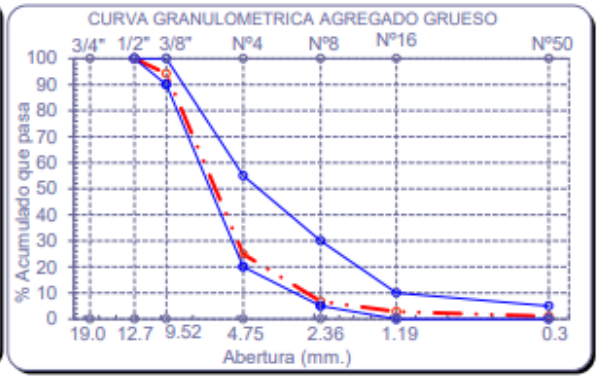
1.- Peso específico de masa	2.09 gr/cm^3
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.11 gr/cm^3
3.- Peso unitario suelto	1368.65 Kg/m^3
4.- Peso unitario compactado	1502.10 Kg/m^3
5.- % de absorción	1.12 %
6.- Contenido de humedad	0.19 %
7.- Tamaño máximo	1/2" Pulg.
8.- Tamaño máximo nominal	3/8" Pulg.

Granulometría :

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.0	100.0
Nº 04	3.8	96.2
Nº 08	14.0	82.3
Nº 16	19.7	62.5
Nº 30	23.8	38.7
Nº 50	18.1	20.6
Nº 100	13.0	7.6
Fondo	7.6	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/4"	0.0	100.0
1/2"	0.0	100.0
3/8"	5.7	94.3
Nº4	69.3	24.9
Nº8	18.1	6.8
Nº16	3.9	2.9
Nº50	1.9	1.0
FONDO	1.0	0.0





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesista : Bernilla Rufasto José Fernando

Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental

Tesisis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.

DISEÑO DE MEZCLA FINAL PARA ADOQUINES f'c = 380 kg/cm^2

Resultados del diseño de mezcla :

Factor cemento por M^3 de concreto : 12.6 bolsas/m^3

Relación agua cemento de diseño : 0.362

Relación a/c por durabilidad: en condiciones severas o muy severas es: **0.45**
Se elige la menor: Entonces el diseño se realiza por resistencia, dado que la relación **a/c=0.362**

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	534.1 Kg/m^3	: Cemento Pórtland para Prefabricados (MS)
Agua	203.85 L	: Agua Potable de la Zona.
Agregado fino	749.39 Kg/m^3	: Cantera La Victoria-Pátapo.
Agregado grueso	673.98 Kg/m^3	: Confitillo-Tres Tomas

Proporción en peso :

Cemento	Arena	Piedra	Agua	
1.00	1.40	1.26	16.22	Lts/pie^3

Proporción en volumen :

Cemento	Arena	Piedra	Agua	
1.00	1.36	1.38	16.22	Lts/pie^3

Cantidad de materiales :

Cantidad de Adoquines a elaborar: 24.0 Und

Volumen de Adoquines (20cm x 10cm x 8cm): 0.0016 m3

Materiales	Pesos (kg/m3)	V total (m3)	Peso Total (kg)
Cemento	534.116	0.0384	20.51
Ag Fino	749.39	0.0384	28.78
Ag Grueso	674.0	0.0384	25.88
Agua	203.85	0.0384	7.83



Diseño de Mezcla con 5% CDA

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesista : Bernilla Rufasto José Fernando
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.

DISEÑO DE MEZCLA FINAL PARA ADOQUINES f'c = 380 kg/cm^2

CEMENTO:
1.- Tipo de cemento : Cemento Pórtland para Prefabricados (MS)
2.- Peso específico : 3150 Kg/m^3

CENIZAS:
1.- Peso específico de CDA : 2480 Kg/m^3

AGREGADOS :

Agregado fino :
Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

1.- Peso específico de masa	2.61 gr/cm^3
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.63 gr/cm^3
3.- Peso unitario suelto	1550.67 Kg/m^3
4.- Peso unitario compactado	1729.40 Kg/m^3
5.- % de absorción	1.23 %
6.- Contenido de humedad	0.66 %
7.- Módulo de fineza	2.922

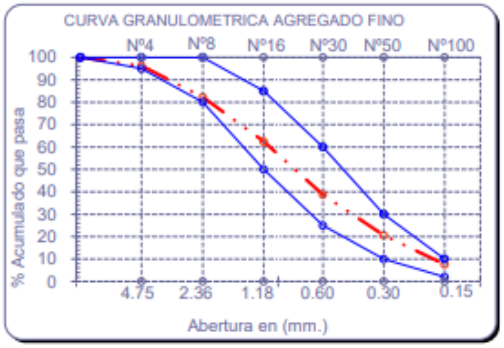
Agregado grueso :
Cantera : Confitillo-Tres Tomas

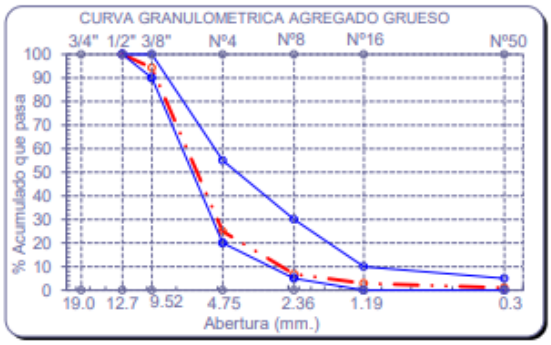
1.- Peso específico de masa	2.09 gr/cm^3
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.11 gr/cm^3
3.- Peso unitario suelto	1368.65 Kg/m^3
4.- Peso unitario compactado	1502.10 Kg/m^3
5.- % de absorción	1.12 %
6.- Contenido de humedad	0.19 %
7.- Tamaño máximo	1/2" Pulg.
8.- Tamaño máximo nominal	3/8" Pulg.

Granulometría :

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.0	100.0
Nº 04	3.8	96.2
Nº 08	14.0	82.3
Nº 16	19.7	62.5
Nº 30	23.8	38.7
Nº 50	18.1	20.6
Nº 100	13.0	7.6
Fondo	7.6	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/4"	0.0	100.0
1/2"	0.0	100.0
3/8"	5.7	94.3
Nº4	69.3	24.9
Nº8	18.1	6.8
Nº16	3.9	2.9
Nº50	1.9	1.0
FONDO	1.0	0.0





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesista : Bernilla Rufasto José Fernando
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.

DISEÑO DE MEZCLA FINAL PARA ADOQUINES f'c = 380 kg/cm^2

Resultados del diseño de mezcla :

Factor cemento por M^3 de concreto : 11.9 bolsas/m^3
Relación agua cemento de diseño : 0.362

Relación a/c por durabilidad: en condiciones severas o muy severas es: **0.45**
Se elige la menor: Entonces el diseño se realiza por resistencia, dado que la relación **a/c=0.362**

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	507.4 Kg/m^3	: Cemento Pórtland para Prefabricados (MS)
Ceniza	26.71 Kg/m^3	: Ceniza de aserrín (CDA)
Agua	203.82 L	: Agua Potable de la Zona.
Agregado fino	743.38 Kg/m^3	: Cantera La Victoria-Pátapo.
Agregado grueso	673.98 Kg/m^3	: Confitillo-Tres Tomas

Proporción en peso :

Cemento	Arena	Piedra	Agua	
1.00	1.39	1.26	16.22	Lts/pie^3

Proporción en volumen :

Cemento	Arena	Piedra	Agua	
1.00	1.35	1.38	16.22	Lts/pie^3

Cantidad de materiales :

Cantidad de Adoquines a elaborar: 24.0 Und
Volumen de Adoquines (20cm x 10cm x 8cm): 0.0016 m3

Materiales	Pesos (kg/m3)	V total (m3)	Peso Total (kg)
Cemento	507.410	0.0384	19.48
Ceniza	26.706	0.0384	1.03
Ag Fino	743.38	0.0384	28.55
Ag Grueso	674.0	0.0384	25.88
Agua	203.82	0.0384	7.83

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

Diseño de Mezcla con 10% CDA

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesista : Bernilla Rufasto José Fernando

Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental

Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.

DISEÑO DE MEZCLA FINAL PARA ADOQUINES f'c = 380 kg/cm^2

CEMENTO:

1.- Tipo de cemento : Cemento Pórtland para Prefabricados (MS)
2.- Peso específico : 3150 Kg/m^3

CENIZAS:

1.- Peso específico de CDA : 2480 Kg/m^3

AGREGADOS :

Agregado fino :

Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

1.- Peso específico de masa	2.61 gr/cm^3
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.63 gr/cm^3
3.- Peso unitario suelto	1550.67 Kg/m^3
4.- Peso unitario compactado	1729.40 Kg/m^3
5.- % de absorción	1.23 %
6.- Contenido de humedad	0.66 %
7.- Módulo de fineza	2.922

Agregado grueso :

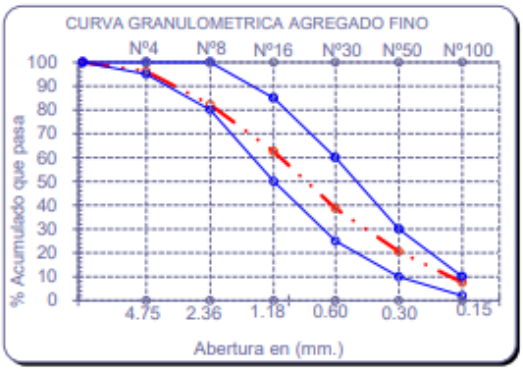
Cantera : Confitillo-Tres Tomas

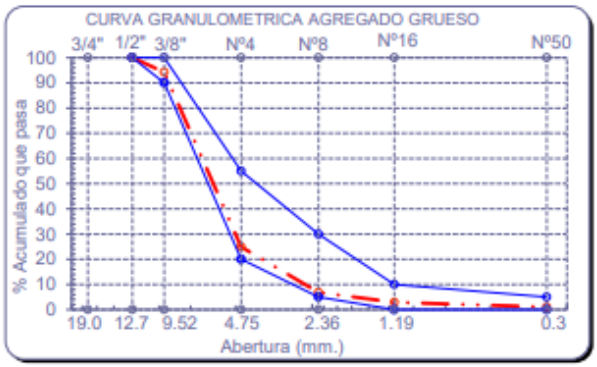
1.- Peso específico de masa	2.09 gr/cm^3
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.11 gr/cm^3
3.- Peso unitario suelto	1368.65 Kg/m^3
4.- Peso unitario compactado	1502.10 Kg/m^3
5.- % de absorción	1.12 %
6.- Contenido de humedad	0.19 %
7.- Tamaño máximo	1/2" Pulg.
8.- Tamaño máximo nominal	3/8" Pulg.

Granulometría :

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.0	100.0
N° 04	3.8	96.2
N° 08	14.0	82.3
N° 16	19.7	62.5
N° 30	23.8	38.7
N° 50	18.1	20.6
N° 100	13.0	7.6
Fondo	7.6	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/4"	0.0	100.0
1/2"	0.0	100.0
3/8"	5.7	94.3
N°4	69.3	24.9
N°8	18.1	6.8
N°16	3.9	2.9
N°50	1.9	1.0
FONDO	1.0	0.0





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesista : Bernilla Rufasto José Fernando
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.

DISEÑO DE MEZCLA FINAL PARA ADOQUINES f'c = 380 kg/cm^2

Resultados del diseño de mezcla :

Factor cemento por M^3 de concreto : 11.31 bolsas/m^3
Relación agua cemento de diseño : 0.362

Relación a/c por durabilidad: en condiciones severas o muy severas es: **0.45**
Se elige la menor: Entonces el diseño se realiza por resistencia, dado que la relación **a/c=0.362**

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	480.7	Kg/m^3	: Cemento Pórtland para Prefabricados (MS)
Ceniza	53.41	Kg/m^3	: Ceniza de aserrín (CDA)
Agua	203.78	L	: Agua Potable de la Zona.
Agregado fino	737.36	Kg/m^3	: Cantera La Victoria-Pátapo.
Agregado grueso	673.98	Kg/m^3	: Confitillo-Tres Tomas

Proporción en peso :

Cemento	Arena	Piedra	Agua	
1.00	1.38	1.26	16.22	Lts/pie^3

Proporción en volumen :

Cemento	Arena	Piedra	Agua	
1.00	1.34	1.38	16.22	Lts/pie^3

Cantidad de materiales :

Cantidad de Adoquines a elaborar: 24.0 Und
Volumen de Adoquines (20cm x 10cm x 8cm): 0.0016 m3

Materiales	Pesos (kg/m3)	V total (m3)	Peso Total (kg)
Cemento	480.704	0.0384	18.46
Ceniza	53.412	0.0384	2.05
Ag Fino	737.36	0.0384	28.31
Ag Grueso	674.0	0.0384	25.88
Agua	203.78	0.0384	7.83

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

Diseño de Mezcla con 15% CDA

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Pag. 1 de 2

Tesista : Bernilla Rufasto José Fernando

Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental

Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.

DISEÑO DE MEZCLA FINAL PARA ADOQUINES f'c = 380 kg/cm^2

CEMENTO:

1.- Tipo de cemento : Cemento Pórtland para Prefabricados (MS)
2.- Peso específico : 3150 Kg/m^3

CENIZAS:

1.- Peso específico de CDA : 2480 Kg/m^3

AGREGADOS :

Agregado fino :

Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

1.- Peso específico de masa	2.61 gr/cm^3
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.63 gr/cm^3
3.- Peso unitario suelto	1550.67 Kg/m^3
4.- Peso unitario compactado	1729.40 Kg/m^3
5.- % de absorción	1.23 %
6.- Contenido de humedad	0.66 %
7.- Módulo de fineza	2.922

Agregado grueso :

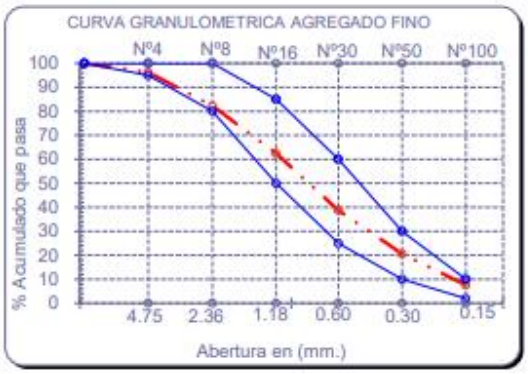
Cantera : Confitillo-Tres Tomas

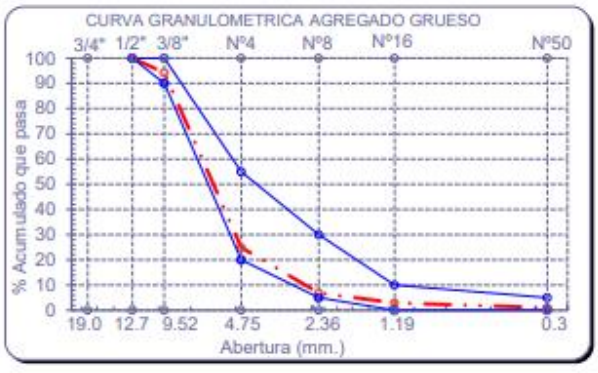
1.- Peso específico de masa	2.09 gr/cm^3
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.11 gr/cm^3
3.- Peso unitario suelto	1368.65 Kg/m^3
4.- Peso unitario compactado	1502.10 Kg/m^3
5.- % de absorción	1.12 %
6.- Contenido de humedad	0.19 %
7.- Tamaño máximo	1/2" Pulg.
8.- Tamaño máximo nominal	3/8" Pulg.

Granulometría :

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.0	100.0
Nº 04	3.8	96.2
Nº 08	14.0	82.3
Nº 16	19.7	62.5
Nº 30	23.8	38.7
Nº 50	18.1	20.6
Nº 100	13.0	7.6
Fondo	7.6	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/4"	0.0	100.0
1/2"	0.0	100.0
3/8"	5.7	94.3
Nº4	69.3	24.9
Nº8	18.1	6.8
Nº16	3.9	2.9
Nº50	1.9	1.0
FONDO	1.0	0.0





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesista : Bernilla Rufasto José Fernando

Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental

Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.

