

**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



“INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAÍZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICOMECÁNICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VÍAS URBANAS - HUÁNUCO 2022”

LINEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA VIAL

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

TESISTAS:

BENANCIO CAMARA, GLICERIO JHUNNIOR
CHAMORRO BALDEON, MIKE STEVEN

ASESOR:

MG. ING. SOTO COZ , LYNDON VÍCTOR

HUÁNUCO – PERÚ

2023

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres, quienes siempre me brindaron su apoyo y me cuidaron en todo el camino de mi carrera profesional, me enseñaron a no desanimarme ante los problemas que se presentan, y poder enfrentar las adversidades sin rendirme y sin perder la dignidad en el intento.

Glicerio J. Benancio Camara

DEDICATORIA

A Dios nuestro Señor, por brindarme fortaleza y guía en todo mi camino profesional y personal.

A mis padres Francisco y Cecilia, quienes han sido mi guía constante en cada etapa de mi vida. Su amor incondicional, perseverancia y fortaleza son un ejemplo que me ha impulsado a alcanzar todos mis objetivos.

A mis maestros, aquellos que con dedicación y pasión compartieron sus conocimientos y enseñanzas conmigo.

A ellos, les dedico esta tesis como un pequeño tributo a su impacto en mi vida.

Mike S. Chamorro Baldeon

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, queremos agradecer a Dios por guiarnos y brindarnos sabiduría durante todo el camino de nuestra carrera universitaria.

Queremos agradecer de corazón a nuestros padres por sus constantes consejos, su apoyo inquebrantable y su confianza en nosotros. Entendemos que nuestros logros no son solo nuestros, sino también de ellos, reflejo de su guía permanente.

Extendemos nuestro agradecimiento a nuestra familia, por apoyarnos, alentarnos y aconsejarnos siempre que lo necesitamos.

A nuestro asesor de tesis, por su apoyo invaluable y su tiempo visitándonos en el laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil. Su orientación y perspicacia fortalecieron significativamente nuestra investigación.

A nuestros compañeros de estudio, por sus consejos continuos y por ayudarnos a superar los desafíos que surgieron durante nuestra investigación.

A los ingenieros del laboratorio de mecánica de suelos de la escuela académica de Ingeniería Civil, por su ayuda en la fabricación de los adoquines de concreto y por guiarnos pacientemente en cada paso de la producción de muestras.

Estamos profundamente agradecidos con la Universidad Nacional "Hermilio Valdizán", en particular a la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, por brindarnos la oportunidad de crecer y desarrollarnos como profesionales competentes.

Nuestro viaje se ha enriquecido con el apoyo constante, la orientación y la asistencia de todas estas personas e instituciones. Les agradecemos sinceramente por sus contribuciones a nuestro crecimiento académico y personal.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal determinar de qué manera influye la incorporación de cenizas de hoja de maíz (CHM) y cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBCA) en las propiedades físico - mecánicas de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas. Para lo cual, se evaluaron adoquines con incorporación de cenizas en porcentajes del 0%, 5%, 10% y 15% como reemplazo parcial del cemento en peso.

La metodología utilizada se basó en un enfoque de investigación experimental, que se clasifica como investigación aplicada debido a su objetivo práctico. En términos de profundidad, se considera un estudio descriptivo - comparativo, y en cuanto a la naturaleza de los datos analizados, se trata de un enfoque cuantitativo. El diseño de investigación se definió como cuasi - experimental, y la recopilación de datos se realizó a través de métodos experimentales y observación científica, utilizando fichas de laboratorio como instrumento principal.

Los resultados revelaron una tendencia hacia la reducción de la densidad, resistencia a la compresión y módulo de ruptura, así como un aumento en el contenido de humedad y absorción a medida que se incrementaba el porcentaje de incorporación de cenizas. Sin embargo, entre los porcentajes evaluados, solo la incorporación del 5% de CHM y CBCA cumplió con los límites establecidos por las normativas NTP 399.611 y la NTG 41086 para las propiedades físico - mecánicas de los adoquines de concreto.

En resumen, esta investigación concluye que, la incorporación de CHM y CBCA no mejora las propiedades físico - mecánicas de los adoquines de concreto tipo II para vías urbanas. Sin embargo, estos pueden ser incorporados en un 5% sin afectar significativamente sus propiedades, lo que conlleva una reducción en los costos de producción de estos adoquines.

Palabras Clave: Ceniza, Adoquín, Concreto, Incorporación, Propiedades, Físico, Mecánico.

ABSTRACT

The main objective of this research was to determine how the incorporation of corn leaf ash (CHM) and sugar cane bagasse ash (CBCA) influences the physical-mechanical properties of type II concrete pavers for urban roads. For this purpose, paving blocks with ash incorporation in percentages of 0%, 5%, 10% and 15% as partial replacement of cement by weight were evaluated.

The methodology used was based on an explanatory research approach, which is classified as applied research due to its practical objective. In terms of depth, it is considered a descriptive - comparative study, and in terms of the nature of the data analyzed, it is a quantitative approach. The research design was defined as quasi - experimental, and data collection was carried out through experimental methods and scientific observation, using laboratory cards as the main instrument.

The results revealed a tendency towards a reduction in density, compressive strength and modulus of rupture, as well as an increase in moisture content and absorption as the percentage of ash incorporation increased. However, among the percentages evaluated, only the incorporation of 5% CHM and CBCA complied with the limits established by NTP 399.611 and NTG 41086 for the physical - mechanical properties of pavers.

In summary, this research concludes that the incorporation of CHM and CBCA does not improve the physical-mechanical properties of type II concrete pavers for urban roads. However, they can be incorporated at 5% without significantly affecting their properties, which leads to a reduction in the production costs of these pavers.

Key words: Ash, Pavers, Concrete, Incorporation, Properties, Physical, Mechanical.

INDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO	III
RESUMEN.....	IV
ABSTRACT.....	V
INDICE.....	VI
INTRODUCCIÓN	XVIII
CAPITULO I PROBLEMA DE INVESTIGACION.....	1
1.1. FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN GENERAL Y ESPECÍFICOS	4
1.2.1. Problema General	4
1.2.2. Problemas Específicos.....	4
1.3. FORMULACIÓN DEL OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS	5
1.3.1. Objetivo General	5
1.3.2. Objetivos Específicos	5
1.4. JUSTIFICACIÓN	6
1.5. LIMITACIONES	9
1.6. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS GENERAL Y ESPECÍFICAS	11
1.6.1. Hipótesis General	11
1.6.2. Hipótesis Específicas.....	11
1.7. VARIABLES.....	12
1.7.1. Variable Dependiente	12
1.7.2. Variables Independientes.....	12
1.8. DEFINICIÓN TEÓRICA Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	13
CAPITULO II MARCO TEÓRICO.....	14
2.1. ANTECEDENTES.....	14
2.1.1. A Nivel Internacional	14
2.1.2. A Nivel Nacional.....	17
2.1.3. A Nivel Local	20
2.2. BASES TEÓRICAS	22
2.2.1. Adoquín de Concreto.....	22
2.2.1.1. Pavimento Adoquinado o Intertrabado	22
2.2.1.2. Ventajas y Limitaciones de los Pavimentos Adoquinados	23

2.2.1.3. Características del Adoquín de Concreto.....	24
2.2.1.4. Componentes del Adoquín de Concreto	26
2.2.1.5. Ensayo de los Agregados.....	29
2.2.1.6. Diseño de Mezcla	31
2.2.1.7. Proceso de Fabricación de Adoquines de Concreto.....	42
2.2.1.8. Propiedades Físicas.....	50
2.2.1.9. Propiedades Mecánicas.....	53
2.2.1.10. Ensayo de Absorción, Densidad y Contenido de Humedad en Adoquines.....	55
2.2.1.11. Ensayo a Compresión de Adoquines de Concreto (NTP 366.604/ASTM C140)	56
2.2.1.12. Ensayo de Módulo de Ruptura en Adoquines de Concreto (NTG 41087 h1).....	59
2.2.2. Cenizas de hojas de maíz.....	61
2.2.2.1. Maíz	61
2.2.2.2. Características de la hoja de maíz.....	62
2.2.2.3. Producción del maíz en el Perú	63
2.2.2.4. Propiedades Químicas de las Cenizas de Hojas de Maíz.....	63
2.2.3. Cenizas del bagazo de caña de azúcar	64
2.2.3.1. Caña de Azúcar.....	64
2.2.3.2. Producción de Caña de Azúcar en el Perú.....	65
2.2.3.3. Bagazo de Caña de Azúcar	66
2.2.3.4. Cenizas de Bagazo de caña de azúcar.....	66
2.2.3.5. Propiedades Químicas de las Cenizas de Bagazo de Caña de Azúcar.....	67
2.2.3.6. Proceso de Obtención de Cenizas.....	67
2.3. BASES CONCEPTUALES.....	69
2.4. BASES EPISTEMOLÓGICAS, BASES FILOSÓFICAS Y/O BASES ANTROPOLÓGICAS.....	71
CAPITULO III METODOLOGÍA.....	72
3.1. ÁMBITO	72
3.2. POBLACIÓN.....	72
3.3. MUESTRA	72
3.4. NIVEL Y TIPO DE ESTUDIO	74
3.4.1. Nivel de Estudio	74
3.4.2. Tipo de Estudio	74
3.5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	75
3.6. MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	76
3.6.1. Métodos.....	76

3.6.2. Técnicas.....	76
3.6.3. Instrumentos	77
3.7. VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO	78
3.8. PROCEDIMIENTO.....	79
3.8.1. Primera Fase	81
3.8.1.1. Recolección de Hojas de Maíz	81
3.8.1.2. Recolección de Bagazo de Caña de Azúcar.....	82
3.8.1.3. Selección y Obtención del Agregado.....	83
3.8.2. Segunda Fase.....	84
3.8.2.1. Obtención de cenizas de Hojas de Maíz	84
3.8.2.2. Obtención de cenizas de Bagazo de Caña de Azúcar	85
3.8.2.3. Ensayo de los Agregados.....	86
3.8.3. Tercera Fase	97
3.8.3.1. Diseño de mezcla.....	97
3.8.3.1. Elaboración de Adoquines de Concreto.....	104
3.8.4. Cuarta Fase	109
3.8.4.1. Curado de los adoquines de concreto	109
3.8.4.2. Proceso Ensayo de Densidad, Contenido de Humedad y Absorción de Adoquines	110
3.8.4.3. Proceso de Ensayo de Resistencia a la Compresión de Adoquines de Concreto.....	112
3.8.4.4. Ensayo del Módulo de Ruptura de Adoquines de Concreto	114
3.9. TABULACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS	116
3.9.1. Análisis Estadístico Descriptivo.....	116
3.9.2. Análisis Estadístico Inferencial	117
3.10. CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	124
CAPITULO IV RESULTADOS	125
4.1. DENSIDAD DE ADOQUINES DE CONCRETO (NTP 366.604 / ASTM C140-06).....	125
4.2. CONTENIDO DE HUMEDAD DE ADOQUINES DE CONCRETO (NTP 366.604 / ASTM C140-06)....	133
4.3. ABSORCIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO (NTP 366.604 / ASTM C140-06)	141
4.4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO (NTP 366.604 / ASTM C140)	149
4.5. MÓDULO DE RUPTURA DE ADOQUINES DE CONCRETO (NTG 41087 H1).....	158
4.6. ANÁLISIS DE COSTO DE LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO.....	167
CAPITULO V DISCUSIÓN	172
5.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 1	173
5.1.1. Objetivo Específico 1.1	173

5.1.2. Objetivo Específico 1.2	177
5.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 2	181
5.2.1. Objetivo Específico 2.1	181
5.2.2. Objetivo Específico 2.2	185
5.3. OBJETIVO ESPECÍFICO 3	189
5.3.1. Objetivo Específico 3.1	189
5.3.2. Objetivo Específico 3.2	194
5.4. OBJETIVO ESPECÍFICO 4	198
5.4.1. Objetivo Específico 4.1	198
5.4.2. Objetivo Específico 4.2	202
5.5. OBJETIVO ESPECÍFICO 5	207
5.5.1. Objetivo Específico 5.1	207
5.5.2. Objetivo Específico 5.2	211
5.6. OBJETIVO ESPECIFICO 6	215
5.6.1. Objetivo Especifico 6.1	215
5.6.2. Objetivo Especifico 6.2	217
5.7. DISCUSIÓN RESPECTO A LOS ANTECEDENTES	219
CONCLUSIONES.....	224
RECOMENDACIONES O SUGERENCIAS.....	226
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	228
ANEXOS.....	235
ANEXO N°01: MATRIZ DE CONSISTENCIA	235
ANEXO N°02: CONSENTIMIENTO INFORMATIVO	237
ANEXO N°03: INSTRUMENTOS.....	240
ANEXO N°04: NOTA BIOGRÁFICA	242
ANEXO N°05: VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS POR JUECES	244
ANEXO N°06: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE AGREGADOS	247
ANEXO N°07: RESULTADOS DEL DISEÑO DE MEZCLA PARA ADOQUINES DE CONCRETO	252
ANEXO N°08: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS FÍSICO – MECÁNICOS DE ADOQUINES	259
ANEXO N°09: RESOLUCIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS	280
ANEXO N°10: ACTA DE DEFENSA DE TESIS	281
ANEXO N°11: CONSTANCIA DE SIMILITUD DE TESIS.....	282
ANEXO N°12: REPORTE DE SIMILITUD DE TESIS	283
ANEXO N°13: AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DIGITAL	292

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura típica de pavimento adoquinado	22
Figura 2 Adoquín de concreto	25
Figura 3 Agregado fino y agregado grueso	28
Figura 4 Requisitos aproximados de agua de mezcla para diferentes consistencias	37
Figura 5 Maquina Vibro-Compactadora.....	42
Figura 6 Mesa Vibradora.....	43
Figura 7 Mezcladora de Concreto.....	44
Figura 8 Herramientas para la fabricación de adoquín.....	44
Figura 9 Materiales para la fabricación de adoquín.....	46
Figura 10 Flujograma de producción de un adoquín de concreto.....	49
Figura 11 Tolerancia dimensional máxima	50
Figura 12 Dimensiones en unidades de adoquines I.....	57
Figura 13 Dimensiones en unidades de adoquines II	57
Figura 14 Aplicación de carga de compresión en unidad de adoquín	58
Figura 15 Esquema del ensayo a flexión	60
Figura 16 Detalle esquemático de la morfología del maíz	61
Figura 17 Proceso de obtención de cenizas.	67
Figura 18 Procedimiento de investigación.....	80
Figura 19 Recolección de hojas de maíz en la facultad de Agronomía de la UNHEVAL	81
Figura 20 Localización del Fundo Pacán.....	82
Figura 21 Recolección de bagazo de caña de azúcar en el Fundo Pacán	82
Figura 22 Agregados de la cantera Viroy	83
Figura 23 Agregados en el laboratorio de la FICA.....	83
Figura 24 Incineración de las cenizas de hojas de maíz	84
Figura 25 Cenizas de hoja de maíz	84
Figura 26 Incineración de bagazo de caña de azúcar.....	85
Figura 27 Cenizas de bagazo de caña de azúcar.....	85
Figura 28 Cuarteo de los Agregados finos y gruesos en el Laboratorio de la FICA.....	86
Figura 29 Pesos de las muestras húmedas para el Contenido de Humedad	87
Figura 30 Muestras húmedas colocas al Horno a 110°C+5 para su secado correspondiente	87

Figura 31 Lavado y pesado de la muestra del agregado fino y grueso	88
Figura 32 Muestra seca de los agregados finos y gruesos	89
Figura 33 Proceso de Tamizado para ensayo granulometrico	89
Figura 34 Proceso de sumergido y secado de la muestra de agregado fino.....	90
Figura 35 Muestra del agregado fino superficialmente seca	91
Figura 36 Peso de la muestra con picnómetro y extracción de contenido de vacíos	91
Figura 37 Proceso de secado al horno del agregado fino	92
Figura 38 Muestra de agregado grueso sumergido.....	93
Figura 39 Secado superficial del agregado grueso	93
Figura 40 Peso sumergido de la muestra	94
Figura 41 Moldes para la compactación de los agregados finos y gruesos	95
Figura 42 Cálculo de los volúmenes de los recipientes	96
Figura 43 Mezcladora de concreto (½ bolsa)	104
Figura 44 Molde de adoquines de concreto	104
Figura 45 Mesa vibratoria.....	105
Figura 46 Proporciones de agregados de acuerdo al diseño de mezcla	105
Figura 47 Proceso de mezclado de concreto.....	106
Figura 48 Ensayo de slump para el revenimiento del concreto	106
Figura 49 Llenado de mezcla de concreto a los moldes de adoquines	107
Figura 50 Desmolde de adoquines de concreto	107
Figura 51 Adoquines de concreto con 0%, 5%, 10% y 15 % de incorporación de cenizas	108
Figura 52 Almacenamiento y curado de los adoquines de concreto elaborados	108
Figura 53 Curado de los adoquines en una tina de agua por 3 días	109
Figura 54 Peso recibido de los adoquines de concreto	110
Figura 55 Peso saturado de los adoquines de concreto.....	110
Figura 56 Peso sumergido de los adoquines de concreto	111
Figura 57 Secado al horno de los adoquines de concreto	111
Figura 58 Obtención de medidas de los adoquines de concreto	112
Figura 59 Elaboración del refrendado de cada adoquín a ensayar	112
Figura 60 Rotura de adoquines en la maquina uniaxial.....	113
Figura 61 Fallas de los adoquines después de la rotura en la maquina uniaxial.....	113

Figura 62	Ensayo del módulo de ruptura de los adoquines de concreto.....	114
Figura 63	Muestras ensayadas del módulo de ruptura.....	115
Figura 64	Curva F y valor crítico $F_{\alpha, k-1, n-k}$	121
Figura 65	Gráfico de densidad de adoquines patrón (0% de cenizas) a los 7,14 y 28 días	126
Figura 66	Gráfico de densidad de adoquines con 5% de CHM a los 7,14 y 28 días.....	127
Figura 67	Gráfico de densidad de adoquines con 10% de CHM a los 7,14 y 28 días.....	128
Figura 68	Gráfico de densidad de adoquines con 15% de CHM a los 7,14 y 28 días.....	129
Figura 69	Gráfico de densidad de adoquines con 5% de CBCA a los 7,14 y 28 días	130
Figura 70	Gráfico de densidad de adoquines con 10% de CBCA a los 7,14 y 28 días	131
Figura 71	Gráfico de densidad de adoquines con 15% de CBCA a los 7,14 y 28 días	132
Figura 72	Gráfico de contenido de humedad de adoquines patrón a los 7,14 y 28 días.....	134
Figura 73	Gráfico de contenido de humedad de adoquines 5% de CHM a 7,14 y 28 días	135
Figura 74	Gráfico de contenido de humedad de adoquines 10% de CHM a 7,14 y 28 días	136
Figura 75	Gráfico de contenido de humedad de adoquines 15% de CHM a 7,14 y 28 días	137
Figura 76	Gráfico de contenido de humedad de adoquines 5% de CBCA a 7,14 y 28 días.....	138
Figura 77	Gráfico de contenido de humedad de adoquines 10% de CBCA a 7,14 y 28 días....	139
Figura 78	Gráfico de contenido de humedad de adoquines 15% de CBCA a 7,14 y 28 días....	140
Figura 79	Gráfico de absorción de adoquines patrón a los 7,14 y 28 días	142
Figura 80	Gráfico de absorción de adoquines 5% de CHM a 7,14 y 28 días	143
Figura 81	Gráfico de absorción de adoquines 10% de CHM a 7,14 y 28 días	144
Figura 82	Gráfico de absorción de adoquines 15% de CHM a 7,14 y 28 días	145
Figura 83	Gráfico de absorción de adoquines 5% de CBCA a 7,14 y 28 días	146
Figura 84	Gráfico de absorción de adoquines 10% de CBCA a 7,14 y 28 días	147
Figura 85	Gráfico de absorción de adoquines 15% de CBCA a 7,14 y 28 días	148
Figura 86	Gráfico de resistencia a compresión de adoquines patrón a los 7,14 y 28 días.....	151
Figura 87	Gráfico de resistencia a compresión de adoquines 5% de CHM a 7,14 y 28 días	152
Figura 88	Gráfico de resistencia a compresión de adoquines 10% de CHM a 7,14 y 28 días ..	153
Figura 89	Gráfico de resistencia a compresión de adoquines 15% de CHM a 7,14 y 28 días ..	154
Figura 90	Gráfico de resistencia a compresión de adoquines 5% de CBCA a 7,14 y 28 días ..	155
Figura 91	Gráfico de resistencia a compresión de adoquines 10% de CBCA a 7,14 y 28 días	156
Figura 92	Gráfico de resistencia a compresión de adoquines 15% CBCA a 7,14 y 28 días	157

Figura 93 Gráfico de módulo de ruptura de adoquines patrón a los 7,14 y 28 días	160
Figura 94 Gráfico de módulo de ruptura de adoquines 5% de CHM a 7,14 y 28 días	161
Figura 95 Gráfico de módulo de ruptura de adoquines 10% de CHM a 7,14 y 28 días	162
Figura 96 Gráfico de módulo de ruptura de adoquines 15% de CHM a 7,14 y 28 días	163
Figura 97 Gráfico de módulo de ruptura de adoquines 5% de CBCA a 7,14 y 28 días	164
Figura 98 Gráfico de módulo de ruptura de adoquines 10% de CBCA a 7,14 y 28 días	165
Figura 99 Gráfico de módulo de ruptura de adoquines 15% de CBCA a 7,14 y 28 días	166
Figura 100 Gráfico de densidad de adoquines con CHM a los 28 días	174
Figura 101 Gráfico de densidad de adoquines con CBCA a los 28 días	178
Figura 102 Gráfico del contenido de humedad de adoquines con CHM a los 28 días	182
Figura 102 Gráfico del contenido de humedad de adoquines con CBCA a los 28 días	186
Figura 104 Gráfico de la absorción de adoquines con CHM a los 28 días	190
Figura 105 Gráfico de la absorción de adoquines con CBCA a los 28 días	195
Figura 106 Gráfico de la resistencia a la compresión de adoquines con CHM a los 28 días	199
Figura 107 Gráfico de la resistencia a la compresión de adoquines con CBCA a los 28 días ..	203
Figura 108 Gráfico del módulo de ruptura de adoquines con CHM a los 28 días.....	208
Figura 109 Gráfico del módulo de ruptura de adoquines con CBCA a los 28 días.....	212
Figura 110 Gráfico de los precios de los adoquines por metro cúbicos con CHM	215
Figura 111 Gráfico de los precios de adoquines con CHM por millar	216
Figura 112 Gráfico de los precios de los adoquines por metro cúbicos con CBCA.....	217
Figura 113 Gráfico de los precios de adoquines con CBCA por millar	218

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Clasificación de los Adoquines de Concreto	25
Tabla 2	Principales compuestos del cemento	27
Tabla 3	Factor de modificación para la desviación estándar de la muestra	32
Tabla 4	Resistencia promedio a la compresión requerida cuando hay datos disponibles.....	33
Tabla 5	Resistencia promedio a la compresión requerida para establecer una desviación.....	33
Tabla 6	Comparación de mediciones de consistencia para el ensayo de asentamiento y Vebe .	35
Tabla 7	Correspondencia entre la relación agua cemento o agua-materiales cementicios	38
Tabla 8	Volumen del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.....	40
Tabla 9	Absorción máxima en adoquines de concreto	52
Tabla 10	Espesor nominal y resistencia a la compresión.....	53
Tabla 11	Resistencia mínima a flexión del adoquín	54
Tabla 12	Contenido de ceniza y sílice en residuos agrícolas	62
Tabla 13	Caracterización físico - química de los materiales cementantes utilizados	64
Tabla 14	Muestras de la investigación.....	73
Tabla 15	Ensayos e Instrumentos.....	77
Tabla 16	Datos de los ensayos de agregados para el diseño de mezcla de adoquines.....	98
Tabla 17	Resumen de características del cemento Sol	98
Tabla 18	Proporciones de diseño de mezcla en estado seco	101
Tabla 19	Proporciones de diseño de mezcla patrón por volumen.....	102
Tabla 20	Proporciones de diseño de mezcla patrón por peso	102
Tabla 21	Diseño de mezcla con 5% de incorporación de ceniza	102
Tabla 22	Diseño de mezcla con 5% de ceniza para el volumen de molde (0.0032 m ³).....	103
Tabla 23	Diseño de mezcla con 10% de incorporación de ceniza	103
Tabla 24	Diseño de mezcla con 10% de ceniza para el volumen de molde (0.0032 m ³).....	103
Tabla 25	Diseño de mezcla con 15% de incorporación de ceniza	103
Tabla 26	Diseño de mezcla con 15% de ceniza para el volumen de molde (0.0032 m ³).....	103
Tabla 27	Tabla de análisis de varianza (ANOVA)	120
Tabla 28	Densidad de Adoquines Patrón (0% de cenizas) a los 7,14 y 28 días	126
Tabla 29	Datos de densidad de adoquines con 5% de CHM a los 7,14 y 28 días	127
Tabla 30	Datos de densidad de adoquines con 10% de CHM a los 7,14 y 28 días	128

Tabla 31 Datos de densidad de adoquines con 15% de CHM a los 7,14 y 28 días	129
Tabla 32 Datos de densidad de adoquines con 5% de CBCA a los 7,14 y 28 días.....	130
Tabla 33 Datos de densidad de adoquines con 10% de CBCA a los 7,14 y 28 días.....	131
Tabla 34 Datos de densidad de adoquines con 15% de CBCA a los 7,14 y 28 días.....	132
Tabla 35 Datos de contenido de humedad de adoquines patrón a los 7,14 y 28 días	134
Tabla 36 Datos de contenido de humedad de adoquines con 5% de CHM a 7,14 y 28 días	135
Tabla 37 Datos de contenido de humedad de adoquines con 10% de CHM a 7,14 y 28 días ...	136
Tabla 38 Datos de contenido de humedad de adoquines con 15% de CHM a 7,14 y 28 días ...	137
Tabla 39 Datos de contenido de humedad de adoquines con 5% de CBCA a 7,14 y 28 días ...	138
Tabla 40 Datos de contenido de humedad de adoquines con 10% de CBCA a 7,14 y 28 días .	139
Tabla 41 Datos de contenido de humedad de adoquines con 15% de CBCA a 7,14 y 28 días .	140
Tabla 42 Absorción máxima para las unidades de concreto muestreadas	141
Tabla 43 Absorción de adoquines patrón (0% de cenizas) a los 7,14 y 28 días	142
Tabla 44 Datos de absorción de adoquines con 5% de CHM a los 7,14 y 28 días	143
Tabla 45 Datos de absorción de adoquines con 10% de CHM a los 7,14 y 28 días	144
Tabla 46 Datos de absorción de adoquines con 15% de CHM a los 7,14 y 28 días	145
Tabla 47 Datos de absorción de adoquines con 5% de CBCA a los 7,14 y 28 días	146
Tabla 48 Absorción de adoquines con 10% de CBCA a los 7,14 y 28 días	147
Tabla 49 Datos de absorción de adoquines con 15% de CBCA a los 7,14 y 28 días	148
Tabla 50 Resistencia a la compresión mínima para las unidades de concreto muestreadas	150
Tabla 51 Resistencia a la compresión mínima para los ensayos a los 7, 14 y 28 días.....	150
Tabla 52 Datos de resistencia a compresión de adoquines patrón a 7,14 y 28 días.....	151
Tabla 53 Datos de resistencia a la compresión de adoquines con 5% CHM a 7,14, 28 días.....	152
Tabla 54 Datos de resistencia a la compresión de adoquines con 10% CHM a 7,14, 28 días...	153
Tabla 55 Datos de resistencia a la compresión de adoquines con 15% CHM a 7,14, 28 días...	154
Tabla 56 Datos de resistencia a la compresión de adoquines con 5% CBCA a 7,14, 28 días...	155
Tabla 57 Datos de resistencia a la compresión de adoquines con 10% CBCA a 7,14, 28 días. .	156
Tabla 58 Datos de resistencia a la compresión de adoquines con 15% CBCA a 7,14, 28 días. .	157
Tabla 59 Módulo de ruptura mínima para las unidades de concreto muestreadas	159
Tabla 60 Módulo de ruptura mínima para los ensayos a los 7, 14 y 28 días	159
Tabla 61 Módulo de ruptura de adoquines patrón a los 7,14 y 28 días	160

Tabla 62 Módulo de ruptura de adoquines con 5% de CHM a los 7,14 y 28 días.....	161
Tabla 63 Módulo de ruptura de adoquines con 10% de CHM a los 7,14 y 28 días.....	162
Tabla 64 Módulo de ruptura de adoquines con 15% de CHM a los 7,14 y 28 días.....	163
Tabla 65 Módulo de ruptura de adoquines con 5% de CBCA a los 7,14 y 28 días.....	164
Tabla 66 Módulo de ruptura de adoquines con 10% de CBCA a los 7,14 y 28 días.....	165
Tabla 67 Módulo de ruptura de adoquines con 15% de CBCA a los 7,14 y 28 días.....	166
Tabla 68 Tabla precios de materiales y equipos utilizados en los adoquines.....	167
Tabla 69 Análisis de costos por m ³ de adoquines sin incorporación de cenizas.....	167
Tabla 70 Análisis de costos por m ³ de adoquines con CHM al 5%	168
Tabla 71 Análisis de costos por m ³ de adoquines con CHM al 10%	169
Tabla 72 Análisis de costos por m ³ de adoquines con CHM al 15%	169
Tabla 73 Análisis de costos por m ³ de adoquines con CBCA al 5%	170
Tabla 74 Análisis de costos por m ³ de adoquines con CBCA al 10%	171
Tabla 75 Análisis de costos por m ³ de adoquines con CBCA al 15%	171
Tabla 76 Densidad de adoquines con CHM a los 28 días.....	173
Tabla 77 Supuestos para los datos de densidad de adoquines con CHM	175
Tabla 78 Prueba Welch para el análisis de densidad entre adoquines 0% S/C y 5% CHM	175
Tabla 79 Prueba Welch para el análisis de densidad entre adoquines 0% S/C y 10% CHM	176
Tabla 80 Prueba Welch para el análisis de densidad entre adoquines 0% S/C y 15% CHM	176
Tabla 81 Densidad de adoquines con CBCA a los 28 días.....	177
Tabla 82 Supuestos para los datos de densidad de adoquines con CBCA.....	179
Tabla 89 Prueba ANOVA para los datos de densidad de adoquines con CBCA	179
Tabla 90 Prueba de Dunnett para los datos de densidad de adoquines con CBCA	180
Tabla 85 Contenido de humedad de adoquines con CHM a los 28 días.....	181
Tabla 86 Supuestos para los datos de contenido de humedad de adoquines con CHM	183
Tabla 87 Prueba ANOVA para los datos de contenido de humedad de adoquines con CHM ..	183
Tabla 88 Prueba Dunnett para los datos de contenido de humedad de adoquines con CHM....	184
Tabla 89 Contenido de humedad de adoquines con CBCA a los 28 días.....	185
Tabla 90 Supuestos para los datos de contenido de humedad de adoquines con CBCA.....	187
Tabla 91 Prueba ANOVA para los datos de contenido de humedad de adoquines CBCA	187
Tabla 92 Prueba Dunnett para los datos de contenido de humedad de adoquines con CBCA..	188

Tabla 93	Absorción de adoquines con CHM a los 28 días	189
Tabla 94	Supuestos para los datos de absorción de adoquines con CHM	191
Tabla 95	Prueba Welch para el análisis de absorción entre adoquines con 0% y 5% CHM	192
Tabla 96	Prueba Welch para el análisis de absorción entre adoquines con 0% y 10% CHM ...	192
Tabla 97	Prueba Welch para el análisis de absorción entre adoquines con 0% y 15% CHM ...	193
Tabla 98	Absorción de adoquines con CBCA a los 28 días	194
Tabla 99	Supuestos para los datos de absorción de adoquines con CBCA	196
Tabla 100	Prueba ANOVA para los datos de absorción de adoquines con CBCA.....	196
Tabla 101	Prueba de Dunnett para los datos de absorción de adoquines con CBCA.....	197
Tabla 102	Resistencia a la compresión de adoquines con CHM a los 28 días	198
Tabla 103	Supuestos para los datos de resistencia a la compresión de adoquines con CHM ...	200
Tabla 104	Prueba ANOVA para datos de resistencia a la compresión de adoquines CBCA....	200
Tabla 105	Prueba Dunnett para datos de resistencia a la compresión de adoquines CBCA	201
Tabla 106	Resistencia a la compresión de adoquines con CBCA a los 28 días	202
Tabla 119	Supuestos para los datos de resistencia a la compresión de adoquines con CBCA..	204
Tabla 108	Prueba Welch para resistencia a la compresión adoquines con 0% y 5% CBCA	205
Tabla 109	Prueba Welch para resistencia a la compresión adoquines con 0% y 10% CBCA ..	205
Tabla 110	Prueba Welch para resistencia a la compresión adoquines con 0% y 15% CBCA ..	206
Tabla 111	Módulo de ruptura de adoquines con CHM a los 28 días.....	207
Tabla 112	Supuestos para los datos de módulo de ruptura de adoquines con CHM	209
Tabla 113	Prueba ANOVA para los datos de módulo de ruptura de adoquines con CHM.....	209
Tabla 114	Prueba de Dunnett para los datos de módulo de ruptura de adoquines con CHM....	210
Tabla 115	Módulo de ruptura de adoquines con CBCA a los 28 días	211
Tabla 116	Supuestos para los datos de módulo de ruptura de adoquines con CBCA	213
Tabla 117	Prueba ANOVA para los datos de módulo de ruptura de adoquines con CBCA.....	213
Tabla 118	Prueba de Dunnett para los datos de módulo de ruptura de adoquines con CBCA..	214
Tabla 119	Precios de los adoquines por metro cúbicos con CHM	215
Tabla 120	Precios de los adoquines por metro cúbicos con CBCA.....	217

INTRODUCCIÓN

La presente tesis de investigación se enfoca en analizar como la incorporación de cenizas de hoja de maíz (CHM) y cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBCA) en porcentajes del 0%, 5%, 10% y 15%, como reemplazo parcial del cemento en peso, influye en las propiedades físico – mecánicas de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas. Se evalúan propiedades como la densidad, contenido de humedad, absorción, resistencia a la compresión y módulo de ruptura. Además, se consideró el análisis del costo-beneficio asociado a la fabricación de estos adoquines.

El estudio se basa en la inclusión de materiales puzolánicos, como las cenizas derivadas de residuos agrícolas mencionadas, con el objetivo de explorar ventajas ambientales y técnicas en la fabricación de adoquines de concreto, al tiempo que se promueve la reutilización de estos residuos agrícolas, reduciendo así el impacto ambiental asociado a la producción de cemento.

A través de una serie de ensayos y análisis detallados de acuerdo a las normativas NTP 399.611 y NTG 41086, esta investigación busca proporcionar una comprensión más profunda de cómo la adición de CHM y CBCA afecta estas propiedades clave de los adoquines de concreto, lo que podría contribuir a un diseño y fabricación más sostenible de pavimentos urbanos en el futuro.

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Fundamentación del Problema de Investigación

Actualmente, el concreto es el material fabricado más utilizado por el hombre en la construcción, pese a otros materiales más sostenibles, como el bambú, la madera o el corcho aglomerado. Esto se debe a su durabilidad y resistencia. El concreto se produce usualmente utilizando cuatro componentes principales: cemento, arena, piedra triturada y agua de mezcla. Esto hace que el sector de la construcción sea uno de los principales consumidores de materias primas.

El cemento es considerado el segundo recurso más consumido después del agua. Cada año, se producen alrededor de 4,000 millones de toneladas de cemento en el mundo. Este proceso de producción supone alrededor del 7% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI) debido a la liberación de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera. Estas emisiones son uno de los principales contribuyentes al calentamiento global (Lehne & Preston, 2018).

Debido a los altos índices de contaminación producido por el cemento y concreto en el sector construcción, han surgido muchas iniciativas para su mitigación en el impacto ambiental. A finales del 2020, la agrupación de fabricantes de cemento de España, conocida como Oficemen, presentó la “Hoja de ruta de la industria cementera española para alcanzar la neutralidad climática en el año 2050”. Este plan tiene como objetivo cumplir una serie de metas ambiciosas, que incluyen la reducción de la cantidad de cemento por metro cúbico de hormigón manteniendo las mismas resistencias, así como la utilización de residuos de otras industrias en la mezcla de concreto. Estas acciones se orientan hacia la descarbonización del sector de la construcción.

De igual manera, en las últimas décadas se ha incrementado el interés y los estudios de investigación dirigido al uso y comportamiento del concreto con adición de nuevos materiales que

puedan reemplazar de forma parcial o total al cemento sin afectar la calidad del concreto. Este enfoque busca minimizar el impacto ambiental y reducir los costos de producción.

Entre las adiciones que logran incorporarse al cemento, destaca la puzolana natural, que es una sustancia de origen natural con una composición silíceo aluminosa o una combinación de ambas. La puzolana tiene la capacidad de mejorar varias propiedades del concreto, incluyendo su impermeabilidad, la reducción de la liberación de calor durante su fraguado y su capacidad para contrarrestar las expansiones provocadas por la presencia de cal, magnesia y otros elementos salinos en el concreto (Sanjuán & Chinchón, 2014).

En ese sentido, el uso de cenizas provenientes de la calcinación de desechos agrícolas ha sido objeto de investigación en los últimos años como una posible adición en las mezclas de concreto. Esto se debe a que estas cenizas se comportan como materiales puzolánicos al poseer un contenido significativo de sílice y alúmina, lo que podría mejorar las propiedades del concreto.

Este último alcance se toma como referencia para la elaboración de la presente investigación. La región Huánuco se caracteriza por su considerable producción agrícola, principalmente de caña de azúcar y maíz duro, con aproximadamente 103 y 8,322 hectáreas de cultivo, lo que representan la producción de 180 y 21,645 toneladas al mes respectivamente, según datos del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI, 2022). Esta producción agrícola genera una cantidad significativa de residuos vegetales, en particular, como subproductos de la molienda de la caña y la cosecha de maíz. La investigación se centra en la oportunidad de aprovechar estos residuos y convertirlos en cenizas para su potencial uso como material puzolánico y como reemplazo parcial del cemento en la fabricación de adoquines de concreto.

Es importante señalar que existen ya varios estudios a nivel local y nacional que han investigado la incorporación parcial de cenizas de residuos agrícolas en la elaboración de concreto

para edificaciones con resistencias definidas. Sin embargo, el enfoque al que se quiere llegar en esta investigación se centra en la incorporación de cenizas de hojas de maíz (CHM) y cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBCA) en adoquines de concreto tipo II para pavimentos intertrabados de tránsito vehicular ligero en vías urbanas.

El pavimento intertrabado o adoquinado expone un elevado número de razones que justifica su elección frente a los pavimentos tradicionales de concreto y asfalto. Estas ventajas incluyen una mayor durabilidad, rapidez en su instalación, costos de mantenimiento reducidos, capacidad para soportar diversas condiciones de operación y la posibilidad de reutilización. Este tipo de pavimento se utiliza en una variedad de entornos, desde áreas de tránsito peatonal como veredas, hasta zonas de tránsito ligero como plazas, estacionamientos y calles, así como en áreas de tránsito pesado como puertos, aeropuertos, patios industriales y áreas de contenedores.

El departamento de Huánuco se encuentra en una tendencia de crecimiento poblacional, lo que genera una creciente demanda de infraestructura pública, como la pavimentación de pistas y veredas. En los distritos de Huánuco y Pillco Marca, se han ejecutado proyectos de pavimentación utilizando adoquines de concreto en pasajes y calles secundarias de tránsito ligero, lo que ha incrementado el uso de pavimentos intertrabados en este tipo de calles.

Por lo tanto, esta investigación se centra en la incorporación de cenizas de residuos agrícolas como reemplazo parcial del cemento en adoquines de concreto tipo II para pavimentos intertrabados de tránsito vehicular ligero. El objetivo principal es analizar cómo la incorporación de este material afecta las propiedades físico - mecánicas de los adoquines de concreto y evaluar una alternativa más económica y respetuosa con el medio ambiente. Lo que se puede plasmar en una solución de crecimiento en zonas que carecen de pavimentación en la ciudad de Huánuco.