DISEÑO DE MEZCLA FINAL PARA ADOQUINES f'c = 380 kg/cm^2

Resultados del diseño de mezcla :

Factor cemento por M^3 de concreto : 10.68 bolsas/m^3

Relación agua cemento de diseño : 0.362

Relación a/c por durabilidad: en condiciones severas o muy severas es: **0.45**
Se elige la menor: Entonces el diseño se realiza por resistencia, dado que la relación **a/c=0.362**

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	454.0 Kg/m^3	: Cemento Pórtland para Prefabricados (MS)
Ceniza	80.12 Kg/m^3	: Ceniza de aserrín (CDA)
Agua	203.75 L	: Agua Potable de la Zona.
Agregado fino	731.34 Kg/m^3	: Cantera La Victoria-Pátapo.
Agregado grueso	673.98 Kg/m^3	: Confitillo-Tres Tomas

Proporción en peso :

Cemento	Arena	Piedra	Agua	
1.00	1.37	1.26	16.21	Lts/pie^3

Proporción en volumen :

Cemento	Arena	Piedra	Agua	
1.00	1.33	1.38	16.21	Lts/pie^3

Cantidad de materiales :

Cantidad de Adoquines a elaborar: 24.0 Und

Volumen de Adoquines (20cm x 10cm x 8cm): 0.0016 m3

Materiales	Pesos (kg/m3)	V total (m3)	Peso Total (kg)
Cemento	453.999	0.0384	17.43
Ceniza	80.117	0.0384	3.08
Ag Fino	731.34	0.0384	28.08
Ag Grueso	674.0	0.0384	25.88
Agua	203.75	0.0384	7.82

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

Diseño de Mezcla (f`c= 380 kg/cm2)

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesista : Bernilla Rufasto José Fernando
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.

DISEÑO DE MEZCLA FINAL PARA ADOQUINES f'c = 380 kg/cm^2

CEMENTO:
1.- Tipo de cemento : Cemento Pórtland para Prefabricados (MS)
2.- Peso específico : 3150 Kg/m^3

CENIZAS:
1.- Peso específico de CDA : 2480 Kg/m^3

AGREGADOS :

Agregado fino :
Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

1.- Peso específico de masa	2.61 gr/cm^3
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.63 gr/cm^3
3.- Peso unitario suelto	1550.67 Kg/m^3
4.- Peso unitario compactado	1729.40 Kg/m^3
5.- % de absorción	1.23 %
6.- Contenido de humedad	0.66 %
7.- Módulo de fineza	2.922

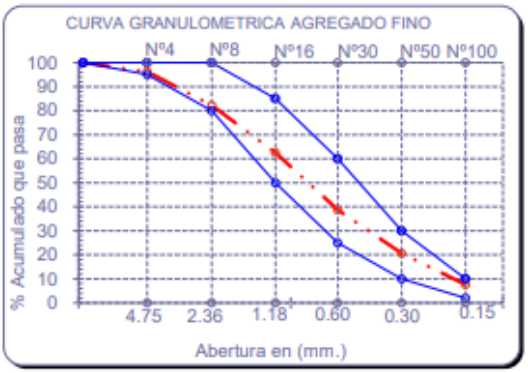
Agregado grueso :
Cantera : Confitillo-Tres Tomas

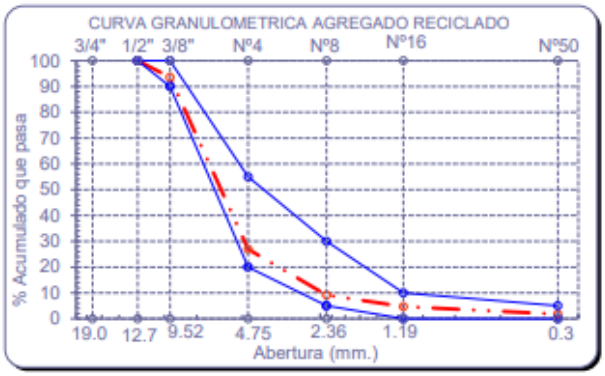
1.- Peso específico de masa	2.10 gr/cm^3
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.16 gr/cm^3
3.- Peso unitario suelto	1244.33 Kg/m^3
4.- Peso unitario compactado	1332.50 Kg/m^3
5.- % de absorción	2.90 %
6.- Contenido de humedad	0.26 %
7.- Tamaño máximo	1/2" Pulg.
8.- Tamaño máximo nominal	3/8" Pulg.

Granulometría :

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.0	100.0
Nº 04	3.8	96.2
Nº 08	14.0	82.3
Nº 16	19.7	62.5
Nº 30	23.8	38.7
Nº 50	18.1	20.6
Nº 100	13.0	7.6
Fondo	7.6	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/4"	0.0	100.0
1/2"	0.0	100.0
3/8"	6.4	93.6
Nº4	66.6	26.9
Nº8	17.8	9.1
Nº16	4.4	4.7
Nº50	2.9	1.8
FONDO	1.7	0.0





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Tesista : Bernilla Rufasto José Fernando
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.

DISEÑO DE MEZCLA FINAL PARA ADOQUINES f'c = 380 kg/cm^2

Resultados del diseño de mezcla :

Factor cemento por M^3 de concreto : 11.9 bolsas/m^3
Relación agua cemento de diseño : 0.362

Relación a/c por durabilidad: en condiciones severas o muy severas es: **0.45**
Se elige la menor: Entonces el diseño se realiza por resistencia, dado que la relación **a/c=0.362**

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	507.4 Kg/m^3	: Cemento Pórtland para Prefabricados (MS)
Ceniza	26.71 Kg/m^3	: Ceniza de aserrín (CDA)
Agua	213.94 L	: Agua Potable de la Zona.
Agregado fino	842.30 Kg/m^3	: Cantera La Victoria-Pátapo.
Agregado grueso	598.29 Kg/m^3	: Confitillo-concreto reciclado

Proporción en peso :

Cemento	Arena	Piedra	Agua	
1.00	1.58	1.12	17.02	Lts/pie^3

Proporción en volumen :

Cemento	Arena	Piedra	Agua	
1.00	1.53	1.35	17.02	Lts/pie^3

Cantidad de materiales :

Cantidad de Adoquines a elaborar: 24.0 Und
Volumen de Adoquines (20cm x 10cm x 8cm): 0.0016 m3

Materiales	Pesos (kg/m3)	V total (m3)	Peso Total (kg)
Cemento	507.410	0.0384	19.48
Ceniza	26.706	0.0384	1.03
Ag Fino	842.30	0.0384	32.34
Ag Grueso	598.29	0.0384	22.97
Agua	213.94	0.0384	8.22

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

Diseño de Mezcla (f`c= 400 kg/cm2)

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesista : Bernilla Rufasto José Fernando

Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental

Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.

DISEÑO DE MEZCLA FINAL PARA ADOQUINES f'c = 400 kg/cm^2

CEMENTO:

1.- Tipo de cemento : Cemento Pórtland para Prefabricados (MS)

2.- Peso específico : 3150 Kg/m^3

CENIZAS:

1.- Peso específico de CDA : 2480 Kg/m^3

AGREGADOS :

Agregado fino :

Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

1.- Peso específico de masa	2.61 gr/cm^3
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.63 gr/cm^3
3.- Peso unitario suelto	1550.67 Kg/m^3
4.- Peso unitario compactado	1729.40 Kg/m^3
5.- % de absorción	1.23 %
6.- Contenido de humedad	0.66 %
7.- Módulo de fineza	2.922

Agregado grueso :

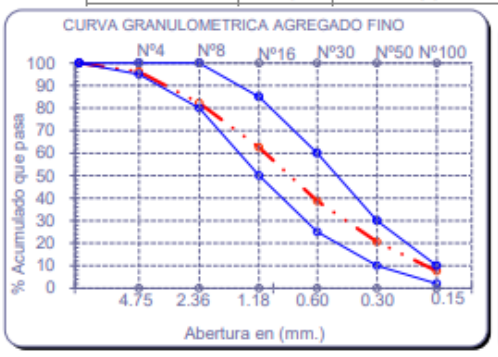
Cantera : Confitillo-Tres Tomas

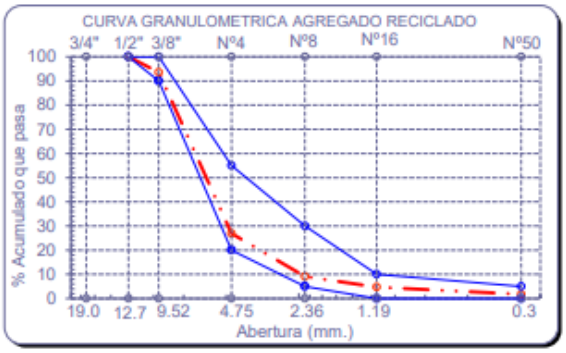
1.- Peso específico de masa	2.10 gr/cm^3
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.16 gr/cm^3
3.- Peso unitario suelto	1244.33 Kg/m^3
4.- Peso unitario compactado	1332.50 Kg/m^3
5.- % de absorción	2.90 %
6.- Contenido de humedad	0.26 %
7.- Tamaño máximo	1/2" Pulg.
8.- Tamaño máximo nominal	3/8" Pulg.

Granulometría :

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.0	100.0
Nº 04	3.8	96.2
Nº 08	14.0	82.3
Nº 16	19.7	62.5
Nº 30	23.8	38.7
Nº 50	18.1	20.6
Nº 100	13.0	7.6
Fondo	7.6	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/4"	0.0	100.0
1/2"	0.0	100.0
3/8"	6.4	93.6
Nº4	66.6	26.9
Nº8	17.8	9.1
Nº16	4.4	4.7
Nº50	2.9	1.8
FONDO	1.7	0.0





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesista : Bernilla Rufasto José Fernando
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.

DISEÑO DE MEZCLA FINAL PARA ADOQUINES f'c = 400 kg/cm^2

Resultados del diseño de mezcla :

Relación a/c por durabilidad: en condiciones severas o muy severas es: **0.45**
Se elige la menor: Entonces el diseño se realiza por resistencia, dado que la relación **a/c=0.340**

Factor cemento por M^3 de concreto : 12.7 bolsas/m^3
Relación agua cemento de diseño : 0.340
Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	540.2 Kg/m^3	: Cemento Pórtland para Prefabricados (MS)
Ceniza	28.43 Kg/m^3	: Ceniza de aserrín (CDA)
Agua	213.77 L	: Agua Potable de la Zona.
Agregado fino	813.09 Kg/m^3	: Cantera La Victoria-Pátapo.
Agregado grueso	598.29 Kg/m^3	: Confitillo-concreto reciclado

Proporción en peso :

Cemento	Arena	Piedra	Agua	
1.00	1.43	1.05	15.98	Lts/pie^3

Proporción en volumen :

Cemento	Arena	Piedra	Agua	
1.00	1.38	1.27	15.98	Lts/pie^3

Cantidad de materiales :

Cantidad de Adoquines a elaborar: 24.0 Und
Volumen de Adoquines (20cm x 10cm x 8cm): 0.0016 m3

Materiales	Pesos (kg/m3)	V total (m3)	Peso Total (kg)
Cemento	540.243	0.0384	20.75
Ceniza	28.434	0.0384	1.09
Ag Fino	813.09	0.0384	31.22
Ag Grueso	598.29	0.0384	22.97
Agua	213.77	0.0384	8.21

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

Diseño de Mezcla (f`c= 420 kg/cm2)

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesista : Bernilla Rufasto José Fernando
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.

DISEÑO DE MEZCLA FINAL PARA ADOQUINES f'c = 420 kg/cm^2

CEMENTO:
1.- Tipo de cemento : Cemento Pórtland para Prefabricados (MS)
2.- Peso específico : 3150 Kg/m^3

CENIZAS:
1.- Peso específico de CDA : 2480 Kg/m^3

AGREGADOS :

Agregado fino :
Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

1.- Peso específico de masa	2.61 gr/cm^3
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.63 gr/cm^3
3.- Peso unitario suelto	1550.67 Kg/m^3
4.- Peso unitario compactado	1729.40 Kg/m^3
5.- % de absorción	1.23 %
6.- Contenido de humedad	0.66 %
7.- Módulo de fineza	2.922

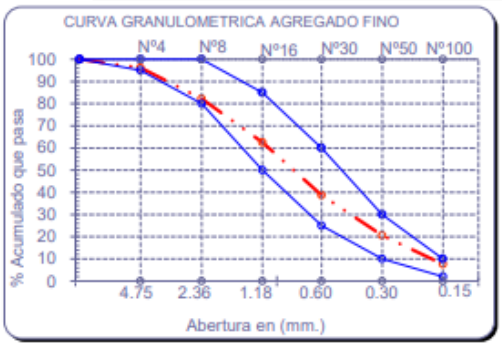
Agregado grueso :
Cantera : Confitillo-Tres Tomas

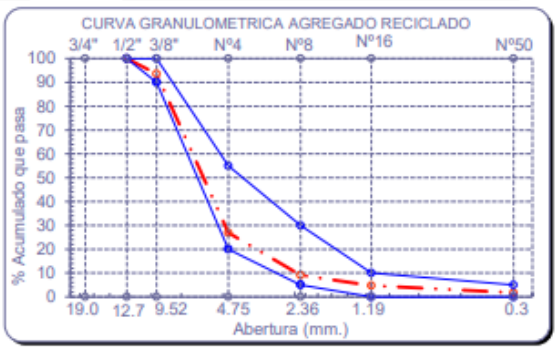
1.- Peso específico de masa	2.10 gr/cm^3
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.16 gr/cm^3
3.- Peso unitario suelto	1244.33 Kg/m^3
4.- Peso unitario compactado	1332.50 Kg/m^3
5.- % de absorción	2.90 %
6.- Contenido de humedad	0.26 %
7.- Tamaño máximo	1/2" Pulg.
8.- Tamaño máximo nominal	3/8" Pulg.

Granulometría :

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.0	100.0
Nº 04	3.8	96.2
Nº 08	14.0	82.3
Nº 16	19.7	62.5
Nº 30	23.8	38.7
Nº 50	18.1	20.6
Nº 100	13.0	7.6
Fondo	7.6	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/4"	0.0	100.0
1/2"	0.0	100.0
3/8"	6.4	93.6
Nº4	66.6	26.9
Nº8	17.8	9.1
Nº16	4.4	4.7
Nº50	2.9	1.8
FONDO	1.7	0.0





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesista : Bernilla Rufasto José Fernando
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.

DISEÑO DE MEZCLA FINAL PARA ADOQUINES f'c = 420 kg/cm^2

Resultados del diseño de mezcla :

Relación a/c por durabilidad: en condiciones severas o muy severas es: **0.45**
Se elige la menor: Entonces el diseño se realiza por resistencia, dado que la relación **a/c=0.318**

Factor cemento por M^3 de concreto : 13.6 bolsas/m^3
Relación agua cemento de diseño : 0.318
Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	577.6 Kg/m^3	: Cemento Pórtland para Prefabricados (MS)
Ceniza	30.40 Kg/m^3	: Ceniza de aserrín (CDA)
Agua	213.59 L	: Agua Potable de la Zona.
Agregado fino	779.83 Kg/m^3	: Cantera La Victoria-Pátapo.
Agregado grueso	598.29 Kg/m^3	: Confitillo-concreto reciclado

Proporción en peso :

Cemento	Arena	Piedra	Agua	
1.00	1.28	0.98	14.93	Lts/pie^3

Proporción en volumen :

Cemento	Arena	Piedra	Agua	
1.00	1.24	1.19	14.93	Lts/pie^3

Cantidad de materiales :

Cantidad de Adoquines a elaborar: 24.0 Und
Volumen de Adoquines (20cm x 10cm x 8cm): 0.0016 m3

Matiales	Pesos (kg/m3)	V total (m3)	Peso Total (kg)
Cemento	577.618	0.0384	22.18
Ceniza	30.401	0.0384	1.17
Ag Fino	779.83	0.0384	29.95
Ag Grueso	598.3	0.0384	22.97
Agua	213.59	0.0384	8.20

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

Elaboración de Adoquines











Adoquines en estado endurecido









Ensayo de Resistencia a la Compresión



Medición del adoquín para sacar el área.
Fuente: propia



Resistencia a la compresión de un adoquín.
Fuente: propia



Resistencia a la compresión de un adoquín.
Fuente: propia



Resistencia a la compresión de un adoquín.
Fuente: propia



Rotura de adoquín. Fuente: propia



Resistencia a la compresión de un adoquín. Fuente: propia



Resistencia a la compresión de un adoquín. Fuente: propia



Resistencia a la compresión de un adoquín. Fuente: propia

Resultados de ensayo

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Bernilla Rufasto José Fernando
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 07 de Octubre del 2022

Norma : NTP. 399.604
Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto
Ensayo : Resistencia a la compresión

Muestra Nº	Denominación ó descripción de especimenes	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	Carga kg	Área cm2	f'c kg/cm²	f'c Promedio kg/cm²
01	ADOQUIN 380 kg/cm2 + 0% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	16/09/2022	7	51960	199.8	260.06	
02	ADOQUIN 380 kg/cm2 + 0% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	16/09/2022	7	53670	199.3	269.29	255.96
03	ADOQUIN 380 kg/cm2 + 0% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	16/09/2022	7	48180	202.0	238.51	
04	ADOQUIN 380 kg/cm2 + 0% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	23/09/2022	14	63780	199.9	319.06	
05	ADOQUIN 380 kg/cm2 + 0% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	23/09/2022	14	63230	201.8	313.33	313.68
06	ADOQUIN 380 kg/cm2 + 0% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	23/09/2022	14	62040	201.0	308.66	
07	ADOQUIN 380 kg/cm2 + 0% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	07/10/2022	28	77940	199.1	391.46	
08	ADOQUIN 380 kg/cm2 + 0% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	07/10/2022	28	77580	200.1	387.71	386.34
09	ADOQUIN 380 kg/cm2 + 0% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	07/10/2022	28	76880	202.4	379.85	

OBSERVACIONES :
- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

FIRMA TÉCNICO DE LABORATORIO Y TESISTA

TÉCNICO	TESISTA
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES USAT TÉCNICO DE LABORATORIO	

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Bernilla Rufasto José Fernando

Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental

Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

Fecha de ensayo : Chiclayo, 07 de Octubre del 2022

Norma : NTP. 399.604
Título :UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto
Ensayo : Resistencia a la compresión

Muestra N°	Denominación ó descripción de especímenes	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	Carga kg	Área cm2	f'c kg/cm^2	f'c Promedio kg/cm^2
01	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 5% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	16/09/2022	7	53020	201.0	263.78	
02	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 5% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	16/09/2022	7	54480	199.8	272.67	270.69
03	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 5% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	16/09/2022	7	55011	199.6	275.61	
04	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 5% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	23/09/2022	14	59540	199.6	298.30	
05	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 5% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	23/09/2022	14	66461	202.0	329.01	320.66
06	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 5% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	23/09/2022	14	67101	200.5	334.67	
07	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 5% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	07/10/2022	28	77891	199.6	390.24	
08	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 5% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	07/10/2022	28	76940	199.5	385.66	389.52
09	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 5% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	07/10/2022	28	78218	199.2	392.66	

OBSERVACIONES :
- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

FIRMA TÉCNICO DE LABORATORIO Y TESISTA

TÉCNICO	TESISTA
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES USAT TÉCNICO DE LABORATORIO	

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Bernilla Rufasto José Fernando
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 07 de Octubre del 2022

Norma : NTP. 399.604
Título :UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto
Ensayo : Resistencia a la compresión

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	Carga kg	Área cm2	f'c kg/cm^2	f'c Promedio kg/cm^2
01	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 10% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	16/09/2022	7	52320	199.1	262.78	260.75
02	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 10% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	16/09/2022	7	51800	200.0	259.00	
03	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 10% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	16/09/2022	7	52043	199.8	260.48	
04	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 10% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	23/09/2022	14	66970	200.3	334.35	317.71
05	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 10% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	23/09/2022	14	62531	200.4	312.03	
06	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 10% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	23/09/2022	14	61531	200.6	306.74	
07	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 10% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	07/10/2022	28	77102	199.8	385.90	381.69
08	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 10% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	07/10/2022	28	76881	200.3	383.83	
09	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 10% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	07/10/2022	28	74991	199.8	375.33	

OBSERVACIONES :
- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

FIRMA TÉCNICO DE LABORATORIO Y TESISTA

TÉCNICO	TESISTA
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES USAT TÉCNICO DE LABORATORIO	

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Bernilla Rufasto José Fernando

Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental

Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

Fecha de ensayo : Chiclayo, 07 de Octubre del 2022

Norma : NTP. 399.604
Título :UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto
Ensayo : Resistencia a la compresión

Muestra Nº	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	Carga kg	Área cm2	f'c kg/cm^2	f'c Promedio kg/cm^2
01	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 15% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	16/09/2022	7	49200	199.9	246.12	
02	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 15% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	16/09/2022	7	50610	200.1	252.92	251.07
03	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 15% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	16/09/2022	7	50680	199.4	254.16	
04	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 15% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	23/09/2022	14	60254	200.3	300.82	
05	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 15% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	23/09/2022	14	57020	199.9	285.24	297.72
06	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 15% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	23/09/2022	14	61541	200.4	307.09	
07	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 15% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	07/10/2022	28	75520	199.5	378.55	
08	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 15% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	07/10/2022	28	73991	199.8	370.33	374.24
09	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 15% DE CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	07/10/2022	28	74921	200.4	373.86	

OBSERVACIONES :
- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

FIRMA TÉCNICO DE LABORATORIO Y TESISTA

TÉCNICO	TESISTA
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES USAT TÉCNICO DE LABORATORIO	

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Bernilla Rufasto José Fernando
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 08 de Noviembre del 2022

Norma : NTP. 399.604
Título :UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto
Ensayo : Resistencia a la compresión

Muestra Nº	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	Carga kg	Área cm2	f'c kg/cm^2	f'c Promedio kg/cm^2
01	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	18/10/2022	7	30120	201.3	149.63	162.17
02	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	18/10/2022	7	33630	201.8	166.65	
03	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	18/10/2022	7	34167	200.7	170.24	
04	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	25/10/2022	14	46550	200.8	231.82	238.85
05	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	25/10/2022	14	48830	200.9	243.06	
06	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	25/10/2022	14	48167	199.3	241.68	
07	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	08/11/2022	28	55515	199.5	278.27	284.95
08	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	08/11/2022	28	60140	200.2	300.40	
09	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	08/11/2022	28	55211	199.9	276.19	

OBSERVACIONES :
- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

FIRMA TÉCNICO DE LABORATORIO Y TESISTA

TÉCNICO	TESISTA
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES USAT TÉCNICO DE LABORATORIO	

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Bernilla Rufasto José Fernando
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 08 de Noviembre del 2022

Norma : NTP. 399.604
Título :UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto
Ensayo : Resistencia a la compresión

Muestra Nº	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	Carga kg	Área cm2	f'c kg/cm^2	f'c Promedio kg/cm^2
01	ADOQUINES 400 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	18/10/2022	7	36030	199.5	180.60	172.33
02	ADOQUINES 400 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	18/10/2022	7	34180	200.8	170.22	
03	ADOQUINES 400 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	18/10/2022	7	33220	199.9	166.18	
04	ADOQUINES 400 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	25/10/2022	14	50130	199.8	250.90	251.83
05	ADOQUINES 400 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	25/10/2022	14	49130	200.5	245.04	
06	ADOQUINES 400 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	25/10/2022	14	51935	200.1	259.55	
07	ADOQUINES 400 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	08/11/2022	28	59579	199.9	298.04	291.74
08	ADOQUINES 400 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	08/11/2022	28	54610	200.1	272.91	
09	ADOQUINES 400 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	08/11/2022	28	60914	200.2	304.27	

OBSERVACIONES :
- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

FIRMA TÉCNICO DE LABORATORIO Y TESISTA

TÉCNICO	TESISTA
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES USAT TÉCNICO DE LABORATORIO	

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Bernilla Rufasto José Fernando
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Chiclayo, 08 de Noviembre del 2022

Norma : NTP. 399.604
Título :UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto

Muestra Nº	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	Carga kg	Área cm2	f'c kg/cm^2	f'c Promedio kg/cm^2
01	ADOQUINES 420 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	18/10/2022	7	38070	199.9	190.45	183.79
02	ADOQUINES 420 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	18/10/2022	7	34931	200.1	174.57	
03	ADOQUINES 420 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	18/10/2022	7	37160	199.4	186.36	
04	ADOQUINES 420 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	25/10/2022	14	54160	199.7	271.21	262.32
05	ADOQUINES 420 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	25/10/2022	14	48100	199.8	240.74	
06	ADOQUINES 420 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	25/10/2022	14	55031	200.1	275.02	
07	ADOQUINES 420 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	08/11/2022	28	60912	200.0	304.56	307.29
08	ADOQUINES 420 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	08/11/2022	28	62174	200.5	310.09	
09	ADOQUINES 420 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	08/11/2022	28	61413	199.9	307.22	

OBSERVACIONES :
- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

FIRMA TÉCNICO DE LABORATORIO Y TESISTA

TÉCNICO	TESISTA
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES USAT TÉCNICO DE LABORATORIO	

Ensayo de Resistencia a la Tracción por Flexión



Resistencia a la tracción por flexión de un adoquín. Fuente: propia



Resistencia a la tracción por flexión de un adoquín. Fuente: propia



Resistencia a la tracción por flexión de un adoquín. Fuente: propia

Resultados de ensayo

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Bernilla Rufasto José Fernado
Atención : Escuela de Ingenieria Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de presentación : Chiclayo, 08 de Noviembre del 2022

Norma : NTP. 339.124 / NTG 41087 h1
Título :MÉTODO DE ENSAYO. Determinación del módulo de ruptura de los adoquines de concreto.
Ensayo : Resistencia a la tracción por flexión

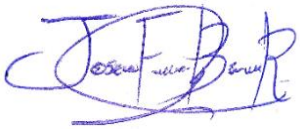
Muestra Nº	Denominación de Espécimen	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Carga (N)	Antigüedad del Espécimen	Módulo de Rotura (MPa)	Módulo de Rotura (Kg/cm2)	Módulo de Rotura (Kg/cm2) Promedio
01	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 0% CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	07/10/2022	16180.89	28	6.69	68.23	
02	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 0% CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	07/10/2022	16916.39	28	7.00	71.37	68.62
03	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 0% CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	07/10/2022	15700.37	28	6.50	66.27	
01	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 5% CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	07/10/2022	17848.01	28	7.43	75.79	
02	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 5% CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	07/10/2022	17063.48	28	6.97	71.06	71.43
03	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 5% CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	07/10/2022	16082.82	28	6.61	67.45	
01	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 10% CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	07/10/2022	15886.69	28	6.56	66.86	
02	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 10% CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	07/10/2022	15906.31	28	6.52	66.51	66.38
03	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 10% CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	07/10/2022	15700.37	28	6.45	65.78	
01	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 15% CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	07/10/2022	14955.07	28	6.18	63.00	
02	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 15% CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	07/10/2022	15886.69	28	6.52	66.53	63.53
03	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 15% CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	07/10/2022	14641.25	28	5.99	61.07	

FIRMA TÉCNICO DE LABORATORIO Y TESISTA

TÉCNICO



TESISTA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Bernilla Rufasto José Fernado
Atención : Escuela de Ingenieria Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de presentación : Chiclayo, 08 de Noviembre del 2022

Norma : NTP. 339.124 / NTG 41087 h1
Titulo :MÉTODO DE ENSAYO. Determinación del módulo de ruptura de los adoquines de concreto.
Ensayo : Resistencia a la tracción por flexión

Muestra Nº	Denominación de Espécimen	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Carga (N)	Antigüedad del Espécimen	Módulo de Rotura (MPa)	Módulo de Rotura (Kg/cm2))	Módulo de Rotura (Kg/cm2)) Promedio
01	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	08/11/2022	15102.164	28	5.75	58.64	52.48
02	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	08/11/2022	12454.382	28	4.76	48.53	
03	ADOQUÍN 380 kg/cm2 + 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	08/11/2022	12846.65	28	4.93	50.28	
01	ADOQUÍN 400 kg/cm2 + 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	08/11/2022	12944.712	28	4.98	50.74	56.46
02	ADOQUÍN 400 kg/cm2 + 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	08/11/2022	14856.999	28	5.69	57.98	
03	ADOQUÍN 400 kg/cm2 + 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	08/11/2022	15612.107	28	5.95	60.67	
01	ADOQUÍN 420 kg/cm2 + 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	08/11/2022	17063.484	28	6.56	66.85	62.20
02	ADOQUÍN 420 kg/cm2 + 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	08/11/2022	15298.296	28	5.71	58.26	
03	ADOQUÍN 420 kg/cm2 + 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	08/11/2022	16043.598	28	6.03	61.50	

FIRMA TÉCNICO DE LABORATORIO Y TESISTA

TÉCNICO

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

TESISTA

Resistencia a la abrasión



Máquina para ensayo de abrasión. Fuente: propia



Contacto del adoquín con el rodillo giratorio. Fuente: propia



Desgaste por abrasión del adoquín. Fuente: propia



Pesado para verificar la variación de pesos. Fuente: propia

Resultados de ensayo

LEMS W&C EIRL
RNP - Servicios S0608589
Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitud de Ensayo : **0710B-22/ LEMS W&C**
Solicitante : Bernilla Rufasto José Fernando
Proyecto / Obra : Tesis: "Propuestas de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.
Fecha de Ensayo : Viernes, 07 de Octubre del 2022.

ENSAYO : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

NORMA : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)	Promedio de desgaste (%)
M-1	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 0% DE CDA (PATRÓN)	09-Set	07-Oct	28	2	3	3517	3512	5.0	0.14	0.15
M-2		09-Set	07-Oct	28	2	3	3571	3566	5.0	0.14	
M-3		09-Set	07-Oct	28	2	3	3503	3497	6.0	0.17	

OBSERVACIONES :
- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL.
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 246984

LEMS W&C EIRL
RNP - Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitud de Ensayo : **0710B-22/ LEMS W&C**
Solicitante : Bernilla Rufasto José Fernando
Proyecto / Obra : Tesis: "Propuestas de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.
Fecha de Ensayo : Viernes, 07 de Octubre del 2022.

ENSAYO : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).
NORMA : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Masa inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)	Promedio de desgaste (%)
M-1	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 5% DE CDA	09-Set	07-Oct	28	2	3	3415	3411	4.0	0.12	0.12
M-2		09-Set	07-Oct	28	2	3	3497	3493	4.0	0.11	
M-3		09-Set	07-Oct	28	2	3	3438	3434	4.0	0.12	

OBSERVACIONES :
- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL.
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 246984

LEMS W&C EIRL
RNP - Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitud de Ensayo : **0710B-22/ LEMS W&C**
Solicitante : Bernilla Rufasto José Fernando
Proyecto / Obra : Tesis: "Propuestas de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.
Fecha de Ensayo : Viernes, 07 de Octubre del 2022.

ENSAYO : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).
NORMA : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)	Promedio de desgaste (%)
M-1	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 10% DE CDA	09-Set	07-Oct	28	2	3	3275	3271	4.0	0.12	0.10
M-2		09-Set	07-Oct	28	2	3	3324	3321	3.0	0.09	
M-3		09-Set	07-Oct	28	2	3	3429	3426	3.0	0.09	

OBSERVACIONES :
- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL.
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 246984

LEMS W&C EIRL
RNP - Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitud de Ensayo : **0710B-22/ LEMS W&C**
Solicitante : Bernilla Rufasto José Fernando
Proyecto / Obra : Tesis: "Propuestas de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín"

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.
Fecha de Ensayo : Viernes, 07 de Octubre del 2022.

ENSAYO : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

NORMA : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)	Promedio de desgaste (%)
M-1	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 15% DE CDA	09-Set	07-Oct	28	2	3	3309	3305	4.0	0.12	0.11
M-2		09-Set	07-Oct	28	2	3	3211	3208	3.0	0.09	
M-3		09-Set	07-Oct	28	2	3	3335	3331	4.0	0.12	

OBSERVACIONES :
- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL.
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 246944

LEMS W&C EIRL
RNP - Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitud de Ensayo : **0710B-22/ LEMS W&C**
Solicitante : José Fernando Bernilla Rufasto
Proyecto / Obra : Tesis: "Propuestas de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín"

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.
Fecha de Ensayo : Viernes, 08 de Noviembre del 2022.