Según lo anterior expuesto, ¿se podrá utilizar materiales agrícolas desechables que reemplacen en ciertos porcentajes al cemento y mejorar las propiedades físico - mecánicas de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas en la ciudad de Huánuco?

Por lo que, en la presente investigación se incorpora cenizas de hojas de maíz y cenizas bagazo de caña de azúcar para fabricar adoquines de concreto tipo II de tránsito vehicular ligero que sirvan en vías urbanas, dichas cenizas serán usadas para reemplazar en ciertos porcentajes al cemento y mediante ensayos normados evaluar la influencia en las propiedades físico - mecánicas como la densidad, contenido de humedad, absorción, resistencia a compresión y módulo de ruptura, logrando así disminuir el impacto ambiental producido por el cemento utilizando materiales de desechos agrícolas.

1.2. Formulación del Problema de Investigación General y Específicos

1.2.1. Problema General

PG: ¿Cuánto influirá la incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar en las propiedades físico - mecánicas de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas?

1.2.2. Problemas Específicos

PE1: ¿Cuánto influirá la incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar en la densidad de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas?

PE2: ¿Cuánto influirá la incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar en el contenido de humedad de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas?

- PE3:** ¿Cuánto influirá la incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar en el porcentaje de absorción de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas?
- PE4:** ¿Cuánto influirá la incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar en la resistencia a la compresión de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas?
- PE5:** ¿Cuánto influirá la incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar en el módulo de ruptura de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas?
- PE6:** ¿Cuál será el porcentaje óptimo y la variación del costo de la incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar en el diseño de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas?

1.3. Formulación del Objetivo General y Específicos

1.3.1. Objetivo General

OG: Determinar cuánto influye la incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar en las propiedades físico - mecánicas de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.

1.3.2. Objetivos Específicos

OE1: Determinar cuánto influye la incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar en la densidad de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.

OE2: Determinar cuánto influye la incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar en el contenido de humedad de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.

- OE3:** Determinar cuánto influye la incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar en el porcentaje de absorción de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.
- OE4:** Determinar cuánto influye la incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar en la resistencia a la compresión de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.
- OE5:** Determinar cuánto influye la incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar en el módulo de ruptura de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.
- OE6:** Determinar el porcentaje óptimo y la variación del costo de la incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar en el diseño de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.

1.4. Justificación

La presente investigación cuenta con una justificación teórica, debido a que resume los conceptos de los autores más importantes con respecto a las variables, siendo la incorporación de cenizas de residuos agrícolas un punto importante para investigaciones en estos últimos años con una perspectiva sostenible dentro del sector construcción.

Así mismo, presenta una justificación práctica, ya que permite brindar una nueva alternativa con materiales desechables orgánicos, como son la hoja de maíz y el bagazo de caña de azúcar, para mejorar las propiedades físico - mecánicas de los adoquines de concreto tipo II para vías urbanas. Brindando una alternativa de mezcla frente al uso excesivo del cemento y la gran cantidad de contaminación que produce durante su elaboración.

De igual manera, presenta una justificación económica, puesto que el uso de CHM y CBCA como reemplazo parcial del cemento permite disminuir el costo de elaboración de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas. A su vez, la población agricultora que cosecha el maíz y la caña de azúcar podrá disponer mejor estos residuos. Actualmente, según los productores estos residuos de hojas de maíz y bagazo de caña de azúcar son usadas, en un porcentaje, como alimento de animales y fertilizante de terrenos agrícolas; sin embargo, en gran mayoría, es desechado. Por lo que se busca optimizar su uso y generar ingresos adicionales por un material que se considera desechable.

Como parte de una justificación social, la producción agropecuaria en Perú creció 4% en los primeros meses del 2022, por la mayor cosecha de maíz amarillo duro, algodón y caña de azúcar, entre otros productos, de acuerdo al Banco Central de Reserva del Perú (2022, como se cita en SWI swissinfo.ch, 2022). Así mismo, Perú se ubica en la vigésima tercera posición como productor mundial de azúcar, participando con el 0.7% del total de acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2022, como se cita en Agencia Agraria de Noticias, 2022). El departamento de Huánuco, en el que la presente investigación está enfocada, a su vez, en el año 2016 fue declarado como Patrimonio Cultural de la Nación al proceso de producción de la shacta, aguardiente de caña de azúcar. En dicha Resolución Viceministerial N° 079-2016-VMPCIC-MC (de 06 de julio) se declara la existencia de diez fundos de producción de aguardiente a base de caña de azúcar en Huánuco, en la que se cuenta con un área total de 103 hectáreas de sembríos de caña. Igualmente, Huánuco representa una importante producción de maíz en el Perú, según el MIDAGRI (2022) de enero a abril del 2022 se tuvo una producción nacional de 391,108 toneladas, y en la región de Huánuco 21, 645 toneladas con 8,322 Hectáreas de maíz. Por lo que la gran producción de maíz y caña de azúcar en la región de Huánuco genera

un cumulo de desechos orgánicos como las hojas de maíz y el bagazo de caña, que pueden ser aprovechados como materiales puzolánicos por medio de su incineración debido al alto contenido de sílice en dichos productos. De esta manera se le puede dar un uso en la elaboración de adoquines para pavimentos de tránsito vehicular ligero, reduciendo su costo y haciéndolo asequible en la pavimentación de urbanizaciones o sectores que aún no cuentan con pistas ni veredas.

El año 2015, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) presentó la “Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible”, la cual cuenta con 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, incluyendo temas desde la erradicación de la pobreza hasta la defensa del medio ambiente en la industria, innovación e infraestructura. Siendo el objetivo 9: construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación, cabe resaltar que, uno de sus objetivos específicos es modernizar la infraestructura y reestructurar las industrias con un enfoque sostenibles al 2030, usando los recursos con una mayor eficiencia y promoviendo incorporación de tecnologías y procesos industriales limpios. Es responsabilidad de los gobiernos como sector público, empresas del sector privado y personas como nosotros poder cumplir con estos objetivos, con propuestas de innovación sostenibles mediante la investigación.

Adicionalmente se presenta una justificación investigativa, ya que no se cuenta con investigaciones previas a nivel local, en el departamento de Huánuco, sobre incorporación de cenizas de residuo agrícola en el diseño y elaboración de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas. Por lo que los resultados contribuirán a futuros estudios para una mejor evaluación y análisis, además que, servirá como material de apoyo en distintas investigaciones que traten de mejorar y reemplazar parcialmente el cemento en el diseño de mezcla del concreto.

1.5. Limitaciones

En la presente investigación se identificaron las siguientes limitaciones:

- Falta de estudios previos en el medio local (Huánuco), relacionados específicamente con las cenizas de hojas de maíz y bagazo de la caña de azúcar como incorporación en el diseño y elaboración de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas, que puedan ser considerados como antecedentes del presente trabajo.
- No existe una normativa específica peruana para los ensayos de flexo - tracción o módulo de ruptura en adoquines de concreto. Por esta razón se recurrirá a la Norma Técnica Guatemalteca NTG 41087 h1 referenciada con la Norma Técnica Colombiana 2017 y la Norma Técnica Costarricense INTE 06-02-14.
- La falta de empresas formales dedicadas a la fabricación de adoquines de concreto en la ciudad de Huánuco limita la disponibilidad de información sobre el proceso de producción, las propiedades de sus unidades y las dosificaciones estándar utilizadas en la elaboración de adoquines industriales.
- Se carece de una máquina vibro compactadora en la ciudad, también conocida como máquina bloquera industrial, que aceleraría el proceso y disminuiría la mano de obra requerida en la producción de adoquines de concreto. Por lo tanto, se optará por un proceso de fabricación utilizando una mesa vibradora.
- La investigación está específicamente limitada al estudio de la incorporación parcial de cenizas de hoja de maíz y cenizas bagazo de caña de azúcar en porcentajes del 5%, 10% y 15% como reemplazo del cemento en la elaboración de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.

- Las propiedades físico - mecánicas de los adoquines de concreto que serán objeto de evaluación en esta investigación comprenden cinco aspectos clave: densidad, contenido de humedad, absorción, resistencia a la compresión y módulo de ruptura. Otras propiedades contempladas en la normativa se encuentran fuera del ámbito de estudio de esta investigación.
- Se empleará exclusivamente cemento Portland tipo I y agregados provenientes de la cantera Viroy - Huancachupa en la ciudad de Huánuco. No se considerarán otras variables, por lo que las posibles variaciones en los resultados debido a diferentes tipos de cemento, marcas o lugar de procedencia de los agregados no se tendrán en cuenta en el estudio ni en las conclusiones.
- Las hojas de maíz secas y el bagazo de caña de azúcar utilizados en esta investigación se obtuvieron de cultivos ubicados en la ciudad de Huánuco. Las cenizas resultantes de la incineración de estos residuos agrícolas se produjeron en un horno con una temperatura controlada que osciló entre 400°C y 600°C. No se consideró la variabilidad de los resultados debido a diferencias en la temperatura controlada del horno o diferencias en la producción de los cultivos.

1.6. Formulación de Hipótesis General y Específicas

1.6.1. *Hipótesis General*

HG: La incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar mejora las propiedades físico - mecánicas de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.

1.6.2. *Hipótesis Específicas*

HE1: La incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar reduce la densidad de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.

HE2: La incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar reduce el contenido de humedad de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.

HE3: La incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar cumple con el porcentaje máximo de absorción de la NTP 399.611 de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.

HE4: La incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar mejora la resistencia a la compresión permitiendo cumplir con los parámetros mínimos de la norma NTP 399.611 de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.

HE5: La incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar mejora el módulo de ruptura permitiendo cumplir con los parámetros mínimos de la norma NTG 41086 de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.

HE6: El porcentaje óptimo de incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar en el diseño es del 10%, lo que reduce el costo de elaboración de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.

1.7. Variables

1.7.1. Variable Dependiente

X: Adoquín de concreto tipo II

- Propiedades Físicas
 - a) Densidad
(Ficha de Laboratorio según NTP 399.604 - ASTM C140)
 - b) Contenido de Humedad
(Ficha de Laboratorio según NTP 399.604 - ASTM C140)
 - c) Absorción
(Ficha de Laboratorio según NTP 399.604 - ASTM C140)
- Propiedades Mecánicas
 - a) Resistencia a la Compresión
(Ficha de Laboratorio según NTP 399.604 - ASTM C140)
 - b) Módulo de Ruptura
(Ficha de Laboratorio según NTG 41087 h1)

1.7.2. Variables Independientes

Y1: Cenizas de hoja de maíz

- Dosificación por peso del Cemento
 - a) Dosificación 0%, 5%, 10%, 15%
(Balanza y tamiz)

Y2: Cenizas del bagazo de caña de azúcar

- Dosificación por peso del Cemento
 - a) Dosificación 0%, 5%, 10%, 15%
(Balanza y tamiz)

1.8. Definición Teórica y Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UND	TIPO DE VARIABLE	INSTRUMENTOS
<i>V. Dependiente</i>							
X: Adoquín de concreto tipo II	Pieza de concreto simple, prefabricada, con la forma de prisma recto que conforma superficies completas como componente de un pavimento articulado o intertrabados.	Los adoquines de concreto tipo II serán elaborados con la incorporación parcial de cenizas de productos orgánicos como reemplazo parcial del cemento para analizar el comportamiento físico - mecánico.	Propiedades Físicas	Densidad	kg/m3	Cuantitativo	Ficha técnica para el ensayo de densidad (NTP 399.604 - ASTM C140)
				Contenido de Humedad	%	Cuantitativo	Ficha técnica para el ensayo de contenido de humedad (NTP 399.604 - ASTM C140)
				Absorción	%	Cuantitativo	Ficha técnica para el ensayo de absorción (NTP 399.604 - ASTM C140)
			Propiedades Mecánicas	Resistencia a la Compresión	kg/cm2	Cuantitativo	Ficha técnica para el ensayo de compresión (NTP 399.604 - ASTM C140)
				Módulo de Ruptura	kg/cm2	Cuantitativo	Ficha técnica para el ensayo de módulo de ruptura (NTG 41087 h1-INTE 06-02-14)
<i>V. Independiente</i>							
Y1: Cenizas de hoja de maíz	Producto derivado de la incineración de las hojas de Maíz (desechos del cultivo de maíz)	El comportamiento físico - mecánico del adoquín de concreto tipo II se determinará mediante el porcentaje de incorporación (0%, 5%, 10%, 15%) de las cenizas de hoja de maíz con respecto a la dosificación y reemplazo parcial del cemento en el diseño.	Dosificación por peso del cemento	0% del peso de cemento	%	Cuantitativo	Balanza y tamiz
				5% del peso de cemento	%	Cuantitativo	Balanza y tamiz
				10% del peso de cemento	%	Cuantitativo	Balanza y tamiz
				15% del peso de cemento	%	Cuantitativo	Balanza y tamiz
Y2: Cenizas del bagazo de caña de azúcar	Producto derivado de la incineración del bagazo de caña de azúcar (desechos posteriores a la obtención de azúcar de caña)	El comportamiento físico - mecánico del adoquín de concreto tipo II se determinará mediante el porcentaje de incorporación (0%, 5%, 10%, 15%) de las cenizas del bagazo de caña de azúcar con respecto a la dosificación y reemplazo parcial del cemento en el diseño.	Dosificación por peso del cemento	0% del peso de cemento	%	Cuantitativo	Balanza y tamiz
				5% del peso de cemento	%	Cuantitativo	Balanza y tamiz
				10% del peso de cemento	%	Cuantitativo	Balanza y tamiz
				15% del peso de cemento	%	Cuantitativo	Balanza y tamiz

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. *A Nivel Internacional*

Khalil et al. (2021) en su artículo de investigación “Utilization of sugarcane bagasse ash as cement replacement for the production of sustainable concrete – A review”, resumen una serie de investigaciones realizadas durante las últimas dos décadas sobre el uso de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como reemplazo del cemento para producir concreto estructural. Luego de un análisis de diversos resultados en las investigaciones, concluyeron puntos importantes como: la composición química de las CBCA presentan un alto contenido de sílice; el concreto que contiene CBCA necesita menos agua para lograr la misma trabajabilidad que un concreto convencional; la densidad del concreto con CBCA está dentro del rango de peso normal por lo que se puede usar para propósitos generales; y finalmente, se menciona que a través de muchos estudios se ha demostrado que el porcentaje de sustitución parcial en peso del cemento portland que permite obtener concretos con excelentes propiedades mecánicas y durabilidad es de 10%. Cabe resaltar que la investigación en cuestión menciona que los resultados en las propiedades del concreto con CBCA depende de varios factores, tales como el proceso y la temperatura de incineración, los tipos de suelo en los que se cultiva la caña de azúcar y las propiedades de la materia prima.

Según **Thomas et al. (2021)** en su investigación “Biomass ashes from agricultural wastes as supplementary cementitious materials or aggregate replacement in cement/geopolymer concrete: A comprehensive review”, la combinación de cenizas de biomasa (ceniza de hoja de bambú, ceniza de palma datilera, ceniza de hoja de elefante, ceniza de paja de arroz, ceniza de paja de trigo, ceniza de mazorca de maíz, etc.) entre el 10-20% y microsílice 5% exhibe la máxima

resistencia a la compresión, la flexión y la tracción; resultando un concreto con alta resistencia a los ambientes de sulfato y ácido clorhídrico/sulfúrico. Así mismo, indica que el porcentaje óptimo de ceniza es el 10% respecto al peso del cemento cuando se utiliza como material cementicio suplementario. Las principales limitaciones de utilizar cenizas de biomasa son (1) pérdida de ignición (LOI) alto, (2) trabajabilidad reducida y (3) índice de actividad de fuerza (SAI) más bajo para cenizas particulares; sin embargo, estos pueden ser evitados si, se controla la incineración, se reduce la cantidad de cenizas de biomasa contenidos en el hormigón, así como las cenizas de biomasa específicas con bajo SAI pueden ser utilizados como activadores en el hormigón de geopolímero. Concluyendo finalmente la factibilidad de usar cenizas de biomasa como materiales puzolánicos en el concreto o como activadores alternativos en los geopolímeros.

Así mismo, **Rithuparna et al. (2021)** en su artículo de investigación titulado “Influence of different processing methods on the recycling potential of agro-waste ashes for sustainable cement production: A review”, hace mención que solo se puede obtener cenizas de residuos agrícolas de buena calidad cuando estos residuos son incinerados a una temperatura óptima durante un tiempo óptimo. Según su revisión, la temperatura óptima para cenizas de cascarilla de arroz (CCA), cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBCA), cenizas de mazorca de maíz (CMM) es de 600°C, 700°C y 500°C respectivamente. Adicionalmente, se menciona que el pretratamiento químico mejora la reactividad puzolánica de las agrocenizas, el tratamiento con agua desionizada y ácidos provoca la lixiciación de metales alcalinos y elimina de mejor manera el carbono residual previo a la incineración. Concluyendo finalmente que la incorporación de cenizas de residuos agrícolas procesados mejora significativamente las propiedades de resistencia y durabilidad del concreto; el aumento de resistencia en comparación del concreto de control está en el rango de 10% a 60% para la molienda, 10% a 25% la quema controlada y 11% a 50% los tratamientos con ácido.

Autores como **Ahumada et al. (2021)**, en su investigación titulada “Use of the rice and corn husk ashes as an innovative pozzolanic material in ceramic tile adhesive production” demostraron que al tratar de analizar el uso de las cenizas de cascarilla de maíz y arroz como un material innovador puzolánico para la producción de adhesivos para cerámicas, mostraban resultados favorables al sustituir al cemento en porcentajes de 15%, 20% y 30% y especialmente la cascarilla de arroz que obtuvo el índice puzolánico más alto luego de hacer el análisis químico por su contenido de sílice que ayuda a mejorar sus propiedades como la resistencia adhesiva, aportando así una oportunidad de reducir el impacto ambiental al reutilizar materiales no tan dañinos para el ecosistema.

Por su parte, **Lyra et al. (2021)** al evaluar los efectos de extracción del potasio sobre la puzonalidad de cenizas de caña de azúcar en su artículo de investigación “Comparison of original and washed pure sugar cane bagasse ashes as supplementary cementing materials”, se observó que la extracción de potasio de las cenizas de bagazo de caña de azúcar (SCBA) mediante el proceso de molienda, seguido de un lavado, condujo a un significativo aumento en la concentración de sílice. Este fenómeno fue particularmente pronunciado cuando se controló la incineración de las cenizas a 600°C durante 60 minutos, con una tasa de calentamiento de 4°C/min. Así mismo se llevaron a cabo varios procedimientos de ensayo, incluida una evaluación del análisis de reactividad puzolánica. Concluyendo así que la extracción de potasio no solo incrementó la concentración de sílice, sino que también mejoró la reactividad puzolánica de las cenizas. Esto se evidenció por la reducción del contenido de K₂O, disminuyendo del 37.5% (previo al lavado) al 2.65% (posterior al lavado). Estos hallazgos indican un comportamiento mejorado en las propiedades puzolánicas de las cenizas de bagazo de caña de azúcar, lo que sugiere su idoneidad para su utilización en composiciones cementosas.

2.1.2. A Nivel Nacional

Curí y Huamani (2022) en su tesis de investigación “Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm² adicionando cenizas de rastrojos de maíz y hojas de capulí, Ayacucho - 2022”, brindan resultados interesantes. Su investigación concluye que al sustituir las cenizas de rastrojo de maíz (CRM) y las cenizas de hojas de capulí (CHC) de manera parcial por el cemento en porcentajes de 0.00%, 6.00%, 8.00%, 10.00% y 12.00%; las propiedades físicas como la trabajabilidad, peso unitario y contenido de aire disminuyen al aumentar el porcentaje de inclusión de cenizas. Con respecto a las propiedades mecánicas, concluyeron que la incorporación de CRM obtiene su mejor resistencia a la compresión y tracción en la dosificación de 8%. Sin embargo, para la resistencia en flexión no presenta una mejora en comparación a la muestra patrón. En contraparte, la inclusión de CHC no aporta mejoras en las propiedades de compresión, tracción o flexión en ninguna de las dosificaciones contempladas en el estudio.

Por su parte, los autores **Romero y Tineo (2021)** en su investigación “Influencia de la ceniza de hoja de maíz y bagazo de cebada en el concreto $f'c=210$ kg/cm², Santiago de Chuco 2021” realizaron una comparación de las propiedades físico-mecánicas entre el concreto convencional de $f'c=210$ kg/cm y concretos con inclusión de cenizas de hojas de maíz (CHM) en porcentajes de 3%, 8% y 12% y cenizas del bagazo de cebada (CBC) en porcentajes de 2%, 5% y 9%. Sus resultados revelaron una disminución de la trabajabilidad a medida que se aumenta el porcentaje de cenizas. Destacaron que la inclusión del 12% de CHM presentó la máxima resistencia a la compresión, superando al concreto convencional. En cuanto al concreto con inclusión de CBC, observaron valores superiores a los 7 y 14 días de ensayo; sin embargo, la resistencia a la compresión a los 28 días no sobrepasó la del concreto convencional. Finalmente, se resalta que la resistencia a la flexión mejoró con la incorporación de CHM y CBC.

Para **Romero y Salinas (2020)** ante la necesidad de mejorar el medio ambiente y evitar desechar los subproductos residuales de la minería (relaves mineros), presentaron su tesis de investigación “Estudio experimental del concreto para adoquines Tipo II, adicionando relaves mineros” donde realizaron la incorporación de relave minero sustituyendo al agregado fino en porcentajes 5%, 10%, 25%, y 50% en las mezclas de concreto con una resistencia de $f'c=380\text{Kg/cm}^2$ que sirva en la fabricación de adoquines tipo II para vías de tránsito liviano. Determinando así, luego de ensayos, que la cantidad máxima para poder sustituir al agregado fino por relaves mineros fue de 10%, alcanzando su dosificación óptima en 5% con una resistencia a la compresión promedio de 384.72 Kg/cm^2 . La cual no superó la resistencia promedio de diseño, pero si cumple con los límites estandarizados en la NTP.399.611. Adicionalmente, concluye que los adoquines de concreto con adición de relaves mineros presentan mejoras en cuanto a la absorción y densidad, volviéndolo más compacto y por ende una mejor resistencia a la intemperie.

En este sentido, **Correa y Polo (2019)** en su tesis “Influencia de reemplazo de ceniza de caña de azúcar sobre las propiedades físicas y mecánicas de adoquines tipo II para pavimentos de tránsito liviano, Trujillo 2019”, realizaron la inclusión de cenizas de caña de azúcar (CCA) en porcentajes de 3%, 6%, 9%, 12% y 15% en adoquines de concreto Tipo II para medir su influencia en sus propiedades. Sus conclusiones señalan que la incorporación de CCA influye de manera positiva en la resistencia a la compresión hasta un porcentaje de 12%, alcanzando una resistencia promedio de 516.33 kg/cm^2 a los 28 días. No obstante, a partir del 15%, la resistencia comienza a disminuir por debajo del nivel de la muestra patrón. Además, la absorción de adoquines sin ceniza fue del 4.42%, mientras que las muestras con 15% de CCA lograron un promedio de 2.96%. Concluyendo que la absorción de adoquines de concreto tiende a disminuir en medida que el porcentaje de incorporación de CCA aumenta.

Por otro lado, **Apaza y Salcedo (2019)** en su investigación “Influencia de la ceniza de hoja de maíz, cáscara de cebada y bagazo de caña de azúcar (materiales puzolánicos artificiales), como sustitutos parciales del cemento en la resistencia del concreto para diseños: $f'c=175\text{kgf/cm}^2$, $f'c=210\text{kgf/cm}^2$, $f'c=280\text{ kgf/cm}^2$ y $f'c=350\text{ kgf/cm}^2$ en la ciudad de Arequipa” estudiaron la influencia de la resistencia del concreto al emplear cenizas de hojas de maíz, cenizas de cascara de cebada y cenizas de bagazo de caña de azúcar como sustitutos parciales del cemento en porcentajes del 5%, 10%, 15% y 20%. Sus ensayos revelaron que al utilizar cenizas de bagazo de caña de azúcar se logró una mejor resistencia en compresión en comparación al uso de cenizas de cebada y cenizas de hojas de maíz. Esta mejora se atribuyó a que químicamente la sílice estaba presente en mayor cantidad en las cenizas de bagazo de caña de azúcar. Además, recomendaron utilizar las cenizas para sustituir parcialmente al cemento para mezclas de concreto y que no superen al 20%.

Así también, **Caro (2018)** en su tesis de investigación titulada “Resistencia de un concreto $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ con sustitución de cemento en 5% y 10% por ceniza de hoja de maíz” indicó que con la sustitución de cemento en 5% y 10% de cenizas de hojas de maíz, el concreto obtuvo 110.73% y 122.60% de resistencia a la compresión a los 28 días frente a un concreto con una mezcla normal. Por lo que los resultados indican que podría utilizarse las cenizas de hojas de maíz, como sustituto parcial del cemento Portland en mezclas de concreto en sustituciones del 5% y 10%.

2.1.3. A Nivel Local

En el medio local, se destaca el trabajo de **Vásquez (2020)**, cuya tesis de investigación titulada “Adoquines de concreto Tipo II en vías urbanas, utilizando escombros de construcción y aditivos acelerantes” propuso aprovechar los escombros de concreto provenientes de construcciones previas para fabricar adoquines de concreto destinados a vías urbanas de tránsito ligero. Para lograrlo, incorporó aditivos acelerantes con el fin de controlar mejor manera el tiempo de fraguado y cumplir con el porcentaje de absorción requerida en la Norma Técnica Peruana NTP 399.611. Sus resultados concluyeron en una disminución del 8.83% en la resistencia a la compresión al utilizar escombros en un 25%, una reducción del 21.54% al emplear escombros en un 50% y una disminución del 23.35% al sustituir completamente el agregado grueso con escombros en un 100%, en comparación con los niveles de resistencia de diseño.

De acuerdo a **Mariano (2019)**, en su investigación “Comparación de las resistencias a compresión y flexión del concreto adicionado con las cenizas de bagazo de caña de azúcar con el concreto normal $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ” concluyó que la adición de cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBCA) en porcentajes del 5%, 10% y 15% como reemplazo del cemento en peso no logra superar las resistencias a compresión y flexión del concreto convencional, ni alcanza los índices de actividad puzolánica (IAP) establecidos en las normativas ASTM C311. Además, se identificó que el porcentaje óptimo y aceptable de incorporación de CBCA para sustituir al peso del cemento es del 5%, ya que esta proporción permite alcanzar una resistencia promedio que cumple con los requerimientos de diseño de resistencia según las normativas ACI 301 y RNE E.060.

E. Chávez (2019) en su tesis “Adoquines de concreto elaborados con agregado reciclado para pavimentos en La Esperanza - Amarilis - Huánuco 2018”, demostró la viabilidad de los adoquines de concretos fabricados con agregados reciclados para su utilización en pavimentos en la localidad de Amarilis. Su estudio concluye que estos adoquines alcanzan una resistencia a la compresión superior a 310 kg/cm² a los 28 días, requisito establecido por la norma de Pavimentos Urbanos C.E-010. Además, los parámetros de diseños cumplen satisfactoriamente en la trabajabilidad, por lo cual, los agregados reciclables son una excelente opción en pavimentos urbanos al combinar resistencia y cumplimiento de estándares de diseño.

Otro autor como **J. Chavez (2019)** en su tesis de investigación “Influencia de la ceniza del bagazo de caña de azúcar con la finalidad de mejorar la resistencia del concreto, usando los agregados de la cantera Figueroa – Huánuco – 2018”, exploró la influencia de la adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) al concreto en porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20% para determinar si esta produce un incremento en la resistencia a la compresión. Los resultados mostraron un incremento del 7.96% en la resistencia a la compresión para el porcentaje de 5%, mientras que se observó una disminución del -7.45%, -19.86% y -21.51 para los porcentajes de 10%, 15% y 20%, respectivamente, en comparación con el concreto patrón. Las conclusiones de este estudio señalan que la concentración óptima de CBCA fue del 5%. Adicionalmente, resaltó que la CBCA podría ser una alternativa efectiva para reemplazar parcialmente el cemento, dado que todos los porcentajes de adición superaron la resistencia de diseño estipulada de 210 kg/cm².

2.2. Bases teóricas

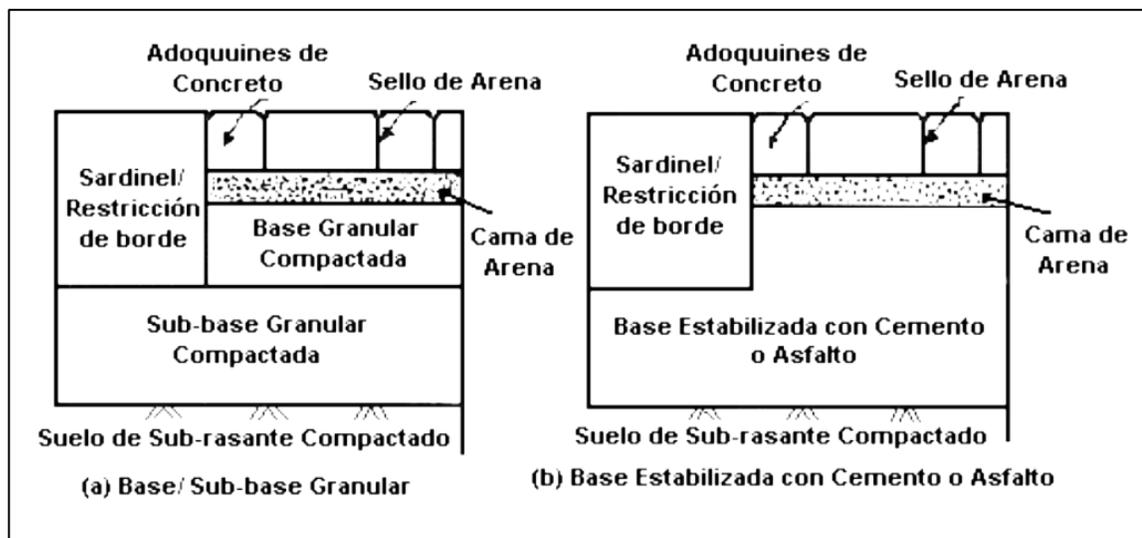
2.2.1. Adoquín de Concreto

2.2.1.1. Pavimento Adoquinado o Intertrabado

Estructura de un Pavimento Adoquinado. También llamado pavimento intertrabado; como prácticamente todos los pavimentos, típicamente está compuesto por una base y/o subbase granular, una cama de arena de asiento, los adoquines prefabricados de concreto, arena de sello, los confinamientos laterales y el drenaje, que se construyen sobre el terreno natural (subrasante). Se construyen de tal manera que las cargas verticales de los vehículos se transmiten a los adoquines de concreto por corte mediante la arena de sello de juntas (Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos, 2010); en la Figura 1 se observa la estructura típica descrita.

Figura 1

Estructura típica de pavimento adoquinado



Nota. Secciones transversales típicas. Fuente: NTP CE.010 Pavimentos Urbanos (2010).

2.2.1.2. Ventajas y Limitaciones de los Pavimentos Adoquinados

De acuerdo al Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA, 2014) entre las ventajas y limitaciones que presenta un pavimento de adoquines de concreto cabe resaltar:

Ventajas:

- a. Escasos gastos de conservación.** La principal ventaja de un pavimento adoquinado es lo económico que resulta ser en su instalación y mantenimiento. Siempre que se le dé un uso adecuado al pavimento, estos pueden mantenerse intactos durante décadas evitando problemas de desgaste. Por otro lado, en el caso de requerir una corrección superficial debido a asientos localizados, este tipo de pavimento presenta una facilidad de levantamiento y remoción, con posibilidad de utilización de los adoquines, presentando un gran valor residual.
- b. Resistencia a combustibles, aceites, grasas, efectos de las heladas y sal descongelante.** Un pavimento de concreto con una adecuada compacidad o mediante el uso de aditivos, puede resistir la acción de estos elementos, mientras que pavimentos bituminosos, sin tratamientos especiales, se degradan. Por otra parte, los adoquines de concreto, como consecuencia del proceso industrial de fabricación presentan una mayor compacidad, por lo que no es necesario el uso de ningún aditivo para no verse afectado por la acción de los productos citados.
- c. Ventajas estéticas.** Dadas la variada gama de colores, formas y diseños que se logran con las múltiples combinaciones en planta que admiten las piezas, presentan una ventaja estética frente a otros pavimentos.

d. Ventajas medioambientales. Los adoquines de concreto presentan ciertas ventajas medioambientales relacionadas con la durabilidad del material y la flexibilidad de utilización de materiales locales en su fabricación. Adicionalmente, es posible la reutilización como pavimento de adoquines o, al final de su vida útil, su completo reciclado.

Desventajas:

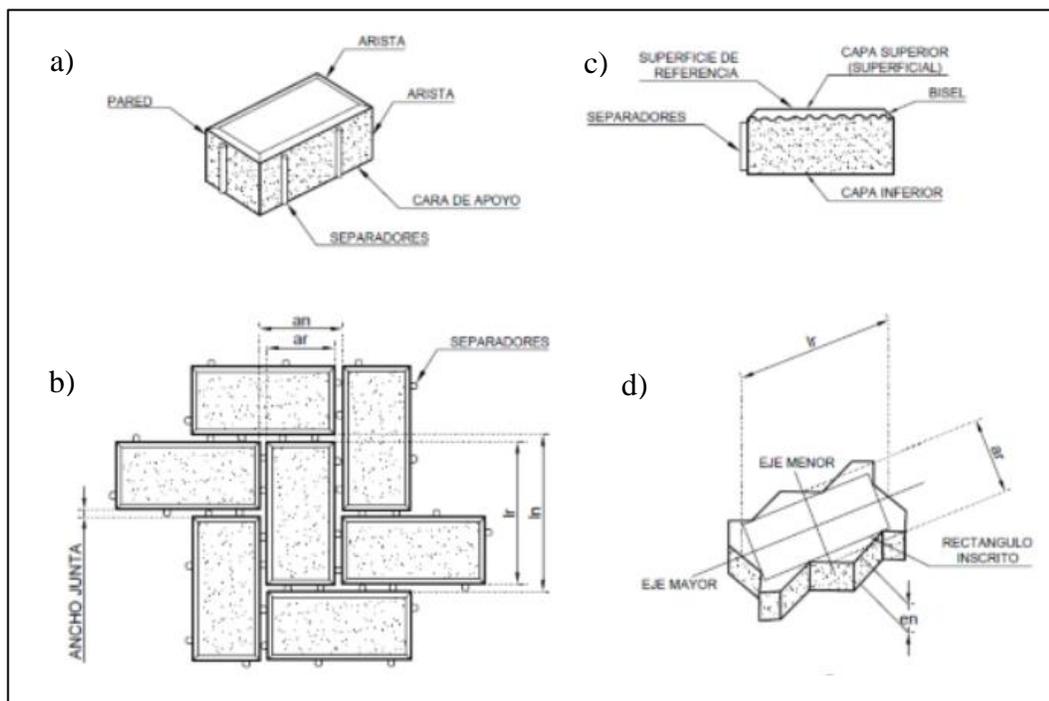
a. Rendimiento de ejecución del pavimento. Aunque actualmente existen equipos para la colocación mecanizada de los adoquines, prácticamente esto es realizado de manera manual debido a que se tiene que tener en cuenta la combinación de colores y diseños en algunos casos.

b. Velocidad de circulación limitada. Por su constitución en concreto por regularidad, este pavimento no admite velocidades de circulación elevadas, siendo, sin embargo, una adecuada velocidad la usualmente permitida en las ciudades (hasta 60 km/h).

2.2.1.3. Características del Adoquín de Concreto

Definición. De acuerdo a la NTP 399.611 (2017), se define al adoquín de concreto, como: la pieza de concreto simple, prefabricada, con la forma de prisma recto, cuyas bases pueden ser poligonales y que cumple con lo establecido en la NTP 399.611, estas unidades de concreto forman superficies completas como componente de un pavimento articulado o intertrabados. En la Figura 2, se observa las características geométricas de las unidades de adoquines de concreto.

Figura 2
Adoquín de concreto



Nota. a) Vista Isométrica b) Vista Planta c) Vista Elevación d) Medidas de Adoquín.
Fuente: Instituto del Cemento y del Concreto de Guatemala (ICCG, 2014).

Clasificación de los Adoquines de Concreto. Los adoquines de concreto, de acuerdo NTP 399.611, se clasifican en 3 tipos, tal como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1
Clasificación de los Adoquines de Concreto

TIPO	USO
I	Adoquines para pavimentos de uso peatonal
II	Adoquines para pavimentos de tránsito vehicular ligero
III	Adoquines para tránsito vehicular pesado, patios industriales y de contenedores

Nota. Datos tomados de la NTP 399.611 (2017).

De acuerdo a Buzón (2010), estos 3 tipos se caracterizan de la siguiente manera:

Tipo I: Adoquines de forma rectangular, debido a la facilidad en su fabricación y colocación son considerados los más populares y prácticos en el mundo, permitiendo adicionar mayores detalles en su fabricación. Sus paredes pueden ser rectas, onduladas o angulares.

Tipo II: Adoquines con dimensiones que permiten cogerlas con una sola mano, pero no se colocan en patrón de espina de pescado. Uno de estos son los adoquines en forma de I, estos son colocados en hileras trabadas y deben quedar siempre que se pueda de forma perpendicular a la dirección de recorrido de los vehículos.

Tipo III: Adoquines de mayores dimensiones que no se pueden coger con una sola mano por su peso y tamaño. Son colocadas en hileras de manera perpendicular a la dirección de recorrido de los vehículos.

2.2.1.4. Componentes del Adoquín de Concreto

Cemento. “El cemento es un material inorgánico finamente molido, que cuando se mezcla con agua forma una pasta que se endurece mediante reacciones y procesos de hidratación, y que después del endurecimiento conserva su resistencia y estabilidad, incluso bajo el agua” (IECA, s. f.).

Los cementos son materiales de la clase aglomerantes, así como el yeso (no hidráulico) y la cal aérea, el cemento presenta la propiedad de endurecer rápidamente y lograr altas resistencias; esto es producido debido a las reacciones generadas por la combinación cal y sílice.

La fabricación del Clinker contiene materias primas como calcio (Ca), Sílice (Si), Aluminio (Al) y Hierro (Fe), los cuales se observan en la Tabla 2.

Tabla 2
Principales compuestos del cemento

Nombre	Fórmula	Abreviatura
Silicato tricálcico	$3\text{CaO} \times \text{SiO}_2$	C_3S
Silicato dicálcico	$2\text{CaO} \times \text{SiO}_2$	C_2S
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO} \times \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A
Ferroaluminato tetracálcico	$4\text{CaO} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF

Nota. Composición química del cemento obtenido de Del Valle et al. (2001).

Tales materias primas se encuentran en forma de óxidos como: óxido de calcio o cal (CaO), dióxido de sílice o silicato (SiO₂), óxido de aluminato (Al₂O₃) y óxido de hierro (Fe₂O₃). Durante el proceso de hidratación y posterior endurecimiento, el concreto pierde elasticidad para adquirir rigidez, produciéndose geles de sílice que se representan como C-S-H (silicato de calcio hidratado), la que otorga la resistencia mecánica al cemento; a la vez, se produce el hidróxido de calcio que ayuda a evitar la corrosión del acero de refuerzo; sin embargo, esto no contribuye en la resistencia mecánica.

Agua. Los cementos utilizados para la fabricación del concreto presentan la propiedad de fraguar y endurecer gracias a la incorporación del agua y su reacción química con esta. El porcentaje de incorporación de agua necesaria para llevar a cabo esta reacción química es alrededor de 40% respecto al peso del cemento. El 23% de esta agua es combinado químicamente para la hidratación y el resto es absorbido en la superficie del gel que se forma en los poros (Del Valle et al., 2001).