ENSAYO : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

NORMA : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)	Promedio de desgaste (%)
M-1	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 5%CDA + 100% ACR	11-Oct	08-Nov	28	2	3	3338	3332	6.0	0.18	0.16
M-2		11-Oct	08-Nov	28	2	3	3398	3393	5.0	0.15	
M-3		11-Oct	08-Nov	28	2	3	3335	3330	5.0	0.15	

OBSERVACIONES :
- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
TEC ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL.
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 246984

LEMS W&C EIRL
RNP - Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitud de Ensayo : **0710B-22/ LEMS W&C**
Solicitante : José Fernando Bernilla Rufasto
Proyecto / Obra : Tesis: "Propuestas de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín"

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.
Fecha de Ensayo : Viernes, 08 de Noviembre del 2022.

ENSAYO : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

NORMA : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)	Promedio de desgaste (%)
M-1	ADOQUINES 400 kg/cm2 CON 5%CDA + 100% ACR	11-Oct	08-Nov	28	2	3	3055	3049	6	0.20	0.16
M-2		11-Oct	08-Nov	28	2	3	3269	3264	5	0.15	
M-3		11-Oct	08-Nov	28	2	3	3230	3226	4	0.12	

OBSERVACIONES :
- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL.
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 246984

LEMS W&C EIRL
RNP - Servicios S0608589
Prolongación Bolognesi Km 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitud de Ensayo : **0710B-22/ LEMS W&C**
Solicitante : José Fernando Bernilla Rufasto
Proyecto / Obra : Tesis: "Propuestas de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín"

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.
Fecha de Ensayo : Viernes, 08 de Noviembre del 2022.

ENSAYO : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

NORMA : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	Ciclo	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)	Promedio de desgaste (%)
M-1	ADOQUINES 420 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% ACR	11-Oct	08-Nov	28	2	3	3224	3216	8	0.25	0.27
M-2		11-Oct	08-Nov	28	2	3	3239	3230	9	0.28	
M-3		11-Oct	08-Nov	28	2	3	3269	3260	9	0.28	

OBSERVACIONES :
- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL.
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP: 246984

Ensayo de módulo de elasticidad



Medición del diámetro de probeta.
Fuente: propia



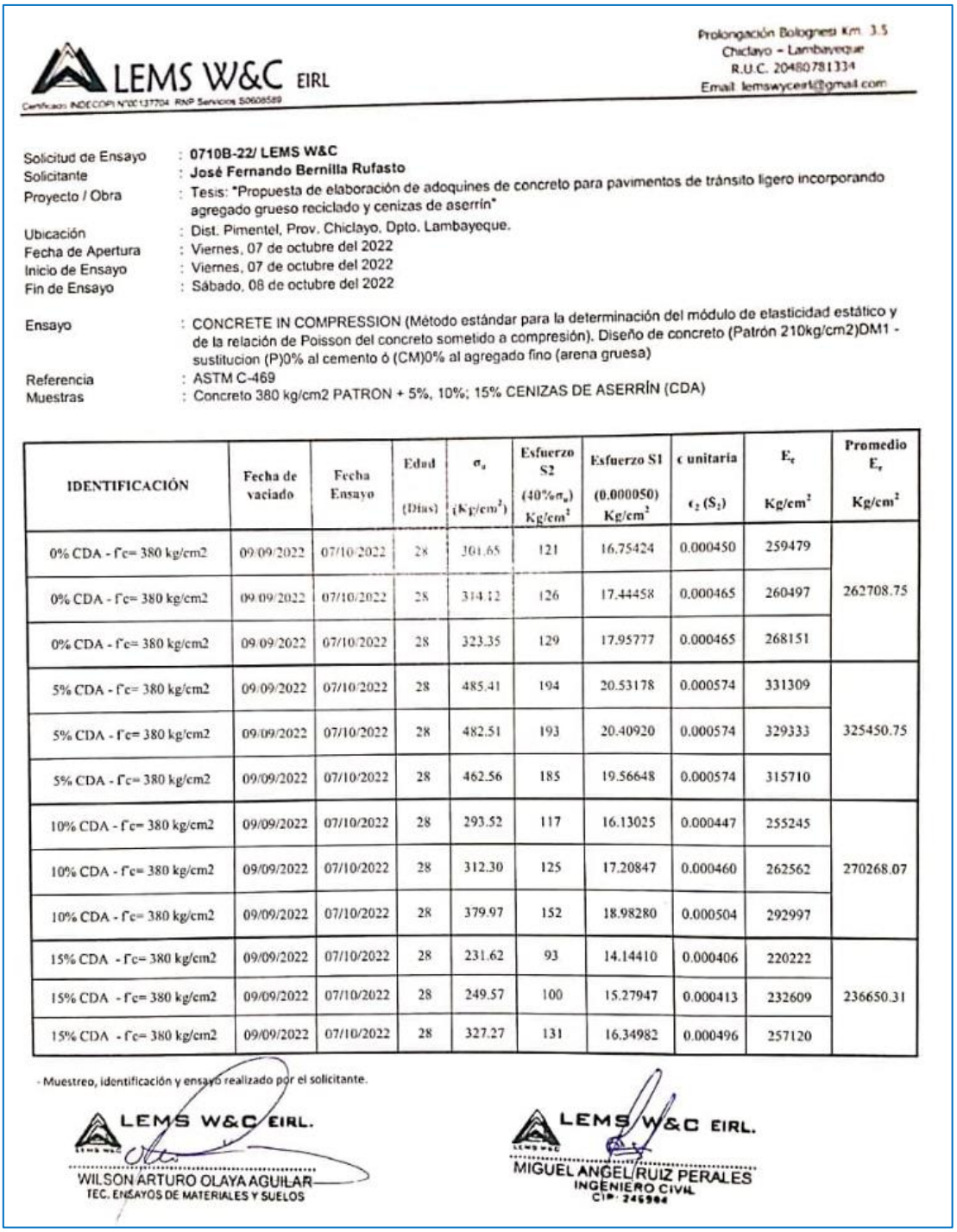
Puesta de la probeta a ensayar.
Fuente: propia





Registro de deformaciones longitudinales de las probetas. Fuente: propia

Resultados de ensayo



LEMS W&C EIRL
Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0609589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: lemswyceirl@gmail.com

Solicitud de Ensayo : **0710B-22/ LEMS W&C**
Solicitante : **José Fernando Bernilla Rufasto**
Proyecto / Obra : Tesis: "Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín"
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.
Fecha de Apertura : Viernes, 07 de octubre del 2022
Inicio de Ensayo : Viernes, 07 de octubre del 2022
Fin de Ensayo : Sábado, 08 de octubre del 2022

Ensayo : CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión). Diseño de concreto (Patrón 210kg/cm2)DM1 - sustitucion (P)0% al cemento ó (CM)0% al agregado fino (arena gruesa)
Referencia : ASTM C-469
Muestras : Concreto 380 kg/cm2 PATRON + 5%, 10%; 15% CENIZAS DE ASERRÍN (CDA)

IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	σ_u (Kg/cm²)	Esfuerzo S2 (40%σ_u) Kg/cm²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm²	ε unitaria ϵ_2 (S_2)	E_c Kg/cm²	Promedio E_c Kg/cm²
0% CDA - f'c= 380 kg/cm2	09/09/2022	07/10/2022	28	301.65	121	16.75424	0.000450	259479	262708.75
0% CDA - f'c= 380 kg/cm2	09/09/2022	07/10/2022	28	314.12	126	17.44458	0.000465	260497	
0% CDA - f'c= 380 kg/cm2	09/09/2022	07/10/2022	28	323.35	129	17.95777	0.000465	268151	
5% CDA - f'c= 380 kg/cm2	09/09/2022	07/10/2022	28	485.41	194	20.53178	0.000574	331309	325450.75
5% CDA - f'c= 380 kg/cm2	09/09/2022	07/10/2022	28	482.51	193	20.40920	0.000574	329333	
5% CDA - f'c= 380 kg/cm2	09/09/2022	07/10/2022	28	462.56	185	19.56648	0.000574	315710	
10% CDA - f'c= 380 kg/cm2	09/09/2022	07/10/2022	28	293.52	117	16.13025	0.000447	255245	270268.07
10% CDA - f'c= 380 kg/cm2	09/09/2022	07/10/2022	28	312.30	125	17.20847	0.000460	262562	
10% CDA - f'c= 380 kg/cm2	09/09/2022	07/10/2022	28	379.97	152	18.98280	0.000504	292997	
15% CDA - f'c= 380 kg/cm2	09/09/2022	07/10/2022	28	231.62	93	14.14410	0.000406	220222	236650.31
15% CDA - f'c= 380 kg/cm2	09/09/2022	07/10/2022	28	249.57	100	15.27947	0.000413	232609	
15% CDA - f'c= 380 kg/cm2	09/09/2022	07/10/2022	28	327.27	131	16.34982	0.000496	257120	

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL.
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

LEMS W&C EIRL
Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: lemswyceirl@gmail.com

Solicitud de Ensayo : **0710B-22/ LEMS W&C**
Solicitante : José Fernando Bernilla Rufasto
Proyecto / Obra : Tesis: "Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín"
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.
Fecha de Apertura : Viernes, 07 de octubre del 2022
Inicio de Ensayo : Martes, 08 de novimebre del 2022
Fin de Ensayo : Miércoles, 09 de novimebre del 2022

Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión). Diseño de concreto (Patrón 210kg/cm2)DM1 - sustitucion (P)0% al cemento ó (CM)0% al agregado fino (arena gruesa)
Referencia : ASTM C-469
Muestras : Concreto 380 kg/cm2, 420 kg/cm2, 480 kg/cm2 PATRON + 5%CENIZAS DE ASERRÍN (CDA) + 100%AGREGADO RECICLADO

IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	σ_c (Kg/cm^2)	Esfuerzo S2 (40%σ_c) Kg/cm^2	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm^2	ϵ unitaria ϵ_2 (S_2)	E_c Kg/cm^2	Promedio E_c Kg/cm^2
5% CDA y 100% AGR - f'c= 380 kg/cm2	11/10/2022	08/11/2022	28	318.14	127	16.06236	0.000474	262437	273342.50
5% CDA y 100% AGR - f'c= 380 kg/cm2	11/10/2022	08/11/2022	28	345.13	138	17.42538	0.000482	279222	
5% CDA y 100% AGR - f'c= 380 kg/cm2	11/10/2022	08/11/2022	28	344.08	138	17.37146	0.000482	278368	
5% CDA y 100% AGR - f'c= 400 kg/cm2	11/10/2022	08/11/2022	28	357.20	143	17.85758	0.000495	280810	278583.13
5% CDA y 100% AGR - f'c= 400 kg/cm2	11/10/2022	08/11/2022	28	343.25	137	17.16042	0.000487	275035	
5% CDA y 100% AGR - f'c= 400 kg/cm2	11/10/2022	08/11/2022	28	349.32	140	17.46222	0.000487	279905	
5% CDA y 100% AGR - f'c= 420 kg/cm2	11/10/2022	08/11/2022	28	365.62	146	18.26498	0.000502	283010	283436.46
5% CDA y 100% AGR - f'c= 420 kg/cm2	11/10/2022	08/11/2022	28	371.26	149	18.59675	0.000509	283099	
5% CDA y 100% AGR - f'c= 420 kg/cm2	11/10/2022	08/11/2022	28	367.16	147	18.34340	0.000502	284200	

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL.
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
CIP. 246984

Ensayo de Absorción y Densidad



Puesta del adoquín a la canastilla.
Fuente: propia



Retirando el adoquín de la canastilla.
Fuente: propia



Secado del adoquín después de retirar de la canastilla. Fuente: propia



Pesado del adoquín húmedo.
Fuente: propia

Resultados de ensayos

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Bernilla Rufasto José Fernado
Atención : Escuela de Ingenieria Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de presentación : Chiclayo, 07 de Octubre del 2022

Norma : NTP. 399.604
Titulo :UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto

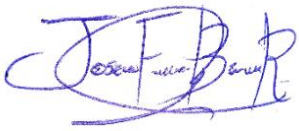
Muestra Nº	Denominación de Espécimen	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Antigüedad del Espécimen	Peso Saturado (g)	Peso Sumergido (g)	Peso Seco al Horno (g)	Densidad (kg/m3)	Absorción (%)	Promedio Absorción (%)
01	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 0% CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	07/10/2022	28	3571	2351.00	3410.00	2795.08	4.72	4.50
02		09/09/2022	07/10/2022	28	3464	2274.00	3324.00	2793.28	4.21	
03		09/09/2022	07/10/2022	28	3526	2291.00	3372.00	2730.36	4.57	
01	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 5% CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	07/10/2022	28	3320	2141.00	3141.00	2664.12	5.70	5.25
02		09/09/2022	07/10/2022	28	3471	2252.00	3308.00	2713.70	4.93	
03		09/09/2022	07/10/2022	28	3481	2268.00	3311.00	2729.60	5.13	
01	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 10% CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	07/10/2022	28	3474	2233.00	3258.00	2625.30	6.63	6.17
02		09/09/2022	07/10/2022	28	3422	2201.00	3220.00	2637.18	6.27	
03		09/09/2022	07/10/2022	28	3414	2217.00	3233.00	2700.92	5.60	
01	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 15% CENIZAS DE ASERRÍN	09/09/2022	07/10/2022	28	3378	2159.00	3161.00	2593.11	6.86	6.91
02		09/09/2022	07/10/2022	28	3385	2145.00	3169.00	2555.65	6.82	
03		09/09/2022	07/10/2022	28	3343	2127.00	3123.00	2568.26	7.04	

FIRMA TÉCNICO DE LABORATORIO Y TESISTA

TÉCNICO



TESISTA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Bernilla Rufasto José Fernado
Atención : Escuela de Ingenieria Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de presentación : Chiclayo, 08 de Noviembre del 2022

Norma : NTP. 399.604
Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto
Ensayo : Absorción

Muestra Nº	Denominación de Espécimen	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Antigüedad del Espécimen	Peso Saturado (g)	Peso Sumergido (g)	Peso Seco al Horno (g)	Densidad (kg/m3)	Absorción (%)	Promedio Absorción (%)
01	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	08/11/2022	28	3356	2154.00	3145.00	2616.47	6.71	6.45
02		11/10/2022	08/11/2022	28	3345	2141.00	3158.00	2622.92	5.92	
03		11/10/2022	08/11/2022	28	3351	2125.00	3140.00	2561.17	6.72	
01	ADOQUINES 400 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	08/11/2022	28	3338	2116.00	3159.00	2585.11	5.67	6.27
02		11/10/2022	08/11/2022	28	3425	2140.00	3205.00	2494.16	6.86	
03		11/10/2022	08/11/2022	28	3367	2109.00	3168.00	2518.28	6.28	
01	ADOQUINES 420 kg/cm2 CON 5% CDA + 100% ACR	11/10/2022	08/11/2022	28	3254	2019.00	3029.00	2452.63	7.43	6.85
02		11/10/2022	08/11/2022	28	3342	2086.00	3143.00	2502.39	6.33	
03		11/10/2022	08/11/2022	28	3324	2045.00	3113.00	2433.93	6.78	

FIRMA TÉCNICO DE LABORATORIO Y TESISTA

TÉCNICO



TESISTA



Variación dimensional







Midiendo las dimensiones de los adoquines para determinar la variación dimensional.
Fuente: propia

Resultados de ensayo

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Bernilla Rufasto José Fernado
Atención : Escuela de Ingenieria Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de presentación : Chiclayo, 07 de Octubre del 2022
Norma : NTP. 399.604
Título : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto
Ensayo: : Variación dimensional