Los parámetros que debe cumplir las características del agua para la preparación de la mezcla se presentan en la NTP 339.088 CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos.

Agregados. “Es un conjunto de partículas, de origen natural o artificial, que pueden ser tratadas o elaboradas y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la norma NTP 400.0037” (NTP 400.037, 2014, p. 6).

De acuerdo a CEMEX (s. f.), los agregados están conformados por materiales geológicos (piedra, arena y grava). Estos pueden ser aprovechados en su estado natural o triturarlos para convertirlos en fragmentos de dimensiones más pequeñas. Representan aproximadamente entre el 60% y 75% del volumen total del concreto. Los agregados no sólo incrementan la resistencia del concreto, sino permite que la mezcla sea más compacta.

La NTP 400.037 (2014) menciona que de acuerdo al tamaño de la partícula se tienen dos clases de agregados:

Figura 3

Agregado fino y agregado grueso



Nota. Componentes del concreto. Fuente: Aceros Arequipa (s.f.).

Agregado Fino: “Es el agregado proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9.5mm (3/8 pulg.) y queda retenido en el tamiz normalizado 74 μ m (N° 200)” (NTP 400.037, 2014, p. 6).

Agregado Grueso: “Es el agregado retenido en el tamiz normalizado 4,75 mm (N° 4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de la roca” (NTP 400.037, 2014, p. 6).

2.2.1.5. Ensayo de los Agregados

Antes de realizar el diseño de mezclas es necesario conocer las propiedades de los agregados, tanto para agregado grueso como para agregado fino, que nos permitan cuantificar los materiales por peso y volumen:

Propiedades de los Agregados para el Diseño de Mezcla:

- ✓ Tamaño Máximo Nominal (TMN)
- ✓ Módulo de Fineza
- ✓ Peso Seco Suelto
- ✓ Peso Seco Compactado
- ✓ Peso Específico
- ✓ Porcentaje de Absorción
- ✓ Porcentaje de Humedad

Dichas propiedades son obtenidas mediante ensayos de laboratorio descritos en las Normas Técnicas Peruanas que tienen como referencia las normativas del American Society for Testing and Materials (ASTM).

Normas Técnicas para Ensayos de los Agregados:

NTP 400.012 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

Referencia: ASTM C136-96a

La norma NTP 400.012 detalla el método de análisis granulométrico para determinar la distribución por tamaño del agregado fino, grueso y global mediante el tamizado. El análisis granulométrico permite obtener el tamaño máximo nominal y el módulo de finesa de los agregados.

NTP 400.017 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados. Referencia: ASTM C 29/C29M

La norma NTP 400.017 detalla el procedimiento para determinar la densidad de masa o peso unitario del agregado en condiciones sueltas y compactadas; así como, el cálculo de vacíos entre las partículas para los agregados finos, grueso o mezcla de ambos.

NTP 400.021 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. Referencia: ASTM C127-88

La norma NTP 400.021 detalla el procedimiento para determinar la densidad promedio, densidad relativa (gravedad específica) y la absorción para el agregado grueso.

NTP 400.022 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

La norma NTP 400.022 detalla el procedimiento para determinar la densidad promedio, densidad relativa (gravedad específica) y la absorción para el agregado fino.

NTP 339.185 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Referencia: ASTM C 566-13

La norma NTP 339.185 detalla el procedimiento para determinar el porcentaje de humedad evaporable total contenida en una muestra de agregado grueso o fino por secado al horno. Dicha humedad evaporable incluye a la humedad superficial y la contenida en poros del agregado, pero no se considera el agua que es combinado químicamente con los minerales y algunos otros agregados que no son susceptibles a evaporación, por lo que no se incluye el porcentaje determinado mediante este método.

2.2.1.6. Diseño de Mezcla

Es importante comprender el proceso de fabricación de un adoquín de concreto para poder realizar un adecuado diseño de mezcla. Los adoquines de concreto son elementos prefabricados elaborados en procesos vibro-compactados extruidos respectivamente. La mezcla en el molde es sometida a vibración y compactación para moldear los bloques; se usa mezclas secas de concreto con asentamiento nulo que permita desmoldar lo más pronto posible los bloques frescos mediante extrusión (Clark-Martínez & Alán-Zúñiga, 2002).

Estos adoquines de concreto deben cumplir con las propiedades físico – mecánicas requeridas en la norma, por lo que es conveniente seguir un correcto procedimiento para el diseño de mezcla. No solo se debe tener en cuenta la resistencia, sino también una proporción óptima de la mezcla, el contenido de agua y una serie de factores durante la producción de las unidades.

2.2.1.6.1. Factores del diseño de mezcla

Resistencia. La resistencia es uno de los parámetros más importante para medir el desempeño de un adoquín de concreto. Por lo que, el diseño de mezcla deberá centrarse principalmente en la resistencia (Mampearachchi, 2019).

Contenido de Agua. La fabricación rápida con maquina vibro-compactadora o mesa vibratoria requiere el desmolde del adoquín fresco poco después de su compactación. Para facilitar esto es necesario que se utilice concreto con asentamiento cero y que el contenido de agua debe mantenerse a un nivel óptimo. El exceso de agua producirá adoquines grumosos que se asentarán o colapsarán poco después de retirar el molde; mientras que al presentar menos agua de lo requerido producirá adoquines muy secos que se agrietarán poco después del desmolde (Mampearachchi, 2019).

Textura Superficial de los Bloques. El porcentaje de contenido de agregado fino junto con el contenido de agua en la mezcla gobiernan el nivel de textura de la superficie del adoquín. Por lo tanto, se debe seleccionar adecuadamente las proporciones de agregado fino para lograr obtener un correcto acabado en las unidades (Mampearachchi, 2019).

2.2.1.6.2. Resistencia requerida de diseño

Desviación estándar. Cuando se cuente con registros de ensayos previos, se debe obtener la desviación estándar de la muestra, S_s .

Estos registros de ensayos deben cumplir los siguientes requisitos:

- a) Los materiales, control de calidad y condiciones deben ser similares a las esperadas.
- b) Las resistencias especificadas estarán dentro del rango de ± 7 MPa de f^c .
- c) Debe presentar al menos 30 ensayos consecutivos, o en dos grupos que sumen un total mínimo de 30 ensayos.

Cuando no se cuente con la cantidad de registros de ensayos requeridos (30 ensayos como mínimo), pero si se tenga un registro con una cantidad entre 15 a 29 ensayos consecutivos, la desviación estándar calculada de la muestra será multiplicada por el factor de modificación de la Tabla 3.

Tabla 3

Factor de modificación para la desviación estándar de la muestra cuando se dispone menos de 30 ensayos

Número de ensayos (*)	Factor de modificación para la desviación estándar de la muestra
Menos de 15	(emplear Tabla 4)
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 o más	1.00

(*) Se permite para un número de ensayos intermedios.

Nota: Datos tomados de la Norma E.060 (2020).

Resistencia promedio requerida. La resistencia promedio a la compresión requerida (f'_{cr}), la cual es usada como base para el diseño de mezcla del concreto debe ser determinada de acuerdo a la Tabla 4, empleando la desviación estándar calculada del registro de ensayos requeridos.

Tabla 4

Resistencia promedio a la compresión requerida cuando hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra

Resistencia especificada a la compresión, Mpa	Resistencia promedio requerida a la compresión, Mpa
$f'c \leq 35$	Usar el mayor valor obtenido de las ecuaciones: $f'_{cr} = f'c + 1.34 S_s$ $f'_{cr} = f'c + 2.33 S_s - 3.5$
$f'c > 35$	Usar el mayor valor obtenido de las ecuaciones: $f'_{cr} = f'c + 1.34 S_s$ $f'_{cr} = 0.9 f'c + 2.33 S_s$

Nota: Datos tomados de la Norma E.060 (2020).

Cuando no se cuente con registros de ensayos de resistencia para calcular la S_s , la resistencia promedio a la compresión requerida (f'_{cr}) debe determinarse de la Tabla 5.

Tabla 5

Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra

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

Nota: Datos tomados de la Norma E.060 (2020).

2.2.1.6.3. Métodos de diseño de mezcla

Método de prueba y error

Es el método más primitivo, y a la vez, el más utilizado entre los fabricantes industriales. Suelen utilizar inicialmente las proporciones de mezclas más comunes, que posteriormente, van ajustando para lograr las resistencias requeridas. Generalmente la cantidad de agua utilizada en la mezcla se basa en la intuición y experiencia. Por lo tanto, la inconsistencia de la resistencia de los adoquines de concreto se hace notoria dentro de un mismo lote debido al diseño inadecuado (Mampearachchi, 2019).

Método ACI

El Instituto Americano del Concreto especifica un método de diseño estándar para poder determinar las proporciones adecuadas para la mezcla del concreto en adoquines. El comité ACI 211 a introducido una guía complementaria (ACI 211.3R-02) para facilitar los diseños de mezcla para concretos con asentamiento cero o nulo.

2.2.1.6.4. Diseño de Mezcla ACI 211.3R-02

La guía ACI 211.3R-02 es un anexo complementario a la guía ACI 211.1, en el que se detalla un procedimiento para dosificar concretos con asentamientos en el rango de cero a 25mm (1 pulg.) y consistencias por debajo de este rango, para agregados con un tamaño nominal máximo hasta 75mm (3 pulg.). Presenta tablas y gráficos similares a los de ACI 211.1 que, junto con las propiedades físicas de los agregados finos y grueso, brindan información para obtener las proporciones adecuadas de mezcla para una resistencia requerida (ACI Comité 211, 2002).

Procedimiento

Estimar los pesos de lote requeridos para el concreto implica una secuencia de pasos lógicos que ajustan las características de los materiales en una mezcla adecuada:

Paso 1. Elección del asentamiento.

La trabajabilidad es la propiedad del concreto que determina la facilidad con la que se puede mezclar, colocar, consolidar y terminar. El concreto sin asentamiento tendrá muy poca trabajabilidad si es consolidado mediante varillado manual. Sin embargo, al hacer uso de vibración, se puede considerar que el concreto tiene una trabajabilidad adecuada. Por lo que la gama de mezclas trabajables puede ampliarse mediante técnicas de consolidación que imparten una mayor energía al consolidar (ACI Comité 211, 2002).

La consistencia es la capacidad relativa del concreto recién mezclado para fluir; por lo que es conveniente utilizar algún tipo de medida de consistencia como índice de trabajabilidad. El aparato de Vebe, el aparato de factor de compactación, la prueba de compactación modificada y la mesa de caída de Thaulow son equipos de laboratorio que pueden proporcionar una medida útil de consistencia (ACI Comité 211, 2002).

En la Tabla 6 se muestra una comparación de los resultados de la prueba Vebe con la prueba de asentamiento convencional. Se debe tener en cuenta que la prueba de Vebe puede proporcionar medidas de consistencia en mezclas "extremadamente secas".

Tabla 6

Comparación de mediciones de consistencia para el ensayo de asentamiento y Vebe

Descripción de Consistencia	Slump (mm)	Slump (pulg)	Vebe (seg)
Extremadamente Seco	---	---	32 - 18
Muy Rígido	---	---	18 - 10
Rígido	0 - 25	0 - 1	10 - 5
Plástico Rígido	25 - 75	1 - 3	5 - 3
Plástico	75 - 125	3 - 5	3 - 0
Muy Plástico	125 - 190	5 - 7 1/2	---

Nota: Datos tomados del Comité ACI 211 (2002).

Paso 2. Elección del tamaño máximo de agregado.

El tamaño máximo nominal del agregado debe ser seleccionado para un tipo particular de construcción, en ningún caso debe exceder $1/5$ de la dimensión más estrecha entre los lados de los encofrados, $1/3$ del canto de las losas, ni $3/4$ del espacio libre mínimo entre barras de refuerzos. Cuando es deseable concretos de alta resistencia, se obtiene mejores resultados con tamaños máximos nominales reducidos de los agregados (ACI Comité 211, 2002).

El Instituto Colombiano de Productores de Cemento (ICPC, 1986), en una de sus notas técnicas denominada “Fabricación de Adoquines de Concreto”, recomienda utilizar para la fabricación de adoquines preferiblemente un agregado grueso con tamaño máximo de 9.51mm ($3/8$ ”) y que en ningún momento exceda los 12.7mm ($1/2$ ”).

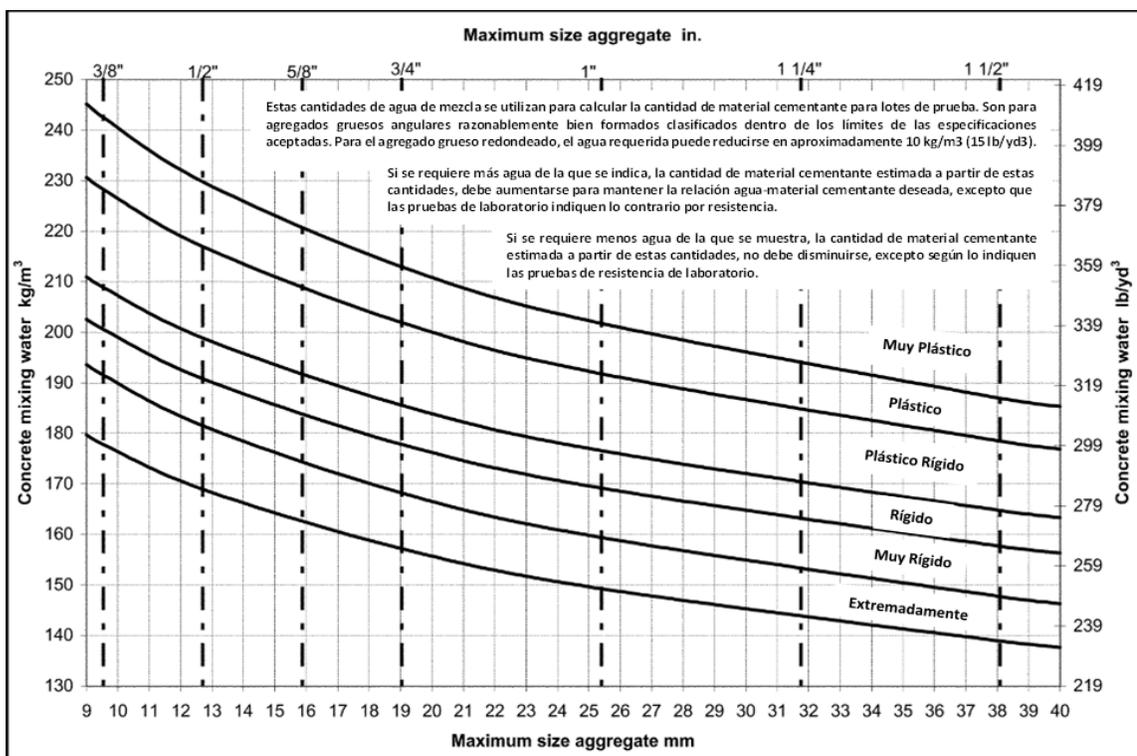
Paso 3. Estimación de la mezcla de agua y contenido de aire.

“La cantidad de agua por unidad de volumen de concreto para producir una mezcla de consistencia deseada está influenciada por el tamaño máximo nominal, la forma de las partículas, la granulometría del agregado y la cantidad de aire incorporado” (ACI Comité 211, 2002, p.4).

Considerando que el agua requerida para el revenimiento de 75 a 100 mm (3 a 4 pulgadas) es como 100%, la cantidad de agua requerida para las consistencias de plástico rígido, plástico y muy plástico son de 92, 100 y 106% respectivamente. Thaulow extendió este concepto de contenido relativo de agua para poder incluir consistencias más rígidas, como se muestra en la Figura 4.

Figura 4

Requisitos aproximados de agua de mezcla para diferentes consistencias y agregados de tamaño máximo para concreto sin aire incorporado



Nota: Ábaco para la obtención del contenido de agua respecto a las 6 consistencias, cantidades basadas en el ACI 211.1. Fuente: ACI 211.3R (2002).

Paso 4. Selección de la relación agua – cemento o agua - material cementicio.

La relación a/c o $a/(c+p)$ no solo está determinado por los requisitos de resistencia, sino también por otros factores como la durabilidad. Esto debido a que la diferencia en agregados, cementos y materiales cementicios suelen producir diferentes resistencias para una misma relación a/c o $a/(c+p)$, por lo que es importante y deseable tener la relación fuerza y a/c o $a/(c+p)$ para los materiales a utilizarse (ACI Comité 211, 2022).

En ausencia de estos datos, el Comité ACI 211 (2022) en su guía “Práctica estándar para seleccionar proporciones para concreto normal, pesado y en masa” brinda valores aproximados y relativamente conservadores para el concreto que contiene el cemento portland tipo I; dichos valores se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7

Correspondencia entre la relación agua cemento o agua-materiales cementicios y la resistencia a la compresión del concreto

F'cr kg/ cm2	Relación agua/cemento o agua/material cementicio en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.39
400	0.43	0.33
450	0.38	0.27

Nota: Datos tomados del Comité ACI 211 (2022).

Adicionalmente, cuando las puzolanas naturales, cenizas volantes, escoria de alto horno y humo de sílice, denominadas materiales puzolánicos, son utilizadas en el concreto, se debe establecer una relación agua – cementos más materiales puzolánicos o cementicios. Por lo que hay dos enfoques normalmente utilizados para determinar la proporción $a/(c+p)$ que se considera equivalente a la a/c de una mezcla que contiene únicamente cemento portland:

- (1) Peso equivalente de materiales puzolánicos en la mezcla.** Para este primer enfoque la equivalencia de peso sigue siendo el mismo, quiere decir que la relación $a/c = a/(c+p)$ directamente proporcional; sin embargo, el volumen absoluto total del cemento más materiales puzolánicos será ligeramente mayor.

$$\frac{\text{Agua (a)}}{\text{Cemento (c)}} = \frac{\text{Agua (a)}}{\text{Cemento + Materiales Puzolánicos (c + p)}}$$

Equivalencia de Pesos.

(2) Volumen absoluto equivalente de materiales puzolánicos en la mezcla. Para este segundo enfoque se calcula que mantiene la misma relación de volumen absoluto, pero reducirá el peso total del material cementicio debido a que las gravedades específicas de los materiales puzolánicos son normalmente menores que las del cemento. La ecuación para convertir una relación a/c a $a/(c+p)$ equivalente por volumen es la siguiente:

$$\frac{a}{c + p} = \frac{3.15 \frac{a}{c}}{G_{ec}(1 - F_v) + G_{ep}(F_v)}$$

Donde:

G_{ec} = Peso específico del cemento

G_{ep} = Peso específico del material puzolánico

F_v = Porcentaje de puzolana en volumen absoluto del material cementicio

Relación de peso, equivalencia de volumen.

Paso 5. Cálculo del contenido del cemento o material cementicio.

La cantidad de cemento o material cementicio por unidad de volumen están determinados por los **pasos 3 y 4** anteriormente descritos. La cantidad requerida de material cementicio es igual a la cantidad de agua de mezcla (**paso 3**) dividido por la relación agua – cemento o agua – material cementicio (**paso 4**). Adicionalmente, el uso de aditivos químicos o puzolánicos afectará a las propiedades del concreto fresco como del endurecido.

Paso 6. Estimación del contenido de agregado grueso.

La cantidad de agregado grueso por unidad de volumen de concreto debe usarse y ser consistente con la colocación adecuada. Los valores apropiados para este volumen de agregado grueso se dan en la Tabla 8. Se puede observar que, para una misma trabajabilidad, el volumen de agregado grueso depende solo de su tamaño máximo nominal y de los finos.

Tabla 8

Volumen del agregado grueso por unidad de volumen del concreto

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso (pulg)	Volumen del agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen del concreto para diversos módulos de finza del fino (b/bo)			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.84	0.81

Nota: Datos tomados del Comité ACI 211 (2022).

Paso 7. Estimación del contenido de agregado fino.

Con la finalización del **paso 6**, se estimaron todos los componentes del concreto excepto el agregado fino. Esta cantidad será determinada de la diferencia de una unidad de volumen de concreto o el peso de una unidad de volumen de concreto (para resistencias conocidas) menos la suma del volumen o peso total de todos los otros componentes.

$\text{Volumen del Agregado Fino} = 1 \text{ m}^3 - \text{Volumen Estimado (Cemento + Agua + Aire + Agregado Grueso)}$
--

Paso 8. Ajustes por humedad del agregado.

Las cantidades de los agregados que serán pesados y usados en la mezcla contienen una humedad que se debe tener en cuenta. Generalmente, los áridos estarán húmedos y a su peso seco deberá incrementarse el porcentaje de agua que contengan.

Adicionalmente, para el agua de mezcla, deberá tenerse en consideración la cantidad de humedad libre que aporta el agregado, así como el porcentaje de absorción de los mismos. Por lo que a la cantidad estima de agua considerará la humedad total (W%) menos la absorción (ABS%) de los agregados. De acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$\text{Peso corregido de los Agregados} = \text{Peso seco de los Agregados} \times (W\% + 1)$$

$$\text{Peso corregido del Agua} = \text{Peso estimado del Agua} + \text{Peso corregido de los Agregados} \times (W\% - \text{ABS}\%)$$

Paso 9. Ajustes del lote de prueba.

De acuerdo al Comité ACI 211 (2022), se debe tener en cuenta las siguientes indicaciones:

- Calculado las proporciones de mezcla deben ser verificados mediante lotes de prueba preparados y probados de acuerdo al ASTM C192 para estructuras estándar y ASTM C104 para unidades de mampostería de concreto.
- Solo se debe usar suficiente agua para producir el revenimiento requerido, independientemente de la cantidad asumida al seleccionar las proporciones de prueba.
- Se debe controlar cuidadosamente la trabajabilidad adecuada, la segregación de la mezcla y las propiedades del acabado.
- Se debe hacer los ajustes apropiados a las proporciones para los lotes subsiguientes.

2.2.1.7. Proceso de Fabricación de Adoquines de Concreto

Como se describe en el apartado 2.2.1.6., la fabricación de adoquines de concretos prefabricados es realizada a base de concretos secos o de revenimiento nulo. Por lo que este tipo de mezcla presenta la particularidad de requerir energía adicional para su compactación y consolidación, con vibradores externos o con mesas vibratorias, y en ocasiones con tapas sobre los encofrados, en las que se colocan vibradores adosados (Clark-Martínez & Alán-Zúñiga, 2002).

2.2.1.7.1. Equipos

Maquina Vibro-Compactadora

También llamada “maquina bloquera”, es empleada en la fabricación de bloques, adoquines y otros materiales de concreto prefabricado a escala industrial. Genera numerosos impactos vibratorios que, al actuar verticalmente en la mezcla dentro de los moldes permiten la eliminación de vacíos.

Figura 5

Maquina Vibro-Compactadora



Nota. Máquina de Fabricación de Bloques. Fuente: Compañía Linyi Chuangyun (s.f.).

Mesa Vibradora

La mesa vibradora cumple una función similar a la máquina vibro-compactadora y es utilizada cuando no se tiene la disposición de esta última. Estas mesas están diseñadas para vibrar todo tipo de moldes para prefabricado; consiste en someter al concreto en molde a una serie de sacudidas y con una frecuencia elevada que permite acomodar y asentar uniformemente la mezcla, reduciendo el aire atrapado.

Figura 6

Mesa Vibradora



Nota. Plataforma de Vibración. Fuente: remontantenn.ru (s.f.).

Mezcladora de Concreto

Una mezcladora es una máquina que tiene como función mezclar los componentes del concreto de forma homogénea, tales como el cemento, la arena, la piedra, el agua y los aditivos. La ventaja de usar una mezcladora, la cual se observa en la Figura 7, es que la mezcla de concreto queda uniforme y homogénea. Las mezcladoras se presentan en diferentes tamaños, siendo las más comunes mezcladoras con capacidad de 7, 9,12 y 14 pies cúbicos.

Figura 7
Mezcladora de Concreto



Nota. Tipo de Mezcladoras. Fuente: <http://todoferreteria.com.mx/> (s.f.).

2.2.1.7.2. Herramientas

- Molde metálico para adoquín de diseño
- Carreta o Carretilla
- Palustre o Badilejo
- Palas N°4
- Canecas o Baldes

Figura 8
Herramientas para la fabricación de adoquín



2.2.1.7.3. Materiales

- **Cemento Portland**

Es un conglomerante compuesto de la mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse y conseguir altas resistencias después de ponerse en contacto con el agua.

- **Agregado fino**

Se utilizará arena natural, manufacturada o una combinación de estas, conformada por granos duros y de calidad, libres de materia orgánica. La arena o agregado fino será usado como llenante, lo que significa que la cantidad a usar debe ser la adecuada, ya que si se utiliza poca cantidad la mezcla resultará áspera y poco manejable, y si se usa en demasía demandará mayor cantidad de agua y por ende una mayor cantidad de cemento para mantener la relación agua-cemento del diseño (Cabezas, 2014).

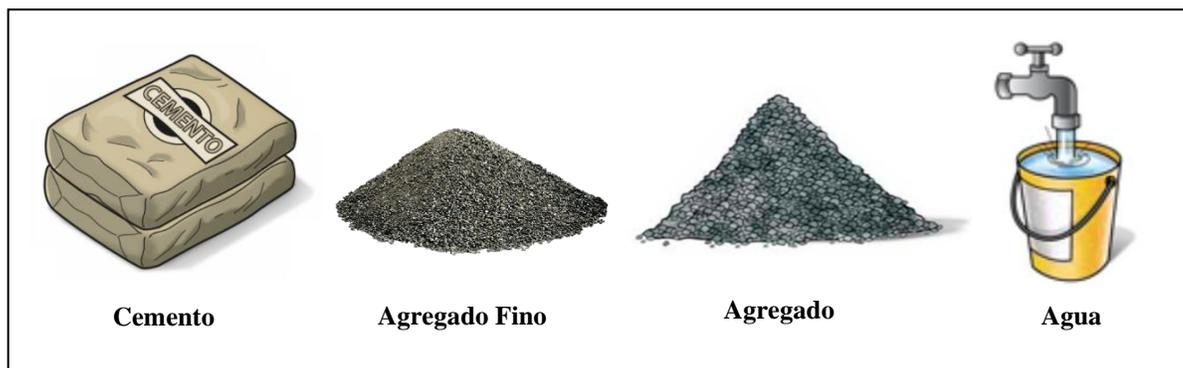
- **Agregado grueso**

El árido grueso a utilizar deberá consistir en grava, grava triturada, piedra triturada o una combinación de estos. Los agregados de preferencia deberán ser partículas esféricas y cubicas debido a que presentan mayor resistencia y es menor el consumo de cemento debido al mayor acomodo de las partículas (Cabezas, 2014).

- **Agua**

El agua es utilizada tanto en la mezcla como en el curado de los especímenes. Es un componente esencial de la mezcla de concreto, debido a que permite generar el proceso de hidratación del cemento al entrar en contacto con este, permitiendo que el cemento desarrolle su capacidad ligante y desencadene una serie de reacciones que terminan entregando al material sus propiedades físico-mecánicas (Cabezas, 2014).

Figura 9
Materiales para la fabricación de adoquín



2.2.1.7.4. Proceso de Elaboración

a) Dosificación

Es el término usado para definir y medir las proporciones adecuadas de los materiales como agregados, agua, cemento que conforman la mezcla para la elaboración de las unidades de adoquines que cumplan con las propiedades físico - mecánicas según el reglamento.

Previamente son establecidos las relaciones básicas entre los componentes, para acercarse a una dosificación óptima (Cabezas, 2014).

b) Mezclado

Una vez determinada la dosificación más óptima para la mezcla de concreto se procede a su fabricación. Los materiales deberán ser mezclados mecánicamente; sin embargo, algunos lo realizan de forma manual, lo cual no es recomendable debido a que se obtienen resistencias por debajo de lo diseñado (Cabezas, 2014). Se debe iniciar con la mezcla en seco del cemento y los agregados en el tambor, hasta conseguir una mezcla con un color uniforme; posteriormente se añade agua y se continua con la mezcla durante 3 a 6 minutos. El mezclado debe conseguir que el todo el agregado este cubierto de la pasta agua-cemento (Cabezas, 2014).

c) Moldeado

Luego de obtener la mezcla se procede a vaciarla dentro de los moldes metálicos colocados sobre la mesa vibradora o en la maquina vibro-compactadora; estos moldes deben estar previamente cubiertos de diésel o aceite quemado. El método de llenado de los moldes se debe realizar en capas y con ayuda de una varilla se acomoda la mezcla.

El vibrado se mantendrá hasta formar una película de agua en la superficie. El vibrado cumple un papel muy importante debido a que ofrece al concreto características como compacidad, impermeabilidad, facilidad en el desmolde, resistencia a la abrasión, entre otras (Cabezas, 2014). Finalmente son desmoldados las unidades de adoquines teniendo cuidado de no fracturarlos.

Vibrado

La vibración es el método de asentamiento práctico más eficaz, dando al concreto características bien definidas como la resistencia mecánica, compacidad y un buen acabado. Los concretos de consistencia son los que presentan mayor resistencia a la compresión; sin embargo, su aplicación en obras resulta dificultoso por la baja trabajabilidad. La vibración resulta solucionar este problema, permitiendo que mezclas con asentamientos entre 0” a 1” sean utilizadas sin mucha labor (Cabezas, 2014).

d) Fraguado

Una vez fabricados las unidades de adoquines, estos deben permanecer en área protegida del sol y del viento, con el objetivo que se produzca el fraguado sin secarse. El proceso de fraguado dura de 4 a 8 horas, pero es recomendable dejarlos en el tablero hasta el día siguiente. “Si los bloques se dejarán expuestos al sol o a vientos fuertes se ocasionaría una pérdida rápida del agua de la mezcla, o sea un secado prematuro, que reducirá la

resistencia final de los bloques y provocará fisuramiento del concreto” (Arrieta & Peñaherrera, 2001).

e) Curado

Posterior al fraguado las unidades de adoquín deberán ser curadas manteniéndolas húmedas para permitir que continúe la reacción química del cemento, logrando las resistencias deseadas. Las unidades deberán colocarse en rumas de cuatro unidades máximo, dejando una separación horizontal entre ellas por lo menos de 2 centímetros para que puedan ser humedecidas por medio de riego en totalmente sus lados.

Para un correcto curado de las unidades de adoquín se regará al menos tres veces al día durante los primeros 7 días después del fraguado. Se le podrá cubrir con plásticos, papeles o costales húmedos con la finalidad de que el agua no se evapore fácilmente.

El curado puede ser realizado también sumergiendo las unidades en un pozo o piscina llena de agua saturada con cal, durante tres días (Arrieta & Peñaherrera, 2001).

Un curado inadecuado provocará bajas resistencias y aparecimiento de grietas en el concreto. Por esto es necesario curar los adoquines como cualquier otro producto de concreto.

f) Secado y Almacenamiento

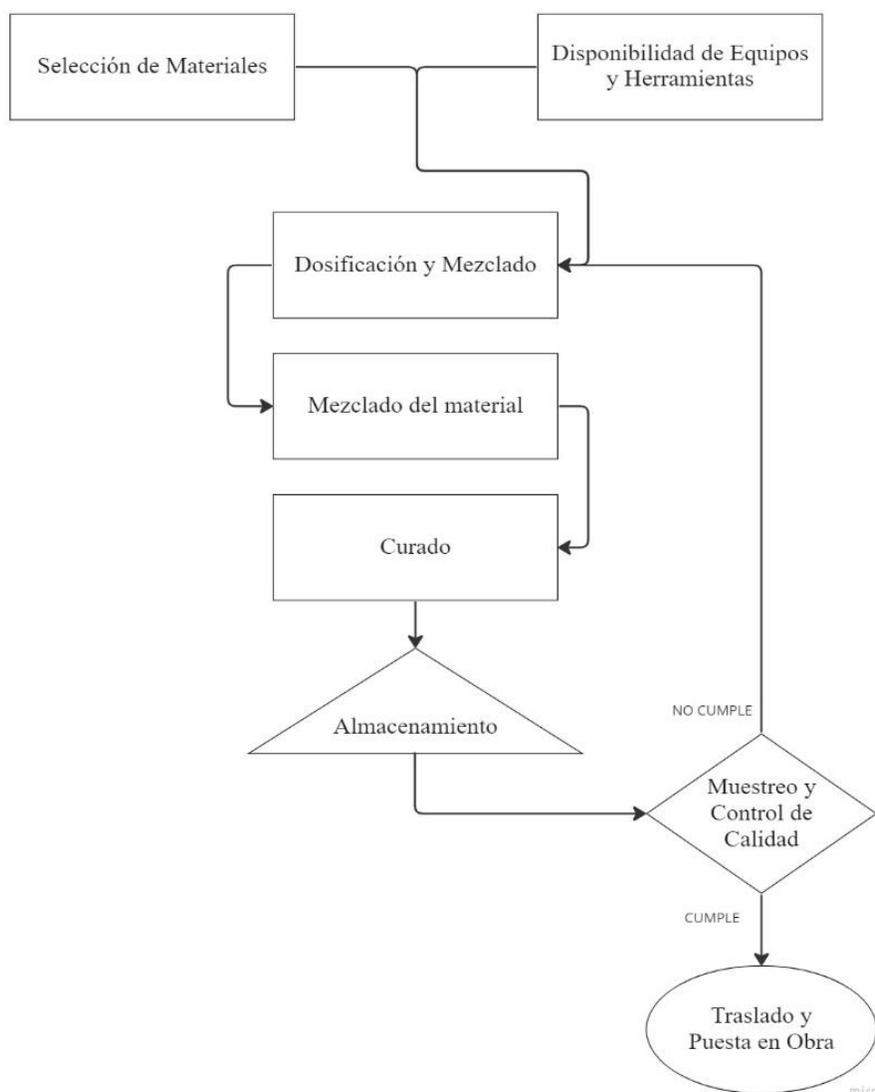
Las unidades de adoquín deben ser almacenadas en un lugar limpio y ordenado, protegidas de la lluvia, viento y sol, permitiendo el secado de estas. El área de almacenamiento debe ser totalmente cubierta, sino se dispone de una cubierta se debe proteger con plástico. Los arrumes en los que se almacenan no deben superar el 1.50 metros, para evitar volcamientos de las unidades.

g) Control de Calidad

Una vez almacenadas deben pasar por un control de calidad que certifique que la fabricación de las unidades de adoquín ha sido realizada correctamente y cumplen con las propiedades físico - mecánicas requeridas. Se debe cumplir con la Norma Técnica Peruana 399.611 (alabeo, medidas, resistencia a la compresión y absorción de agua).

Figura 10

Flujograma de producción de un adoquín de concreto



Nota. Adaptado de Diagrama de proceso. Fuente: Arrieta & Peñaherrera (2001).

2.2.1.8. Propiedades Físicas

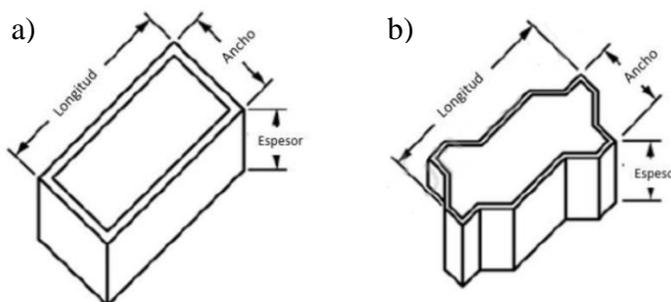
Tolerancia Dimensional en Unidades de Adoquines. “Las unidades deben cumplir con las tolerancias dimensionales previas a la aplicación de los acabados arquitectónicos” (NTP 399.611, 2017, p. 7), como se muestra en la Figura 11.

Figura 11

Tolerancia dimensional máxima

Tolerancia dimensional, máx. (mm)		
Longitud	Ancho	Espesor
± 1,6	± 1,6	± 3,2

*Se aplica a todos los tipos



Nota. a) Adoquín Rectangular b) Adoquín Irregular. Fuente: NTP 399.611 (2017).

Adicionalmente, Buzón (2010) describe algunas consideraciones para el control de calidad en las unidades de adoquines de concreto:

- **Dimensiones:** La forma y tamaño de los adoquines deberán ser lo más uniformes posible, con la finalidad de que sean colocados y traben de manera correcta y la superficie quede plana.
- **Superficie:** Las superficies de los adoquines no deberán tener fisuras, huecos, descascaramientos, hormigueos, o materiales extraños.
- **Aristas y esquinas:** Deberán ser agudos y sin desbordamientos, abombamientos o torceduras; además de no tener salidas horizontales, ni verticales no previstos.

Densidad. “Es el peso de una unidad de mampostería de concreto o de una unidad relacionada dividida por su volumen” (Amaya & Díaz, 2011, p. 110).

Mediciones de densidad comprueba la pureza y la concentración de una muestra y ofrece información de su composición. La medición de la densidad es muy importante para asegurar la calidad tanto de materiales primas como de productos acabados en diferentes sectores (Mettler-Toledo International, 2021).

El cálculo de densidad en un adoquín de concreto lo define la norma NTP 399.604, calcular la densidad seca al horno como sigue:

$$\text{Densidad (D), kg/m}^3 = [W_d / (W_s - W_i) * 1000,$$

Donde:

W_d = peso seco al horno del espécimen, (kg)

W_s = peso saturado del espécimen, (kg), y

W_i = peso sumergido del espécimen, (kg)

Contenido de Humedad. “Cantidad de agua contenida dentro de una unidad de mampostería de concreto o de una unidad relacionada en un momento determinado, expresada como un porcentaje de la cantidad total de agua en la unidad bajo condiciones de saturación” (Amaya & Díaz, 2011, p. 110).

El cálculo del contenido de humedad en un adoquín de concreto lo define la NTP 399.604, se determinará en porcentaje como sigue:

$$\text{Contenido de humedad} = [(W_r - W_d) / (W_s - W_d) * 100,$$

% de absorción total

Donde:

W_r = peso recibido de la unidad, (kg)

W_d = peso seco al horno de la unidad, (kg), y

W_s = peso saturado de la unidad, (kg)

Absorción Máxima. Se conoce como absorción, al “incremento en masa del concreto debido a la penetración de agua en los poros de las partículas, durante un período de tiempo prescrito, sin incluir el agua adherida en la superficie de las partículas, expresado como porcentaje de la masa seca” (Simeón, 2014, p. 4).

De acuerdo a Arango (2006) “la absorción del material está directamente relacionada con el ensuciamiento de las unidades y con la resistencia al congelamiento y descongelamiento” (p. 133), por lo que la máxima absorción indicado en la Tabla 9, es un requisito a cumplir en las unidades de adoquines de concreto según la NTP 399.611.

Tabla 9

Absorción máxima en adoquines de concreto

Tipo de Adoquín	Absorción, máx. (%)	
	Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I y II	6	7.5
III	5	7

Nota. Datos obtenidos de NTP 399.611 (2017).

Cálculos: Calcular la absorción en adoquines de concreto como sigue:

$$\text{Absorción, } \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \left[\frac{W_s - W_d}{W_s - W_i} \right] * 1000,$$

$$\text{Absorción, \%} = \left[\frac{W_s - W_d}{W_d} \right] * 100$$

Donde:

W_s = peso saturado del espécimen, (kg)

W_i = peso sumergido del espécimen, (kg)

W_d = peso seco al horno del espécimen, (kg)

2.2.1.9. Propiedades Mecánicas

Resistencia a la Compresión. Los adoquines de concreto conforman la superficie del pavimento, encargadas de la distribución uniforme de las cargas concentradas de personas, animales o vehículos hacia la estructura de soporte, por lo que las resistencias de estos adoquines deberán ser mayor a la abrasión debido al tránsito. En la Tabla 10 se puede observar el espesor nominal y las resistencias mínimas a compresión por unidad de adoquín para los 3 tipos de uso.

Tabla 10
Espesor nominal y resistencia a la compresión

Tipo	Espesor nominal (mm)	Resistencia a la compresión, mín. MPa (kg/cm ²)	
		Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I (Peatonal)	40	31 (320)	28 (290)
	60	31 (320)	28 (290)
II (Vehicular ligero)	60	41 (420)	37 (380)
	80	37 (380)	33 (340)
	100	35 (360)	32 (325)
III (Vehicular pesado, patios industriales o de contenedores)	≥ 80	55 (561)	50 (510)

Nota. Datos tomados de NTP 399.611 (2017).