Muestra	Denominación de Espécimen	Antigüedad del especimen	DIMENSIONES PREVISTAS			DIMENSIONES REALES			VARIACIÓN DIMENSIONAL		
Nº			Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)
01	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 0% CENIZAS DE ASERRÍN	28	200.00	100.00	80.00	199.50	99.8	80.60	-0.50	-0.20	0.60
02		28	200.00	100.00	80.00	200.50	99.8	80.50	0.50	-0.20	0.50
03		28	200.00	100.00	80.00	199.80	101.3	81.20	-0.20	1.30	1.20
04		28	200.00	100.00	80.00	200.10	100.67	80.65	0.10	0.67	0.65
05		28	200.00	100.00	80.00	200.70	101.08	80.45	0.70	1.08	0.45
06		28	200.00	100.00	80.00	199.90	100.34	80.95	-0.10	0.34	0.95
01	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 5% CENIZAS DE ASERRÍN	28	200.00	100.00	80.00	200.20	99.70	80.7	0.20	-0.30	0.70
02		28	200.00	100.00	80.00	199.70	99.90	80.55	-0.30	-0.10	0.55
03		28	200.00	100.00	80.00	199.80	99.70	80.75	-0.20	-0.30	0.75
04		28	200.00	100.00	80.00	200.31	100.42	80.45	0.31	0.42	0.45
05		28	200.00	100.00	80.00	200.41	100.66	80.55	0.41	0.66	0.55
06		28	200.00	100.00	80.00	200.35	100.27	80.66	0.35	0.27	0.66
01	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 10% CENIZAS DE ASERRÍN	28	200.00	100.00	80.00	200.40	99.80	80.8	0.40	-0.20	0.80
02		28	200.00	100.00	80.00	199.70	100.20	80.42	-0.30	0.20	0.42
03		28	200.00	100.00	80.00	199.80	100.30	80.55	-0.20	0.30	0.55
04		28	200.00	100.00	80.00	200.00	100.21	80.8	0.00	0.21	0.80
05		28	200.00	100.00	80.00	199.98	100.40	81.10	-0.02	0.40	1.10
06		28	200.00	100.00	80.00	200.20	100.16	80.55	0.20	0.16	0.55
01	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 15% CENIZAS DE ASERRÍN	28	200.00	100.00	80.00	200.10	99.70	80.9	0.10	-0.30	0.90
02		28	200.00	100.00	80.00	200.00	99.90	80.75	0.00	-0.10	0.75
03		28	200.00	100.00	80.00	199.80	100.30	80.55	-0.20	0.30	0.55
04		28	200.00	100.00	80.00	200.00	100.20	81.15	0.00	0.20	1.15
05		28	200.00	100.00	80.00	199.98	100.42	80.65	-0.02	0.42	0.65
06		28	200.00	100.00	80.00	200.20	100.51	80.80	0.20	0.51	0.80

FIRMA TÉCNICO DE LABORATORIO Y TESISTA

TÉCNICO

TESISTA

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Bernilla Rufasto José Fernado

Atención : Escuela de Ingenieria Civil Ambiental

Tesis : Propuesta de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

Fecha de presentación : Chiclayo, 07 de Octubre del 2022

Norma : NTP. 399.604

Titulo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto

Ensayo : Variación dimensional

Muestra	Denominación de Espécimen	Antigüedad del especimen	DIMENSIONES PREVISTAS			DIMENSIONES REALES			VARIACIÓN DIMENSIONAL		
Nº			Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)
01	ADOQUINES 380 kg/cm2 CON 0% CDA + 100% ACR	28	200.00	100.00	80.00	199.90	99.8	80.80	-0.10	-0.20	0.80
02		28	200.00	100.00	80.00	200.40	99.9	80.50	0.40	-0.10	0.50
03		28	200.00	100.00	80.00	199.90	100.0	80.70	-0.10	0.00	0.70
04		28	200.00	100.00	80.00	200.20	99.9	81.15	0.20	-0.10	1.15
05		28	200.00	100.00	80.00	200.50	100.1	80.40	0.50	0.10	0.40
06		28	200.00	100.00	80.00	199.95	100.3	80.8	-0.05	0.30	0.80
01	ADOQUINES 400 kg/cm2 CON 0% CDA + 100% ACR	28	200.00	100.00	80.00	200.10	99.90	80.5	0.10	-0.10	0.50
02		28	200.00	100.00	80.00	199.90	100.10	81.1	-0.10	0.10	1.10
03		28	200.00	100.00	80.00	200.20	100.20	80.4	0.20	0.20	0.40
04		28	200.00	100.00	80.00	200.15	100.5	80.5	0.15	0.50	0.50
05		28	200.00	100.00	80.00	199.90	100.6	81.10	-0.10	0.60	1.10
06		28	200.00	100.00	80.00	200.10	100.05	80.8	0.10	0.05	0.80
01	ADOQUINES 420 kg/cm2 CON 0% CDA + 100% ACR	28	200.00	100.00	80.00	200.40	99.80	80.7	0.40	-0.20	0.70
02		28	200.00	100.00	80.00	199.70	100.20	80.55	-0.30	0.20	0.55
03		28	200.00	100.00	80.00	199.80	100.30	81.10	-0.20	0.30	1.10
04		28	200.00	100.00	80.00	200.00	100.21	80.6	0.00	0.21	0.60
05		28	200.00	100.00	80.00	199.98	100.40	80.90	-0.02	0.40	0.90
06		28	200.00	100.00	80.00	200.20	100.16	80.40	0.20	0.16	0.40

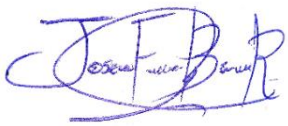
FIRMA TÉCNICO DE LABORATORIO Y TESISTA

TÉCNICO



TÉCNICO DE LABORATORIO

TESISTA



Resultados de ensayo: Cambio de longitud de barras de concreto expuestas a soluciones de sulfatos.

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA, INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

Solicitante	: Bernilla Rufasto José Fernando
Tesis	: Propuestas de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Ubicación	: Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.
Fecha de Inicio de Ensayo	: miércoles, 29 de Noviembre de 2023
Fecha de Fin de Ensayo	: miércoles, 13 de Marzo de 2024

ENSAYO : Método normalizado para determinar el cambio de longitud en morteros de cemento Portland expuestos a soluciones sulfatadas

NORMA : NTP 334.094 / ASTM C 157 / ASTM C 490

MUESTRAS PATRONES

TIEMPO DE LECTURA	BARRA 1	BARRA 2	BARRA3	Expansión Acumulada	Expansión Aunitaria
Semana 0	3.781	4.175	4.105	0.0000 %	0.0000 %
Semana 1	3.813	4.194	4.119	0.0244 %	0.0081 %
Semana 2	3.831	4.197	4.122	0.0608 %	0.0121 %
Semana 3	3.863	4.310	4.118	0.1512 %	0.0301 %
Semana 4	3.974	4.327	4.268	0.3576 %	0.0688 %
Semana 5	4.117	4.358	4.271	0.6312 %	0.0912 %
Semana 6	4.130	4.241	4.142	0.8164 %	0.0617 %
Semana 7	4.149	4.255	4.144	1.0120 %	0.0652 %
Semana 8	4.133	4.266	4.297	1.2608 %	0.0829 %
Semana 9	4.144	4.279	4.188	1.4828 %	0.0740 %
Semana 10	4.167	4.341	4.192	1.7344 %	0.0839 %
Semana 11	4.254	4.365	4.211	2.0392 %	0.1016 %
Semana 12	4.264	4.377	4.214	2.3516 %	0.1041 %
Semana 13	4.271	4.369	4.223	2.6732 %	0.1072 %
Semana 14	4.194	4.384	4.258	2.9768 %	0.1012 %
Semana 15	4.298	4.361	4.286	3.3264 %	0.1165 %
Desviación Estandar	0.16148	0.06519	0.06357		









FIRMA TÉCNICO DE LABORATORIO Y TESISTA

TÉCNICO

JORGE M. LLICAN JACINTO
LABORATORISTA

TESISTA

GRUPO LLIFI E.I.R.L
DIRECCIÓN: San Martin N° 800
Distrito de San José - Lambayeque

RUC: 20609763125
CELULAR:918835658
CORREO: grupollifi@gmail.com

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA, INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

Solicitante : Bernilla Rufasto José Fernando
Tesis : Propuestas de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.
Fecha de Iniclo de Ensayo : miércoles, 29 de Noviembre de 2023
Fecha de Fin de Ensayo : miércoles, 13 de Marzo de 2024

ENSAYO : Método normalizado para determinar el cambio de longitud en morteros de cemento Portland expuestos a soluciones sulfatadas
NORMA : NTP 334.094 / ASTM C 157 / ASTM C 490

MUESTRAS CON 5% DE CDA

TIEMPO DE LECTURA	BARRA 1	BARRA 2	BARRA3
Semana 0	3.779	4.171	4.102
Semana 1	3.788	4.164	4.107
Semana 2	3.817	4.174	4.101
Semana 3	3.849	4.208	4.101
Semana 4	3.925	4.247	4.174
Semana 5	3.894	4.292	4.195
Semana 6	3.994	4.201	4.168
Semana 7	4.107	4.227	4.111
Semana 8	4.125	4.248	4.247
Semana 9	4.152	4.227	4.197
Semana 10	4.155	4.334	4.186
Semana 11	4.221	4.311	4.147
Semana 12	4.234	4.307	4.208
Semana 13	4.253	4.316	4.221
Semana 14	4.171	4.368	4.224
Semana 15	4.249	4.324	4.239
Desviación Estandar	0.16755	0.06287	0.05099

Expansión Acumulada	Expansión Aunitaria
0.0000 %	0.0000 %
0.0020 %	0.0007 %
0.0132 %	0.0047 %
0.0168 %	0.0143 %
0.0140 %	0.0397 %
0.0276 %	0.0432 %
0.0420 %	0.0420 %
0.0428 %	0.0521 %
0.0736 %	0.0759 %
0.0896 %	0.0688 %
0.1192 %	0.0824 %
0.1056 %	0.0837 %
0.1224 %	0.0919 %
0.1296 %	0.0981 %
0.1708 %	0.0941 %
0.1356 %	0.1003 %









FIRMA TÉCNICO DE LABORATORIO Y TESISTA

TÉCNICO

JORGE M. LLICAN JACINTO
LABORATORISTA

TESISTA

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA, INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

Solicitante : Bernilla Rufasto José Fernando
Tesis : Propuestas de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.
Fecha de Inicio de Ensayo : miércoles, 29 de Noviembre de 2023
Fecha de Fin de Ensayo : miércoles, 13 de Marzo de 2024

ENSAYO : Método normalizado para determinar el cambio de longitud en morteros de cemento Portland expuestos a soluciones sulfatadas
NORMA : NTP 334.094 / ASTM C 157 / ASTM C 490

MUESTRAS CON 10% DE CDA

TIEMPO DE LECTURA	BARRA 1	BARRA 2	BARRA3
Semana 0	3.781	4.175	4.106
Semana 1	3.788	4.171	4.107
Semana 2	3.801	4.182	4.091
Semana 3	3.991	4.167	4.047
Semana 4	3.901	4.227	4.143
Semana 5	3.997	4.352	4.095
Semana 6	4.051	4.254	4.194
Semana 7	3.971	4.236	4.153
Semana 8	4.147	4.218	4.216
Semana 9	4.181	4.217	4.187
Semana 10	4.273	4.246	4.176
Semana 11	4.221	4.391	4.127
Semana 12	4.231	4.364	4.199
Semana 13	4.143	4.346	4.213
Semana 14	4.234	4.337	4.227
Semana 15	4.238	4.339	4.224
Desviación Estandar	0.16254	0.07687	0.05618

Expansión Acumulada	Expansión Aunitaria
0.0000 %	0.0000 %
0.0008 %	0.0003 %
0.0072 %	0.0025 %
0.0128 %	0.0192 %
0.0076 %	0.0284 %
0.0828 %	0.0503 %
0.0760 %	0.0588 %
0.0576 %	0.0407 %
0.0220 %	0.0689 %
0.0464 %	0.0691 %
0.0852 %	0.0849 %
0.1224 %	0.0900 %
0.1712 %	0.0969 %
0.1508 %	0.0859 %
0.1736 %	0.0975 %
0.1356 %	0.0983 %









FIRMA TÉCNICO DE LABORATORIO Y TESISTA

TÉCNICO

JORGE M. LLICAN JACINTO
LABORATORISTA

TESISTA

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA, INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

Solicitante : Bernilla Rufasto José Fernando
Tesis : Propuestas de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.
Fecha de Iniclo de Ensayo : miércoles, 29 de Noviembre de 2023
Fecha de Fin de Ensayo : miércoles, 13 de Marzo de 2024

ENSAYO : Método normalizado para determinar el cambio de longitud en morteros de cemento Portland expuestos a soluciones sulfatadas
NORMA : NTP 334.094 / ASTM C 157 / ASTM C 490

MUESTRAS CON 15% DE CDA

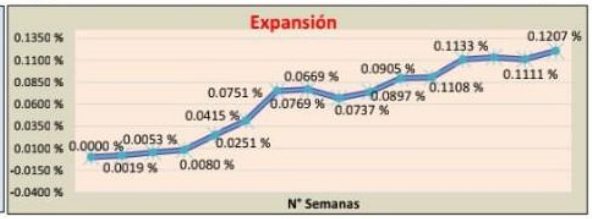
TIEMPO DE LECTURA	BARRA 1	BARRA 2	BARRA3
Semana 0	3.807	4.177	4.127
Semana 1	3.818	4.181	4.129
Semana 2	3.838	4.189	4.121
Semana 3	3.971	4.159	4.041
Semana 4	3.971	4.205	4.117
Semana 5	3.963	4.351	4.099
Semana 6	4.187	4.286	4.201
Semana 7	4.187	4.326	4.169
Semana 8	4.157	4.226	4.233
Semana 9	4.199	4.267	4.195
Semana 10	4.289	4.261	4.234
Semana 11	4.288	4.347	4.149
Semana 12	4.255	4.397	4.290
Semana 13	4.287	4.375	4.293
Semana 14	4.291	4.369	4.281
Semana 15	4.308	4.347	4.361
Desviación Estandar	0.17340	0.07933	0.08792

Expansión Acumulada	Expansión Aunitaria
0.0000 %	0.0000 %
0.0056 %	0.0019 %
0.0144 %	0.0053 %
0.0184 %	0.0080 %
0.0160 %	0.0251 %
0.0688 %	0.0415 %
0.0564 %	0.0751 %
0.0240 %	0.0769 %
0.0248 %	0.0669 %
0.0440 %	0.0737 %
0.0752 %	0.0897 %
0.0724 %	0.0905 %
0.1312 %	0.1108 %
0.1244 %	0.1133 %
0.2128 %	0.1111 %
0.1856 %	0.1207 %









FIRMA TÉCNICO DE LABORATORIO Y TESISTA

TÉCNICO	TESISTA
JORGE M. LLICAN JACINTO LABORATORISTA	

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA, INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

Solicitante : Bernilla Rufasto José Fernando

Tesis : Propuestas de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

Fecha de Inicio de Ensayo : miércoles, 29 de Noviembre de 2023

Fecha de Fin de Ensayo : miércoles, 13 de Marzo de 2024

ENSAYO : Método normalizado para determinar el cambio de longitud en morteros de cemento Portland expuestos a soluciones sulfatadas

NORMA : NTP 334.094 / ASTM C 157 / ASTM C 490

MUESTRAS F'C= 380 kg/cm2, CON 5% CDA + 100% ACR

TIEMPO DE LECTURA	BARRA 1	BARRA 2	BARRA3
Semana 0	3.788	4.179	4.107
Semana 1	3.817	4.203	4.121
Semana 2	3.839	4.201	4.128
Semana 3	3.855	4.250	4.124
Semana 4	4.073	4.307	4.218
Semana 5	4.135	4.231	4.132
Semana 6	4.119	4.322	4.207
Semana 7	4.211	4.285	4.188
Semana 8	4.147	4.271	4.283
Semana 9	4.179	4.288	4.241
Semana 10	4.259	4.354	4.221
Semana 11	4.297	4.341	4.229
Semana 12	4.288	4.324	4.287
Semana 13	4.309	4.317	4.236
Semana 14	4.245	4.394	4.308
Semana 15	4.337	4.384	4.295
Desviación Estandar	0.17461	0.05947	0.06469

Expansión Acumulada	Expansión Aunitaria
0.0000 %	0.0000 %
0.0280 %	0.0093 %
0.0657 %	0.0125 %
0.1300 %	0.0214 %
0.3432 %	0.0711 %
0.5117 %	0.0561 %
0.7437 %	0.0773 %
0.9854 %	0.0805 %
1.2362 %	0.0836 %
1.4910 %	0.0849 %
1.7939 %	0.1009 %
2.1147 %	0.1069 %
2.4472 %	0.1108 %
2.7600 %	0.1043 %
3.1092 %	0.1164 %
3.4849 %	0.1252 %









FIRMA TÉCNICO DE LABORATORIO Y TESISTA

TÉCNICO

JORGE M. LLICAN JACINTO
LABORATORISTA

TESISTA

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA, INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

Solicitante : Bernilla Rufasto José Fernando
Tesis : Propuestas de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.
Fecha de Inicio de Ensayo : miércoles, 29 de Noviembre de 2023
Fecha de Fin de Ensayo : miércoles, 13 de Marzo de 2024

ENSAYO : Método normalizado para determinar el cambio de longitud en morteros de cemento Portland expuestos a soluciones sulfatadas
NORMA : NTP 334.094 / ASTM C 157 / ASTM C 490

MUESTRAS F'C= 400 kg/cm2, CON 5% CDA + 100% ACR

TIEMPO DE LECTURA	BARRA 1	BARRA 2	BARRA3	Expansión Acumulada	Expansión Aunitaria
Semana 0	3.801	4.186	4.113	0.0000 %	0.0000 %
Semana 1	3.827	4.211	4.124	0.0256 %	0.0085 %
Semana 2	3.844	4.196	4.131	0.0536 %	0.0093 %
Semana 3	3.874	4.281	4.110	0.1216 %	0.0227 %
Semana 4	4.194	4.227	4.217	0.3352 %	0.0712 %
Semana 5	4.133	4.249	4.167	0.5168 %	0.0605 %
Semana 6	4.177	4.301	4.219	0.7564 %	0.0799 %
Semana 7	4.259	4.334	4.197	1.0332 %	0.0923 %
Semana 8	4.147	4.171	4.283	1.2320 %	0.0663 %
Semana 9	4.191	4.293	4.297	1.5064 %	0.0915 %
Semana 10	4.281	4.341	4.238	1.8076 %	0.1004 %
Semana 11	4.247	4.311	4.249	2.0900 %	0.0941 %
Semana 12	4.207	4.308	4.341	2.3908 %	0.1003 %
Semana 13	4.264	4.276	4.259	2.6676 %	0.0923 %
Semana 14	4.268	4.351	4.328	3.0024 %	0.1116 %
Semana 15	4.349	4.321	4.276	3.3404 %	0.1127 %
Desviación Estandar	0.16626	0.05551	0.07240		









FIRMA TÉCNICO DE LABORATORIO Y TESISTA

TÉCNICO	TESISTA
JORGE M. LLICAN JACINTO LABORATORISTA	

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA, INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

Solicitante : Bernilla Rufasto José Fernando

Tesis : Propuestas de elaboración de adoquines de concreto para pavimentos de tránsito ligero incorporando agregado grueso reciclado y cenizas de aserrín

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.