- Calcular el **esfuerzo de compresión del área neta** del espécimen como sigue:

$$\text{Esfuerzo de compresión del área neta (MPa)} = P_{max} / A_n$$

- Calcular el **esfuerzo de compresión del área bruta** del espécimen como sigue:

$$\text{Esfuerzo de compresión del área bruta (MPa)} = P_{max} / A_g$$

Donde:

$$P_{max} = \text{carga, (N), y}$$

$$A_n = \text{área neta promedio del espécimen (mm}^2\text{)}$$

$$A_g = \text{área bruta del espécimen (mm}^2\text{)}$$

Resistencia a la Flexo-tracción (módulo de ruptura). Es la propiedad que presentan los adoquines para resistir a la flexión, este esfuerzo es generado por el tráfico y produce rajaduras en la superficie. El módulo de ruptura es la fuerza máxima aplicada en la capa exterior de una de las caras del adoquín en el momento de producirse el fallo.

De acuerdo a la norma NTG 41086 (2012), las unidades de adoquines de concreto deben presentar un módulo de ruptura promedio de tres especímenes ya saturados durante 24 horas, como se muestra Tabla 11. El ensayo debe ser realizado de acuerdo a la norma NTG 41087 h1 (2012).

Tabla 11
Resistencia mínima a flexión del adoquín

Clase	Espesores mínimos del adoquín (mm)	Resistencia mínima a flexión del adoquín Mpa (kg/cm ²)	
		Promedio de 3 adoquines	Mínimo de un adoquín individual
A	80	5.4 (55)	4.6 (46.8)
B	80	4.1 (42)	3.5 (35.7)
C	60	4.1 (42)	3.5 (35.7)

Nota. Datos tomados de NTG 41086 (2012).

El ensayo de flexión de adoquines provee el resultado del módulo de ruptura. Al someter los adoquines de concreto a flexo-tracción se genera un efecto llamado momento flector (Angarita & Lizarazo, 2018).

El módulo de ruptura será calculado, de acuerdo a la norma NTG 41087 h1, como:

$$M_r = \frac{3PL}{2BH}$$

Donde:

M_r = Módulo de ruptura, en MPa

P = Carga máxima aplicada, en N

L = Distancia entre los ejes de los apoyos, en mm.

B = Longitud del eje menor del rectángulo inscrito, en mm.

H = Espesor del adoquín, expresado en mm.

2.2.1.10. Ensayo de Absorción, Densidad y Contenido de Humedad en Adoquines de Concreto (NTP 366.604 / ASTM C140-06)

Ensayo para determinar la cantidad de agua que un adoquín de concreto puede absorber.

Materiales y Equipos

- ✓ Agua
- ✓ Balanza con una precisión de 0.5%
- ✓ Horno de secado con capacidad de temperaturas de 100 a 115 °C

Especímenes de Ensayo

Se harán uso de tres especímenes de muestreo, las cuales deberán haber sido señaladas, pesadas y registradas. El ensayo se realizará para unidades enteras.

Procedimiento:

Muestreo: Marcar cada espécimen para su identificación. Los especímenes deberán ser pesadas después del muestreo y el marcado, se registrará como W_r (peso recibido).

Saturación: Los especímenes deberán ser sumergidos en agua durante 24 horas a una temperatura de 15,6 °C a 26,7°C. Luego serán pesados mientras están sumergidos totalmente en el agua mediante un alambre de metal como W_i (peso sumergido). Drenar los especímenes y escurrirlos por 1 min con una malla metálica de 9.5 mm, secar su superficie con un paño seco y pesarlo, se registrará como W_s (peso saturado).

Secado: Posterior a la saturación, secar los especímenes por 24 horas en horno ventilado de 100°C a 115°C. Solo hasta que dos pesadas sucesivas en intervalos de 2 horas muestren una pérdida no mayor a 0.2% del peso último del espécimen. Se registrará este peso como W_d (peso secado al horno).

2.2.1.11. Ensayo a Compresión de Adoquines de Concreto (NTP 366.604/ASTM C140)

Las unidades de adoquín de concreto son muestreadas y ensayadas en conformidad con la NTP 399.604: UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto, basada en la ASTM C 140 Standard test methods of sampling and testing concrete masonry units.

Materiales y Equipos

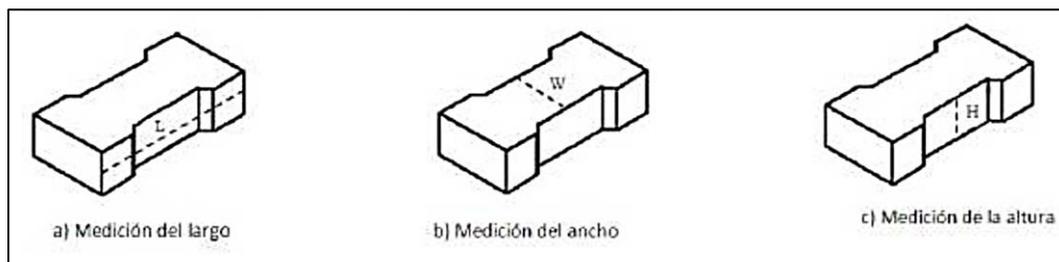
- ✓ *Mortero de azufre*
- ✓ *Máquina de Ensayo*
- ✓ *Bloques de soporte de acero y platos*

Especímenes de Muestreo

Se seleccionarán seis unidades de cada lote de 10 000 unidades o menos y 12 unidades de cada lote de más de 10 000 y menos de 100 000 unidades. Para lotes de más de 100 000 unidades, se seleccionarán seis unidades por cada 50 000 (NTP 399.604, 2002, p. 3).

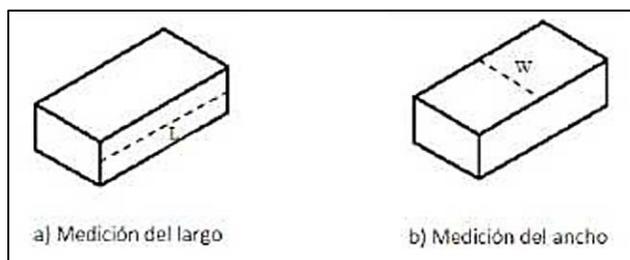
Procedimiento

1. Se almacenarán las 6 unidades de muestreo en un espacio ventilado a una temperatura promedio de 24 ± 8 °C y una humedad relativa menor al 80%, durante por lo menos 48 horas, no apiladas ni separadas no menos de 13 milímetros.
2. Escoger tres muestras para el ensayo de resistencia a compresión. Estos especímenes deberán estar libre de humedad; sin embargo, no serán sometidos a secado en horno.
3. Con la regla se realizan dos mediciones por cada dimensión y se obtiene un promedio de largo, ancho y alto como se observa en la Figura 12.

Figura 12*Dimensiones en unidades de adoquines I*

Nota. Dimensiones en Adoquines. Fuente: Mendoza, Ingeniería de Materiales (s.f.).

4. Si la unidad de concreto presenta salientes en sus caras, estas serán cortadas con sierra y el resto de la pieza deberá ser ensayada. Serán simétricas alrededor de dos ejes.
5. En el caso que la muestra sea como se indica en el punto 4. Con la regla se realizan dos mediciones por cada dimensión y se obtiene un promedio de largo, ancho y alto como se observa en la Figura 13.

Figura 13*Dimensiones en unidades de adoquines II*

Nota. Dimensiones en Adoquines. Fuente: Mendoza, Ingeniería de Materiales (s.f.).

6. Realizar el refrenado de superficies de las unidades con uno de los siguientes métodos:
 - A. Azufre y materiales granulares: La mezcla preparada para el refrenado contendrán de 40% a 60% de azufre por peso y el resto del material será bentonita molida u otro material inerte que pase por el tamiz N°100 con o sin plastificante. Calentar el mortero de azufre en una olla térmica con una temperatura suficiente para mantener la fluidez luego del contacto con la superficie de refrenado. Elaborar un molde

rectangular con dimensiones aproximadas de 12.5 mm mayor que las dimensiones del espécimen y llenar una profundidad de 6.4 mm con material fundido de azufre.

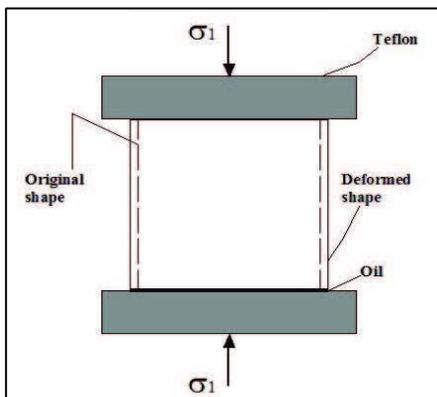
- B. Refrenado con yeso-cemento: El yeso-cemento cuando este mezclado con agua tendrá una resistencia a la compresión no menor de 24.1 MPa a las 2 horas de su elaboración. Colocar la superficie de la unidad para refrenar en contacto con la pasta y presionar firmemente hacia abajo con un solo movimiento de manera nivelada. El espesor del refrenado no excederá 3.2 mm de espesor.

En ambos casos el refrenado deberá ser realizado por lo menos 2 horas antes del ensayo.

7. Una vez solidificado y enfriado el refrenado, marcar el centroide de la superficie del espécimen y alinearlos verticalmente con el centro de empuje de la máquina de ensayo como se muestra en la Figura 14. Posteriormente aplicar la carga hasta la mitad de la máxima prevista a cualquier velocidad convenientemente.
8. Desplazar la cabeza movable a una velocidad uniforme hasta aplicar la carga restante en no menos de 1 minuto ni más de 2 minutos. Finalmente registrar la carga máxima de compresión hasta llegar al fallo.

Figura 14

Aplicación de carga de compresión en unidad de adoquín



Nota. Adaptado de influencia del plato de carga. Fuente: Barbosa et al. (2010).

2.2.1.12. Ensayo de Módulo de Ruptura en Adoquines de Concreto (NTG 41087 h1)

Ensayo para determinar el módulo de ruptura o resistencia a la flexo-tracción de los adoquines de concreto para uso de tráfico peatonal y vehicular.

Materiales y Equipos

- ✓ *Prensa o Máquina Universal de Ensayo*
- ✓ *Placas de soporte (De ser necesario)*
- ✓ *Barras circulares de acero*

Especímenes de Muestreo

Los adoquines de concreto deberán tener un módulo de ruptura promedio de 3 especímenes de muestreo saturados por inmersión $24h \pm 2h$ previo al ensayo. Posteriormente se deberá retirar los especímenes y escurrirlos por 1 min con una malla metálica de 9.5 mm de abertura mínima, para finalmente secar su superficie con un paño hasta no presentar agua y estar listos para someter a ensayo.

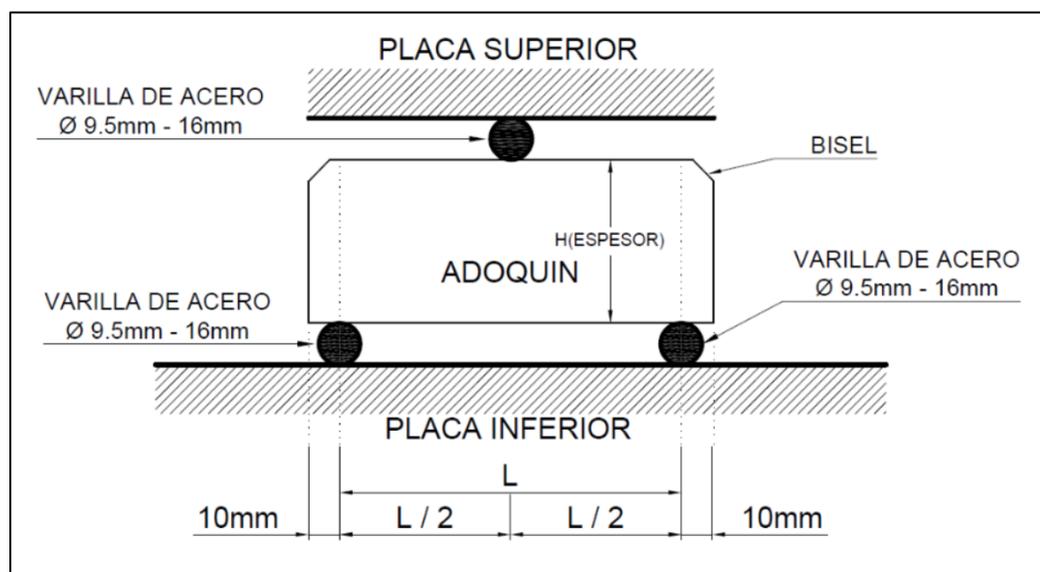
Procedimiento

1. Se deberá colocar el espécimen de ensayo sobre la máquina universal de ensayos con su superficie de desgaste hacia arriba.
2. Luego usar tres barras lisas de acero con el mismo diámetro para los apoyos y elementos de transición de cargas, cuyos diámetros deben estar entre 9.5 mm y 16 mm, y su longitud mayor o igual al ancho del adoquín de concreto en el eje de contacto.
3. Dos de las tres barras lisas de acero deberán ser colocadas paralelas entre sí, perpendiculares al eje del mayor lado del adoquín de concreto y 10 mm hacia dentro del lado menor del adoquín.

4. La tercera barra servirá para la transición de carga y se debe colocar en la superficie superior de desgaste en el eje medio del menor lado del adoquín, como se muestra en la Figura 15.

Figura 15

Esquema del ensayo a flexión



Nota. Imagen extraída de la norma NTG 41087 h1 (2012).

5. La carga aplicada sobre el adoquín de concreto será con una velocidad uniforme con un esfuerzo cercano a 0.5 MPa por segundo.
6. Finalmente registrar la carga máxima de compresión cuando se llega al fallo. Los especímenes deberán llegar a la ruptura con la carga aplicada en el centro y la parte inferior apoyada en las dos barras de acero cilíndricas, como una viga simplemente apoyada, con la finalidad que la carga se distribuya uniformemente a lo ancho.

2.2.2. Cenizas de hojas de maíz

2.2.2.1. Maíz

Para Briceño (2020) “El maíz es una planta que fue cultivada antiguamente, hace más de 7000 años aproximadamente, sus inicios parecen estar ubicado en México, donde se han encontrado pruebas de haber existido hace mucho tiempo atrás. El maíz es una planta anual, de verano, de porte robusto y con un rápido desarrollo” (p. 20).

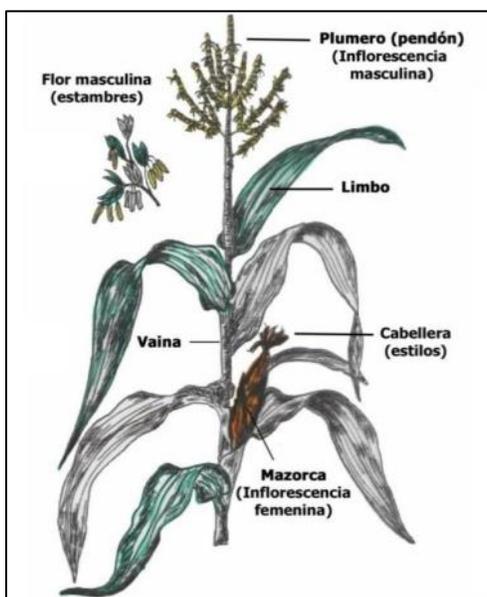
Según Escalera et al. (2012) “el maíz es un producto que tiene fuertes arraigos culturales en muchos países y constituye la base de la dieta alimenticia de millones de seres humanos, una buena parte de los cuales habitan en países en vías de desarrollo” (p. 1).

Partes del maíz

La planta de maíz se compone de varias partes, dentro de las cuales cumplen una función indispensable para que esta produzca el fruto (maíz) y que también se desarrolle y crezca correctamente (Cocupo. 2020).

Figura 16

Detalle esquemático de la morfología del maíz



Nota: Nombre científico *Zea Mays*. Fuente: Escalera et al. (2012).

2.2.2.2. Características de la hoja de maíz

Según Escalera et al. (2012) indica que es sabido y de objeto de múltiples investigaciones el alto contenido de sílice de las cenizas procedentes de la incineración de desechos agrícolas, y que al realizar una buena incineración puede tener un excelente comportamiento puzolánico. Entre estas cenizas agrícolas podemos encontrar a las cenizas de hojas de maíz, ceniza de cascarilla de arroz, la ceniza de hojas de bambú y el bagazo de caña de azúcar.

Por este motivo la Hoja de maíz es un excelente residuo agrícola al poseer una cantidad elevada del 62 al 65 % de sílice en su ceniza como se observa en la Tabla 12; esto lo hace un material excelente a ser estudiado como posible sustituto parcial del cemento en ciertos porcentajes y aprovechando que es un residuo agrícola que emana poca cantidad de CO₂ al fabricarla.

Tabla 12

Contenido de ceniza y sílice en residuos agrícolas

Residuos Agrícolas	Contenido de Ceniza (%)	Contenido de Sílice en Ceniza (%)
Cascarilla de arroz	18-25	85-95
Vaina de trigo	8-11	88-91
Paja de arroz	13-15	80-84
Bagazo de caña de azúcar	13-15	70-75
Hoja de Maíz	10-13	62-65
Nodo del bambú	1-2	56-58
Tallo y hoja del girasol	10-12	24-26

Nota: Cuadro de contenido de ceniza y sílice adaptado de la revista “VISVESVARAYA, H.C. Recycling of agricultural wastes with special emphasis on Rice Husk Ash. In Use of vegetable plants and their fibers as building materials, Joint Symposium”.

2.2.2.3. Producción del maíz en el Perú

Según el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) la producción del maíz en lo que va del año del 2021 al 2022 la producción nacional es de 391,108 toneladas, y en la región de Huánuco para el mes de abril del 2022 fue de 8322 Hectáreas de maíz, costando un valor por kilo de S/ 1.40 soles a comparación del año 2021 con un valor por kilo de S/ 1.05 soles.

Debido a la gran producción de maíz, obtenemos una considerable cantidad de hoja de maíz dejada, la cual se va incrementando gradualmente tanto nacional como departamentalmente. Por lo cual aprovecharemos en gran medida este material agrícola para poder reutilizarlo.

2.2.2.4. Propiedades Químicas de las Cenizas de Hojas de Maíz

Sosa (2008) presentó un estudio preliminar de su evaluación físico química de las hojas de maíz y otros materiales agrícolas desechables para observar cómo influyen en el mortero (mezcla de concreto), al ser materiales puzolánicos y evaluar su posible potencial, obtiene buenas características como las grandes cantidades de sílice amorfa que son esenciales y buenos para la construcción. Así mismo realizó los ensayos de resistencia a la compresión y durabilidad, obteniendo buenos resultados por lo que recomienda usar las hojas de maíz en la construcción por poseer componentes químicos esenciales como lo posee el cemento. En la Tabla 13 observamos los componentes físicos – químicos del cemento y las cenizas de hoja de maíz, cáscara de arroz y bagazo de caña de azúcar, en el cual el contenido de sílice (SiO_2) son de los componentes a tener en cuenta.

Tabla 13*Caracterización físico - química de los materiales cementantes utilizados*

Descripción	Cemento	Cenizas		
		Cascarilla de Arroz	Hoja de Maíz	Bagazo de Caña de Azúcar
Propiedades Físicas				
Gravedad Especifica	3.03	1.80	1.91	1.45
Superficie Especifica	3.604	9.487	6.328	2.693
Finura (% pasa 325)	82.19	86.74	87.29	77.24
Análisis Químico (%)				
SiO ₂	22.44	80.33	47.62	36.52
Al ₂ O ₃	4.43	0.00	0.00	0.00
Fe ₂ O ₃	3.21	0.85	1.58	1.53
CaO	63.41	1.24	5.16	2.69
MgO	0.58	0.43	4.12	4.16
SO ₃	2.55	0.31	0.90	3.335
K ₂ O	0.31	1.87	9.51	22.04
Na ₂ O	0.26	0.33	0.33	0.27
Humedad		9.21	4.53	10.72
Pérdida al fuego	1.75	11.43	17.67	26.40
TiO ₂	0.1	Trazas	Trazas	Trazas
ZnO	Trazas	0.04	0.06	0.03
MnO	Trazas	0.59	0.28	0.26
SiO ₂ / Al ₂ O ₃	5	N/A	N/A	N/A

Nota: Datos de los materiales cementantes de cenizas obtenido de Sosa (2008).

2.2.3. Cenizas del bagazo de caña de azúcar

2.2.3.1. Caña de Azúcar

Según Abanto (2015), expresa que la caña de azúcar es una gramínea tropical, cuyo tallo acumula el jugo lleno de sacarosa que se sintetiza gracias a los rayos solares y al proceso de fotosíntesis, por el cual es extraído y mediante un proceso de fabricación se trata de cristalizar y convertir en azúcar. Así mismo se propaga mediante la abundante plantación de trozos de caña por donde cada nudo de caña sale una planta nueva y crece hasta alcanzar

alturas de 1.5 a 2 metros aproximadamente y en el proceso acumula azúcar en su tallo, el cual se extrae cuando madura. La caña crece varias veces y lo mejor es que puede seguir siendo cosechada. A los cortes que se les hace se llaman “zafras”. La caña de azúcar se puede deteriorar con el tiempo y también por el uso de las maquinarias que pisan las raíces.

2.2.3.2. Producción de Caña de Azúcar en el Perú

La caña de azúcar, originaria de la India y posteriormente introducida en el Perú por los españoles, tuvo un papel destacado en las exportaciones pre-1990, abarcando unas 117 mil hectáreas. En el año 2015, representó el 3.6% del Valor Bruto de la Producción (VBP), contribuyendo al 2.4% del empleo y a las exportaciones. En el Perú, la caña de azúcar se cultiva en la costa, la selva y los valles interandinos. No obstante, es en la costa donde se concentra la mayor extensión de cultivos debido a sus condiciones climáticas y características del suelo excepcionales, que permiten cosechas a lo largo del año y un alto rendimiento (Chavez, 2019).

Con base en los relatos históricos narrados por el Inca Garcilazo de la Vega, se establece que la primera plantación de caña de azúcar se fundó en Huánuco. Estos registros sugieren que hacia 1580 ya se había establecido un trapiche para la venta de cañazo en esta región. El departamento de Huánuco en el año 2016 fue declarado como Patrimonio Cultural de la Nación al proceso de producción de la shacta, aguardiente de caña de azúcar. En dicha Resolución Viceministerial N° 079-2016-VMPCIC-MC (de 06 de julio) se declara la existencia de diez fundos de producción de aguardiente a base de caña de azúcar en Huánuco, en la que se cuenta con un área total de 103 hectáreas de sembríos de caña.

2.2.3.3. Bagazo de Caña de Azúcar

El bagazo de caña de azúcar, un subproducto derivado de la materia seca vegetal fibroso de los tallos de caña, obtenido de moliendas de fábricas que tienen partículas pequeñas en promedio 12 a 20mm. Su composición química es notable, con un 46.6% de celulosa, un 25.2% de hemicelulosa y un 20.7% de lignina, lo que lo convierte en un recurso rico y versátil para diversas aplicaciones industriales (Diez y Garrido, 2012).

2.2.3.4. Cenizas de Bagazo de caña de azúcar

Para Apaza y Salcedo (2019) las cenizas de bagazo de caña de azúcar se producen mediante un producto industrial de incineración, en primer lugar los bagazos son obtenidos del proceso de la elaboración de azúcar y derivados, luego se procede a incinerarlos adecuadamente, ya que si se llega a alcanzar mayores temperaturas afectaría y perdería su uso en las cenizas, después del correcto proceso de incineración se obtiene un residuo mineral rico en sílice y alúmina; estas propiedades puzolánicas depende principalmente de la temperatura de combustión, que debe oscilar entre 400°C – 700°C.

J. Chavez (2019) nos define a la ceniza de bagazo de caña de azúcar como la que es obtenida de los desechos de la producción del azúcar y que se utiliza como materia prima para calentar las calderas para la obtención del azúcar. Estas cenizas tienen usos en diferentes campos, como la agricultura y lo más importante en el rubro de la construcción para reemplazar al material cementante, al contener una gran cantidad de sílice. Mediante su investigación colocaron porcentajes de sustitución de 5% 10% y 15%, concluyendo que estas cenizas son un residuo que está altamente capacitado para ser usado en mezclas de concreto reemplazándolos de manera proporcional al material cementante y que ayuda a reducir el impacto ambiental por ser un material agrícola desechable.

2.2.3.5. Propiedades Químicas de las Cenizas de Bagazo de Caña de Azúcar

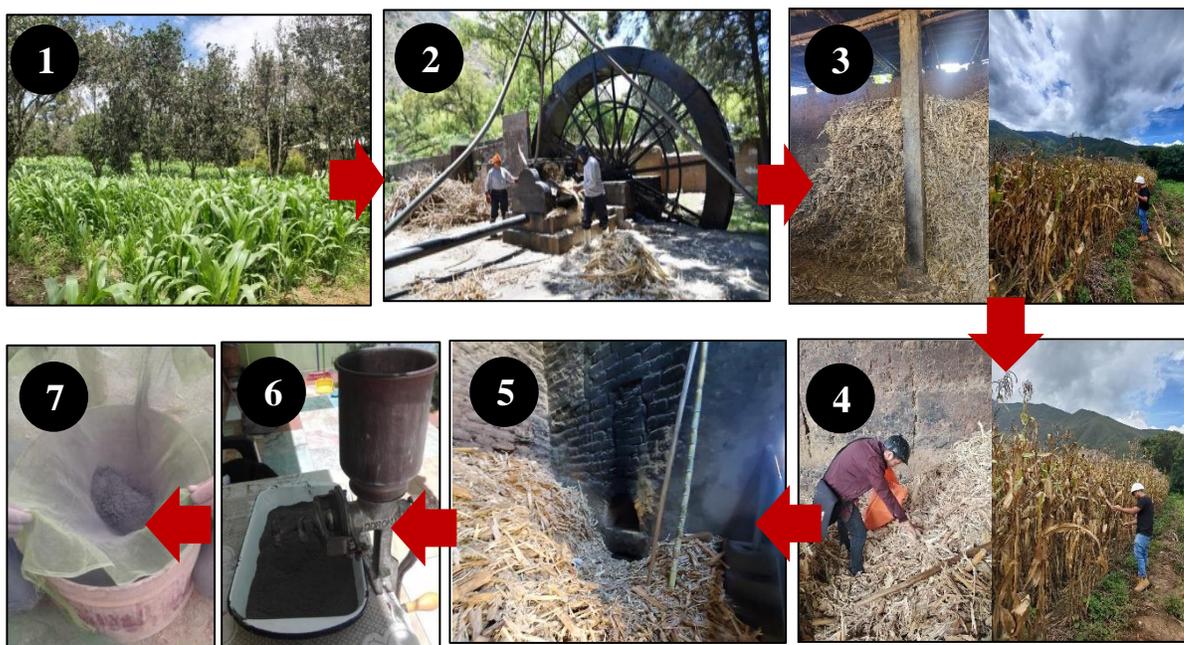
En la Tabla 13 se presentó los componentes físicos – químicos de las cenizas de bagazo de caña de azúcar en el que Sosa (2008) presentó un estudio preliminar de su evaluación físico química de estos materiales.

La actividad puzolánica de las cenizas es influenciada por diversos factores clave, como el tamaño de las partículas, la temperatura de calcinación, la naturaleza cristalina y la composición química. La utilización de la ceniza de bagazo de caña de azúcar como material puzolánico se justifica por varios motivos. Además, su idoneidad como puzolana se basa en su composición química, ya que los componentes esenciales, como SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 , constituyen una parte significativa de su estructura (Chavez, 2019).

2.2.3.6. Proceso de Obtención de Cenizas

Figura 17

Proceso de obtención de cenizas.



- 1 **Selección de Localizaciones de Siembra:** Es crucial realizar una elección cuidadosa de las áreas de cultivo tanto para hojas de maíz como para caña de azúcar. Esto garantiza la disponibilidad de materias primas de calidad.
- 2 **Molienda de Caña de Azúcar:** Para el caso del bagazo de caña de azúcar, se lleva a cabo la molienda del cañazo, lo que genera el bagazo como residuo agrícola.
- 3 **Secado Eficiente:** Tanto las hojas de maíz como el bagazo de caña de azúcar deben estar lo más secos posible. La humedad mínima es esencial para lograr una incineración eficiente, lo que, a su vez, produce cenizas con una mayor reactividad puzolánica.
- 4 **Recolección y Almacenamiento:** Una vez que los residuos agrícolas estén completamente secos, se recolectan y almacenan en costales para su posterior transporte.
- 5 **Incineración Controlada:** Durante el proceso de incineración, es fundamental mantener una temperatura controlada, normalmente en el rango de 400°C a 700°C. Esto asegura la combustión completa del material, eliminando la mayor cantidad de carbono y previniendo la cristalización de la sílice presente.
- 6 **Molienda para Finura Óptima:** Tras la incineración, es necesario moler las cenizas para lograr la finura deseada. Una mayor finura mejora la capacidad de reacción de la sílice. Para este proceso, se puede utilizar un molino local.
- 7 **Tamizado para Uniformidad:** Si después de la molienda no se alcanza la finura requerida o aparecen grumos, es fundamental realizar un tamizado para garantizar que las cenizas tengan la uniformidad necesaria para su aplicación en la producción de adoquines de concreto.

2.3. Bases conceptuales

Adiciones: Son minerales que adicionalmente se incorporan al cemento, por lo general como molienda de ciertas rocas como puzolanas, humo de sílice, caliza, escoria granulada, entre otros; que permiten aumentar las propiedades hidráulicas del cemento o mejorando algunas otras cualidades (NTP 334.001, 2001).

Adoquín de Concreto: “Pieza de concreto simple, de forma nominal, prefabricada, que cumple con la norma NTP 399.611” (NTP 399.611, 2017, p. 4).

Cemento Portland: “Cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente sulfato de calcio y eventualmente caliza como adición durante la molienda” (NTP 334.009, 2016, p. 4).

Cenizas de Hojas de Maíz: Son producidos a través de la incineración en hornos industriales de desechos de maíz como sus hojas, esta ceniza es una sustancia que presenta propiedades físico-químicas conformadas por sílice, que se adhiere con otros elementos conformando compuestos con facilidad (Prudencio, 2020).

Cenizas de Bagazo de Caña de Azúcar: Son producidos a través de la incineración en hornos industriales de desechos de caña de azúcar como el bagazo, residuo obtenido después de la molienda de la caña (Ramírez, 2020).

Curado: “Proceso que consiste en controlar las condiciones ambientales (especialmente temperatura y humedad) durante el fraguado y/o endurecimiento del cemento, mortero u hormigón (concreto)” (NTP 334.001, 2001, p. 10).

Contenido de Aire: “Diferencia entre el volumen de la mezcla y el volumen resultante de la suma de los volúmenes absolutos de los componentes” (NTP 334.001, 2001, p. 10).

Dosificación: “Proporción, en masa o en volumen de los distintos materiales que integran una mezcla” (NTP 334.001, 2001, p. 10).

Fraguado: Es el estado alcanzado por un mortero, pasta o concreto de cemento cuando se ha perdido a un grado arbitrario la plasticidad, comúnmente se mide en términos de resistencia a la penetración; el *fraguado inicial* hace referencia a la primera y temprana rigidez; el *fraguado final* hace referencia a obtener una rigidez muy significativa (NTP 334.001, 2001).

Propiedades Hidráulicas: “La propiedad hidráulica es la aptitud de un material pulverizado de fraguar y endurecer en presencia de agua y de formar compuestos prácticamente estables” (NTP 334.001, 2001, p. 13).

Propiedades Puzolánicas: “La propiedad puzolánica es la aptitud de un material, que pulverizado fija hidróxido de calcio a la temperatura ambiente, formando en presencia de agua compuestos que poseen propiedades hidráulicas” (NTP 334.001, 2001, p. 13).

Puzolana Industrial: “Las puzolanas industriales son arcillas y esquistos tratados y activados térmicamente, escorias de plomo, cobre. Zinc y otros productos de la industria de las ferroaleaciones enfriadas al aire” (NTP 334.001, 2001, p. 13).

Puzolana Natural: “Las puzolanas naturales son por lo general materiales de origen volcánico o rocas sedimentarias con composición química y mineralógica adecuadas. La proporción de CaO reactivo de la puzolana natural es insignificante” (NTP 334.001, 2001, p. 13).

2.4. Bases epistemológicas, bases filosóficas y/o bases antropológicas

En nuestra investigación, las bases epistemológicas por el enfoque cuantitativo del estudio, se abarcarán dentro de la corriente del positivismo, ya que este conocimiento se derivará de una experiencia, el mismo que estará respaldado por el método científico.

El positivismo es una corriente filosófica que sostiene que el conocimiento auténtico se origina en hechos reales validados por la experiencia. Desde esta perspectiva, todo conocimiento válido es categorizado como positivo, derivado de la observación de fenómenos y sus relaciones, o verdadero por definición, abarcando afirmaciones analíticas y tautológicas (Narváez, 2014).

En consonancia con el positivismo, el método científico es el pilar fundamental de nuestra metodología. Nos brinda la capacidad de derivar conocimiento a partir de la experiencia y la observación de fenómenos reales. Este enfoque cuantitativo nos capacita para cuantificar y medir con precisión los efectos de la incorporación de cenizas de hoja de maíz y cenizas de bagazo de caña de azúcar en los adoquines de concreto. La rigurosa recopilación de datos y el análisis minucioso son nuestras herramientas para verificar y validar las hipótesis planteadas. Nuestra investigación se suma al corpus de conocimientos científicos relacionados con la construcción de adoquines de concreto, contribuyendo al entendimiento y optimización de estos materiales.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Ámbito

El ámbito del estudio determina la ubicación donde se realiza la investigación, dando autenticidad a los resultados obtenidos y constituye un criterio de inclusión de las unidades de estudio (Valdivia, 2009). Para el ámbito de la presente investigación comprende a los adoquines de concreto tipo II para vías urbanas de tránsito liviano de la provincia de Huánuco y departamento de Huánuco.

3.2. Población

Según Borja (2012) “se denomina población o Universo al conjunto de elementos o sujetos que serán motivo de estudio”. (p. 30)

Para esta investigación el universo serán todos los adoquines de concreto tipo II en vías urbanas, y la población estará compuesta por todos los adoquines de concreto tipo II incorporando las cenizas de hojas de maíz y cenizas de bagazo de caña de azúcar.

3.3. Muestra

Para cumplir con los objetivos de esta investigación, no se requiere una representatividad de elementos de la población, sino una selección cuidadosa y controlada de muestras con características específicas asociadas a los problemas abordados en este estudio. Por lo tanto, se utilizará un enfoque de muestra no probabilística dirigida, que implica una muestra finita.

De acuerdo con la norma técnica peruana NTP 366.604, se llevarán a cabo un mínimo de 3 unidades de muestra por tipo de ensayo a realizar. La Tabla 14 detalla el número de muestras por cada ensayo a evaluar a los 7, 14 y 28 días, tanto para los adoquines de concreto de la muestra

control (0% de cenizas) como para aquellos que incorporan cenizas de hoja de maíz y cenizas de bagazo de caña de azúcar en porcentajes del 5%, 10% y 15% como reemplazo parcial del cemento.

Tabla 14*Muestras de la investigación*

Ensayos	Días de Ensayo	Adoquín Patrón	Adoquines con CHM				Adoquines con CBCA			SUB TOTAL
		0%	5%	10%	15%	5%	10%	15%		
<i>Ensayo de Densidad, Contenido de Humedad y Absorción</i>	28 días	3	3	3	3	3	3	3	21	
	SUB TOTAL	3		9			9			
<i>Ensayo de Resistencia a la Compresión</i>	7 días	3	3	3	3	3	3	3	63	
	14 días	3	3	3	3	3	3	3		
	28 días	3	3	3	3	3	3	3		
	SUB TOTAL	9		27			27			
<i>Ensayo de Módulo de Ruptura</i>	7 días	3	3	3	3	3	3	3	63	
	14 días	3	3	3	3	3	3	3		
	28 días	3	3	3	3	3	3	3		
	SUB TOTAL	9		27			27			
TOTAL									147	

Para los ensayos de Densidad, Contenido de Humedad y Absorción se optó por utilizar las mismas muestras a los 7, 14 y 28 días, dado que no son ensayos destructivos. Finalmente, se contará con un total de 147 unidades de muestras de adoquines de concreto (8 cm x 10 cm x 20 cm) correspondientes a los diversos diseños.

3.4. Nivel y Tipo de Estudio

3.4.1. Nivel de Estudio

Según Borja (2012), la investigación experimental tiene como objetivo manipular las variables independientes para que los cambios en la variable dependiente sean exclusivamente el resultado de cambios en las variables independientes. En el caso de la presente investigación, se enmarca en el nivel de investigación **experimental**, ya que su objetivo es evaluar cómo la incorporación de CHM y CBCA en porcentajes del 0%, 5%, 10% y 15% (variables independientes) influye en las propiedades físico - mecánicas de los adoquines de concreto (variable dependiente).

3.4.2. Tipo de Estudio

De acuerdo al fin que se persigue, en función del propósito la presente investigación es de tipo **aplicada**, al centrarse en la solución de problemas en un contexto determinado, y estar interesado en la aplicación inmediata sobre la problemática antes que el desarrollo de un conocimiento universal (Borja, 2012).

Por su nivel de profundidad la presente investigación es de tipo **descriptiva-comparativa**, por pretender demostrar y comparar los adoquines de concreto en adiciones de porcentaje % de las cenizas de hojas maíz y cenizas del bagazo de caña de azúcar y demostrar su comportamiento cumpliendo la normativa Norma Técnica Peruana NPT 399.611.

De acuerdo a los datos analizados, la presente investigación es de tipo **cuantitativa**, debido a que se hará uso de la recolección y análisis de datos para probar la hipótesis de la investigación. (Borja, 2012).

Por los medios para obtener los datos, la presente investigación hace uso de **datos obtenidos de laboratorio**, pues al realizar los ensayos físico - mecánicos se obtendrán los datos

de los adoquines de concreto con las adiciones de cenizas de hojas de maíz y cenizas del bagazo de caña de azúcar.

Por su mayor o menor manipulación de variables, la presente investigación es de tipo **cuasi experimental**, al poder manipular parcialmente las variables independientes y que también implica que no se pueda cambiar factores establecidos tales como los valores de los agregados ya definidos por el tipo de cantera utilizada.

Según el tipo de inferencia, la presente investigación es **deductiva**, por comenzar la investigación de lo más general como adoquines con adiciones de cenizas de materiales agrícolas y llegar a demostrar lo particular o específico.

Según el periodo en el que se realiza, la presente investigación es tipo **trasversal**, al tener definido un tiempo determinado para los ensayos de las muestras de los adoquines de concreto.

De acuerdo al tiempo que se efectúan, la presente investigación es de tipo **sincrónica**, al tener un corto periodo de tiempo al efectuar la investigación.

3.5. Diseño de Investigación

“El diseño del estudio representa el punto donde se conectan las Etapas conceptuales del proceso de investigación como el planteamiento del problema, el desarrollo de la perspectiva teórica y las hipótesis con las fases subsecuentes cuyo carácter es más operativo. [...] se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea con el fin de responder al planteamiento del problema” (Hernández et al., 2014, p. 126).

El tipo de diseño de investigación es el **cuasi - experimental**, en el que se manipula intencionalmente (al menos) una variable independiente para analizar sus posibles resultados donde por razones logísticas o éticas no se asignan al azar al grupo de estudio, sino que dicho grupo ya está conformado previo del estudio (Hernández et al., 2014). En ese sentido, la presente

investigación pretende reemplazar y manipular un porcentaje de cenizas de hojas de maíz y cenizas bagazo de caña de azúcar por cemento para medir la influencia y mejora en el diseño de adoquines de concreto tipo II utilizados en vías urbanas.