Fecha de Inicio de Ensayo : miércoles, 29 de Noviembre de 2023

Fecha de Fin de Ensayo : miércoles, 13 de Marzo de 2024

ENSAYO : Método normalizado para determinar el cambio de longitud en morteros de cemento Portland expuestos a soluciones sulfatadas

NORMA : NTP 334.094 / ASTM C 157 / ASTM C 490

MUESTRAS F'C= 420 kg/cm2, CON 5% CDA + 100% ACR

TIEMPO DE LECTURA	BARRA 1	BARRA 2	BARRA3	Expansión Acumulada	Expansión Aunitaria
Semana 0	3.798	4.183	4.109	0.0000 %	0.0000 %
Semana 1	3.811	4.213	4.120	0.0236 %	0.0079 %
Semana 2	3.897	4.124	4.139	0.0524 %	0.0096 %
Semana 3	3.867	4.267	4.122	0.1220 %	0.0232 %
Semana 4	4.141	4.236	4.201	0.3168 %	0.0649 %
Semana 5	4.124	4.245	4.164	0.4972 %	0.0601 %
Semana 6	4.187	4.312	4.202	0.7436 %	0.0821 %
Semana 7	4.264	4.322	4.181	1.0164 %	0.0909 %
Semana 8	4.155	4.179	4.298	1.2328 %	0.0721 %
Semana 9	4.199	4.287	4.308	1.5176 %	0.0949 %
Semana 10	4.293	4.327	4.261	1.8324 %	0.1049 %
Semana 11	4.255	4.331	4.267	2.1384 %	0.1020 %
Semana 12	4.269	4.301	4.322	2.4588 %	0.1068 %
Semana 13	4.264	4.268	4.297	2.7528 %	0.0980 %
Semana 14	4.257	4.344	4.319	3.0820 %	0.1097 %
Semana 15	4.341	4.309	4.278	3.4180 %	0.1120 %
Desviación Estandar	0.16535	0.06229	0.07396		





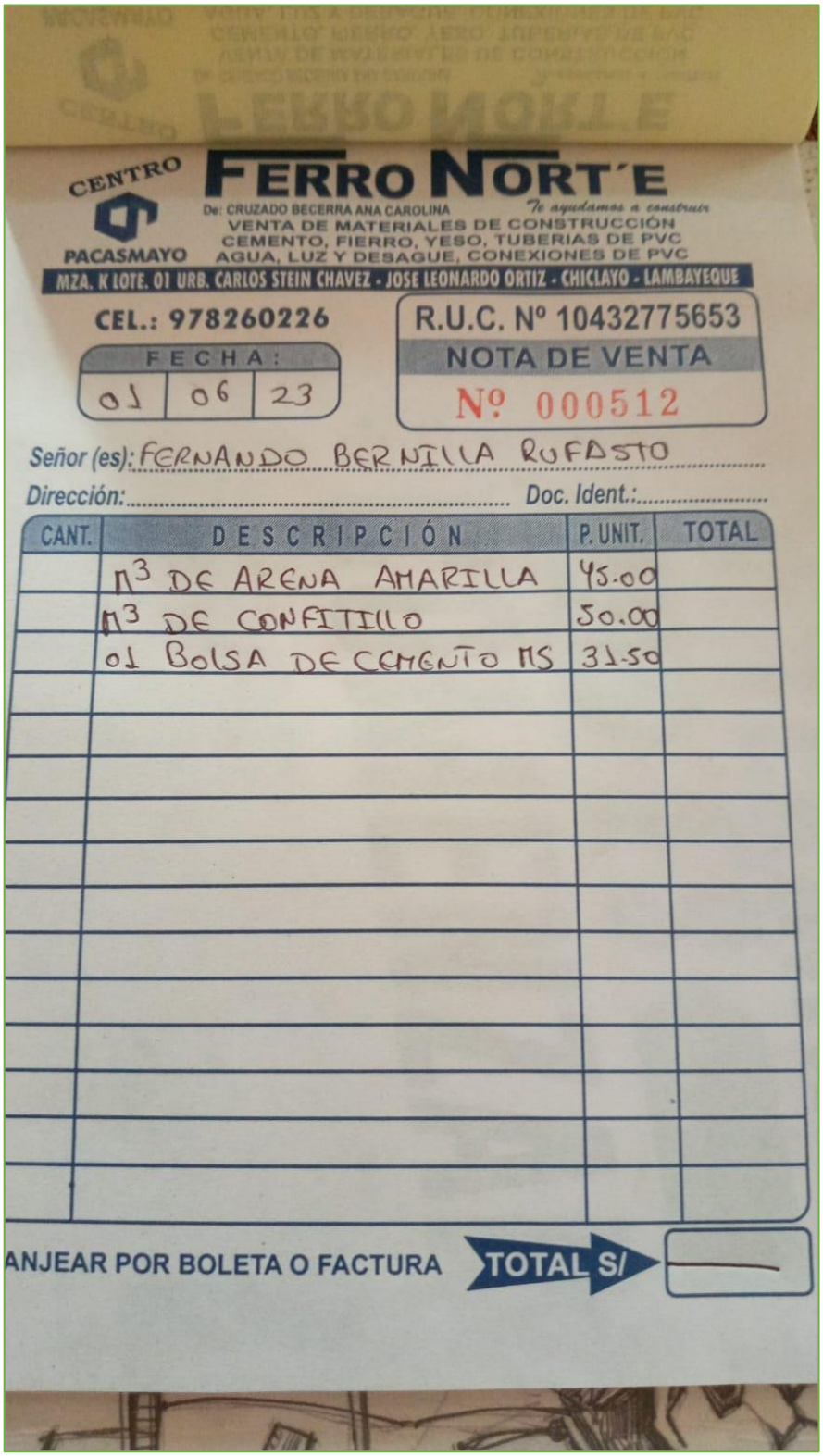




FIRMA TÉCNICO DE LABORATORIO Y TESISTA

TÉCNICO	TESISTA
JORGE M. LLICAN JACINTO LABORATORISTA	

Preforma de agregados



CENTRO PACASMAYO

FERRO NORT´E

De: CRUZADO BECERRA ANA CAROLINA

Te ayudamos a construir

VENTA DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
CEMENTO, FIERRO, YESO, TUBERIAS DE PVC
AGUA, LUZ Y DESAGUE, CONEXIONES DE PVC

MZA. K LOTE. 01 URB. CARLOS STEIN CHAVEZ - JOSE LEONARDO ORTIZ - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

CEL.: 978260226

R.U.C. Nº 10432775653

NOTA DE VENTA

Nº 000512

FECHA: 01 / 06 / 23

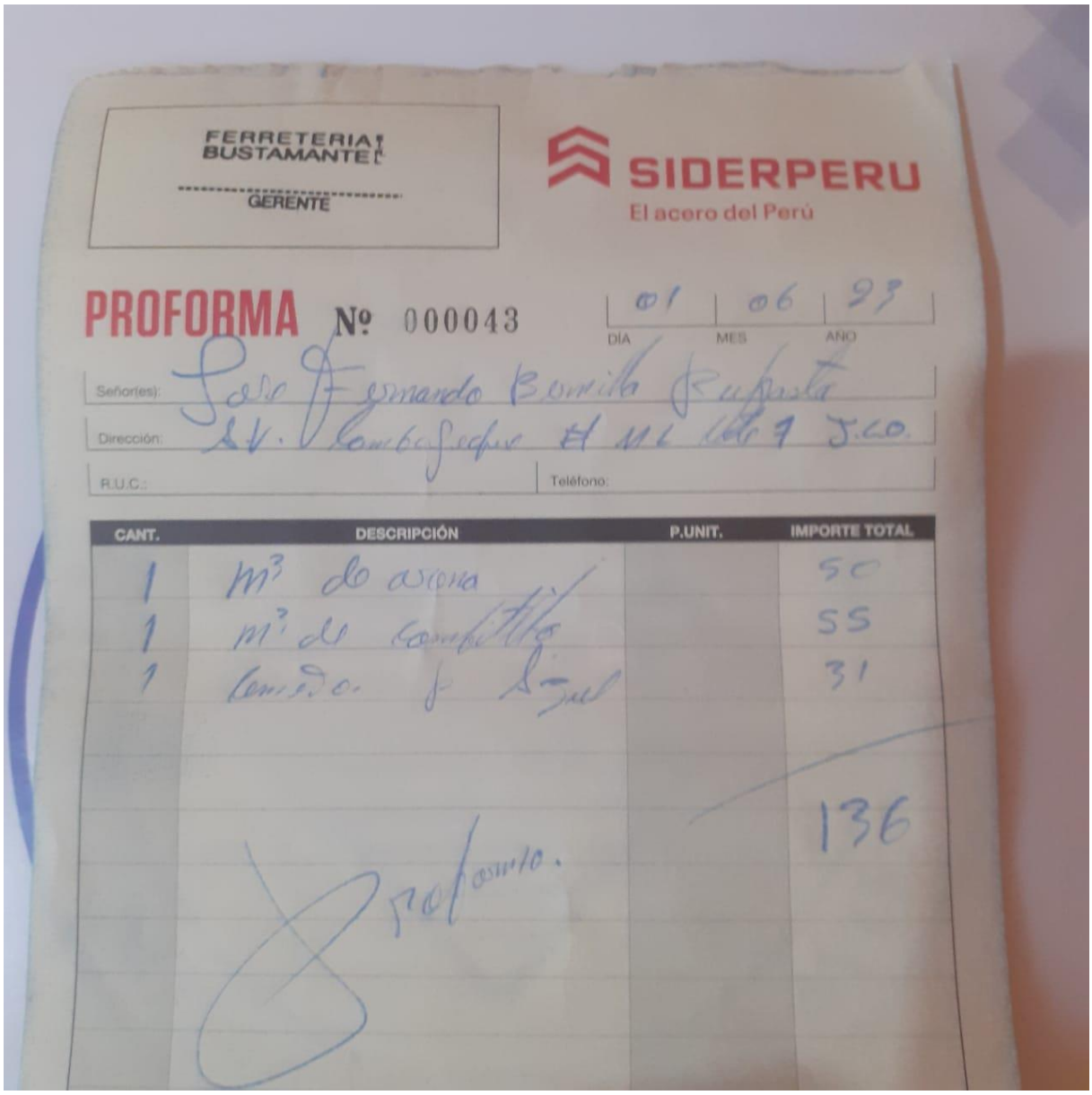
Señor (es): FERNANDO BERNILLA RUFASTO

Dirección: ..... Doc. Ident.: .....

CANT.	DESCRIPCIÓN	P.UNIT.	TOTAL
	M3 DE ARENA AMARILLA	45.00	
	M3 DE CONFITILLO	50.00	
	01 BOLSA DE CEMENTO MS	31.50	

CANJEAR POR BOLETA O FACTURA

TOTAL S/



FERRETERIA BUSTAMANTE
GERENTE

SIDERPERU
El acero del Perú

PROFORMA Nº 000043

DÍA 01 MES 06 AÑO 93

Señor(es): Jose Fernando Bonilla Augusta

Dirección: Av. Combafique H M6 Lt6 J.Co.

R.U.C.: Teléfono:

CANT.	DESCRIPCIÓN	P.UNIT.	IMPORTE TOTAL
1	m³ de arena		50
1	m³ de confitillo		55
1	cemento Sol		31
			136

Profesional.

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

2. RESUMEN EJECUTIVO

La Evaluación de Impacto Ambiental del proyecto “PROPUESTA DE ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS DE TRÁNSITO LIGERO INCORPORANDO AGREGADO GRUESO RECICLADO Y CENIZAS DE ASERRÍN” contara con los siguientes aspectos:

- **OBJETIVO GENERAL DE LA EIA**

  El objetivo principal de la Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) del proyecto denominado "PROPUESTA DE ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS DE TRÁNSITO LIGERO INCORPORANDO AGREGADO GRUESO RECICLADO Y CENIZAS DE ASERRÍN" es analizar y evaluar los posibles efectos ambientales que podrían surgir en el proceso de demolición de concreto reciclado, la quema del aserrín y la producción de adoquines utilizando estos materiales reciclables; el estudio se enfocará en identificar los impactos ambientales y proponer medidas preventivas y mitigadoras para minimizar su alcance y garantizar un desarrollo sostenible del proyecto.

- **MARCO LEGAL**

  El marco legal para la Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) del proyecto se fundamenta en la Constitución Política del Perú, la cual establece los principios y derechos relacionados con la protección del medio ambiente. Además, se considerarán todas las leyes, normativas y regulaciones vigentes que son relevantes para el desarrollo y la implementación de la EIA. Estas disposiciones legales proporcionarán el marco normativo necesario para llevar a cabo la evaluación de manera adecuada y garantizar el cumplimiento de los requisitos ambientales y la protección del entorno en el contexto específico del proyecto.

- **DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

  En los últimos años, se ha realizado un progreso significativo en el ámbito de la legislación ambiental en nuestro país. Se han establecido importantes normativas como instrumentos jurídicos para regular la

interacción entre el ser humano y el medio ambiente, con el objetivo de promover un desarrollo sostenible en nuestra nación.

Durante la evaluación, se han considerado las condiciones de la legislación ambiental vigente durante todo el proceso de ejecución del proyecto. Además, se han seguido lineamientos adicionales que orientan en esta dirección, como la identificación y análisis comparativo de los riesgos y posibles impactos ambientales de las diferentes alternativas evaluadas. También se ha tomado en cuenta la identificación de la población que podría beneficiarse o verse afectada por la implementación del proyecto de investigación.

- **UBICACIÓN:**

  Aunque el proyecto está principalmente dirigido al distrito de José Leonardo Ortiz, su impacto ambiental se extiende a toda la ciudad de Chiclayo. Esto se debe a que los residuos de construcción y demolición (RCD) utilizados en el proyecto fueron obtenidos del vertedero ubicado en la carretera Chiclayo-San José, el cual es utilizado como punto de acopio de diferentes áreas de Chiclayo.

  Los límites geográficos de la ciudad de Chiclayo son los siguientes:

  Al norte: limita con las provincias de Lambayeque y Ferreñafe.

  Al sur: limita con el departamento de La Libertad.

  Al este: limita con el departamento de Cajamarca.

  Al oeste: limita con el océano Pacífico.

- **ÁREAS DE INFLUENCIA DEL PROYECTO**

  Con el fin de establecer el alcance del proyecto "PROPUESTA DE ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS DE TRÁNSITO LIGERO INCORPORANDO AGREGADO GRUESO RECICLADO Y CENIZAS DE ASERRÍN", se delimitará el territorio o área de estudio que engloba diversos elementos ambientales, como la flora, fauna, población, suelo y agua. Estos componentes ambientales pueden verse impactados de manera tanto positiva como negativa.

- **AREA DE INFLUENCIA INDIRECTA:**

  El área de influencia indirecta está en base a las áreas donde la influencia y los cambios de los factores ambientales no son tan fuertes y pueden ser positivos o negativos. En cuanto al área indirecta del proyecto en mención, provocará cambios en el paisaje, la flora, la fauna y la población de las ciudades cercanas.

- **ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA:**

  Está en base a las áreas directamente afectadas se refieren a áreas donde los impactos ambientales ocurrirán de inmediato y tendrán una intensidad significativa, afectando los aspectos ambientales físicos, biológicos y socioeconómicos del proyecto en mención.

- **LÍNEA DE BASE AMBIENTAL**
  - Línea de base física (LBF): hidrografía, clima, calidad del aire, suelo, ruido, vulnerabilidad y sismos.
  - Línea de base biológica (LBB): flora y fauna.
  - Línea de base socioeconómica (LBS): ubicación, características físicas, población y vivienda, densidad poblacional, aspecto paisajístico-cultural y aspecto económico.
  - Diagnóstico arqueológico: No presenta lugares arqueológicos por las características del proyecto.
- **PLAN DE MANEJO AMBIENTAL**

  Se formuló el Plan de Manejo Ambiental con el propósito de establecer una serie de acciones que buscan prevenir, controlar, corregir, evitar o mitigar los impactos ambientales del proyecto en todas las fases de su implementación. Es fundamental que los responsables del proyecto de elaboración de adoquines con materiales reciclables o inertes apliquen de manera clara y eficiente este PMA.

- **CONCLUSIONES**
  - El principal impacto negativo producido durante el proceso de ejecución del proyecto es en el factor aire debido a que se ve afectado su calidad, esto a causa de la emisión de polvo en el proceso de trituración del concreto reciclado, asimismo se genera humo por la quema del aserrín.
  - El principal impacto positivo producido durante el proceso de ejecución del proyecto es en el factor ambiental, ya que se reutiliza los concretos reciclados, los cuales terminan en botaderos informales y de esa forma generando contaminación; así mismo se usa el aserrín material que su acumulación en los aserraderos genera plagas y atrae roedores.
  - Otro de los impactos positivos es en el factor socioeconómico, esto debido a que al pavimentar las calles con los adoquines se generaría una mejor calidad de vida de las personas, tanto en salud y economía.
  - El impacto total ocasionado en la etapa de elaboración de los prefabricados es -68.

3. OBJETIVO GENERAL DE LA EIA

El objetivo general de la Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) del proyecto "PROPUESTA DE ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS DE TRÁNSITO LIGERO INCORPORANDO AGREGADO GRUESO RECICLADO Y CENIZAS DE ASERRÍN" es identificar los impactos ambientales que puedan generarse tanto en la demolición de concreto reciclado, en la quema del aserrín y durante la elaboración de adoquines con dichos materiales reciclables en el distrito de José Leonardo Ortiz de la ciudad de Chiclayo.

Objetivos Específicos

- Evaluar los impactos ambientales en del proyecto de elaboración de adoquines de concreto con materiales reciclables.
- Identificar las actividades con potencial a causar impacto.
- Identificar los componentes potencialmente afectables.
- Prevenir el deterioro ambiental que podría causar el proyecto de elaboración de adoquines de concreto con materiales reciclables.

4. MARCO LEGAL

- **Constitución política**

  De acuerdo con el apartado 22 del Artículo 2°, se establece que todas las personas tienen el derecho a la paz, la tranquilidad, el disfrute del tiempo libre y el descanso. Asimismo, tienen el derecho de poder disfrutar de un entorno equilibrado y adecuado para el desarrollo de su vida.

  CAPÍTULO II: Del Ambiente y los Recursos Naturales

  Artículo 66°: Establece que los recursos naturales, tanto renovables como no renovables, son considerados como patrimonio nacional. El Estado tiene plena autoridad sobre su aprovechamiento. A través de una ley orgánica se definen las condiciones para su utilización y asignación a particulares. La concesión otorga al beneficiario un derecho real, sujeto a las disposiciones de dicha ley.

  Artículo 67°: Establece que el Estado tiene la responsabilidad de definir la política nacional ambiental y fomentar el uso sostenible de los recursos naturales del país.

  Artículo 68°: Establece que el Estado tiene la obligación de fomentar la preservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

- **Ley General del Ambiente - Ley N° 28611**

  Del Artículo I: Título Preliminar - Del derecho y deber fundamental

  Todas las personas tienen el derecho inalienable de habitar en un entorno saludable, equilibrado y propicio para el desarrollo pleno de la vida. Asimismo, tienen la responsabilidad de contribuir a una gestión ambiental efectiva y proteger el ambiente y sus elementos, garantizando especialmente la salud tanto individual como colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el uso sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país.

  En el artículo VI: Del principio de prevención, Referente al principio de prevención, se establece que la gestión ambiental tiene como finalidad primordial evitar, supervisar y prevenir cualquier forma de deterioro del medio ambiente. En situaciones en las que no sea posible eliminar las causas que provocan dicho deterioro, se implementan medidas de mitigación,

recuperación, restauración o, si es necesario, se aplican compensaciones adecuadas.

En el artículo VII: Del principio precautorio, hace mención al principio de precaución, se establece que en casos donde exista una amenaza de daño grave o irreversible, la falta de certeza no debe ser utilizada como argumento para posponer las medidas necesarias para evitar el deterioro del medio ambiente.

En el artículo IX: Del principio de responsabilidad ambiental, Referente al principio de responsabilidad ambiental, se establece que aquellos que sean responsables de causar daños al medio ambiente y sus elementos, ya sean individuos o entidades legales, tanto públicas como privadas, tienen la obligación de tomar las medidas necesarias para la restauración, rehabilitación o reparación adecuada.

Capítulo 3: Gestión Ambiental

En el artículo 25: De los Estudios de Impacto Ambiental, Referente a los Estudios de Impacto Ambiental (EIA), se establece que los EIA son herramientas de gestión ambiental que contemplan la descripción de una actividad propuesta y sus efectos directos o indirectos en el medio ambiente, tanto en aspectos físicos como sociales, a corto y largo plazo. Además, se requiere que se indiquen las medidas necesarias para prevenir o reducir el daño a niveles aceptables. También se exige la inclusión de un resumen conciso del estudio con fines de divulgación pública.

- **Ley Nº 26793: Ley de Creación del Fondo Nacional Ambiental**

  La Ley Nº 26793, que establece la creación del Fondo Nacional del Ambiente (FONAM), tiene como objetivo principal fomentar la financiación tanto pública como privada para la implementación de planes, programas, proyectos y actividades destinados a la protección del medio ambiente. De esta manera, busca fortalecer la gestión ambiental, promover el uso sostenible de los recursos naturales y preservar el patrimonio ambiental a través de mecanismos financieros institucionales.

- **Ley N° 26821: Ley Orgánica para el Aprovechamiento de Recursos Naturales**

  La mencionada Ley Orgánica fue establecida con el propósito de fomentar y regular el uso sostenible de los recursos naturales, tanto renovables como no renovables. Su objetivo es promover la inversión en armonía con el desarrollo económico, la conservación de los recursos naturales y el desarrollo integral de las personas. Se busca mantener un equilibrio dinámico que permita un aprovechamiento responsable de los recursos, considerando tanto su valor económico como su preservación a largo plazo.

- **Ley N° 27446: Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental**

  El 23 de abril de 2001 se promulgó esta Ley con el propósito de establecer el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), el cual tiene como finalidad principal identificar, prevenir, supervisar, controlar y corregir de manera anticipada los impactos ambientales negativos derivados de las actividades humanas, específicamente de los proyectos de inversión. Además, esta Ley busca establecer un procedimiento que defina los requisitos, etapas y alcances de las evaluaciones de impacto ambiental para los diversos proyectos de inversión.

- **DL N° 26786, Ley de Evaluación de Impacto Ambiental para Obras y Actividades**

  En el artículo 51 se establece que la Autoridad Sectorial Competente debe informar al Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) sobre todas las actividades que se llevarán a cabo en su sector y que, debido a su potencial riesgo para el medio ambiente, podrían resultar en niveles o parámetros de contaminación o deterioro ambiental superiores a los permitidos. Por lo tanto, es obligatorio que se presenten estudios de impacto ambiental antes de la ejecución de dichas actividades.

- **Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos y su Reglamento**

  La ley en cuestión se refiere a la responsabilidad de llevar a cabo una adecuada gestión y manejo de los residuos sólidos, abarcando todas las etapas desde su generación hasta su disposición o tratamiento final. Además,

también incluye las actividades relacionadas con el transporte y tránsito de residuos sólidos en todo el territorio nacional.

- **Decreto de Urgencia 022-2020, Decreto de Urgencia para el Fortalecimiento de la Identificación y Gestión de Pasivos Ambientales**
  El objetivo principal del mencionado decreto de urgencia es prevenir y/o mitigar la contaminación en los ecosistemas, así como proteger la salud de las personas y el medio ambiente.

Sobre Calidad del Aire: Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles.

- El Reglamento de Estándares Nacionales de la Calidad del Aire, aprobado mediante el D.S. Nº 074-2001-PCM, del 21-06-01, establece los límites aceptables para los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, incluyendo los valores permitidos y los valores de referencia para el tránsito.
- **D.S. N° 047-2001-MTC,** del 31-10-01, Establece los límites máximos permitidos para las emisiones contaminantes de los vehículos automotores nuevos importados o ensamblados en el Perú.

Sobre el Ruido Ambiental: Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido.

- **D.S. N° 085-2003-PCM,** El 30 de octubre de 2003 se aprobó este decreto supremo con el propósito de establecer los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Ruido y definir los parámetros específicos que no deben ser superados. Este decreto supremo tiene como objetivo proteger la salud y vida de las personas, así como fomentar un desarrollo sostenible, ya que el aumento de los niveles de ruido tiene efectos perjudiciales como la pérdida de audición, interferencias en la comunicación verbal y enfermedades psicológicas

5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

5.1. FASES DEL PROYECTO

El proyecto de investigación denominado "PROPUESTA DE ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS DE TRÁNSITO LIGERO INCORPORANDO AGREGADO GRUESO RECICLADO Y CENIZAS DE ASERRÍN" se ha realizado siguiendo las siguientes fases:

- **Ubicación de los puntos de recolección de los insumos reciclados y naturales,** en cuanto al aserrín para obtener cenizas se obtuvieron de los diferentes aserraderos ubicados en el distrito José Leonardo Ortiz, en los alrededores del mercado Moshoqueque y el concreto reciclado para obtener agregado grueso fue extraído del botadero de residuos sólidos ubicado en el cruce de la carretera Panamericana Norte y carretera al distrito San José-Chiclayo aproximadamente a 17 minutos del centro de Chiclayo. Con respecto a los insumos naturales como el agregado grueso (confitillo) son provenientes de la cantera Tres Tomas, el agregado fino (arena) son de procedencia de la cantera La Victoria-Pátapo y el cemento empleado es el tipo MS – Pacasmayo.
- **Recolección del aserrín,** este material se recolectó de los aserraderos mencionados líneas arriba, donde se llenó en sacos de aproximadamente 60 kg, para ser trasportados a un lugar de almacenamiento.
- **Recolección y selección de los residuos de construcción y demolición,** después de identificar el lugar se procedió a recolectar los concretos provenientes de demoliciones, para ello se seleccionó los residuos exclusivamente de concreto, que estén libre de otros materiales como ladrillos, cerámicos, yeso, etc. Esto debido a que en la elaboración de los adoquines se empleó el reemplazo de agregado grueso natural por agregado de concreto reciclado libre de otros materiales.
- **Almacenamiento del aserrín y residuos de construcción y demolición,** el aserrín fue trasportado de los aserraderos a un local de almacén, donde se mantuvo por un tiempo de una semana al aire libre para eliminar la humedad existente. En cuanto a los residuos de concreto reciclado se llevaron a la planta de trituración donde se almacenó por un tiempo de 2 semanas al aire

libre, teniendo en cuenta cualquier agente que le produzca contaminación o humedad.

- **Calcinación del aserrín para obtener cenizas**, este material se quemó en un horno de ladrillera artesanal con la finalidad de que se calcine a temperaturas elevadas y de esta manera garantizar la calcinación en grandes porcentajes de la materia orgánica, los cuales posteriormente se observaron en microscopio óptico.
- **Trituración de residuos de concreto reciclado,** con el fin de obtener agregados de tamaños adecuados para la elaboración de los prefabricados se trituró estos materiales en una planta de trituración de agregados llamada Roca Dura SAC ubicada en el distrito de José Leonardo Ortiz.
- **Separación de tamaños de las cenizas de aserrín y agregado reciclado,** para obtener las cenizas adecuadas se tamizaron con la malla N° 200, esto con la finalidad de que se eliminen cualquier impureza y alcanzar tamaños mínimos que puedan reemplazar al cemento. Con respecto a la separación de tamaños de agregado grueso reciclado se tamizó y se separó los agregados más grandes con el propósito de obtener el agregado equivalente al confitillo.
- **Elaboración de ensayos a cenizas de aserrín, agregados naturales y reciclado,** a las cenizas se le realizaron ensayos de fluorescencia de rayos X para determinar la composición química y comprobar si tienen componentes similares a la del cemento, así mismo se hizo el ensayo de peso específico para ser utilizado en el diseño de mezcla del concreto. Con relación a los agregados naturales y reciclado se determinaron las propiedades mediante los ensayos de análisis granulométrico, pesos unitarios (suelto y compactado), peso específico, absorción y contenido de humedad, estos resultados se emplearon para realizar el diseño de mezcla para elaborar los adoquines.
- **Elaboración y ensayos de adoquines,** esta es la fase final, donde se realizó la producción de los adoquines patrones y con las adiciones de cenizas de aserrín y agregado grueso reciclado en los porcentajes mencionados anteriormente. Para la determinar las propiedades físico-mecánicas estos adoquines se sometieron a ensayos descritos en los capítulos anteriores.

4.2. UBICACIÓN

El proyecto si bien es cierto está destinado para el distrito de José Leonardo Ortiz, pero abarca ambientalmente a todo Chiclayo, ya que los residuos de construcción y demolición (RCD) se obtuvo del botadero en la carretera Chiclayo-San José, y este lugar es el punto de acopio de distintos lugares de Chiclayo.

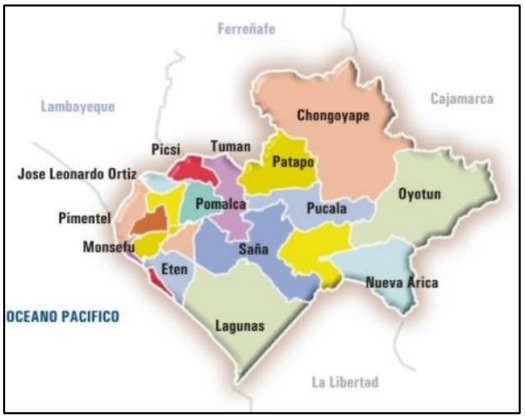
Los límites de la ciudad de Chiclayo son:

Por el Norte: limita con la provincia de Lambayeque y Ferreñafe

Por el Sur: limita con el departamento la Libertad

Por el Este: limita con el departamento de Cajamarca

Por el Oeste: limita con el océano pacífico



- **ÁREA DE INFLUENCIA**

  En la realización de la evaluación del impacto ambiental se identificó el área de influencia del proyecto tanto directa como indirecta

  - **Área de influencia directa,** está delimitado en el distrito de Chiclayo y José Leonardo Ortiz, ya que el proceso de recolección de RCD se obtuvo del cruce de la carretera Panamericana Norte y carretera al distrito San José-Chiclayo y el aserrín se obtuvo de los aserraderos ubicados en el distrito JLO, así mismo la trituración de concreto reciclado y la obtención de las cenizas de aserrín mediante calcinación se realizaron en el distrito de José Leonardo Ortiz al igual que la producción de los adoquines se realizó en dicho distrito. El distrito de José Leonardo Ortiz se encuentra delimitado por el norte con los distritos de Lambayeque y Picsi, por el sur con el distrito de Chiclayo, por el Este con los distritos de Picsi y Chiclayo y por el Oeste con el distrito de Pimentel; mientras que el distrito de Chiclayo se encuentra delimitado por

el norte con los distritos de JLO y Picsi, por el sur con los distritos de Reque y Monsefú, por el oeste con los distritos de Pimentel y La Victoria y por este con el distrito de Pomalca.