3.6. Métodos, Técnicas e Instrumentos

3.6.1. Métodos

El método de recolección de datos a utilizar en la presenta investigación será el **empírico-analítico**, el cual se basa en la lógica empírica que presenta métodos específicos como el **método experimental** y la **observación científica**. Por lo que se hará uso de instrumentos y procedimientos específicos experimentales que permitirán la recolección de datos a través de la observación sistemática, estos procedimientos están definidos por ensayos estándares normados:

- NTP 399.604 (ASTM C140). Ensayo de Densidad de Unidades de Albañilería.
- NTP 399.604 (ASTM C140). Ensayo de Contenido de Humedad de Unidades de Albañilería.
- NTP 399.604 (ASTM C140). Ensayo a la Compresión de Unidades de Albañilería.
- NTG 41087 h1 (INTE 06-02-14). Ensayo de Módulo de Ruptura de Adoquines de Concreto.
- NTP 399.604 (ASTM C140). Ensayo de Absorción de Unidades de Albañilería.

3.6.2. Técnicas

La presente investigación pretende analizar la influencia en el comportamiento de las propiedades físico – mecánicas de los adoquines de concreto tipo II con la incorporación de CHM y CBCA como reemplazo parcial del cemento, mediante la experimentación de la elaboración y posteriores ensayos normados, por lo que se hará uso de la técnica de la **observación** para una

adecuada recolección de datos mediante formatos y fichas estandarizadas por los tipos de ensayos normados a realizarse. Según Borja (2012) “En la técnica de observación visualizamos los hechos o fenómenos de la realidad de los ensayos de laboratorio”.

3.6.3. Instrumentos

Los instrumentos nos permiten crear un compendio de información con el cual se pondrá en análisis el trabajo de investigación, por lo que los instrumentos a emplearse deben ser de fácil comprensión y confiables (Hernández et al., 2014).

El instrumento que se empleará en la presente investigación serán las fichas de laboratorio que recolectan datos obtenidos de los ensayos establecidos por las normas técnicas, la cual nos permitirá elaborar las conclusiones a partir de las hipótesis planteadas; los instrumentos estarán definidos por los siguientes ensayos:

Tabla 15

Ensayos e Instrumentos

ENSAYOS	NORMATIVA	EQUIPOS	INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS
Ensayo de Densidad	NTP 399.604 (ASTM C140)	Balanza y Horno de Secado	Ficha técnica de laboratorio para el ensayo de densidad basado en la ASTM C140
Ensayo de Contenido de Humedad	NTP 399.604 (ASTM C140)	Balanza y Horno de Secado	Ficha técnica de laboratorio para el contenido de humedad basado en la ASTM C140
Ensayo a la Compresión de Adoquines de Concreto	NTP 399.604 (ASTM C140)	Máquina Compresora	Ficha técnica de laboratorio para el ensayo de compresión basado en la ASTM C140
Ensayo de Módulo de Ruptura de Adoquines de Concreto	NTG 41087 h1 (INTE 06-02-14)	Máquina Universal	Ficha técnica de laboratorio para el ensayo de módulo de ruptura basado en la INTE 06-02-14
Ensayo de Absorción	NTP 366.604 (ASTM C140)	Balanza y Horno de Secado	Ficha técnica de laboratorio para el ensayo de absorción basado en la ASTM C140-08

Nota: Ver Anexo N°03 - Instrumentos

3.7. Validación y Confiabilidad del Instrumento

Los instrumentos de investigación son las fichas técnicas de laboratorio proporcionadas por la norma NTP 399.604 y la norma NTG 41087 h1, que se seleccionaron debido a su pertinencia en la medición de las propiedades deseadas. Para garantizar la calidad y confiabilidad de los datos recopilados en esta investigación, se realizaron todos los ensayos de las propiedades físico-mecánicas en el "Centro Especializado de Geotecnia, Pavimentos y Ensayo de Materiales" de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura. Este centro está respaldado por la Unidad Central de Laboratorios de Investigación de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

La validación de estos instrumentos se llevó a cabo como se detalla en el Anexo N°08 de la presente investigación. Aquí, profesionales especializados en el campo de aplicación de este estudio llevaron a cabo un proceso de validación. Este procedimiento brindó confiabilidad a la evaluación de los resultados obtenidos y aseguró que los instrumentos utilizados fueran apropiados para los objetivos de la investigación.

Adicionalmente, la confiabilidad se fortalece aún más debido a la amplitud de la muestra, compuesta por 147 en total, lo que permite considerar la repetitividad de las mediciones y la estabilidad de los resultados.

Es fundamental destacar que en esta investigación no se identificaron limitaciones en cuanto a la validación y confiabilidad de los instrumentos empleados, lo que fortalece la solidez de los datos obtenidos y la credibilidad de los resultados. Esta rigurosa validación y confiabilidad de los instrumentos proporciona una base sólida para la ejecución exitosa de la metodología de investigación y respalda la precisión de las conclusiones y hallazgos derivados de esta investigación.

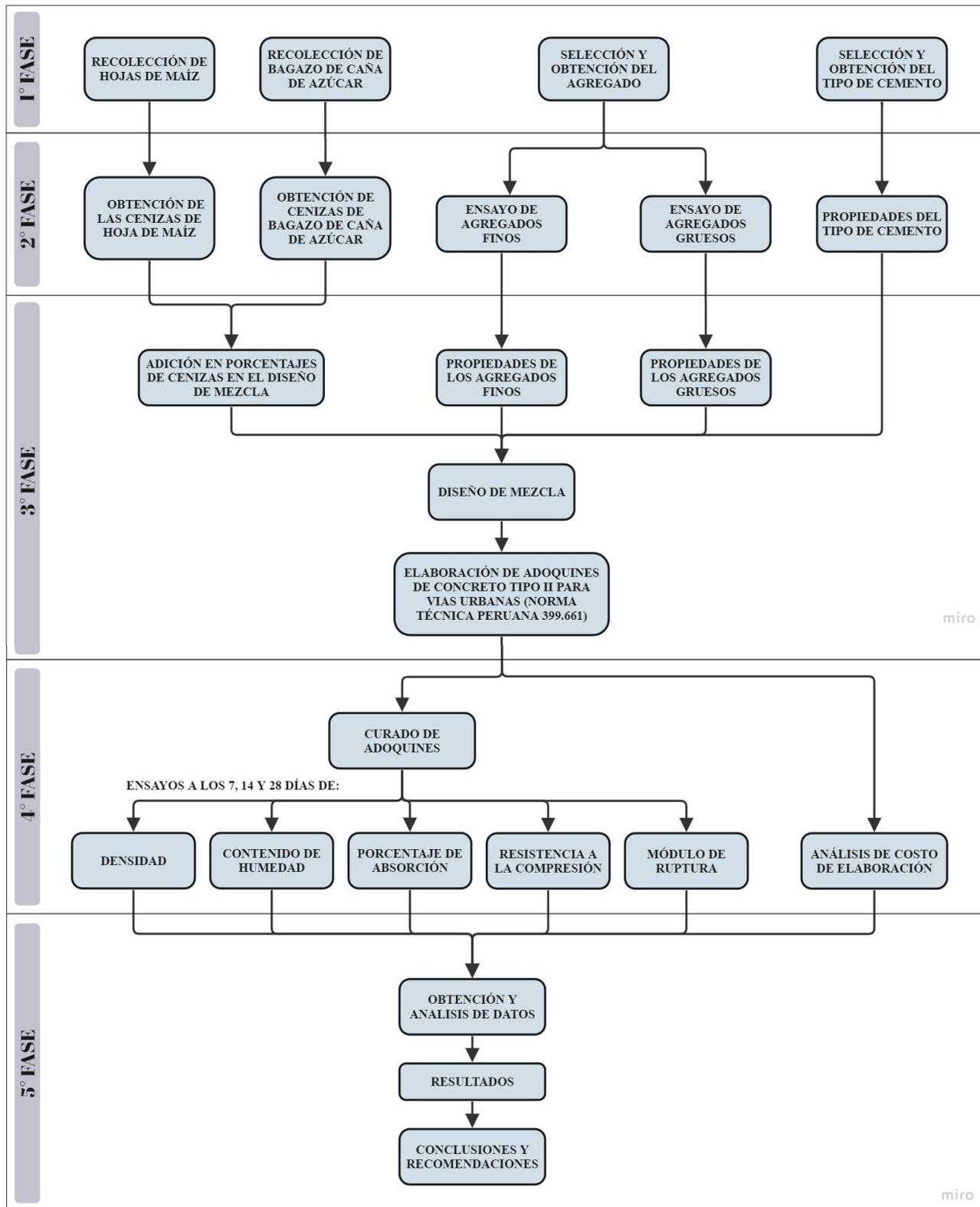
3.8. Procedimiento

El procedimiento de desarrollo de la presente investigación se dividió en cinco fases, cada una de ellas con actividades específicas y estructuradas de la siguiente manera:

- En la **primera fase**, se llevó a cabo la recolección de muestras de hojas de maíz y bagazo de caña de azúcar, así como la selección de los agregados y el tipo de cemento.
- En la **segunda fase**, se obtuvieron las cenizas de hoja de maíz y cenizas de bagazo de caña de azúcar mediante la incineración de las muestras recolectadas. Así mismo, se realizaron ensayos en los agregados finos y agregados gruesos para determinar propiedades como el módulo de fineza, el peso específico, el porcentaje de humedad, el porcentaje de absorción, el tamaño máximo nominal y el peso compactado en seco.
- La **tercera fase** consistió en el diseño de la mezcla de acuerdo a las propiedades de los materiales, incorporando las cenizas de hoja de maíz y cenizas de bagazo de caña de azúcar en porcentajes de 0%, 5%, 10% y 15% como reemplazo parcial del peso del cemento. Además, esta fase abarcó la fabricación de las muestras de adoquín de concreto con dichos diseños.
- En la **cuarta fase** se llevó a cabo el curado de los adoquines de concreto y se realizaron ensayos de densidad, contenido de humedad, porcentaje de absorción, resistencia a la compresión y módulo de ruptura a los 7, 14 y 28 días, siguiendo las normativas correspondientes. Adicionalmente, se realizó un análisis de los costos de fabricación de estos adoquines para cada uno de los porcentajes de incorporación de ceniza.
- Finalmente, en la **quinta fase** se analizaron los datos y se obtuvieron los resultados con el objetivo de deducir conclusiones y recomendaciones basadas en los objetivos planteados en la investigación.

La Figura 18 muestra el flujo de proceso para cada una de estas fases.

Figura 18
Procedimiento de investigación



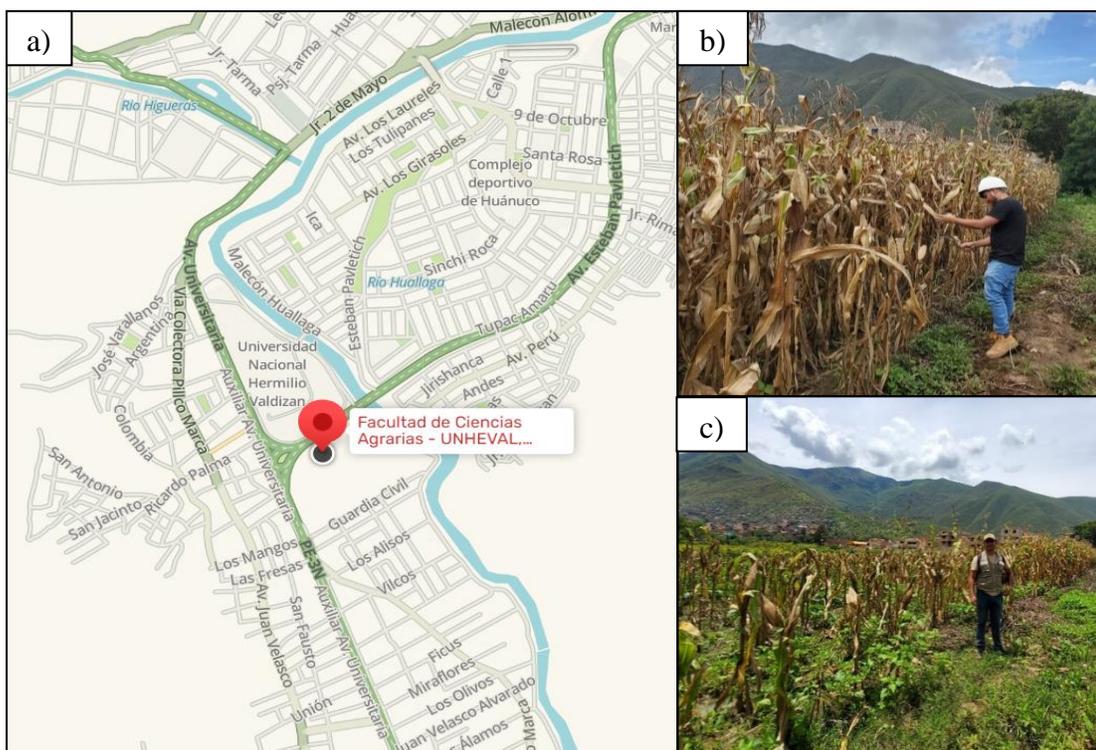
3.8.1. Primera Fase

3.8.1.1. Recolección de Hojas de Maíz

Las hojas de maíz utilizadas en esta investigación fueron recolectadas en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán (UNHEVAL), ubicada en el distrito de Amarilis, provincia de Huánuco, tal como se muestra en la Figura 19.

Figura 19

Recolección de hojas de maíz en la facultad de Agronomía de la UNHEVAL



Nota. a) Ubicación de la facultad de Agronomía b) Proceso de recolección de hojas de maíz
c) Hectáreas de plantación de maíz.

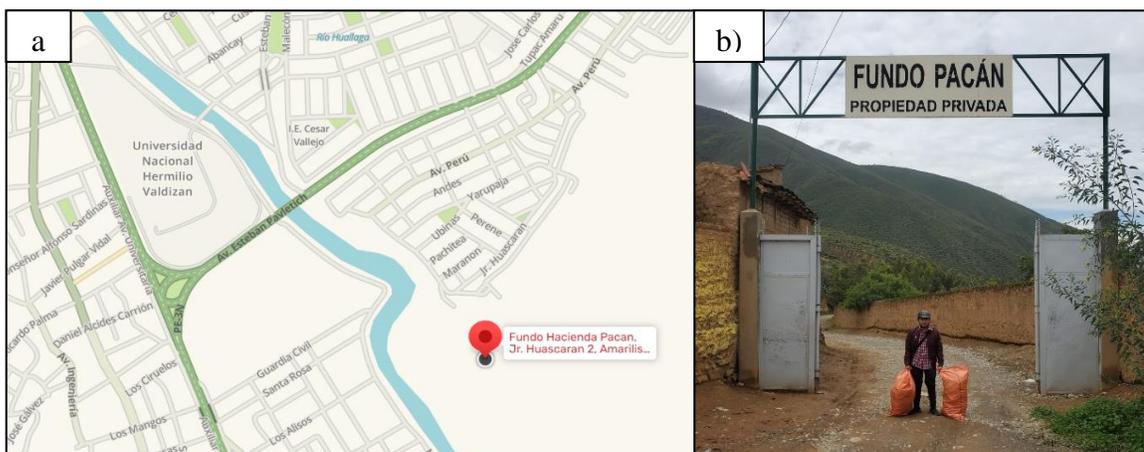
La Facultad cuenta con varias hectáreas de cultivo de maíz, y su objetivo principal es la cosecha de las mazorcas, sin tener un uso específico para las hojas y los tallos. Por lo tanto, se espera que las hojas de maíz se sequen antes de ser cortadas. Una parte de estas hojas se mezcla en el suelo para su uso como abono, mientras que el exceso se desecha.

3.8.1.2. Recolección de Bagazo de Caña de Azúcar

El bagazo de caña de azúcar utilizado en esta investigación fue recolectado del Fundo Pacán, ubicado en el Sector 1 de San Luís, distrito de Amarilis, provincia de Huánuco, como se muestra en la Figura 20. Este fundo es reconocido en la ciudad por su actividad en la destilación de la caña de azúcar para la producción de aguardiente.

Figura 20

Localización del Fundo Pacán



Nota. a) Ubicación del Fundo Hacienda Pacán b) Entrada del Fundo Pacán.

Como se puede apreciar en la Figura 21, el resultado del proceso de molienda de la caña de azúcar genera una considerable cantidad de bagazo como residuo.

Figura 21

Recolección de bagazo de caña de azúcar en el Fundo Pacán



Nota. a) Recolección del bagazo de caña b) Almacén del bagazo de caña.

3.8.1.3. Selección y Obtención del Agregado

Los agregados finos y gruesos utilizados en el estudio de investigación fueron adquiridos de la cantera Viroy - Huancachupa, ubicada en Andabamba, Pillco Marca, Huánuco. Posteriormente, se trasladaron al laboratorio de mecánica de suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura (FICA). La Figura 22 y 23 ilustran los agregados en la cantera y el laboratorio.

Figura 22

Agregados de la cantera Viroy



Figura 23

Agregados en el laboratorio de la FICA



3.8.2. Segunda Fase

3.8.2.1. Obtención de cenizas de Hojas de Maíz

Posterior a la recolección de las hojas de maíz, se llevo a cabo el proceso de incineración utilizando un horno artesanal, donde se mantuvo una temperatura controlada entre 400° y 600°C. Esto garantizó la completa calcinación del material y logró uniformidad en el proceso de quemado, como se muestra en la Figura 24.

Figura 24

Incineración de las cenizas de hojas de maíz



Tras la obtención de las cenizas, se llevó a cabo un proceso de molienda con el objetivo de eliminar impurezas encontradas y lograr un nivel adecuado de finura comparable a la del cemento, como se observa en la Figura 25.

Figura 25

Cenizas de hoja de maíz



Así mismo, post-incineración de las hojas de maíz reveló una proporción de 1 kg de cenizas de hojas de maíz por cada 6 kg de hojas de maíz empleadas en el proceso.

3.8.2.2. Obtención de cenizas de Bagazo de Caña de Azúcar

La obtención de las cenizas de bagazo de caña de azúcar resultó ser un proceso más sencillo. En el Fundo Pacan, los productores utilizan el bagazo de la caña como combustible en el horno para la destilación del alcohol, dado que es un material inflamable. Las cenizas resultantes de esta combustión se desechan, por lo que aprovechar el uso de estas cenizas es importante desde el punto de vista de la sostenibilidad.

Figura 26

Incineración de bagazo de caña de azúcar



Al igual que con las cenizas de hoja de maíz, se llevó a cabo un proceso de molienda con el objetivo de lograr un nivel adecuado de finura comparable a la del cemento; como se observa en la Figura 27.

Figura 27

Cenizas de bagazo de caña de azúcar



3.8.2.3. Ensayo de los Agregados

Una vez que los agregados finos y gruesos fueron transportados al laboratorio de la FICA, se procedió a realizar los siguientes ensayos mencionados a continuación:.

- **Ensayo de contenido de humedad de los agregados finos y gruesos (NTP 339.185, ASTM d2216-19)**

Para llevar a cabo el ensayo de contenido de humedad de los agregados, se procedió inicialmente a realizar el cuarteo de las muestras, dividiéndolas en cuatro partes más pequeñas. Luego, se seleccionaron dos de las cuatro partes posibles, siguiendo las indicaciones establecidas en la Norma Técnica Peruana NTP 339.185. Este procedimiento se llevó a cabo con el propósito de obtener muestras representativas con la cantidad adecuada de material para el ensayo. La Figura 28 ilustra visualmente este proceso.

Figura 28

Cuarqueo de los Agregados finos y gruesos en el Laboratorio de la FICA

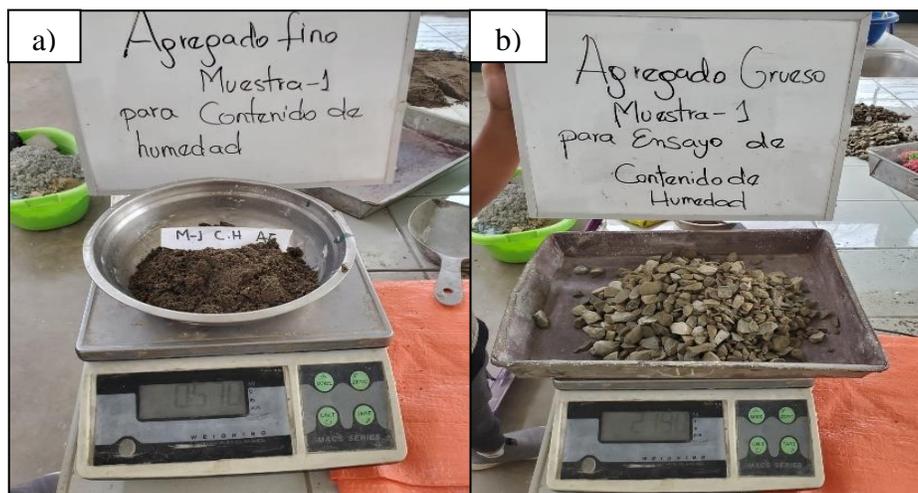


Nota. a) Cuarqueo de agregados gruesos b) Cuarqueo de agregados finos.

A continuación, se procedió a pesar las muestras de los agregados finos y gruesos, como se muestra en la Figura 29. Posteriormente, estas muestras fueron sometidas a un proceso de secado en un horno a una temperatura de 110°C, como se puede apreciar en la Figura 30. El objetivo de este proceso de secado fue eliminar la humedad presente en las muestras y obtener así su peso seco.

Figura 29

Pesos de las muestras húmedas para el Contenido de Humedad



Nota. a) Peso de agregado fino b) Peso de agregado grueso.

Después de completar el proceso de secado de las muestras en el horno, se realizaron las mediciones de peso correspondientes, como se indica en el Anexo N°9. Estos resultados representan los valores de peso de las muestras una vez que se ha eliminado la humedad, lo cual es fundamental para los análisis y cálculos posteriores en el marco de la investigación.

Figura 30

Muestras húmedas colocas al Horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5$ para su secado correspondiente



- **Ensayo de análisis granulométrico de los agregados finos y gruesos (NTP 400.012 - ASTM C 136)**

El ensayo de granulometría de los agregados se llevó a cabo de acuerdo al siguiente procedimiento técnico:

En primer lugar, se lavaron minuciosamente las muestras de los agregados con el fin de eliminar las impurezas presentes, como se muestra en la Figura 31. Posteriormente, las muestras fueron sometidas a un proceso de secado en un horno a una temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Figura 31

Lavado y pesado de la muestra del agregado fino y grueso



Nota. a) Lavado de agregados b) Agregado grueso lavado c) Agregado fino lavado.

Una vez completado el proceso de secado, cada muestra se pesó individualmente para obtener su masa exacta, como se muestra en la Figura 32. Luego, se procedió a la disposición de los tamices correspondientes:

- Agregados finos: tamices de 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y N° 200.
- Agregados gruesos: tamices de 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8" y N° 4.

Estos tamices permitieron clasificar y separar los agregados según su tamaño de partícula, lo cual es fundamental para el ensayo de granulometría y su caracterización.

Figura 32

Muestra seca de los agregados finos y gruesos



Nota. a) Pesado de agregado fino seco al horno b) Pesado de agregado grueso seco al horno.

El proceso de tamizado se llevó a cabo de manera manual, asegurando que los agregados pasaran a través de los tamices correspondientes. Para ello, cada tamiz se sostuvo en una posición inclinada que permitía un giro adecuado de los agregados. Posteriormente, se procedió a pesar los agregados retenidos por cada tamiz, como se muestra en la Figura 33. Estos pesos retenidos son fundamentales para realizar los cálculos pertinentes relacionados con la granulometría de los agregados. Los detalles de estos cálculos se encuentran disponibles en el Anexo N°9 adjunto a esta investigación.

Figura 33

Proceso de Tamizado para ensayo granulometrico



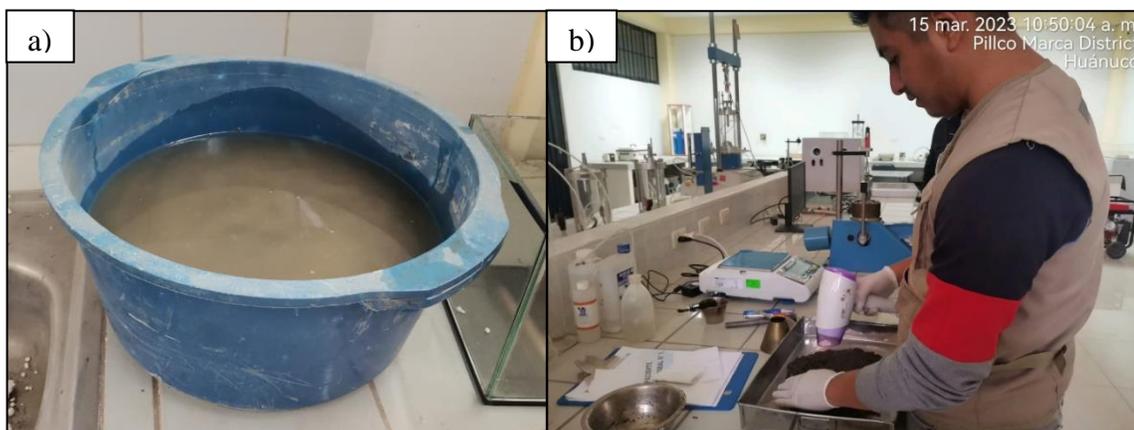
- **Ensayo de peso específico y absorción de los agregados finos (NTP 400.021 - ASTM C127-88) (NTP 400.022)**

Para llevar a cabo el ensayo de peso específico de los agregados finos, se siguieron los siguientes pasos técnicos:

En primer lugar, se sumergió la muestra de agregado fino durante 24 horas en un recipiente con agua para lograr su saturación completa.

Figura 34

Proceso de sumergido y secado de la muestra de agregado fino.



Nota. a) Agregado fino sumergido b) Proceso de secado del agregado fino.

Seguidamente, se retiró el agua de los recipientes y se colocaron los agregados en una bandeja con el fin de realizar un secado al aire de manera uniforme y controlada. Para esto, se utilizó una secadora, como se muestra en la Figura 34. Este proceso de secado permitió eliminar la humedad superficial del material.

Una vez obtenida la muestra de agregados finos superficialmente seca, se procedió a verificar su estado realizando un molde cónico. Este molde consiste en un recipiente con forma cónica en el cual se colocó la muestra para compactarla mediante 25 golpes. Como resultado de este procedimiento, la muestra adoptó una forma cónica y se desprendió de manera natural del molde, tal como se ilustra en la Figura 35. Este método de moldeo

cónico y desprendimiento proporciona un indicativo sobre el contenido de humedad correcto de la muestra para el proceso siguiente.

Figura 35

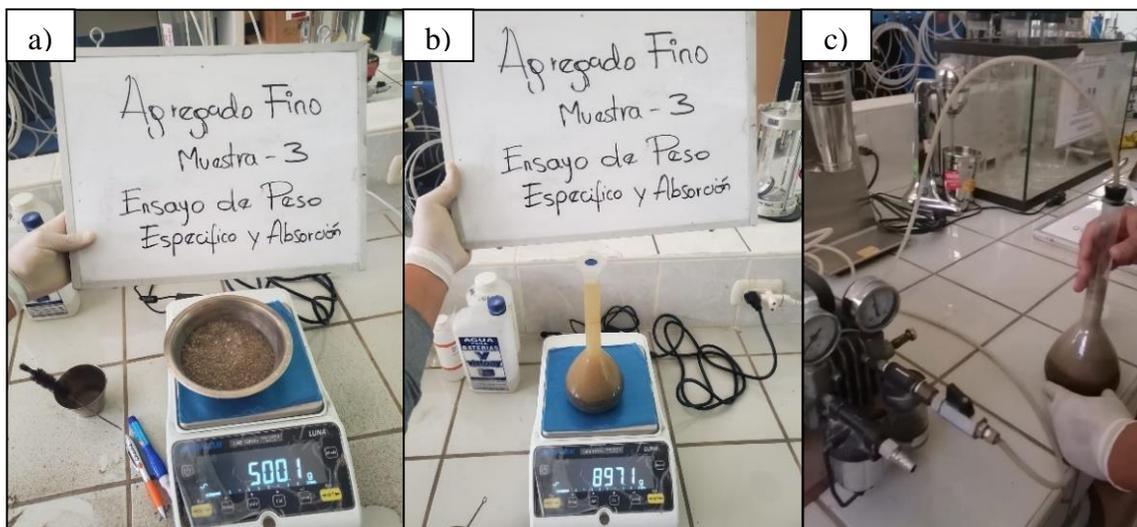
Muestra del agregado fino superficialmente seca



A continuación, se pesó y se colocaron 500 g de la muestra dentro del picnómetro, el cual se llenó de agua hasta alcanzar la marca especificada en el dispositivo. Para eliminar el aire presente en el picnómetro, se utilizó una bomba de vacío.

Figura 36

Peso de la muestra con picnómetro y extracción de contenido de vacíos



Nota. a) Peso del agregado fino b) Peso de picnómetro c) Extracción de aire del picnómetro.

Una vez asegurada la eliminación de todos los vacíos de aire del picnómetro, se vació por completo su contenido y se trasladó la muestra al horno, donde fue sometida a un proceso de secado constante a 100°C. La muestra se mantuvo en el horno hasta alcanzar un estado de completa sequedad. La muestra permaneció en el horno hasta que alcanzó un estado de completa sequedad. Finalmente, se retiró la muestra seca del horno y se procedió a pesarla, obteniendo así su peso seco. Este proceso se puede visualizar en la Figura 37.

Figura 37

Proceso de secado al horno del agregado fino



Al concluir la recopilación de todos los valores obtenidos en el ensayo, se procedió a realizar los cálculos correspondientes para determinar el peso específico y la absorción de los agregados finos. Estos cálculos se llevaron a cabo utilizando las fórmulas y métodos establecidos en las normas o estándares pertinentes, los cuales se detallan en el Anexo N°9.

- **Ensayo de peso específico y absorción de los agregados Gruesos (NTP 400.021 - ASTM C127-88) (NTP 400.022)**

Para llevar a cabo el ensayo de peso específico de los agregados finos, se siguieron los siguientes pasos técnicos:

En primer lugar, se sumergió la muestra de agregado grueso durante 24 horas en un recipiente con agua para lograr su saturación completa, como se muestra en la Figura 38.

Figura 38

Muestra de agregado grueso sumergido



Figura 39

Secado superficial del agregado grueso



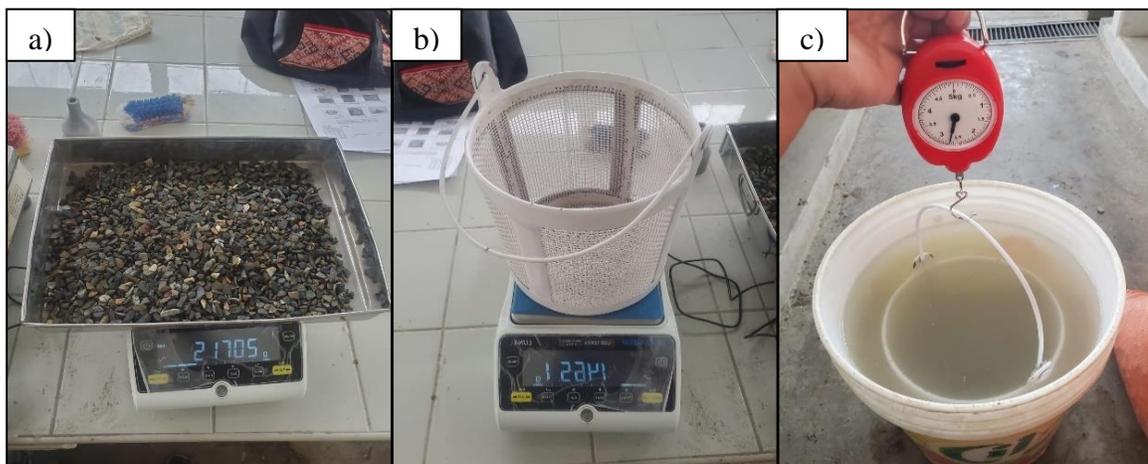
Seguidamente, se procedió a retirar la muestra del agua y se eliminaron las partículas visibles de agua al rolarla sobre un paño absorbente, como se muestra en la

Figura 39. Este procedimiento permitió asegurar que los agregados gruesos alcanzaran un estado de sequedad suficiente para llevar a cabo el ensayo de peso específico.

Una vez que la muestra de agregados gruesos alcanzó un estado de sequedad superficial, se procedió a pesarlo. Posteriormente, la muestra se colocó dentro de una canastilla metálica y se sumergió en un balde de agua, de manera que quedara completamente sumergida. Luego, se registró el peso sumergido de la muestra. Este proceso y los datos obtenidos se ilustran en la Figura 40.

Figura 40

Peso sumergido de la muestra



Nota. a) Peso del agregado grueso b) Peso de canastilla c) Peso de muestra sumergida.

Para concluir el proceso, la muestra sumergida se colocó en un recipiente adecuado y se sometió a un proceso de secado en un horno a una temperatura constante de 110°C. Este procedimiento permitió eliminar completamente la humedad de la muestra y obtener un peso seco preciso. Estos valores obtenidos, junto con los datos previamente recopilados, fueron procesados utilizando los cálculos correspondientes para determinar el peso específico y la absorción del agregado grueso. Los detalles de estos cálculos se encuentran descritos en el Anexo N°9.

- **Ensayo de peso unitario suelto y compactado de agregados finos y gruesos (NTP 400.017, MTC E203)**

Para llevar a cabo el ensayo de peso unitario y compactado de los agregados, se siguieron los siguientes pasos técnicos:

En primer lugar, se realizó el cuarteo de la muestra para obtener una muestra representativa, dividiéndola en partes más pequeñas para su posterior análisis.

Luego, se procedió a pesar los recipientes destinados a contener los agregados finos y gruesos. Esto permitió obtener el peso inicial de los recipientes sin la presencia de los agregados.

Posteriormente, se procedió a compactar la muestra utilizando una varilla metálica. La muestra se dividió en tres partes iguales y se compactó cada parte individualmente mediante 25 golpes con la varilla, asegurando una distribución uniforme de los golpes. La Figura 41 ilustra este proceso de compactación.

Figura 41

Moldes para la compactación de los agregados finos y gruesos



Una vez que se colocó la muestra de agregados dentro de los recipientes, se niveló la parte superior de la muestra para obtener una superficie plana y se pesaron los recipientes con la muestra para obtener el peso total de la muestra contenida.

Luego, se calculó el volumen de los recipientes llenándolos con agua, evitando la presencia de aire en su interior. Los recipientes llenos de agua se pesaron, y la diferencia entre el peso del recipiente vacío y el peso del recipiente con agua proporcionó el peso del agua contenida.

Estos procedimientos se llevaron a cabo siguiendo los estándares técnicos establecidos para obtener mediciones precisas del volumen de los recipientes y los pesos asociados a la muestra y el agua. La Figura 42 adjunta muestra visualmente estos pasos.

Figura 42

Cálculo de los volúmenes de los recipientes



Nota. a) Peso del recipiente lleno de agua b) Medición de temperatura del agua pesada.

Una vez recopilados todos los datos pertinentes, se procedió a realizar los cálculos correspondientes para determinar los pesos unitarios sueltos y compactados de los agregados finos y gruesos. Los resultados de estos cálculos se encuentran detallados en el Anexo N°9 adjunto, donde se presentan los valores obtenidos para cada tipo de agregado y las respectivas condiciones de ensayo utilizadas.

3.8.3. Tercera Fase

3.8.3.1. Diseño de mezcla

Al realizar la fabricación de los adoquines de concreto, se ha observado que la trabajabilidad de la mezcla varía en comparación con un diseño de mezcla convencional, tal como se establece en el ACI 211.1. Esto se debe a que el ACI 211.1 proporciona métodos para dosificar el concreto con asentamientos mayores a 1" (25 mm). Sin embargo, el proceso constructivo de adoquines de concreto se lleva a cabo utilizando un asentamiento cero o nulo, ya que la mesa vibratoria se encarga de compactar el concreto durante la producción.

En este caso, el asentamiento a considerar es menor a 1" (25 mm). Para tratar esta situación, se recurrió al ACI 211.3R, que es una extensión del ACI 211 y aborda la dosificación de concretos con asentamientos en el rango de 0" a 1". Este enfoque también se utiliza en concretos compactados con rodillo, tejas, unidades de mampostería de concreto y concreto permeable.

En el diseño de mezcla para los adoquines de concreto, se tuvieron en cuenta los requisitos específicos de trabajabilidad necesarios para garantizar la calidad y el desempeño de los adoquines. Se ajustaron las proporciones de los materiales, como el cemento, los agregados y el agua, teniendo en consideración la baja trabajabilidad requerida y los métodos establecidos en el ACI 211.3R.

A) Datos para el diseño de mezcla.

Una vez obtenido los valores de los ensayos de los agregados finos y gruesos, se procedió a realizar el diseño de mezcla para los adoquines de concreto tipo II con los datos mostrados en la Tabla 16.

Tabla 16

Datos de los ensayos de agregados para el diseño de mezcla de adoquines

N°	Propiedades	Agregado fino	Agregado grueso
1	<i>Módulo de fineza</i>	2.40	---
2	<i>Peso específico de masa</i>	2590 kg/m ³	2350 kg/m ³
3	<i>Absorción</i>	1.73%	1.54%
4	<i>Peso unitario suelto</i>	1340 kg/m ³	1424 kg/m ³
5	<i>Peso unitario compactado</i>	1615 kg/m ³	1599 kg/m ³
6	<i>Porcentaje de humedad</i>	2.58%	0.96%
7	<i>Tamaño máximo nominal</i>	---	3/8"

Nota. Valores extraídos de Anexo N°9.

- **Cemento:**

Tabla 17

Resumen de características del cemento Sol

N°	Propiedades	Características
1	<i>Tipo</i>	Tipo I
2	<i>Marca</i>	Sol
3	<i>Peso Especifico</i>	3.15 gr/cm ³
4	<i>Peso por bolsa</i>	42.5Kg

- **Agua:**

Agua potable de la red pública de Huánuco

Peso específico: 1000 kg/cm³

- **Slump:** 0" a 1"

- **Resistencia requerida:** 380 Kg/cm²

B) Diseño de mezcla patrón

1. Selección de la resistencia requerida (f'_{cr})

Cuando no se disponga de registros de ensayos de resistencia de obras anteriores para calcular la desviación, se debe determinar utilizando la Tabla 4.

Resistencia específica de diseño: 380 Kg/cm²

$$F'_{cr} = 1.1 \times (380 \text{ Kg/cm}^2) + 50$$

$$F'_{cr} = 468 \text{ Kg/cm}^2$$

2. Selección del asentamiento

De acuerdo a la Tabla 6, la consistencia será:

$$\text{Slump} = 0'' - 1''$$

3. Elección del tamaño máximo del agregado

De acuerdo con los ensayos granulométricos:

$$\text{TMN} = 3/8''$$

4. Estimación de agua y aire contenido

De acuerdo al ábaco de la Figura 4, el contenido de agua requerido es:

$$\text{Agua} = 200 \text{ kg/m}^3$$

De acuerdo al TMN = 3/8'', el contenido de aire natural atrapado es:

$$\text{Aire atrapado} = 3 \%$$

5. Cálculo de la relación a/c (por resistencia f'_{cr})

Según la Tabla 7, para obtener el valor de a/c de acuerdo al f'_{cr} tenemos que interpolar para encontrar el valor de a/c:

$$350 \text{ ----- } 0.48$$

$$400 \text{ ----- } 0.43$$

$$468 \text{ ----- } a/c$$

$$a/c = 0.362$$

6. Cálculo del contenido de cemento

Si tenemos la relación a/c (agua-cemento) igual a 0.362 y queremos obtener el contenido de cemento, podemos despejar "c" de la ecuación y obtenerlo dividiendo la cantidad de agua (200 lt/m³) entre el factor 0.362.

$$c = 200/0.362$$

$$\text{Cemento} = 552.49 \text{ kg}$$

$$\text{Factor cemento} = 552.49/42.5$$

$$\text{Factor cemento} = 13 \text{ bolsas/m}^3$$

7. Estimación del contenido de agregado grueso

De acuerdo a la Tabla 8. En función del módulo de fineza del agregado fino (2.40) con el TMN del agregado grueso (3/8").