- **Área de influencia indirecta,** se encuentra delimitado por el norte por la provincia de Lambayeque y Ferreñafe, por el sur con el departamento La Libertadad, por el Este con el departamento de Cajamarca y por el Oeste con el océano pacifico.

5.2. LINEA BASE AMBIENTAL

Durante la evaluación del impacto ambiental se identificó el área de influencia del proyecto tanto directa como indirecta, a las cuales va afectar el proyecto de manera positiva y negativa durante el proceso de elaboración de adoquines de concreto con materiales reciclables mencionados en capítulos anteriores.

- **UBICACIÒN**

  La obtención de los materiales para la elaboración de adoquines como es el caso de obtención de los componentes reciclados, la selección, quema del aserrín, trituración de los escombros para obtener agregado grueso y la producción de adoquines se dieron acabo en la carretera de San José-Chiclayo (obtención de los RCD) y las demás actividades se realizaron en el distrito de José Leonardo Ortiz , por ello se denomina la ubicación como los dos distritos mencionados.

4.4.1. LINEA BASE FÌSICA

- **CLIMA**

  El clima de Chiclayo tiene características distintivas. Durante el verano, el calor es intenso, mientras que en la primavera y el otoño puede ser templado o caluroso. En invierno, el clima se vuelve frío. Durante esta temporada, las temperaturas promedio oscilan entre los 15ºC y 16ºC. En verano, las temperaturas varían entre los 20ºC y 35ºC. Sin embargo, durante el fenómeno del niño, se producen cambios en la temperatura, con mínimas de 20ºC y máximas de 34ºC. Vale la pena mencionar que en los meses de junio y julio se presentan lluvias, correspondientes a la temporada de invierno.

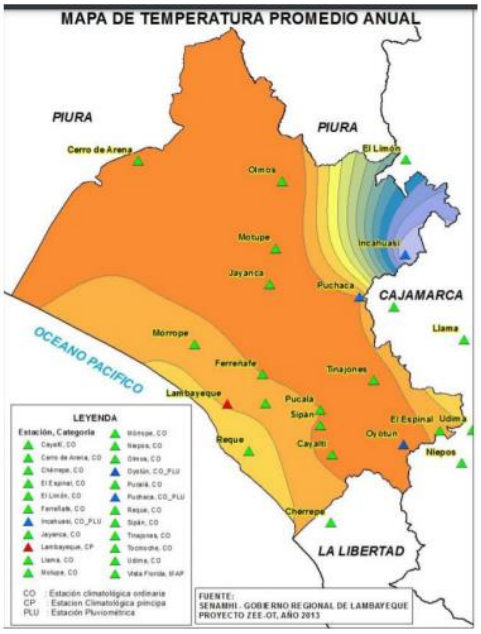


Figura xx: Mapa de Temperatura Promedio Anual. Fuente: MINAM

- **CALIDAD DEL AIRE**

  La calidad del aire se refiere a la condición de vida que experimentamos, y uno de los principales factores que la afecta en todas las ciudades, incluyendo Chiclayo, es la contaminación del aire. Esta contaminación es causada por una serie de actividades, que incluyen:

Principales fuentes de contaminación en las ciudades

N.°	Zona de Atención Prioritaria	Principales fuentes de contaminación
1	Arequipa	Ladrilleras, cementeras, parque automotor (vehículos)
2	Cerro de Pasco	Extracción de minerales
3	Chiclayo	Parque automotor (vehículos), industrias (ladrilleras, azucarera, fundiciones) y fuente de área (panaderías, imprentas y carpinterías)

Tabla xx: Principales fuentes de contaminación. Fuente: Informe Nacional de Calidad del aire (MINAM)

- **SUELOS**

  La ciudad de Chiclayo se encuentra a una altitud de 20 metros sobre el nivel del mar, y predominan los suelos arcillosos en su composición. Esto da lugar a una configuración estratigráfica uniforme en la zona, tanto en términos del tipo de suelo como en su capacidad de carga. Según la clasificación SUCS, los suelos de Chiclayo se clasifican como tipo GC.

- **HIDROLOGIA**

  Chiclayo dispone de dos fuentes de agua que abastecen a la población y su entorno para diversas actividades. Una de ellas es una fuente superficial que proviene de la cuenca Chancay-Lambayeque y la subcuenca del río Chotano. La cuenca Chancay-Lambayeque tiene un área de 2,380.5 kilómetros cuadrados y su principal río es el Chancay-Lambayeque, que se extiende por 13.6 kilómetros y tiene un caudal promedio anual de 886.7 metros cúbicos. Las aguas del río Chancay-Lambayeque son captadas en la bocatoma llamada Raca Rumi y luego se dirigen al reservorio Tinajones, donde se almacenan y posteriormente se distribuyen para diversos usos, como consumo humano, agricultura, ganadería, energía, industria, recreación, parques y jardines, entre otros. Además de esta fuente superficial, también se cuenta con una fuente de agua subterránea.

- **RIESGO SISMICO**

  El estudio se sitúa en la zona 4, la cual se caracteriza por tener una sismicidad de intensidad alta, clasificada entre VII y X en la escala de Mercalli, según lo establecido en la norma E.0.30 de Diseño Sísmico Resistente.

Escala Sísmica Modificada de Mercalli	
I. Imperceptible	Microsismo, detectado por instrumentos
II. Muy Leve	Sentido por algunas personas (generalmente en reposo)
III. Leve	Sentido por algunas personas dentro de edificios
IV. Moderado	Sentido por algunas personas fuera de edificios
V. Poco Fuerte	Sentido por casi todos
VI. Fuerte	Sentido por todos
VII. Muy Fuerte	Las construcciones sufren daño moderado
VIII. Destructivo	Daños considerables en estructuras
IX. Muy Destructivo	Daños graves y pánico general.
X. Desastroso	Destrucción en edificios bien construidos
XI. Muy Desastroso	Casi nada queda en pie
XII. Catastrófico	Destrucción total

4.5. LINEA BASE BIOLOGICA (LBB)

- **FLORA**

  En el área de influencia ambiental se encuentran diversos tipos de bosques, entre los cuales los más destacados son los de algarrobo, zapote, palo santo, guayabo, entre otros. De estos, el bosque de algarrobo es el más afectado debido a la actividad de construcción y a la explotación intensiva, lo que ha llevado a su peligro de extinción. Para proteger estos bosques, se han

establecido zonas de reserva nacional con el objetivo de preservar su conservación.

- **FAUNA TERRESTRE**

  La presencia de flora en el área también implica la existencia de fauna terrestre, por lo tanto, los animales que se ven directamente afectados son aquellos que habitan en ese entorno, como lagartijas, iguanas y roedores de pequeño tamaño.

- **HÁBITAT ACTUAL**

  La vida silvestre en las áreas donde se llevó a cabo el proyecto está compuesta principalmente por lagartijas pequeñas, iguanas y roedores, que son especies comunes en los lugares donde se encuentran los escombros y se acumula el aserrín de madera. Es importante destacar que en las proximidades de estas áreas de influencia directa, hay terrenos de cultivo con una diversidad de árboles y un canal de riego.

- **AVES**

  Las aves como las tórtolas, gorriones y jilgueros dorados habitan principalmente en la zona de influencia ambiental indirecta debido a la abundancia de árboles. Sin embargo, durante la etapa del proyecto, su calidad de vida se verá afectada por la contaminación atmosférica y el ruido generado por la realización de ciertas actividades del proyecto.

- **MAMÍFEROS**

  Los animales domésticos como perros, gatos y otros serán impactados por el ruido generado durante la realización de ciertas actividades del proyecto.

4.6. LINEA BASE SOCIOECNOMICA (LBS)

- **UBICACIÒN GEOGRÁFICA**

  El proyecto, como se mencionó anteriormente, se centra en el distrito de José Leonardo Ortiz, pero su alcance ambiental se extiende a toda la ciudad de Chiclayo. Los residuos de construcción y demolición (RCD) utilizados en el proyecto se obtuvieron del vertedero ubicado en la carretera Chiclayo-San José, que es el punto de acopio para diversos lugares de Chiclayo.

  Los límites geográficos de la ciudad de Chiclayo son los siguientes:

  - Al norte: limita con las provincias de Lambayeque y Ferreñafe.
  - Al sur: limita con el departamento de La Libertad.

- Al este: limita con el departamento de Cajamarca.
- Al oeste: limita con el océano Pacífico.

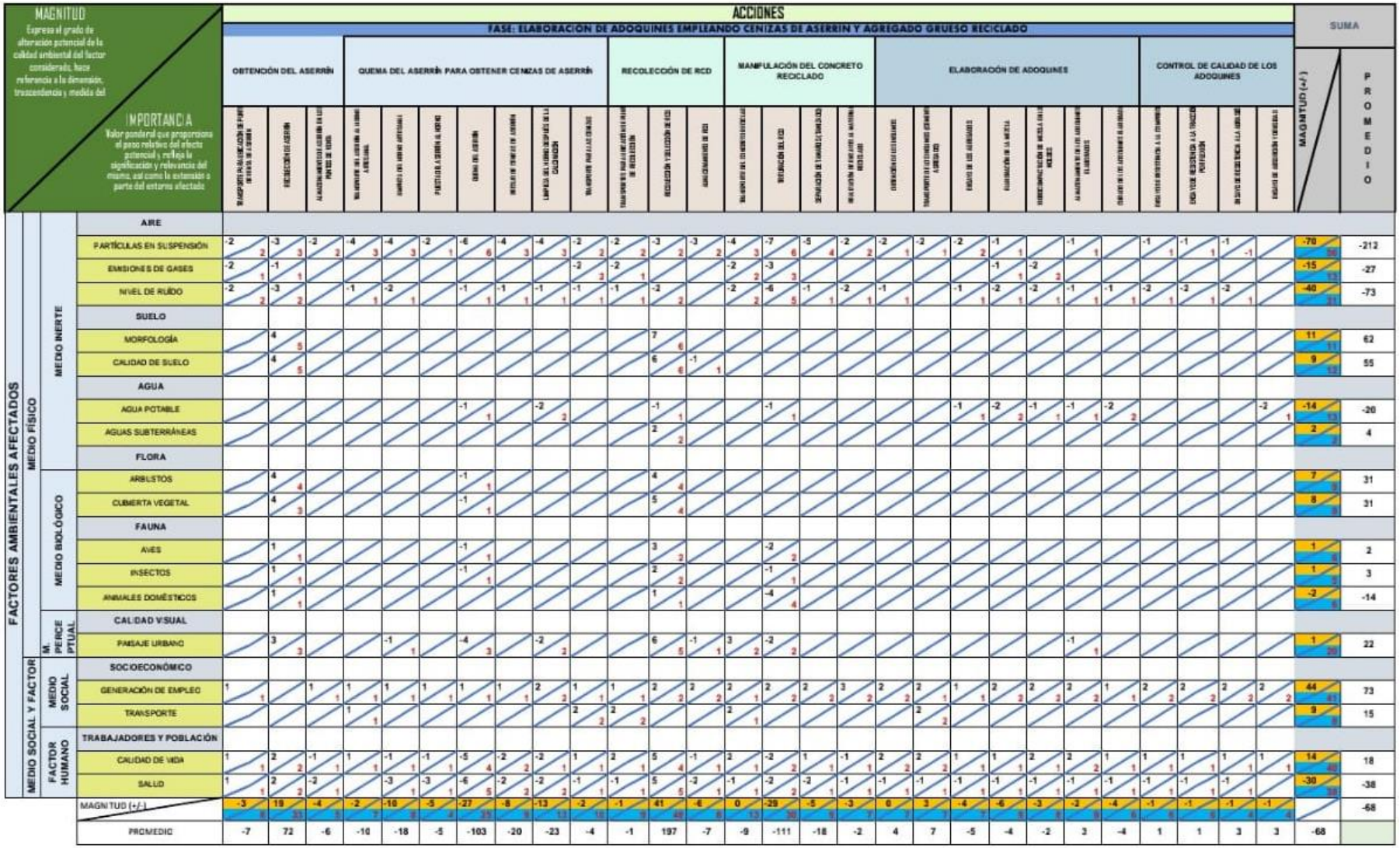
- **ACTIVIDADES ECONÓMICAS**

  De acuerdo con la información proporcionada por los residentes de las áreas donde se llevaron a cabo las actividades previas al inicio del proyecto, las principales actividades económicas son la agroindustria, la construcción y el transporte. Sin embargo, en los últimos años, también han surgido servicios relacionados con el hotelería, los restaurantes, las farmacias y los centros de estudio privados.

- **TRANSPORTE Y COMUNICACIÓN**

  Se puede acceder al área a través de la carretera terrestre desde Lima por la Panamericana Norte hasta Chiclayo, o mediante vuelos desde Lima hasta Chiclayo y luego trasladarse por tierra desde Chiclayo hasta las áreas donde se llevaron a cabo las diversas actividades del proyecto, utilizando la vía carretera Chiclayo - José Leonardo Ortiz.

Matriz de Leopold



Elaboración propia

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

AIRE			
IMPACTO	ACTIVIDAD CAUSANTE	TIPO DE MEDIDA	MEDIDAS PROPUESTAS
EMISIÒN DE GASES	Circulacion de vehiculos	Mitigaciòn	Los vehiculos someterlos a una revision ya que ciruclaran en todo el proceso
		Preventiva	Disminuir la cantidad de gases que ocasionan daño a la atmòsfera con combustible apropiedo.
	Uso de equipos y maquinarias	Preventiva	Las maquinarias seran sometidos a revisiones puesto que se haran uso para la elaboracion de adoquines.
NIVEL DE RUIDO	Circulacion de vehiculos	Mitigaciòn	Evitar los diversos tipos de ruido que se generan como sirenas, etc tanto para vehiculos y maquinasrias
	Uso de equipos y maquinarias	Preventiva	Los EPP´s de suma importancia y deben ser utilizados durante el proceso para la proteccion auditiva.
	Procesamiento de agregados reciclados	Preventiva	Los EPP´s de suma importancia y deben ser utilizados durante el proceso para la proteccion auditiva.
PARTICULAS EN SUSPENSIÒN	Procesamiento de agregados reciclados	Control	Se tiene que prevenir la presencia de polvo por ende se le regara cierta cantidad de agua sobre el material
		Prevenciòn	Se previene la causa de apilamiento del material con el fin de que no haya presencia de polvo
	Elaboraciòn de concreto	Mitigaciòn	Los EPP´s de suma importancia y deben ser utilizados durante el proceso con la finalidad de no tener contacto con el polvo residual

AGUA			
IMPACTO	ACTIVIDAD CAUSANTE	TIPO DE MEDIDA	MEDIDAS PROPUESTAS
AGUAS SUBTERRANEAS	Circulacion de vehiculos	Prevenciòn	Usar quimicos adecuados que no genere contaminacion alguna.
		Preventiva	Se utilizara espacios para realizar excavaciones evitando modificaciones de la configuracion de cuerpo hidrico.
AGUAS POTABLE	Uso de equipos y maquinarias	Preventiva	Se realiza verificacion del consumo de agua a lo largo de la actividad para prevenir el mal uso del recurso

SUELO			
IMPACTO	ACTIVIDAD CAUSANTE	TIPO DE MEDIDA	MEDIDAS PROPUESTAS
MORFOLOGIA DEL TERRENO	Extracion del material pètreo	Preventiva	Se utilizara espacios para realizar excavaciones evitando modificaciones de la configuracion de cuerpo hidrico.
CALIDAD DEL SUELO (Contaminacion)	Extracion del material pètreo	Control	Capacitar a todo personal que este comprometido con las labores de extraccion de agregados.
		Mitigacion	Se reutilizara suelo removido en buenas condiciones para hacerlos uso en otras actividades
	Elaboracion de concreto	Preventiva	Quitar residuos de concreto excedente en una escombrera para su disposicion final.