Si: Peso unitario del agregado grueso seco compactado es: 1599 kg/m³

$$2.40 \text{ ----- } 0.50$$

$$2.40 \text{ ----- } X$$

$$2.60 \text{ ----- } 0.48$$

$$X = 0.50$$

$$b/b_o = 0.50 \text{ m}^3$$

Entonces:

$$\text{Peso del agregado grueso} = (b/b_o) \times (\text{Peso u.s.c})$$

$$\text{Peso del agregado grueso} = (0.50) \times (1599 \text{ kg/m}^3)$$

$$\text{Peso del agregado grueso} = 799.50 \text{ kg}$$

8. Estimación del contenido de agregado fino

De acuerdo a los valores obtenidos, calcularemos los volúmenes de cada material:

- Cemento = (552.49 kg) / (3150 kg/m³) = 0.175 m³
- Agua = (200 lts) / (1000 lts/m³) = 0.200 m³
- Aire = (3) / (100) = 0.030 m³
- Agregado Grueso = (799.50 kg) / (2350 kg/m³) = 0.340 m³

$$\text{Suma de los volúmenes} = 0.746 \text{ m}^3$$

Ahora calculamos el volumen de agregado fino considerando:

$$\text{Volumen de agregado fino (m}^3\text{)} = (1 - \sum \text{volumen de resto de materiales (m}^3\text{)})$$

$$\text{Volumen agregado fino} = 1 \text{ m}^3 - 0.746 \text{ m}^3 = 0.254 \text{ m}^3$$

Obtenemos la cantidad del peso del agregado fino:

$$\text{Peso del agregado fino} = (0.254 \text{ m}^3) \times (2590 \text{ kg/m}^3)$$

$$\text{Peso del agregado fino} = 658.883 \text{ kg}$$

9. Presentación del diseño en estado seco

Tabla 18

Proporciones de diseño de mezcla en estado seco

Componentes	Volumen	Peso
Cemento	0.175 m ³	552.49 kg
Agregado fino	0.254 m ³	658.88 Kg
Agregado grueso	0.340 m ³	799.50 Kg
Agua	0.200 m ³	200.00 Lt
Aire	0.030 m ³	----

10. Corrección por humedad de los agregados

Corrección de humedad por los agregados:

$$\text{Agregado fino/grueso} = \text{Peso seco} \times (w\%/100 + 1)$$

$$\text{Agregado fino} = 658.88 \times (2.58/100 + 1)$$

$$\text{Agregado fino} = 675.882 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado grueso} = 799.50 \times (0.96/100 + 1)$$

$$\text{Agregado grueso} = 807.175 \text{ kg}$$

11. Aporte de agua a la mezcla

Para calcular el aporte real del agua calculamos de la siguiente manera:

$$\text{Agua en Agregado fino/grueso (Lt)} = \text{Peso seco} \times (w\% - \% \text{abs}) / 100$$

$$\text{Agua en Agregado fino (Lt)} = (658.88 \text{ kg}) \times (2.58 - 1.73) / 100$$

$$\text{Agua en Agregado fino (Lt)} = 5.745 \text{ Lt}$$

$$\text{Agua en Agregado Grueso (Lt)} = (799.50 \text{ kg}) \times (0.96 - 1.54) / 100$$

$$\text{Agua en Agregado Grueso (Lt)} = - 4.682 \text{ Lt}$$

La sumatoria del aporte de agua resulta = **1.063 Lt**

Calculamos el agua efectiva:

$$\text{Agua} = 200 \text{ Lt} - 1.063 \text{ Lt}$$

$$\text{Agua} = 198.937 \text{ Lt}$$

12. Presentación del diseño corregido

Luego de obtener los valores corregidos, tenemos las siguientes proporciones:

Tabla 19

Proporciones de diseño de mezcla patrón por volumen

Cemento	A. fino	A. Grueso	Agua
0.175	0.261	0.343	0.199
(m3)	(m3)	(m3)	(m3)
1.0	1.5	2.0	1.13

Tabla 20

Proporciones de diseño de mezcla patrón por peso

Cemento	A. fino	A. Grueso	Agua
552.486	675.882	807.175	198.937
(kg)	(kg)	(kg)	(Lt)
1.0	1.2	1.5	0.36

- Diseño de mezcla con incorporación de cenizas de bagazo de caña de azúcar y/o Cenizas de hoja de maíz al **5%** respecto al peso del cemento.

Tabla 21

Diseño de mezcla con 5% de incorporación de ceniza

Cemento	Ceniza (5%)	A. fino	A. Grueso	Agua
524.862	27.624	675.882	807.175	198.937
(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(Lt)

Tabla 22*Diseño de mezcla con 5% de ceniza para el volumen de molde (0.0032 m³)*

Cemento	Ceniza (5%)	A. fino	A. Grueso	Agua
1.764	0.093	2.271	2.712	0.668
(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(Lt)

- Diseño de mezcla con incorporación de cenizas de bagazo de caña de azúcar y/o Cenizas de hoja de maíz al **10%** respecto al peso del cemento.

Tabla 23*Diseño de mezcla con 10% de incorporación de ceniza*

Cemento	Ceniza (10%)	A. fino	A. Grueso	Agua
497.237	55.249	675.882	807.175	198.937
(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(Lt)

Tabla 24*Diseño de mezcla con 10% de ceniza para el volumen de molde (0.0032 m³)*

Cemento	Ceniza (5%)	A. fino	A. Grueso	Agua
1.671	0.186	2.271	2.712	0.668
(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(Lt)

- Diseño de mezcla con incorporación de cenizas de bagazo de caña de azúcar y/o Cenizas de hoja de maíz al **10%** respecto al peso del cemento.

Tabla 25*Diseño de mezcla con 15% de incorporación de ceniza*

Cemento	Ceniza (10%)	A. fino	A. Grueso	Agua
469.613	82.873	675.882	807.175	198.937
(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(Lt)

Tabla 26*Diseño de mezcla con 15% de ceniza para el volumen de molde (0.0032 m³)*

Cemento	Ceniza (5%)	A. fino	A. Grueso	Agua
1.578	0.278	2.271	2.712	0.668
(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(Lt)

3.8.3.1. Elaboración de Adoquines de Concreto

La fabricación de adoquines de concreto se llevó a cabo en el Laboratorio Centro Especializado de Geotecnia, Pavimentos y Ensayos de Materiales de la Escuela de Ingeniería Civil - UNHEVAL. Para ello, se utilizaron los siguientes equipos:

- Mezcladora de concreto (5 pies cúbicos)
- Molde para la fabricación de los adoquines
- Mesa vibratoria para la compactación del concreto
- Equipos de medición (Balanzas, cono de Abrams, probetas, bugui, etc.) para la preparación y control de las mezclas
- Herramientas de alisado y acabado de los adoquines (Martillo de goma, badilejo, etc.)

Figura 43

Mezcladora de concreto (1/2 bolsa)



Figura 44

Molde de adoquines de concreto



Figura 45*Mesa vibratoria***Proceso:**

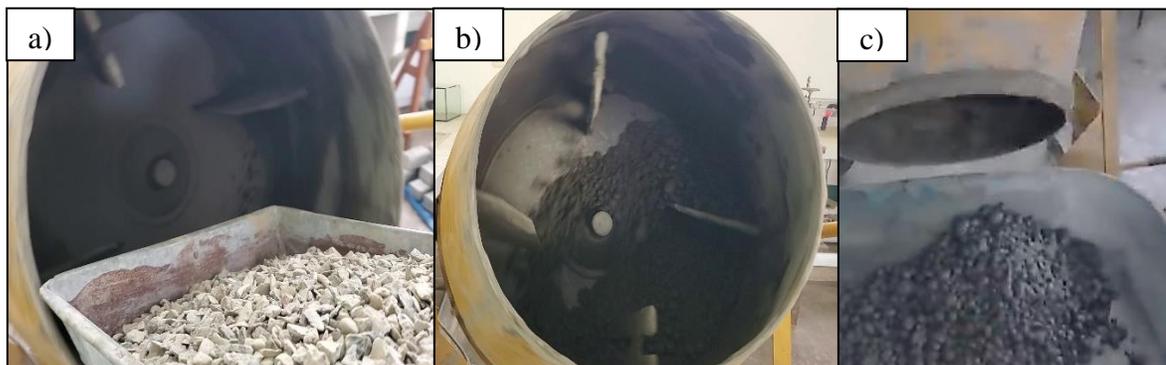
Inicialmente, se procedió a pesar las cantidades adecuadas de acuerdo al volumen del molde de adoquín, considerando que había 2 adoquines por molde y que las dimensiones de los adoquines eran 20x10x8 cm, lo que resultó en un volumen de 0.0032 m³. Se calculó luego los pesos correspondientes de los agregados teniendo en cuenta un factor de desperdicio del 5%, tal como se muestra en la Figura 46.

Figura 46*Proporciones de agregados de acuerdo al diseño de mezcla*

Seguidamente, se procedió a realizar la mezcla de los agregados en la mezcladora, introduciendo los agregados de manera continua como se muestra en la Figura 47.

Figura 47

Proceso de mezclado de concreto

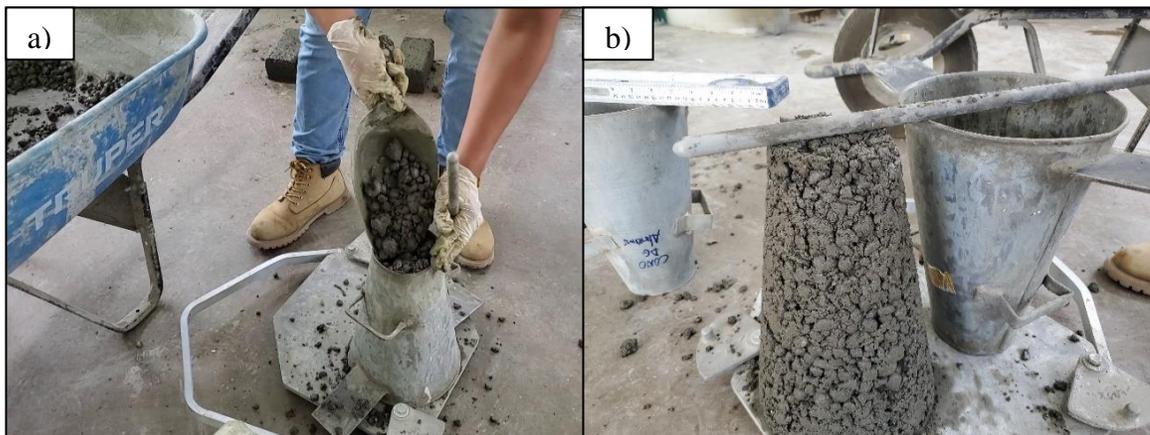


Nota. a) Introducción de los agregados en la mezcladora b) Mezcla de los agregados
c) Concreto extraído de la mezcladora.

Después de la mezcla del concreto, se verificó el slump de diseño, dado que los adoquines de concreto tienen un asentamiento nulo. Esto se observa en la Figura 48.

Figura 48

Ensayo de slump para el revenimiento del concreto



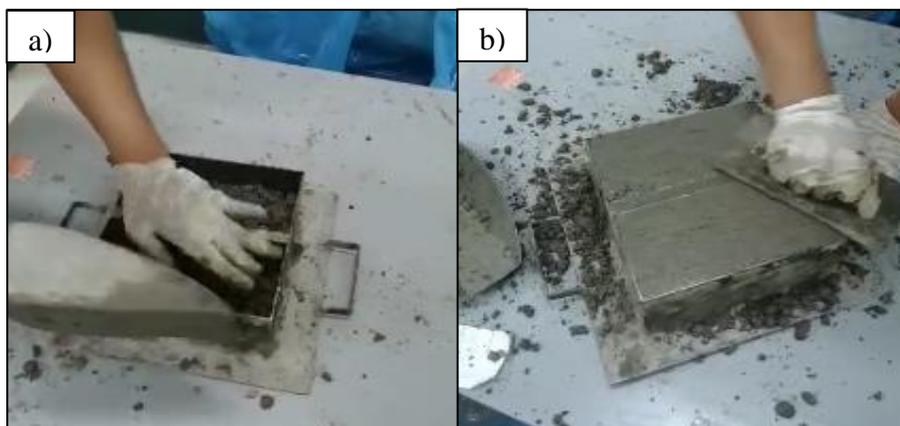
Nota. a) Vaciado y varillado del concreto en el cono de Abrams b) Medición del Slump.

Posteriormente, se procedió a llevar la mezcla a la mesa vibratoria para llenar los moldes de adoquines. Se aplicó grasa en los moldes para evitar la adherencia y facilitar el desmolde.

El llenado de la mezcla de concreto en los moldes de adoquines se realizó en tres partes, asentando cada parte de manera uniforme mediante la vibración de la mesa. Se niveló y se continuó el llenado hasta completar el molde. Finalmente, se enrasó y compactó manualmente con una plancha para obtener un buen acabado. Se muestra en la Figura 49.

Figura 49

Llenado de mezcla de concreto a los moldes de adoquines

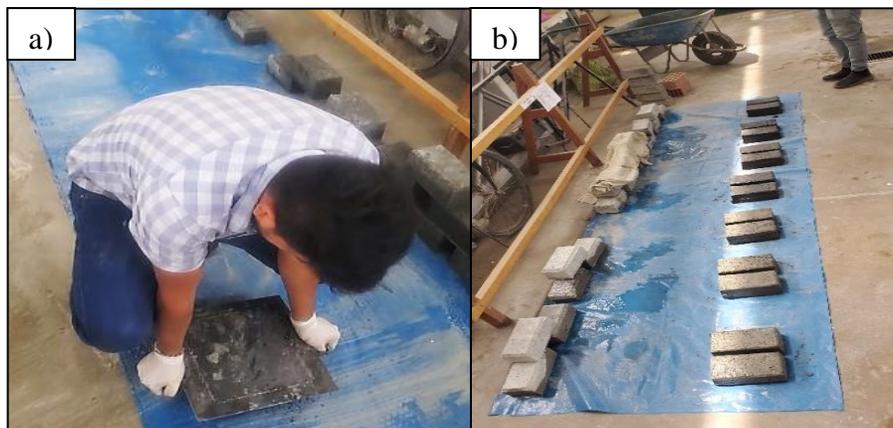


Nota. a) Llenado de mezcla de concreto b) Enrasado y compactado de adoquines.

Una vez finalizado el proceso de vibro compactación de los adoquines, se procedió a desmoldarlos sobre una superficie plana, utilizando un martillo de goma para lograr un desmolde uniforme, como se muestra en la Figura 50.

Figura 50

Desmolde de adoquines de concreto



Nota. a) Proceso de desmolde de adoquines b) Muestras delmoldadas y almacenadas.

El proceso de elaboración de adoquines de concreto se llevó a cabo utilizando diferentes diseños de mezclas de concreto, cada uno con su respectivo porcentaje de incorporación de ceniza para reemplazar parte del cemento. Esto permitió obtener la cantidad de adoquines necesarios para las muestras correspondientes, como se visualiza en la Figura 51 y 52.

Figura 51

Adoquines de concreto con 0%, 5%, 10% y 15 % de incorporación de cenizas



Figura 52

Almacenamiento y curado de los adoquines de concreto elaborados



3.8.4. Cuarta Fase

3.8.4.1. Curado de los adoquines de concreto

Posterior a la elaboración de adoquines de concreto con adiciones de cenizas provenientes de hojas de maíz y de bagazo de caña de azúcar, se procedió a llevar a cabo el proceso de curado individual correspondiente a cada muestra. Para tal fin, se coloraron los adoquines en tinas con agua, donde fueron sumergidos por un período continuo de tres días completos, como se observa en la Figura 53.

Figura 53

Curado de los adoquines en una tina de agua por 3 días



Nota. a) Curado de muestras por sumersión b) Curado de muestras por riego.

Posteriormente, los moldes individuales fueron posicionados sobre una superficie nivelada, clasificando a cada espécimen en función del contenido porcentual de cenizas. La etapa siguiente consistió en dar continuidad al proceso de curado de cada molde, implementando un régimen de riego de 3 veces al día. Esta modalidad de riego fue sostenida hasta que se alcanzaron los intervalos temporales de 7, 14 y 28 días, correspondientes a los periodos de ensayos, con el propósito de determinar las capacidades de resistencia de cada muestra de manera independiente.

3.8.4.2. Proceso del Ensayo de Densidad, Contenido de Humedad y Absorción de Adoquines de Concreto

Un día anterior a los periodos de ensayos 7, 14 y 28 días desde la producción de los adoquines, se pesó las muestras con el objetivo de obtener el peso requerido en estado natural, dato necesario para la obtención del contenido de humedad.

Figura 54

Peso recibido de los adoquines de concreto



Posteriormente, se realizó la inmersión de las muestras en agua durante un plazo de 24 horas. Luego del tiempo de sumersión, como se observa en la Figura 55, las muestras fueron retiradas y pesadas para la obtención del peso saturado.

Figura 55

Peso saturado de los adoquines de concreto



Cada adoquín se colocó en una canastilla metálica para evaluar su peso en estado sumergido, la muestra debe estar suspendida y completamente inmersa en el agua como se muestra en Figura 56.

Figura 56

Peso sumergido de los adoquines de concreto



Seguidamente, se retiró la muestra sumergida y se secó superficialmente con un mantel antes de pesarla para obtener peso saturado. Finalmente, los adoquines fueron colocados en el horno para obtener el peso seco de las muestras.

Figura 57

Secado al horno de los adoquines de concreto



Los datos obtenidos del ensayo fueron utilizados para la obtención de las propiedades de densidad, contenido de humedad y absorción de los adoquines de concreto.

3.8.4.3. Proceso de Ensayo de Resistencia a la Compresión de Adoquines de Concreto

Para el ensayo de compresión, en primer lugar, se procedió a realizar las medidas del largo, ancho y alto de cada adoquín de concreto cómo se visualiza en la Figura 58. Igualmente, se obtuvo los pesos de cada una de las muestras.

Figura 58

Obtención de medidas de los adoquines de concreto



Luego se realizó el refrendado de las muestras de adoquines para que tengan un nivel uniforme y pueda distribuirse de manera uniforme en una de las caras del adoquín la carga aplicada por la maquina uniaxial, la cantidad de adoquines que se usaron para los especímenes de prueba fue de 3 muestras tal y como indica en la NTP 366.604.

Figura 59

Elaboración del refrendado de cada adoquín a ensayar



A continuación, después de haber logrado la consolidación del refrendado, se procedió a la disposición de los adoquines en la máquina uniaxial.

Figura 60

Rotura de adoquines en la maquina uniaxial

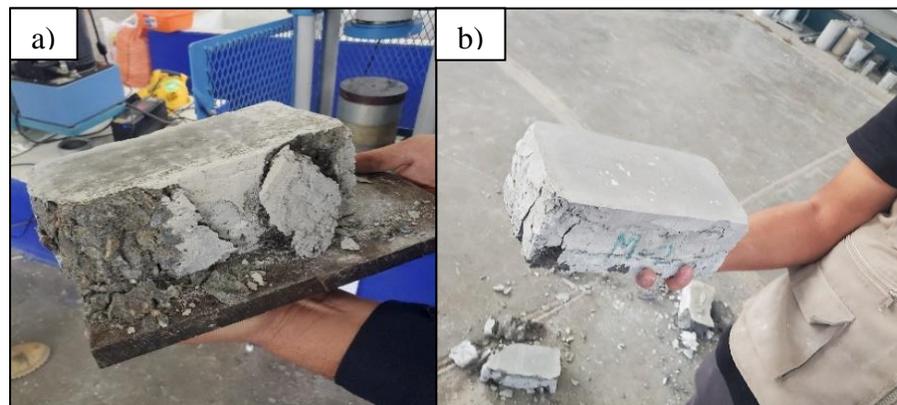


Nota. a) Colocación de la muestra de ensayo b) Rotura de la muestra de ensayo.

El total de especímenes a ensayar consistió en 27 adoquines fabricados con mezclas que contenían cenizas de hojas de maíz en proporciones del 5%, 10% y 15%, respectivamente. De igual manera, se produjeron 27 adoquines utilizando mezclas con cenizas de bagazo de caña de azúcar en las mismas proporciones. Además de esto, se prepararon 9 muestras adicionales que carecían de contenido de cenizas (0%).

Figura 61

Fallas de los adoquines después de la rotura en la maquina uniaxial



Nota. a) y b) muestran algunas de las fallas obtenidas luego del ensayo de compresión.

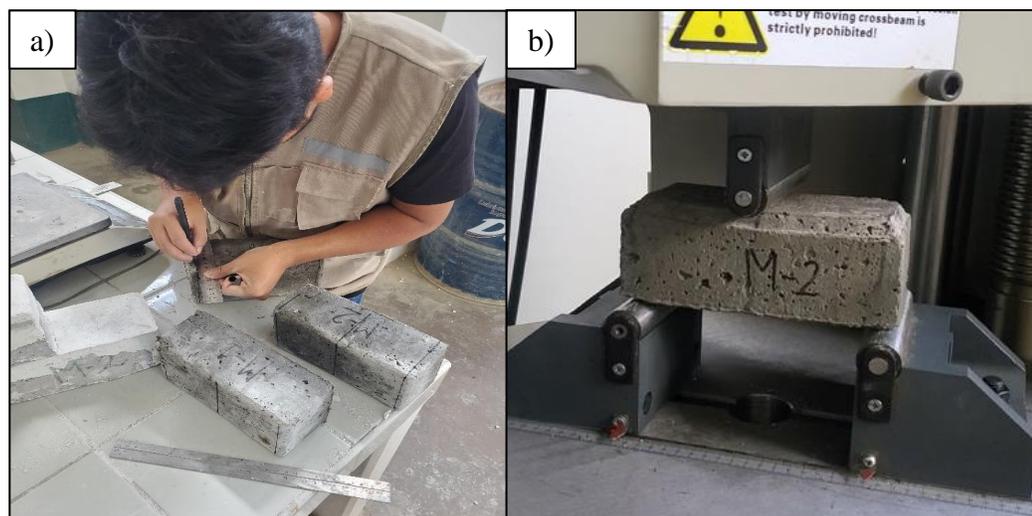
3.8.4.4. Ensayo del Módulo de Ruptura de Adoquines de Concreto

Para llevar a cabo el ensayo de módulo de ruptura, se siguió un proceso específico. Inicialmente, se sumergieron los adoquines de concreto por 24 horas previo a las fechas de ensayo 7, 14 y 28 días desde su elaboración, siguiendo las indicaciones de la Norma Técnica de Guatemala NTG (41087 h1). Luego de este proceso, se midió las dimensiones de largo, ancho y alto de cada adoquín de concreto, y se realizó la medición de su peso.

Para asegurar una colocación precisa de los adoquines en la máquina universal, se siguió la directriz de la misma normativa. Conforme a esta indicación, se ubicaron a los adoquines tal que se encontraran a 1 cm del eje de las piezas niveladoras en ambos extremos y la pieza que ejerce la fuerza en el centro superior, tal como muestra la Figura 62.

Figura 62

Ensayo del módulo de ruptura de los adoquines de concreto



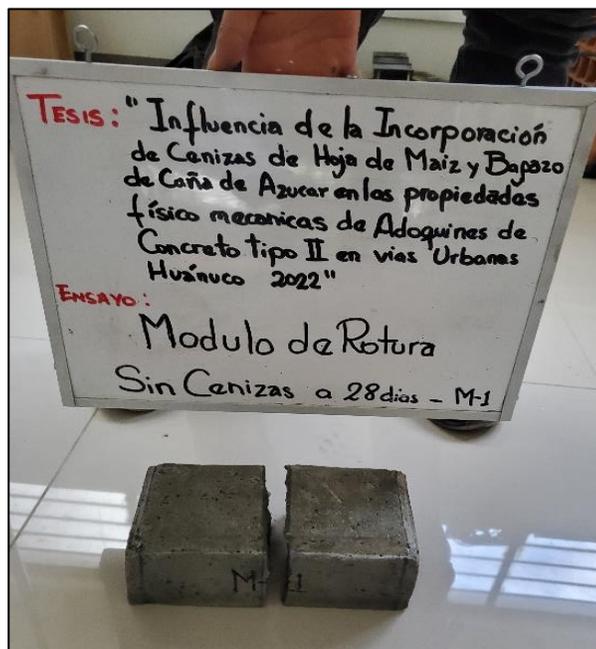
Nota. a) Toma de medidas de adoquines b) Colocación de muestra en la máquina universal.

Luego de ubicar el adoquín de concreto, se procedió a programar la máquina universal para aplicar una fuerza constante a una velocidad uniforme, siguiendo lo indicado en la NTG (41087 h1).

Se ensayó el mismo número de muestras que en el ensayo de resistencia a compresión, resultando en un conjunto total de 63 muestras evaluadas.

Figura 63

Muestras ensayadas del módulo de ruptura.



Después de llevar a cabo la rotura de los adoquines en la máquina universal, se procedió a realizar los cálculos pertinentes con los datos obtenidos. Además, se pudo observar que las muestras sometidas al ensayo presentaban una rotura en la parte central, en concordancia con lo indicado en la Normativa.

3.9. Tabulación y Análisis de Datos

La presente investigación hace uso de dos tipos de estadística para el plan de tabulación y análisis de datos. La estadística descriptiva, la cual tiene como principal objetivo analizar los datos de una muestra sin tomar en cuenta la relación o intervención de otras muestras o variables; y la estadística inferencial, en la que se analiza la significatividad de una muestra respecto a otra mediante una hipótesis de prueba.

3.9.1. Análisis Estadístico Descriptivo

Para responder a los problemas y objetivos planteados en la investigación, los datos obtenidos mediante los instrumentos de muestra seleccionada serán ordenados y representados en **gráficos, tablas, cuadros de frecuencia y porcentaje**; además, también se incluirá el cálculo de parámetros básicos sobre el conjunto de datos como: la **media**, la **varianza** y la **desviación estándar**. Esto facilitará la observación y el análisis de tendencias de las variables.

- **Media Aritmética (\bar{X})**

Equivale a la suma de los datos obtenidos, dividido entre el número de elementos considerados.

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + \dots + X_n}{n}$$

- **Varianza**

Representa la variación existente entre las medias de un conjunto de datos.

$$\sigma^2 = \frac{(x_1 - \bar{X})^2 + (x_2 - \bar{X})^2 + (x_3 - \bar{X})^2 \dots + (x_n - \bar{X})^2}{n - 1}$$

- **Desviación Estándar**

Representa la dispersión que existe entre un conjunto de datos, y se obtiene al calcular la raíz cuadrada de la varianza.

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{X})^2 + (x_2 - \bar{X})^2 + (x_3 - \bar{X})^2 \dots + (x_n - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

3.9.2. *Análisis Estadístico Inferencial*

El análisis estadístico inferencial nos permitirá generalizar los resultados obtenidos en la muestra hacia la población. Los datos recolectados de la muestra y sus datos estadísticos se denominan estadígrafos y las estadísticas de la población se le denominan parámetros. Estos parámetros no son calculados, pero pueden ser inferidos a través de los estadígrafos (Hernández et al., 2014).

- **Hipótesis Estadística**

La hipótesis estadística es una afirmación respecto a una característica o parámetro desconocido de una población de interés. La importancia de probar una hipótesis estadística es decidir si la afirmación se encuentra apoyada por la evidencia experimental obtenida de una muestra aleatoria. Para ello se realiza la prueba de hipótesis, en donde la hipótesis nula es la pretensión de que inicialmente se supone cierta (creencia previa) y la hipótesis alternativa que es la aseveración contradictoria (Devore, 2012).

- **Hipótesis Nula e Hipótesis Alternativa**

La **hipótesis nula** denotada por H_0 , siempre será denotada como una afirmación de igualdad entre las medias de dos o más muestras comparadas, haciendo más sencilla la interpretación del resultado, ya que, de ser cierto, se rechaza la hipótesis alterna; mientras que, de ser falsa, entonces se acepta la hipótesis alterna. Por lo que la **hipótesis alternativa** denotada por H_a , refleja el valor posible o intervalo de valores del parámetro de interés si la hipótesis nula es falsa, por lo que la hipótesis alternativa representa alguna forma de negación de la hipótesis nula.

Para analizar la significancia entre las variables de la presente investigación, se planteará las siguientes hipótesis:

H₀:	μ_{mc}	=	μ_{mi}
	Media de las propiedades físico-mecánicas de los adoquines de concreto tipo II en estudio con 0% de adición de CHM y CBCA (muestras de control)		Media de las propiedades físico-mecánicas de los adoquines de concreto tipo II en estudio con 5%, 10% y 15% de adición de CHM y CBCA (muestras con incorporación)
H_a:	μ_{mc}	<	μ_{mi}
	Media de las propiedades físico-mecánicas de los adoquines de concreto tipo II en estudio con 0% de adición de CHM y CBCA (muestras de control)		Media de las propiedades físico-mecánicas de los adoquines de concreto tipo II en estudio con 5%, 10% y 15% de adición de CHM y CBCA (muestras con incorporación)

Se realizará una prueba de hipótesis por cada uno de las propiedades físico-mecánica en análisis: densidad, contenido de humedad, resistencia a compresión, módulo de ruptura y absorción. Las hipótesis nula y alternativa estarán definidas como:

$$H_0: \mu_{cp} \geq \mu_{ad}$$

$$H_a: \mu_{cp} < \mu_{ad}$$

Donde la hipótesis nula plantea una igualdad en la media de los datos de las propiedades obtenidas entre la muestra de control y las muestras con adición de 5%, 10% y 15% de CHM y CBCA (muestras con incorporación). De ser la prueba de hipótesis nula o falsa, se considera la hipótesis alternativa unilateral, que plantean que la incorporación de 5%, 10% y 15% de CHM y CBCA presentan valores que son lo suficientemente mayores a los obtenidos por la muestra de control. La prueba de hipótesis nos permitirá analizar si las variaciones en las propiedades físico-mecánicas de las muestras en estudio son producidos por la incorporación de CHM y CBCA, por lo que podremos generalizar las conclusiones hacia toda la población.

- **Nivel de Significancia**

El nivel de significancia (nivel α) es expresado en términos de probabilidad (0.05 y 0.01), es el límite para juzgar un resultado como estadísticamente significativo. Un resultado es estadísticamente significativo cuando es improbable que haya sido debido al azar. Para la prueba de hipótesis haremos uso de un nivel de significancia de 0.05, el cual implica que el investigador tiene 95% de seguridad para generalizar sin equivocarse y sólo 5% en contra.

- **Estadístico de Prueba**

Para comprobar la veracidad o falsedad de la hipótesis nula, se debe realizar un análisis de los resultados mediante métodos relacionados con la hipótesis. El enfoque de la investigación se centra en el análisis de las medias y varianzas de las propiedades físico-mecánicas cuando se incorporan CHM y CBCA en porcentajes de 5%, 10% y 15%. El objetivo es determinar si estos grupos difieren significativamente entre sí.

Para llevar a cabo este análisis, se utilizará una prueba estadística conocida como análisis de varianza unidireccional (ANOVA) cuando las varianzas sean iguales. En caso de que las varianzas sean desiguales, se utilizará la prueba T de Welch o prueba T para dos muestras. El uso de estas pruebas estadísticas permitirá analizar los resultados y determinar si las diferencias observadas entre los grupos son estadísticamente significativas.

Adicionalmente, una vez que se ha determinado que existen diferencias entre las medias al aplicar la prueba ANOVA, se pueden utilizar pruebas post hoc como Tukey, Dunnett, entre otras. Estas pruebas permiten identificar qué medias difieren entre sí de manera significativa. Sin embargo, es importante destacar que al aplicar la prueba T de Welch, que se realiza por parejas de grupos, no es necesario realizar pruebas de comparación múltiple, ya que esta prueba ya proporciona información sobre las diferencias entre los grupos evaluados.

- **Análisis de varianza unidireccional (ANOVA)**

El análisis de varianza unidireccional implica el análisis de datos que fueron muestreados en más de dos poblaciones o de datos obtenidos en experimentos en los cuales se aplicaron más de dos tratamientos o porcentajes (Devore, 2012).

El objetivo de esta técnica estadística es realizar el siguiente contraste:

$$\mathbf{H}_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

\mathbf{H}_a : *No todas las medias son iguales*

Para resolver el contraste planteado se utiliza un estadístico (estadístico F) el cual sigue una distribución F de Fisher-Snedecor, de suponer que la hipótesis nula es cierta.

El estadístico F está basado en la Tabla 27 mostrada, que se conoce usualmente como tabla del análisis de la varianza (tabla ANOVA).

Tabla 27

Tabla de análisis de varianza (ANOVA)

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F
Entre las muestras	$SC_{Trat} = \sum_{i=1}^k n_i (\bar{\mu}_i - \bar{\mu}_{..})^2$	$k - 1$	$CM_{Trat} = \frac{SC_{Trat}}{k - 1}$	$F = \frac{CM_{Trat}}{CM_{Error}}$
Dentro de las muestras	$SC_{Error} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (\mu_{ij} - \bar{\mu}_i)^2$	$N - k$	$CM_{Error} = \frac{SC_{Error}}{N - k}$	
Total	$SC_{Error} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (\mu_{ij} - \bar{\mu}_{..})^2$	$N - 1$		

Nota: Datos obtenidos de Devore (2012, p. 377).

Donde:

$\bar{\mu}_i$ = Media de los datos de cada grupo de muestra.

$\bar{\mu}_{..}$ = Media del total de datos.

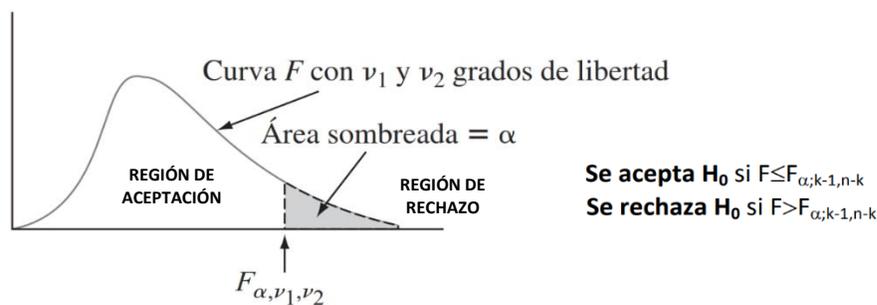
k = Total de grupos de muestras.

N = Total de datos.

Si la hipótesis nula es cierta, el estadístico F sigue una distribución F de Fisher Snedecor con (ν_1, ν_2) grados de libertad como se muestra la figura 64, $\nu_1=k-1$ y $\nu_2=n-k$.

Figura 64

Curva F y valor crítico $F_{\alpha, k-1, n-k}$



Nota: Curva de distribución. Fuente: Devore (2012, p. 375).

- **T de Welch o prueba T para dos muestras**

La prueba t de Welch es una prueba que se utiliza para comparar la media de dos grupos cuando se asume que ambos grupos de datos son muestreados de poblaciones que siguen una distribución normal, pero no se asume que esas dos poblaciones tienen la misma varianza.

El cálculo se basa en un estadístico t, que se define como:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

Donde:

\bar{x}_1, \bar{x}_2 = Medias de los dos grupos.

s_1^2, s_2^2 = Varianzas de los dos grupos.

n_1, n_2 = Tamaños de las muestras de los dos grupos.

La fórmula para el cálculo de t en la prueba T de Welch es similar a la fórmula de la prueba t de Student. Sin embargo, en lugar de utilizar la varianza combinada de los dos grupos, se utiliza una estimación de la varianza combinada ponderada por los tamaños de muestra de los dos grupos.

La distribución de t bajo la hipótesis nula sigue una distribución t de Welch, la cual tiene grados de libertad calculados como:

$$df = \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{s_2^2}{n_1}\right)^2}{n_2 - 1}}$$

Donde:

df = Número de grados de libertad de la distribución t de Welch.

El valor de t obtenido se compara con el valor crítico de la distribución t de Student. Si el valor de t calculado es mayor que el valor crítico correspondiente para un nivel de significación dado y los grados de libertad adecuados, se rechaza la hipótesis nula. Esto indica que hay una diferencia significativa entre las medias de los dos grupos evaluados.

Pruebas Ad Hoc

- **Prueba de Tukey**

La prueba de Tukey es un método que tiene como objetivo comparar las medias individuales luego de haber rechazado la hipótesis nula de igualdad de medias mediante la técnica ANOVA. Su objetivo es identificar cuáles de las muestras son significativamente diferentes con la muestra de control, tratando de perfilar la hipótesis alternativa genérica. En esta prueba se halla las diferencias entre las medias de las muestras para compararla con una denominada “Diferencia honestamente significativa” (HSD), calculada como:

$$HSD = q_a(k, N - k) * \sqrt{\frac{CM_{Error}}{n}}$$

Donde:

$q_a(k, N - k)$ = Valor obtenido de la tabla de Tukey.

CM_{Error} = Cuadrado medio de error (media cuadrática dentro de los grupos).

n = Tamaño de la muestra en los grupo.

Cuando la diferencia entre dos valores medios sobrepasa al valor w (comparador de Tukey), entonces se concluye que se trata de promedios diferentes, pero si la diferencia es menor que el número de Tukey, entonces se trata de dos muestras con valor promedio estadísticamente idéntico.

- **Prueba de Dunnett**

A diferencia de la prueba de Tukey, la prueba de Dunnett es una comparación múltiple de un conjunto de tratamientos con una media de control simple. Este se realiza calculando un estadístico t de Student para cada experimento o tratamiento, la estadística compara grupos experimentales con un grupo de control. La t -estadística se estima de la misma estimación de la varianza del error que se obtiene mediante las sumas de los cuadrados para el error.

Cálculo de la prueba t en cada grupo:

$$t_d = \frac{M_i - M_c}{\sqrt{\frac{2CM_{error}}{n_h}}}$$

Donde:

- M_i = Media del grupo experimental.
- M_c = Media del grupo de control.
- CM_{error} = Error cuadrático medio (ANOVA).
- n_h = Media armónica de los tamaños de las muestras.

Los grados de libertad (df) para la prueba son iguales a Na donde N es el número total de sujetos en todos los grupos y " a " es el número de grupos (incluyendo el control).

La presencia de una diferencia significativa en la prueba de Dunnett indica que existe evidencia estadística sólida para afirmar que hay una disparidad notable entre el grupo de control y uno o más de los grupos experimentales.

3.10. Consideraciones Éticas

La presente investigación se adhiere a los principios éticos establecidos por la Universidad Nacional Hermilio Valdizán y sigue pautas éticas sólidas que rigen la investigación científica. Estas consideraciones éticas son fundamentales para garantizar la integridad, confiabilidad y respeto en el proceso de investigación. A continuación, se detallan algunas de las consideraciones éticas clave que han guiado este estudio:

Consentimiento Informado: Se obtuvo el consentimiento informado de todos los participantes que contribuyeron a este estudio, cuyos detalles se encuentran en el Anexo N°02. Esto incluye tanto a las personas que proporcionaron hojas de maíz y bagazo de caña de azúcar para la obtención de cenizas, como a quienes brindaron su apoyo durante la ejecución de la investigación. Antes de su participación, se proporcionó a cada participante información completa y comprensible sobre los objetivos de la investigación y cualquier procedimiento relacionado. Se enfatizó la voluntariedad de su participación y su derecho a retirarse en cualquier momento.

Referencias y Autoría: La información considerada en la investigación presenta un respaldo de credibilidad de acuerdo a normativas, teorías y fundamentos a los que se hace referencia mediante el citado de autores. Toda información procedente de autoría ajena está referenciado de acuerdo a los aspectos éticos delineados en la séptima edición de las normas APA, desarrolladas por la Asociación Americana de Psicología. Por lo que la intención es generar nuevos conocimientos alineados a estudios previos respetando la identidad y la dignidad.

Honestidad y Precisión: Se ha mantenido la honestidad y la precisión en la recopilación y presentación de datos. Los resultados se han informado de manera precisa, y cualquier error o sesgo potencial se ha abordado y corregido. La investigación se llevó a cabo de manera ética y se presenta de manera transparente para el beneficio de la comunidad académica y de ingeniería

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. Densidad de Adoquines de Concreto (NTP 366.604 / ASTM C140-06)

La Densidad de Adoquines de Concreto, evaluada bajo normativas como la NTP 366.604 o ASTM C140-06, es una propiedad crítica para determinar la calidad y durabilidad de estos elementos de pavimentación. Esta medida se refiere a la cantidad de masa en relación con el volumen y puede verse influida por varios factores, incluido el tiempo de curado.

a) Cálculo de Datos

$$\text{Densidad } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = [W_d / (W_s - W_i)] * 1000$$

Donde:

W_d = Peso seco al horno de la unidad (kg)

W_s = Peso saturado de la unidad (kg)

W_i = Peso sumergido de la unidad (kg)

b) Tablas y Gráficos

A continuación, se presentan los resultados de los ensayos de densidad realizados en adoquines de concreto bajo estas normativas, lo que ofrece una visión detallada de su comportamiento con diferentes porcentajes de incorporación de cenizas de hoja de maíz y cenizas de bagazo de caña de azúcar.

➤ **Densidad de Adoquines Patrón (0% de cenizas)**

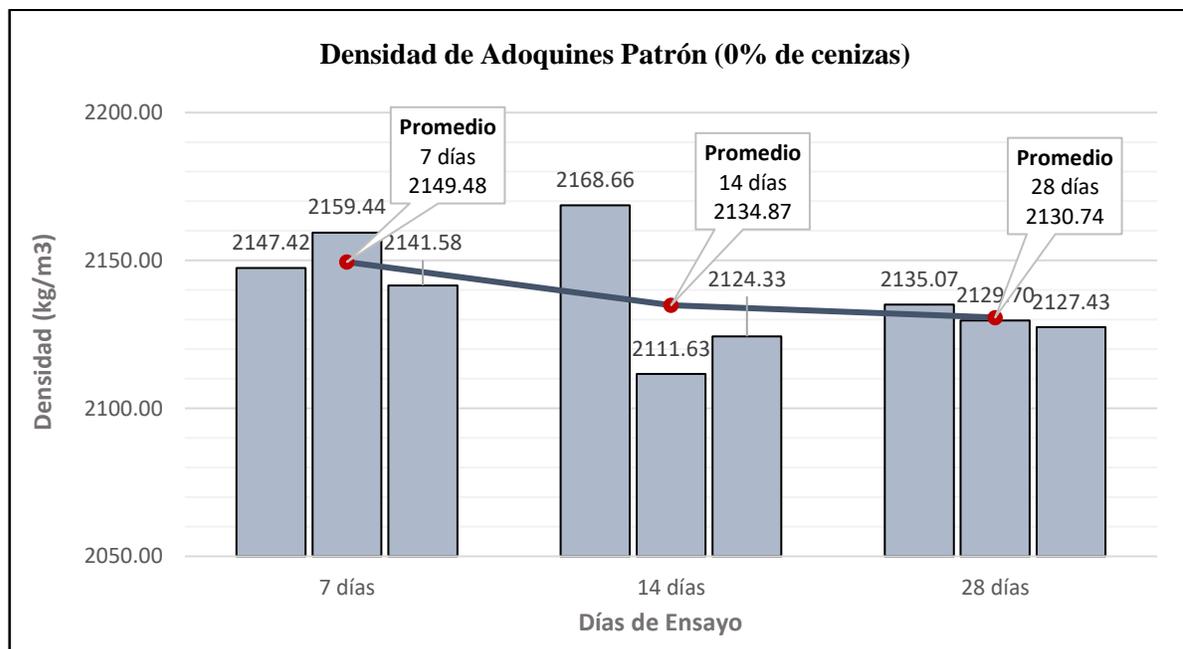
Tabla 28

Densidad de Adoquines Patrón (0% de cenizas) a los 7,14 y 28 días

Días de Ensayo	N° de Muestra	Wd Peso Seco (kg)	Ws Peso Saturado (kg)	Wi Peso Sumergido (kg)	Densidad de Adoquines (kg/m ³)	
					Unidades individuales	Promedio de 3 unidades
7 días	M-1	3.700	3.773	2.050	2147.42	2149.48
7 días	M-2	3.684	3.761	2.055	2159.44	
7 días	M-3	3.600	3.691	2.010	2141.58	
14 días	M-1	3.626	3.767	2.095	2168.66	2134.87
14 días	M-2	3.632	3.755	2.035	2111.63	
14 días	M-3	3.554	3.688	2.015	2124.33	
28 días	M-1	3.604	3.743	2.055	2135.07	2130.74
28 días	M-2	3.678	3.817	2.090	2129.70	
28 días	M-3	3.606	3.760	2.065	2127.43	

Figura 65

Gráfico de densidad de adoquines patrón (0% de cenizas) a los 7,14 y 28 días



Se observa que la media de densidad de los adoquines de concreto tiende a disminuir de 2149.48 kg/m³ a 2130.74 kg/m³ en medida que aumenta el tiempo de curado (de 7 a 28 días), lo que sugiere una posible expulsión gradual de agua y compactación interna.

➤ **Densidad de Adoquines con 5% de Cenizas de Hoja de Maíz**

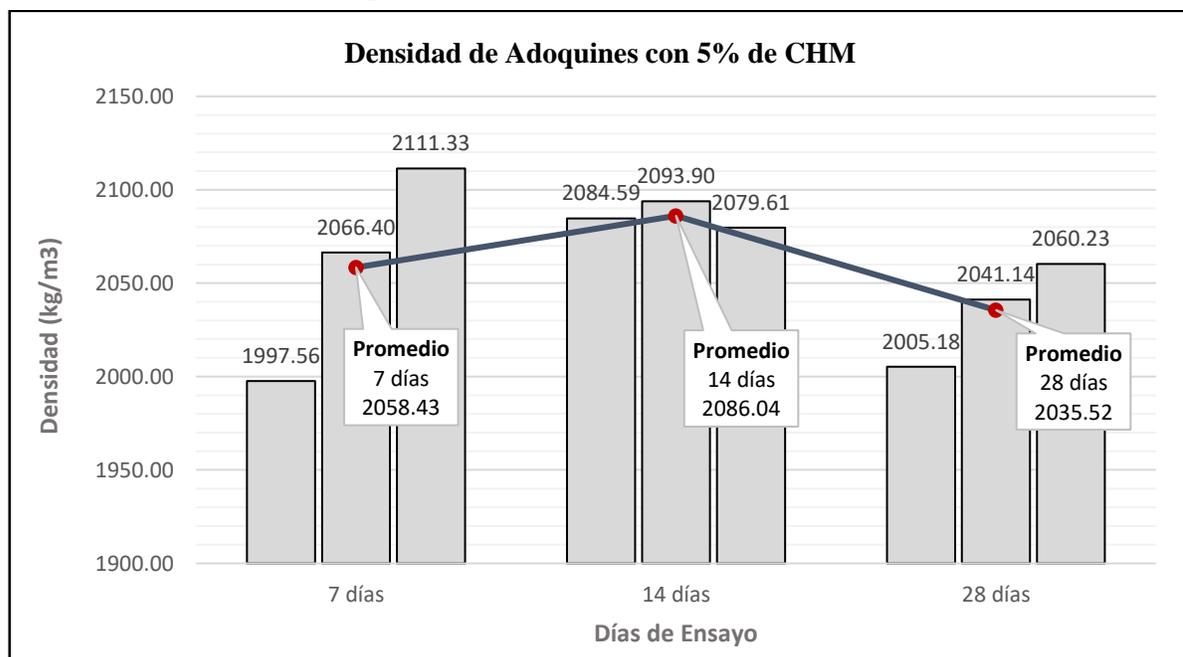
Tabla 29

Datos de densidad de adoquines con 5% de CHM a los 7,14 y 28 días

Días de Ensayo	N° de Muestra	Wd Peso Seco (kg)	Ws Peso Saturado (kg)	Wi Peso Sumergido (kg)	Densidad de Adoquines (kg/m ³)	
					Unidades individuales	Promedio de 3 unidades
7 días	M-1	3.362	3.463	1.780	1997.56	2058.43
7 días	M-2	3.215	3.361	1.805	2066.40	
7 días	M-3	3.366	3.474	1.880	2111.33	
14 días	M-1	3.450	3.535	1.880	2084.59	2086.04
14 días	M-2	3.501	3.582	1.910	2093.90	
14 días	M-3	3.448	3.548	1.890	2079.61	
28 días	M-1	3.483	3.637	1.900	2005.18	2035.52
28 días	M-2	3.423	3.557	1.880	2041.14	
28 días	M-3	3.523	3.670	1.960	2060.23	

Figura 66

Gráfico de densidad de adoquines con 5% de CHM a los 7,14 y 28 días



La media de densidad de los adoquines de concreto varía con el tiempo de curado, aumentando ligeramente hasta 2086 kg/m³ a los 14 días y luego disminuyendo a los 28 días hasta 2035.52 kg/m³, lo que podría relacionarse con procesos de compactación y expulsión de agua.

➤ **Densidad de Adoquines con 10% de Cenizas de Hoja de Maíz**

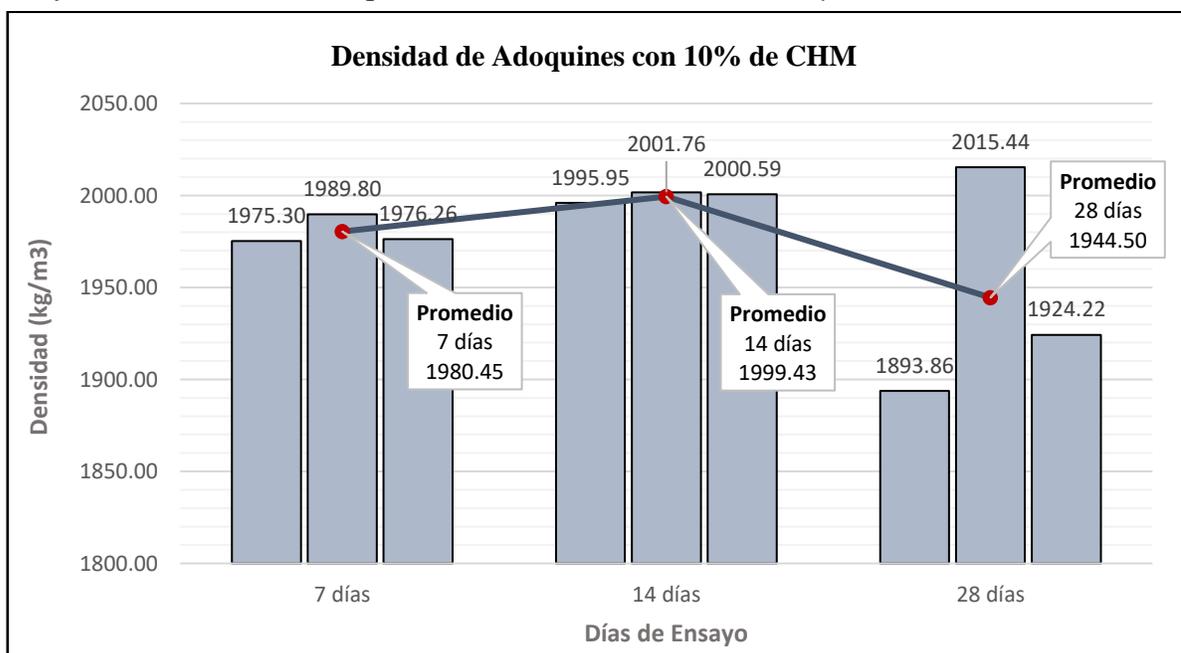
Tabla 30

Datos de densidad de adoquines con 10% de CHM a los 7,14 y 28 días

Días de Ensayo	N° de Muestra	Wd Peso Seco (kg)	Ws Peso Saturado (kg)	Wi Peso Sumergido (kg)	Densidad de Adoquines (kg/m ³)	
					Unidades individuales	Promedio de 3 unidades
7 días	M-1	3.438	3.521	1.780	1975.30	1980.45
7 días	M-2	3.375	3.471	1.775	1989.80	
7 días	M-3	3.421	3.501	1.770	1976.26	
14 días	M-1	3.451	3.539	1.810	1995.95	1999.43
14 días	M-2	3.417	3.532	1.825	2001.76	
14 días	M-3	3.419	3.514	1.805	2000.59	
28 días	M-1	3.176	3.338	1.661	1893.86	1944.50
28 días	M-2	3.394	3.554	1.870	2015.44	
28 días	M-3	3.250	3.398	1.709	1924.22	

Figura 67

Gráfico de densidad de adoquines con 10% de CHM a los 7,14 y 28 días



La media de densidad de los adoquines de concreto varía con el tiempo de curado, aumentando ligeramente hasta 1999.43 kg/m³ a los 14 días y luego disminuyendo a los 28 días hasta 1924.22 kg/m³, lo que podría relacionarse con procesos de compactación y expulsión de agua.

➤ **Densidad de Adoquines con 15% de Cenizas de Hoja de Maíz**

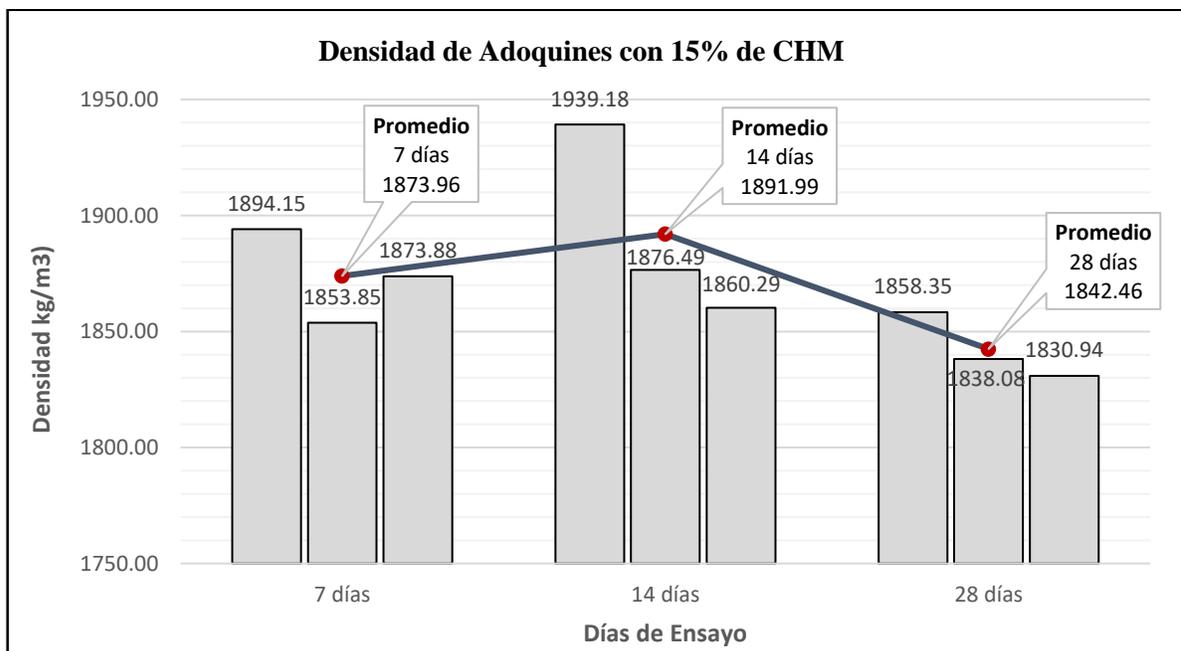
Tabla 31

Datos de densidad de adoquines con 15% de CHM a los 7,14 y 28 días

Días de Ensayo	N° de Muestra	Wd Peso Seco (kg)	Ws Peso Saturado (kg)	Wi Peso Sumergido (kg)	Densidad de Adoquines (kg/m ³)	
					Unidades individuales	Promedio de 3 unidades
7 días	M-1	3.146	3.391	1.730	1894.15	1873.96
7 días	M-2	3.093	3.353	1.685	1853.85	
7 días	M-3	3.128	3.389	1.720	1873.88	
14 días	M-1	3.316	3.515	1.805	1939.18	1891.99
14 días	M-2	3.145	3.411	1.735	1876.49	
14 días	M-3	3.129	3.397	1.715	1860.29	
28 días	M-1	3.070	3.332	1.680	1858.35	1842.46
28 días	M-2	3.031	3.339	1.690	1838.08	
28 días	M-3	3.065	3.369	1.695	1830.94	

Figura 68

Gráfico de densidad de adoquines con 15% de CHM a los 7,14 y 28 días



La media de densidad de los adoquines de concreto varía con el tiempo de curado, aumentando ligeramente hasta 1891.99 kg/m³ a los 14 días y luego disminuyendo a los 28 días hasta 1842.46 kg/m³, lo que podría relacionarse con procesos de compactación y expulsión de agua.

➤ **Densidad de Adoquines con 5% de Cenizas de Bagazo de Caña de Azúcar**

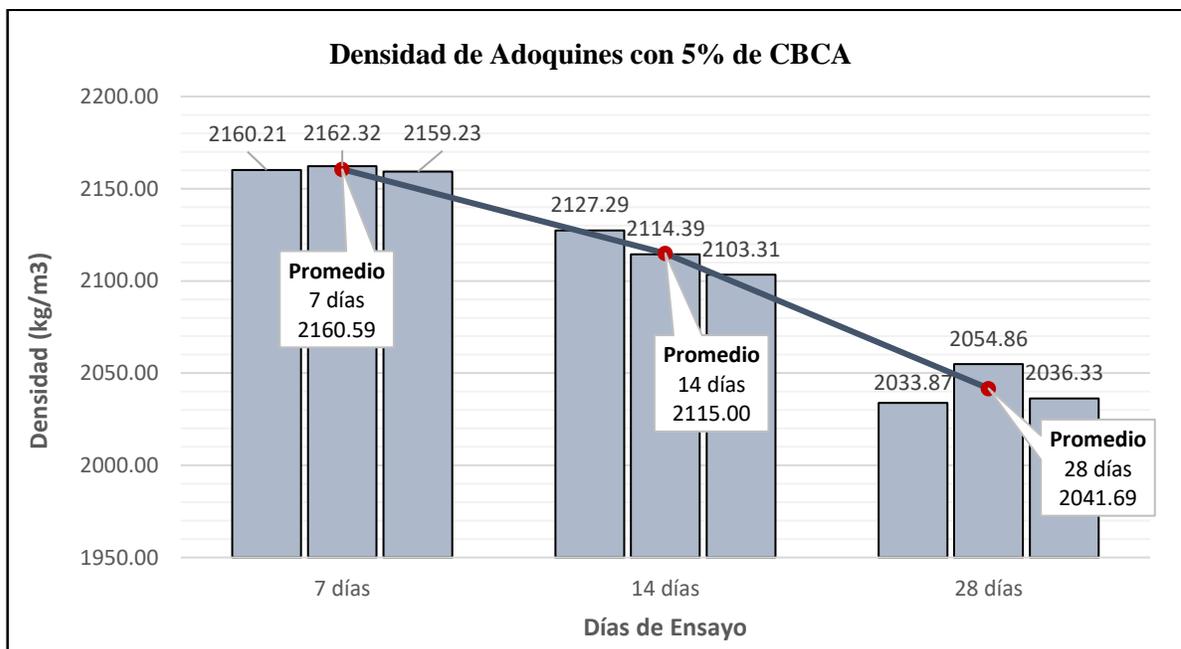
Tabla 32

Datos de densidad de adoquines con 5% de CBCA a los 7,14 y 28 días

Días de Ensayo	N° de Muestra	Wd Peso Seco (kg)	Ws Peso Saturado (kg)	Wi Peso Sumergido (kg)	Densidad de Adoquines (kg/m ³)	
					Unidades individuales	Promedio de 3 unidades
7 días	M-1	3.627	3.704	2.025	2160.21	2160.59
7 días	M-2	3.650	3.718	2.030	2162.32	
7 días	M-3	3.580	3.658	2.000	2159.23	
14 días	M-1	3.593	3.704	2.015	2127.29	2115.00
14 días	M-2	3.586	3.716	2.020	2114.39	
14 días	M-3	3.563	3.694	2.000	2103.31	
28 días	M-1	3.423	3.628	1.945	2033.87	2041.69
28 días	M-2	3.446	3.627	1.950	2054.86	
28 días	M-3	3.419	3.574	1.895	2036.33	

Figura 69

Gráfico de densidad de adoquines con 5% de CBCA a los 7,14 y 28 días



Se observa que la media de densidad de los adoquines de concreto tiende a disminuir de 2160.59 kg/m³ a 2041.69 kg/m³ en medida que aumenta el tiempo de curado (de 7 a 28 días), lo que sugiere una posible expulsión gradual de agua y compactación interna.

➤ **Densidad de Adoquines con 10% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar**

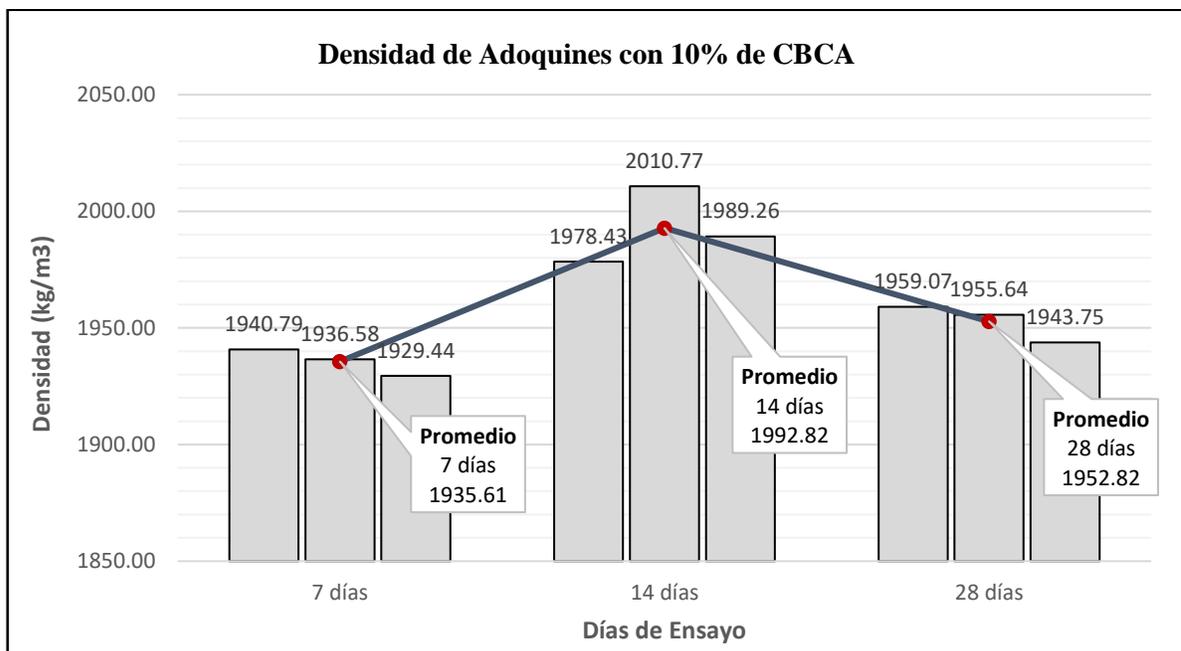
Tabla 33

Datos de densidad de adoquines con 10% de CBCA a los 7,14 y 28 días

Días de Ensayo	N° de Muestra	Wd Peso Seco (kg)	Ws Peso Saturado (kg)	Wi Peso Sumergido (kg)	Densidad de Adoquines (kg/m ³)	
					Unidades individuales	Promedio de 3 unidades
7 días	M-1	3.199	3.429	1.780	1940.79	1935.61
7 días	M-2	3.344	3.527	1.800	1936.58	
7 días	M-3	3.303	3.482	1.770	1929.44	
14 días	M-1	3.393	3.510	1.795	1978.43	1992.82
14 días	M-2	3.360	3.476	1.805	2010.77	
14 días	M-3	3.334	3.468	1.792	1989.26	
28 días	M-1	3.207	3.417	1.780	1959.07	1952.82
28 días	M-2	3.262	3.468	1.800	1966.24	
28 días	M-3	3.248	3.461	1.790	1943.75	

Figura 70

Gráfico de densidad de adoquines con 10% de CBCA a los 7,14 y 28 días



La densidad de los adoquines de concreto varía con el tiempo de curado, aumentando ligeramente hasta 1992.82 kg/m³ a los 14 días y luego disminuyendo a los 28 días hasta 1952.82 kg/m³, lo que podría relacionarse con procesos de compactación y expulsión de agua.

➤ **Densidad de Adoquines con 15% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar**

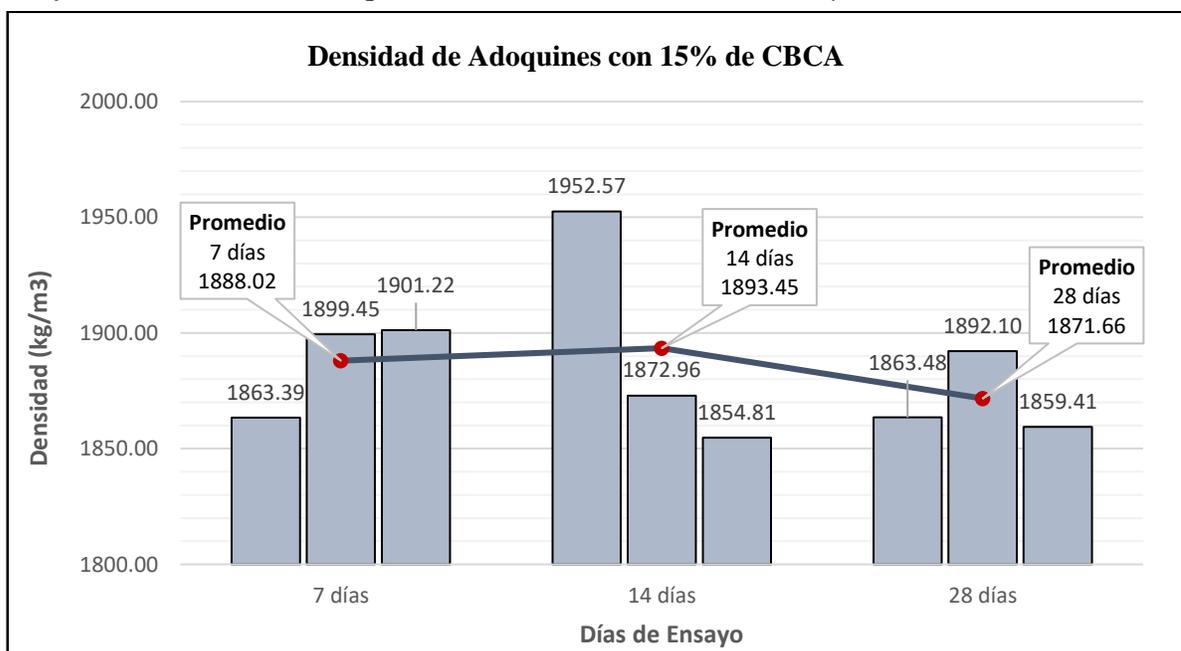
Tabla 34

Datos de densidad de adoquines con 15% de CBCA a los 7,14 y 28 días

Días de Ensayo	N° de Muestra	Wd Peso Seco (kg)	Ws Peso Saturado (kg)	Wi Peso Sumergido (kg)	Densidad de Adoquines (kg/m ³)	
					Unidades individuales	Promedio de 3 unidades
7 días	M-1	3.099	3.343	1.680	1863.39	1888.02
7 días	M-2	3.130	3.368	1.720	1899.45	
7 días	M-3	3.128	3.370	1.725	1901.22	
14 días	M-1	3.376	3.524	1.795	1952.57	1893.45
14 días	M-2	3.096	3.363	1.710	1872.96	
14 días	M-3	3.066	3.333	1.680	1854.81	
28 días	M-1	3.153	3.367	1.675	1863.48	1871.66
28 días	M-2	3.139	3.364	1.705	1892.10	
28 días	M-3	3.161	3.375	1.675	1859.41	

Figura 71

Gráfico de densidad de adoquines con 15% de CBCA a los 7,14 y 28 días



La media de densidad de los adoquines de concreto varía con el tiempo de curado, aumentando ligeramente hasta 1893.45 kg/m³ a los 14 días y luego disminuyendo a los 28 días hasta 1871.66 kg/m³, lo que podría relacionarse con procesos de compactación y expulsión de agua.

4.2. Contenido de Humedad de Adoquines de Concreto (NTP 366.604 / ASTM C140-06)

El Contenido de Humedad de Adoquines de Concreto, regulado por normativas como la NTP 366.604 o ASTM C140-06, es una característica fundamental que influye en las propiedades de estos elementos de pavimentación. La humedad en el concreto puede variar considerablemente y su control es esencial para asegurar la calidad y durabilidad de los adoquines.

a) Cálculo de Datos

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = [(W_r - W_d) / (W_s - W_d)] * 100$$

Donde:

W_r = Peso recibido de la unidad (kg)

W_d = Peso seco al horno de la unidad (kg)

W_s = Peso saturado de la unidad (kg)

Nota: Es importante tener en cuenta que la normativa no especifica directamente los límites de contenido de humedad para adoquines de concreto.

b) Tablas y Diagramas

A continuación, se presentan los resultados de los ensayos de contenido de humedad realizados en adoquines de concreto bajo estas normativas, lo que ofrece una visión detallada de su comportamiento con diferentes porcentajes de incorporación de cenizas de hoja de maíz y cenizas de bagazo de caña de azúcar.

➤ **Contenido de Humedad de Adoquines Patrón (0% de cenizas)**

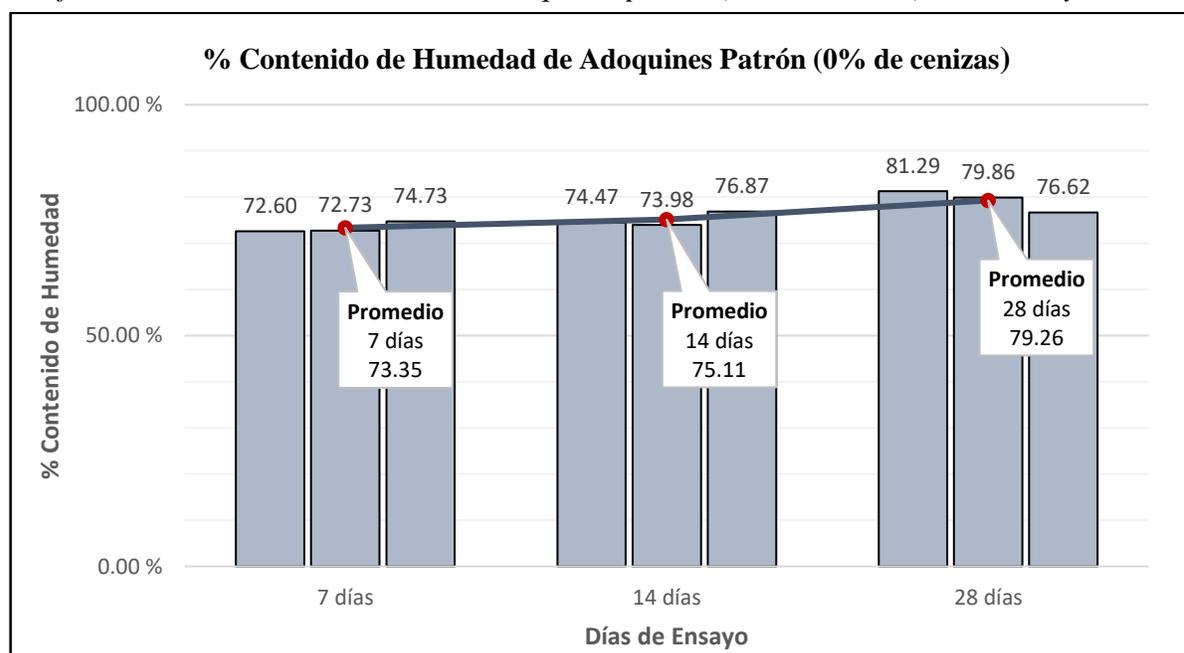
Tabla 35

Datos de contenido de humedad de adoquines patrón (0% de cenizas) a los 7,14 y 28 días

Días de Ensayo	N° de Muestra	Wr Peso Recibido (kg)	Wd Peso Seco (kg)	Ws Peso Saturado (kg)	Contenido de Humedad de Adoquines (%)	
					Unidades individuales	Promedio de 3 unidades
7 días	M-1	3.753	3.700	3.773	72.60	73.35
7 días	M-2	3.740	3.684	3.761	72.73	
7 días	M-3	3.668	3.600	3.691	74.73	
14 días	M-1	3.731	3.626	3.767	74.47	75.11
14 días	M-2	3.723	3.632	3.755	73.98	
14 días	M-3	3.657	3.554	3.688	76.87	
28 días	M-1	3.717	3.604	3.743	81.29	79.26
28 días	M-2	3.789	3.678	3.817	79.86	
28 días	M-3	3.724	3.606	3.760	76.62	

Figura 72

Gráfico de contenido de humedad de adoquines patrón (0% de cenizas) a los 7,14 y 28 días



El contenido de humedad de los adoquines aumenta con el tiempo de curado, con valores promedio de 73.35% a 7 días, 75.11% a 14 días y 79.26% a 28 días. Esto señala una tendencia hacia la saturación y el efecto del tiempo de curado en la propiedad del contenido de humedad.

➤ **Contenido de Humedad de Adoquines con 5% de Ceniza de Hoja de Maíz**

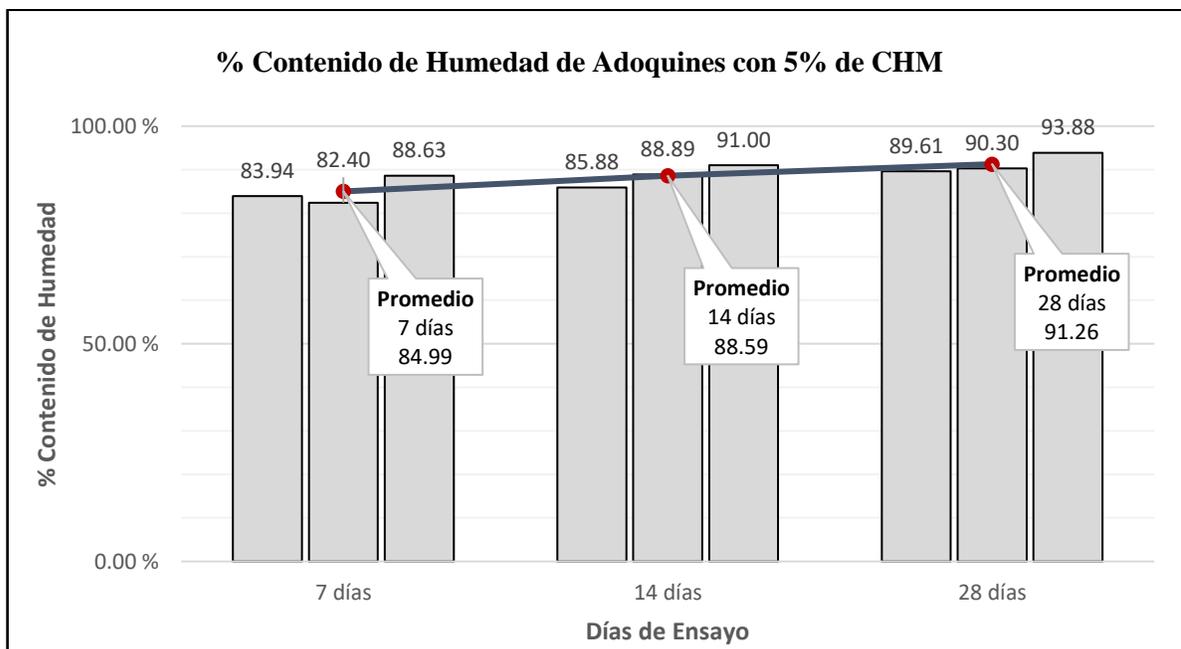
Tabla 36

Datos de contenido de humedad de adoquines con 5% de CHM a los 7,14 y 28 días

Días de Ensayo	N° de Muestra	Wr Peso Recibido (kg)	Wd Peso Seco (kg)	Ws Peso Saturado (kg)	Contenido de Humedad de Adoquines (%)	
					Unidades individuales	Promedio de 3 unidades
7 días	M-1	3.447	3.362	3.463	83.94	84.99
7 días	M-2	3.335	3.215	3.361	82.40	
7 días	M-3	3.462	3.366	3.474	88.63	
14 días	M-1	3.523	3.450	3.535	85.88	88.59
14 días	M-2	3.573	3.501	3.582	88.89	
14 días	M-3	3.539	3.448	3.548	91.00	
28 días	M-1	3.621	3.483	3.637	89.61	91.26
28 días	M-2	3.544	3.423	3.557	90.30	
28 días	M-3	3.661	3.523	3.670	93.88	

Figura 73

Gráfico de contenido de humedad de adoquines con 5% de CHM a los 7,14 y 28 días



El contenido de humedad de los adoquines aumenta con el tiempo de curado, con valores promedio de 84.99% a 7 días, 88.59% a 14 días y 91.26% a 28 días. Esto señala una tendencia hacia la saturación y el efecto del tiempo de curado en la propiedad del contenido de humedad.

➤ **Contenido de Humedad de Adoquines con 10% de Ceniza de Hoja de Maíz**

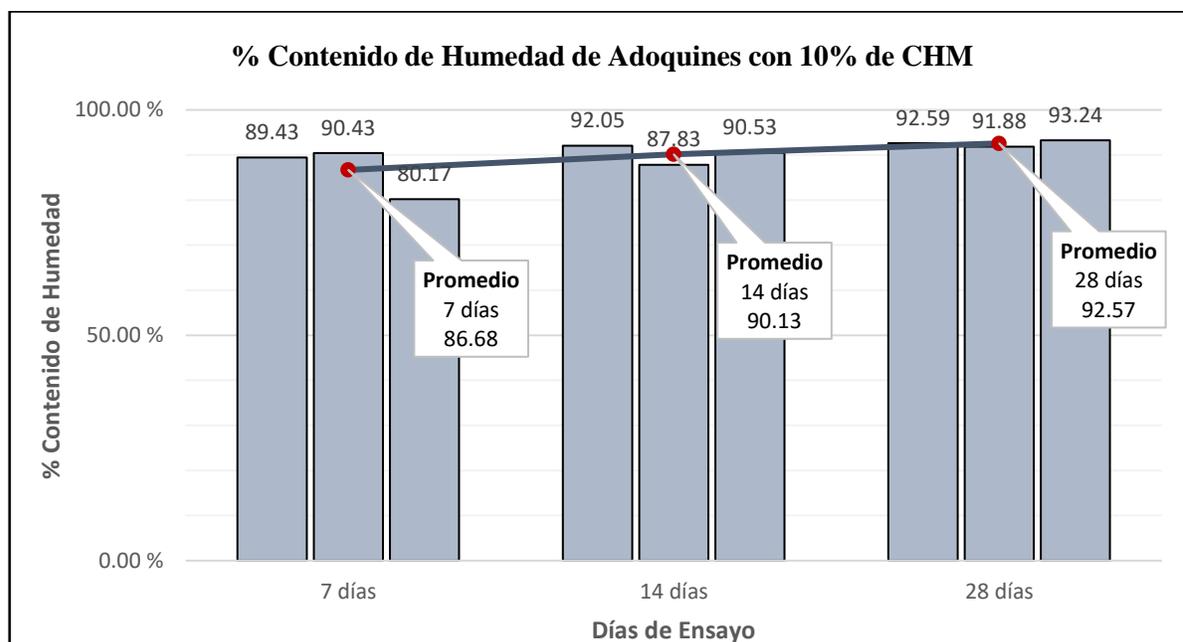
Tabla 37

Datos de contenido de humedad de adoquines con 10% de CHM a los 7,14 y 28 días

Días de Ensayo	N° de Muestra	Wr Peso Recibido (kg)	Wd Peso Seco (kg)	Ws Peso Saturado (kg)	Contenido de Humedad de Adoquines (%)	
					Unidades individuales	Promedio de 3 unidades
7 días	M-1	3.512	3.438	3.521	89.43	86.68
7 días	M-2	3.462	3.375	3.471	90.43	
7 días	M-3	3.485	3.421	3.501	80.17	
14 días	M-1	3.532	3.451	3.539	92.05	90.13
14 días	M-2	3.518	3.417	3.532	87.83	
14 días	M-3	3.505	3.419	3.514	90.53	
28 días	M-1	3.326	3.176	3.338	92.59	92.57
28 días	M-2	3.541	3.394	3.554	91.88	
28 días	M-3	3.388	3.250	3.398	93.24	

Figura 74

Gráfico de contenido de humedad de adoquines con 10% de CHM a los 7,14 y 28 días



El contenido de humedad de los adoquines aumenta con el tiempo de curado, con valores promedio de 86.68% a 7 días, 90.13% a 14 días y 92.57% a 28 días. Esto señala una tendencia hacia la saturación y el efecto del tiempo de curado en la propiedad del contenido de humedad.

➤ **Contenido de Humedad de Adoquines con 15% de Ceniza de Hoja de Maíz**

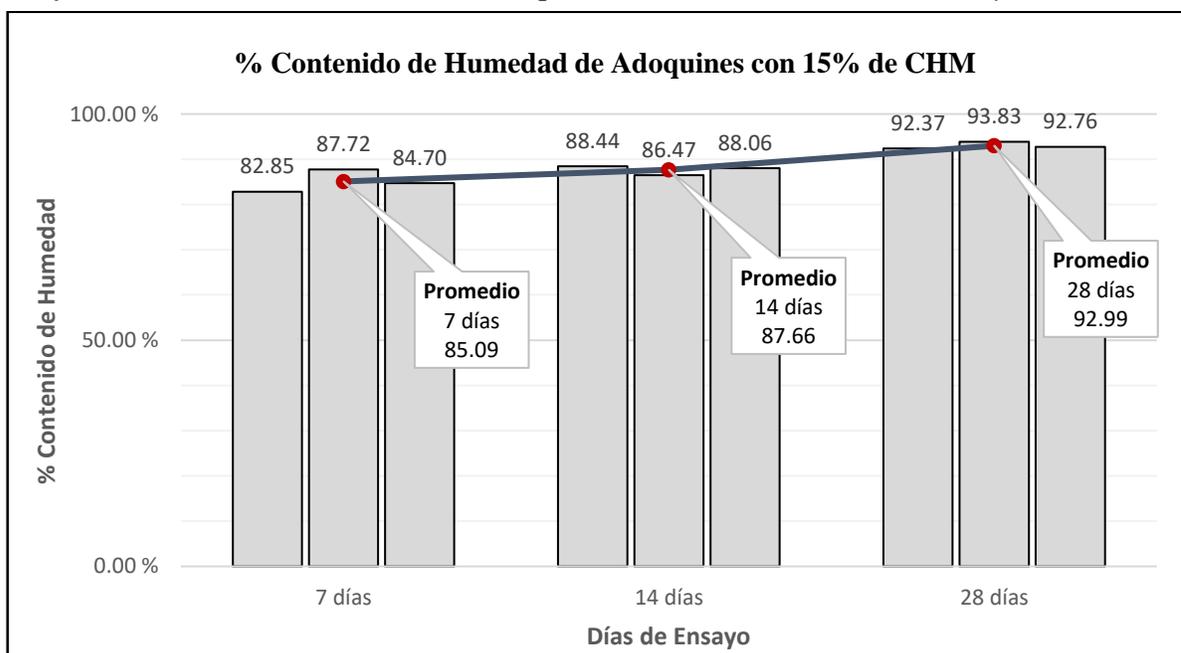
Tabla 38

Datos de contenido de humedad de adoquines con 15% de CHM a los 7,14 y 28 días

Días de Ensayo	N° de Muestra	Wr Peso Recibido (kg)	Wd Peso Seco (kg)	Ws Peso Saturado (kg)	Contenido de Humedad de Adoquines (%)	
					Unidades individuales	Promedio de 3 unidades
7 días	M-1	3.349	3.146	3.391	82.85	85.09
7 días	M-2	3.321	3.093	3.353	87.72	
7 días	M-3	3.349	3.128	3.389	84.70	
14 días	M-1	3.492	3.316	3.515	88.44	87.66
14 días	M-2	3.375	3.145	3.411	86.47	
14 días	M-3	3.365	3.129	3.397	88.06	
28 días	M-1	3.312	3.070	3.332	92.37	92.99
28 días	M-2	3.320	3.031	3.339	93.83	
28 días	M-3	3.347	3.065	3.369	92.76	

Figura 75

Gráfico de contenido de humedad de adoquines con 15% de CHM a los 7,14 y 28 días



El contenido de humedad de los adoquines aumenta con el tiempo de curado, con valores promedio de 85.09% a 7 días, 87.66% a 14 días y 92.99% a 28 días. Esto señala una tendencia hacia la saturación y el efecto del tiempo de curado en la propiedad del contenido de humedad.

➤ **Contenido de Humedad de Adoquines con 5% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar**

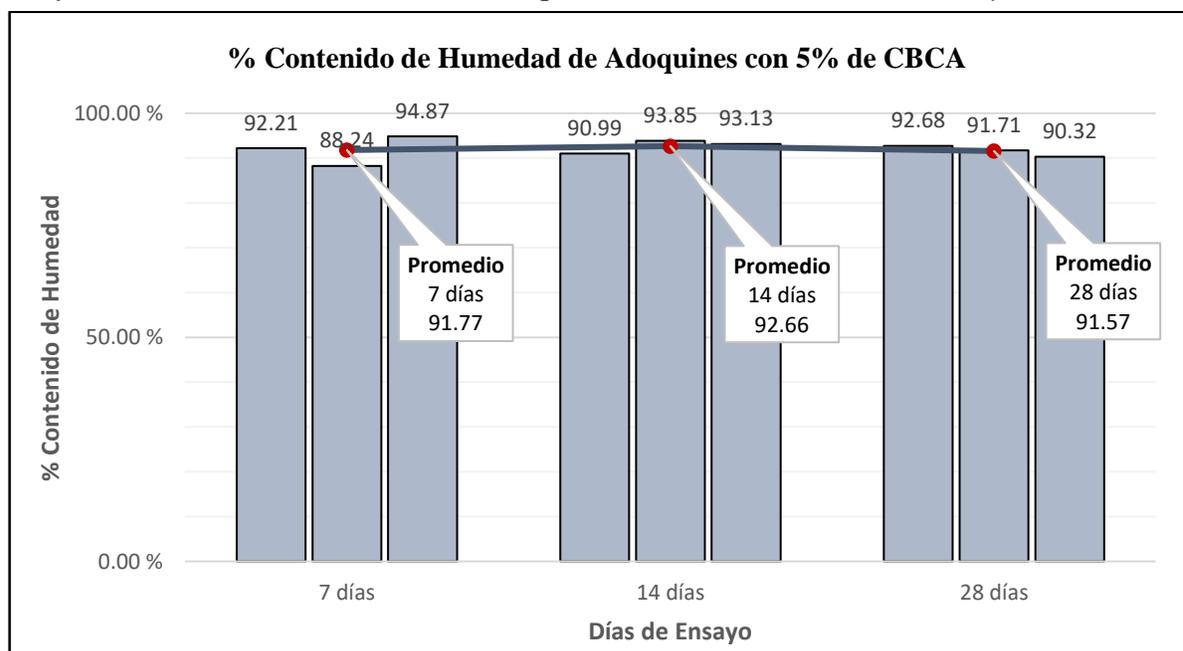
Tabla 39

Datos de contenido de humedad de adoquines con 5% de CBCA a los 7,14 y 28 días

Días de Ensayo	N° de Muestra	Wr Peso Recibido (kg)	Wd Peso Seco (kg)	Ws Peso Saturado (kg)	Contenido de Humedad de Adoquines (%)	
					Unidades individuales	Promedio de 3 unidades
7 días	M-1	3.698	3.627	3.704	92.21	91.77
7 días	M-2	3.710	3.650	3.718	88.24	
7 días	M-3	3.654	3.580	3.658	94.87	
14 días	M-1	3.694	3.593	3.704	90.99	92.66
14 días	M-2	3.708	3.586	3.716	93.85	
14 días	M-3	3.685	3.563	3.694	93.13	
28 días	M-1	3.613	3.423	3.628	92.68	91.57
28 días	M-2	3.612	3.446	3.627	91.71	
28 días	M-3	3.559	3.419	3.574	90.32	

Figura 76

Gráfico de contenido de humedad de adoquines con 5% de CBCA a los 7,14 y 28 días



El contenido de humedad disminuye a medida que aumenta el tiempo de curado, con valores que oscilan entre 88.24% y 94.87% a los 7 días, reduciéndose a un rango de 90.32% a 94.87% a los 28 días. Esto sugiere una tendencia al secado y la maduración del concreto.

➤ **Contenido de Humedad de Adoquines con 10% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar**

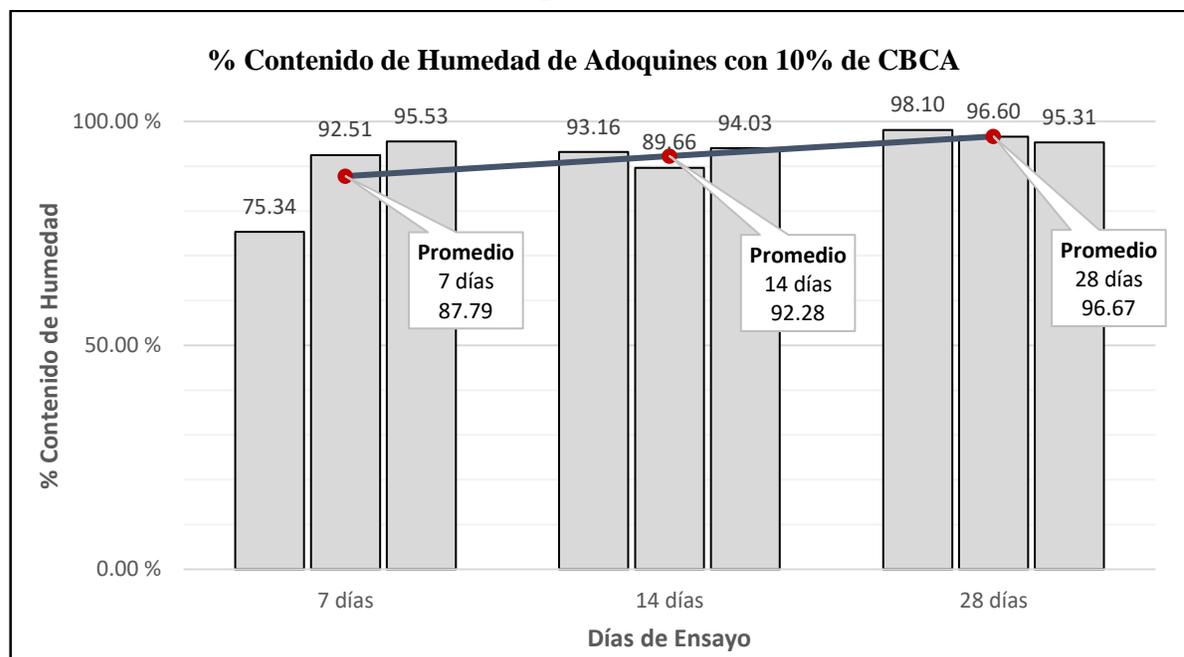
Tabla 40

Datos de contenido de humedad de adoquines con 10% de CBCA a los 7,14 y 28 días

Días de Ensayo	N° de Muestra	Wr Peso Recibido (kg)	Wd Peso Seco (kg)	Ws Peso Saturado (kg)	Contenido de Humedad de Adoquines (%)	
					Unidades individuales	Promedio de 3 unidades
7 días	M-1	3.372	3.199	3.429	75.34	87.79
7 días	M-2	3.513	3.344	3.527	92.51	
7 días	M-3	3.474	3.303	3.482	95.53	
14 días	M-1	3.502	3.393	3.510	93.16	92.28
14 días	M-2	3.464	3.360	3.476	89.66	
14 días	M-3	3.460	3.334	3.468	94.03	
28 días	M-1	3.413	3.207	3.417	98.10	96.67
28 días	M-2	3.461	3.262	3.468	96.60	
28 días	M-3	3.451	3.248	3.461	95.31	

Figura 77

Gráfico de contenido de humedad de adoquines con 10% de CBCA a los 7,14 y 28 días



El contenido de humedad de los adoquines aumenta con el tiempo de curado, con valores promedio de 87.79% a 7 días, 92.28% a 14 días y 96.67% a 28 días. Esto señala una tendencia hacia la saturación y el efecto del tiempo de curado en la propiedad del contenido de humedad.

➤ **Contenido de Humedad de Adoquines con 15% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar**

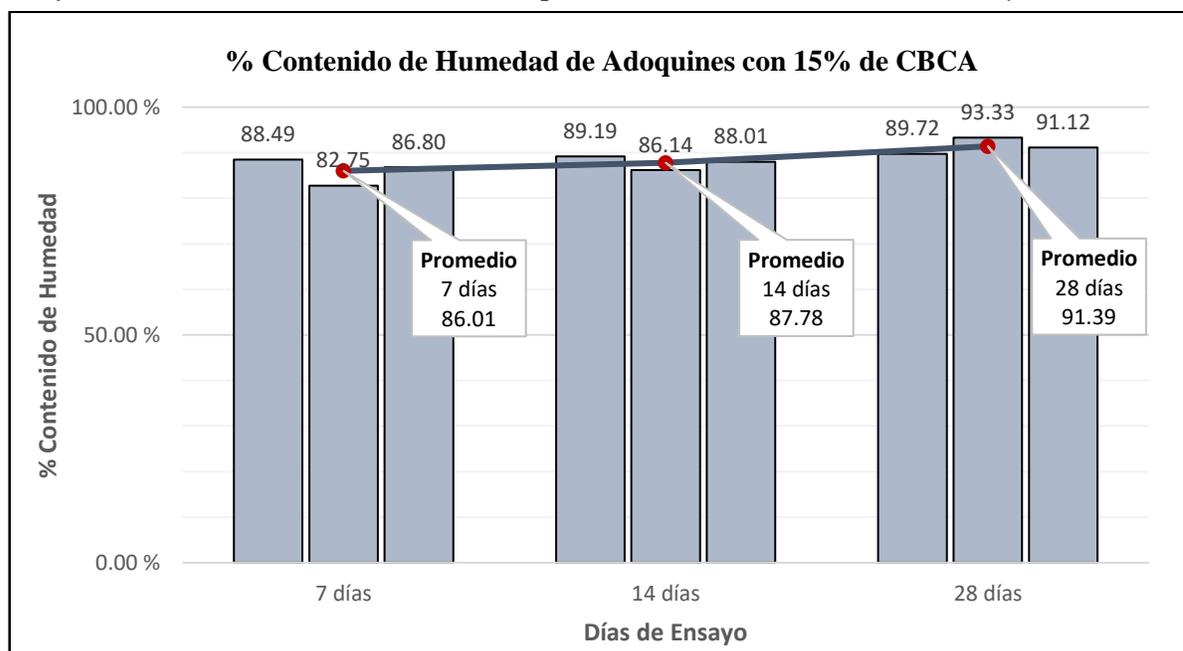
Tabla 41

Datos de contenido de humedad de adoquines con 15% de CBCA a los 7,14 y 28 días

Días de Ensayo	N° de Muestra	Wr Peso Recibido (kg)	Wd Peso Seco (kg)	Ws Peso Saturado (kg)	Contenido de Humedad de Adoquines (%)	
					Unidades individuales	Promedio de 3 unidades
7 días	M-1	3.315	3.099	3.343	88.49	86.01
7 días	M-2	3.327	3.130	3.368	82.75	
7 días	M-3	3.338	3.128	3.370	86.80	
14 días	M-1	3.508	3.376	3.524	89.19	87.78
14 días	M-2	3.326	3.096	3.363	86.14	
14 días	M-3	3.301	3.066	3.333	88.01	
28 días	M-1	3.345	3.153	3.367	89.72	91.39
28 días	M-2	3.349	3.139	3.364	93.33	
28 días	M-3	3.356	3.161	3.375	91.12	

Figura 78

Gráfico de contenido de humedad de adoquines con 15% de CBCA a los 7,14 y 28 días



El contenido de humedad de los adoquines aumenta con el tiempo de curado, con valores promedio de 86.01% a 7 días, 87.78% a 14 días y 91.39% a 28 días. Esto señala una tendencia hacia la saturación y el efecto del tiempo de curado en la propiedad del contenido de humedad.

4.3. Absorción de Adoquines de Concreto (NTP 366.604 / ASTM C140-06)

a) Cálculo de Datos

$$\text{Absorción } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) = \left[\frac{W_s - W_d}{W_s - W_i}\right] * 1000,$$

$$\text{Absorción } (\%) = \left[\frac{W_s - W_d}{W_d}\right] * 100$$

Donde:

W_d = Peso seco al horno de la unidad (kg)

W_s = Peso saturado de la unidad (kg)

W_i = Peso sumergido de la unidad (kg)

Normativa:

Como se indica en el apartado 2.2.1.8. de la presente investigación, la NTP 399.611 menciona que los adoquines de concreto tipo II ensayados deben cumplir con la absorción máxima que se muestra en la Tabla 42, tanto para unidades individuales como el promedio de 3 unidades de muestra.

Tabla 42

Absorción máxima para las unidades de concreto muestreadas

Tipo de Adoquín	Absorción, máx. (%)	
	Promedio de 3 unidades	Unidad individual
II	6	7.5

Nota. Datos obtenidos de la norma NTP 399.611 (2017).

b) Tablas y Diagramas

➤ **Absorción de Adoquines Patrón (0% de cenizas)**

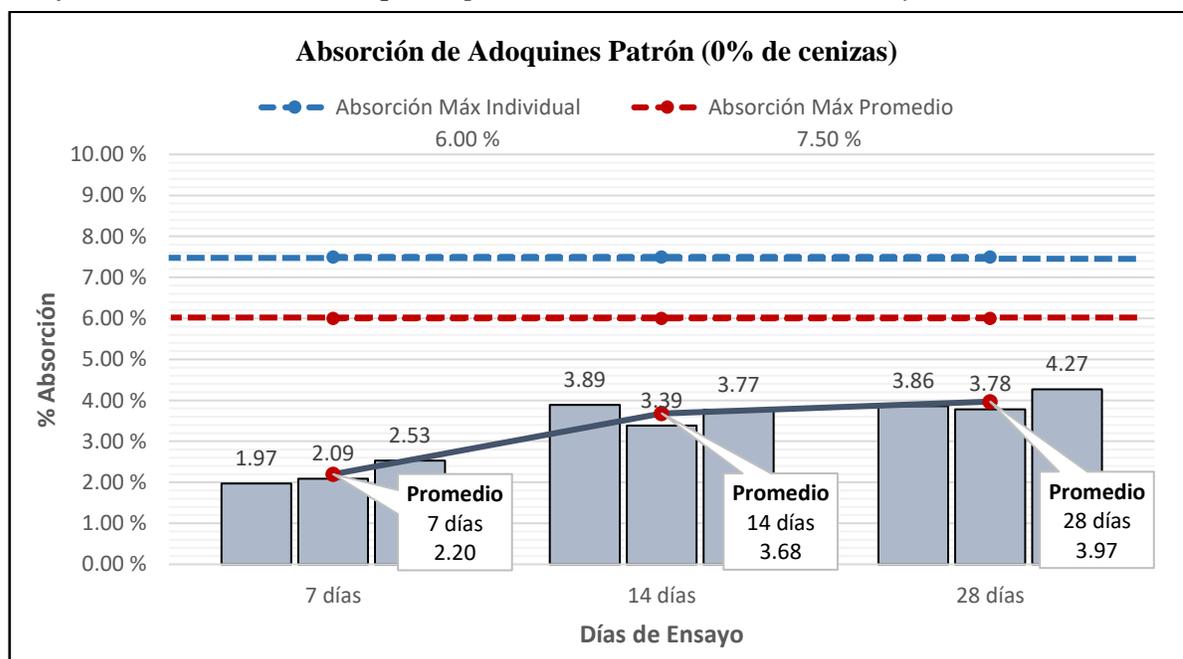
Tabla 43

Absorción de adoquines patrón (0% de cenizas) a los 7,14 y 28 días

Días de Ensayo	N° de Muestra	Wd Peso Seco (kg)	Ws Peso Saturado (kg)	Wi Peso Sumergido (kg)	Absorción (kg/m ³)	Absorción de Adoquines (%)	
						Unidades individuales	Promedio 3 unidades
7 días	M-1	3.700	3.773	2.050	42.368	1.97	2.20
7 días	M-2	3.684	3.761	2.055	45.135	2.09	
7 días	M-3	3.600	3.691	2.010	54.134	2.53	
14 días	M-1	3.626	3.767	2.095	84.330	3.89	3.68
14 días	M-2	3.632	3.755	2.035	71.512	3.39	
14 días	M-3	3.554	3.688	2.015	80.096	3.77	
28 días	M-1	3.604	3.743	2.055	82.346	3.86	3.97
28 días	M-2	3.678	3.817	2.090	80.486	3.78	
28 días	M-3	3.606	3.760	2.065	90.855	4.27	

Figura 79

Gráfico de absorción de adoquines patrón (0% de cenizas) a los 7,14 y 28 días



La absorción de los adoquines de concreto aumenta a medida que se prolonga el tiempo de curado, llegando a 3.97% a los 28 días. Cumpliendo con los valores de absorción máxima individual y promedio.

➤ **Absorción de Adoquines con 5% de Cenizas de Hoja de Maíz**

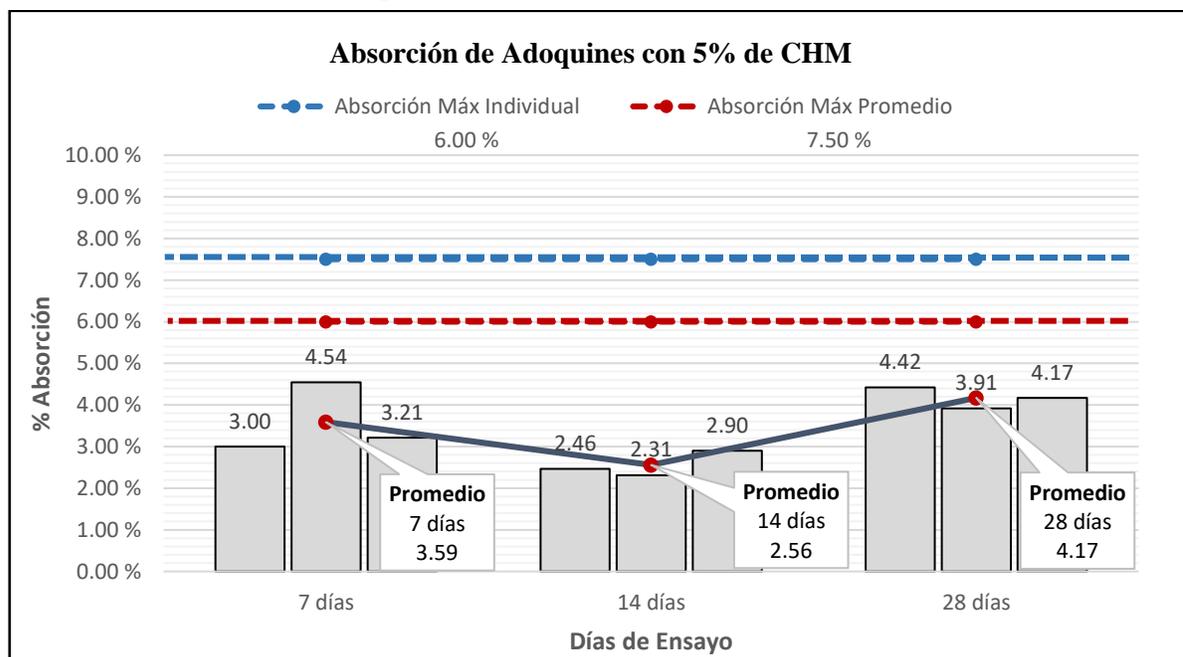
Tabla 44

Datos de absorción de adoquines con 5% de CHM a los 7,14 y 28 días

Días de Ensayo	N° de Muestra	Wd Peso Seco (kg)	Ws Peso Saturado (kg)	Wi Peso Sumergido (kg)	Absorción (kg/m ³)	Absorción de Adoquines (%)	
						Unidades individuales	Promedio 3 unidades
7 días	M-1	3.362	3.463	1.780	59.945	3.00	3.59
7 días	M-2	3.215	3.361	1.805	93.848	4.54	
7 días	M-3	3.366	3.474	1.880	67.867	3.21	
14 días	M-1	3.450	3.535	1.880	51.360	2.46	2.56
14 días	M-2	3.501	3.582	1.910	48.445	2.31	
14 días	M-3	3.448	3.548	1.890	60.314	2.90	
28 días	M-1	3.483	3.637	1.900	88.659	4.42	4.17
28 días	M-2	3.423	3.557	1.880	79.905	3.91	
28 días	M-3	3.523	3.670	1.960	85.965	4.17	

Figura 80

Gráfico de absorción de adoquines con 5% de CHM a los 7,14 y 28 días



La absorción de los adoquines de concreto también muestra un aumento general a medida que se prolonga el tiempo de curado, variando desde alrededor de 2.56% a 4.42% a los 28 días.

Cumpliendo con los valores de absorción máxima individual y promedio.

➤ **Absorción de Adoquines con 10% de Cenizas de Hoja de Maíz**

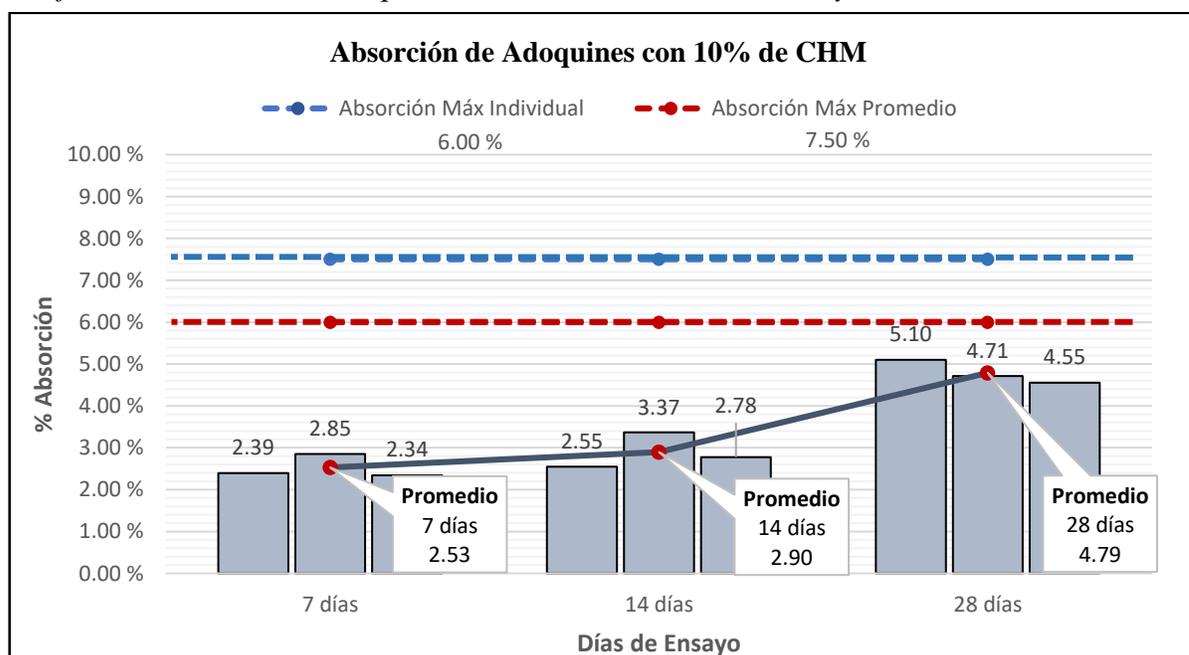
Tabla 45

Datos de absorción de adoquines con 10% de CHM a los 7,14 y 28 días

Días de Ensayo	N° de Muestra	Wd Peso Seco (kg)	Ws Peso Saturado (kg)	Wi Peso Sumergido (kg)	Absorción (kg/m ³)	Absorción de Adoquines (%)	
						Unidades individuales	Promedio 3 unidades
7 días	M-1	3.438	3.521	1.780	47.280	2.39	2.53
7 días	M-2	3.375	3.471	1.775	56.656	2.85	
7 días	M-3	3.421	3.501	1.770	46.334	2.34	
14 días	M-1	3.451	3.539	1.810	50.896	2.55	2.90
14 días	M-2	3.417	3.532	1.825	67.370	3.37	
14 días	M-3	3.419	3.514	1.805	55.588	2.78	
28 días	M-1	3.176	3.338	1.661	96.601	5.10	4.79
28 días	M-2	3.394	3.554	1.870	95.012	4.71	
28 días	M-3	3.250	3.398	1.709	87.626	4.55	

Figura 81

Gráfico de absorción de adoquines con 10% de CHM a los 7,14 y 28 días



Se observa que la absorción de los adoquines de concreto tiende a aumentar con el tiempo de curado, variando desde aproximadamente 2.53% a 5.10% a los 28 días. Cumpliendo con los valores de absorción máxima individual y promedio.

➤ **Absorción de Adoquines con 15% de Cenizas de Hoja de Maíz**

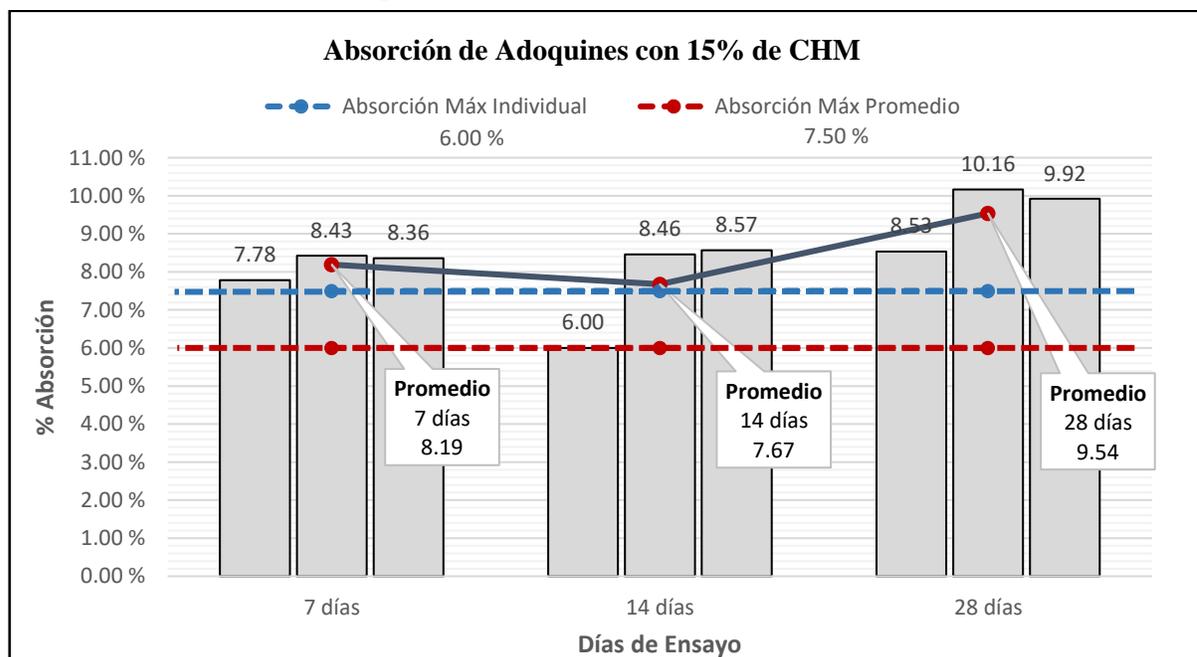
Tabla 46

Datos de absorción de adoquines con 15% de CHM a los 7,14 y 28 días

Días de Ensayo	N° de Muestra	Wd Peso Seco (kg)	Ws Peso Saturado (kg)	Wi Peso Sumergido (kg)	Absorción (kg/m ³)	Absorción de Adoquines (%)	
						Unidades individuales	Promedio 3 unidades
7 días	M-1	3.146	3.391	1.730	147.450	7.78	8.19
7 días	M-2	3.093	3.353	1.685	156.216	8.43	
7 días	M-3	3.128	3.389	1.720	156.681	8.36	
14 días	M-1	3.316	3.515	1.805	116.374	6.00	7.67
14 días	M-2	3.145	3.411	1.735	158.711	8.46	
14 días	M-3	3.129	3.397	1.715	159.334	8.57	
28 días	M-1	3.070	3.332	1.680	158.596	8.53	9.54
28 días	M-2	3.031	3.339	1.690	186.780	10.16	
28 días	M-3	3.065	3.369	1.695	181.601	9.92	

Figura 82

Gráfico de absorción de adoquines con 15% de CHM a los 7,14 y 28 días



La absorción de los adoquines de concreto aumenta a medida que se extiende el tiempo de curado, pasando de aproximadamente 8.19% a 9.54% desde 7 días hasta 28 días. Dichos valores no cumplen con la absorción máxima individual y promedio.

➤ **Absorción de Adoquines con 5% de Cenizas de Bagazo de Caña de Azúcar**

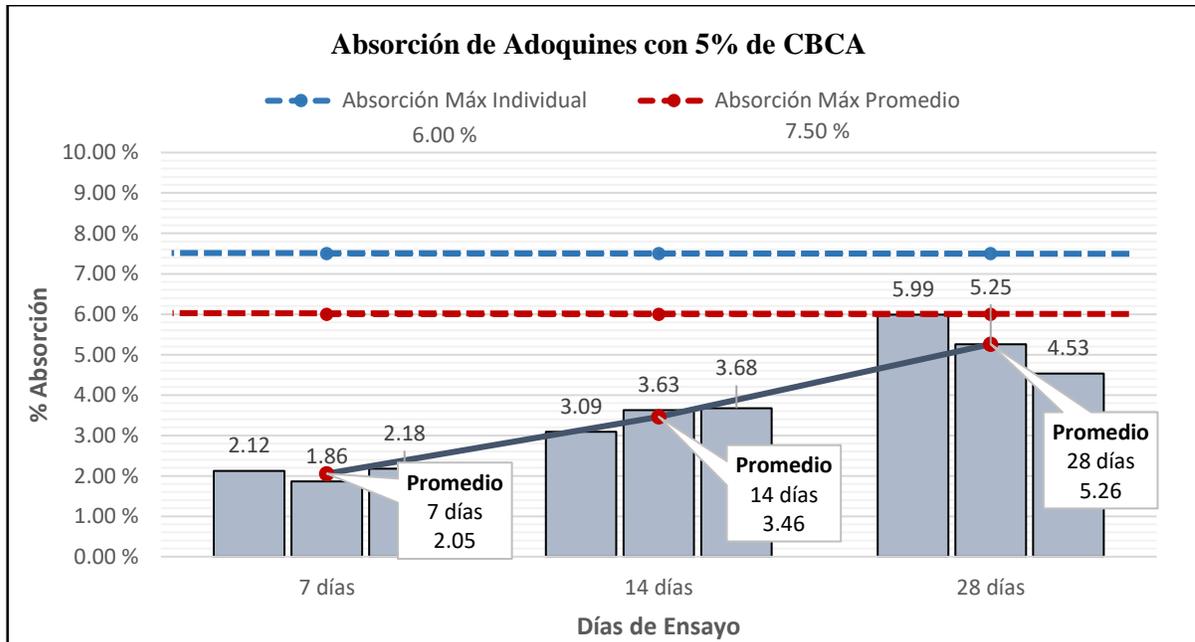
Tabla 47

Datos de absorción de adoquines con 5% de CBCA a los 7,14 y 28 días

Días de Ensayo	N° de Muestra	Wd Peso Seco (kg)	Ws Peso Saturado (kg)	Wi Peso Sumergido (kg)	Absorción (kg/m ³)	Absorción de Adoquines (%)	
						Unidades individuales	Promedio 3 unidades
7 días	M-1	3.627	3.704	2.025	45.861	2.12	2.05
7 días	M-2	3.650	3.718	2.030	40.284	1.86	
7 días	M-3	3.580	3.658	2.000	47.045	2.18	
14 días	M-1	3.593	3.704	2.015	65.719	3.09	3.46
14 días	M-2	3.586	3.716	2.020	76.651	3.63	
14 días	M-3	3.563	3.694	2.000	77.332	3.68	
28 días	M-1	3.423	3.628	1.945	121.806	5.99	5.26
28 días	M-2	3.446	3.627	1.950	107.931	5.25	
28 días	M-3	3.419	3.574	1.895	92.317	4.53	

Figura 83

Gráfico de absorción de adoquines con 5% de CBCA a los 7,14 y 28 días



La absorción de los adoquines de concreto aumenta a medida que se extiende el tiempo de curado, pasando de aproximadamente 2.05% a 5.26% desde 7 días hasta 28 días. Cumpliendo con los valores de absorción máxima individual y promedio.

➤ **Absorción de Adoquines con 10% de Cenizas de Bagazo de Caña de Azúcar**

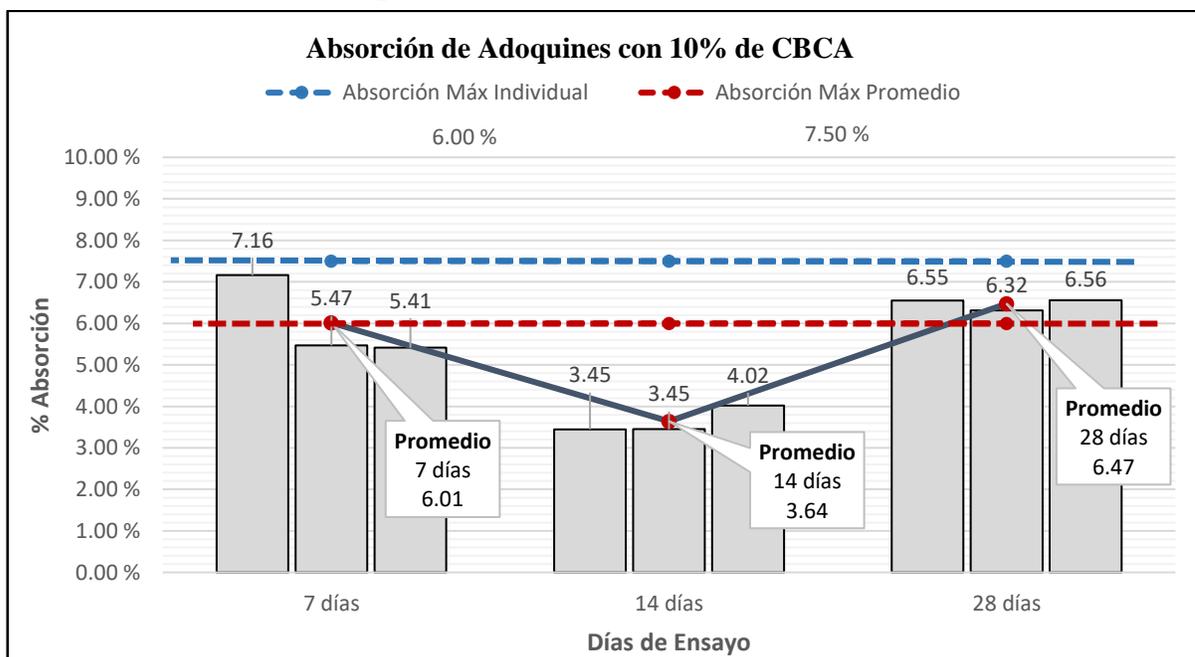
Tabla 48

Absorción de adoquines con 10% de CBCA a los 7,14 y 28 días

Días de Ensayo	N° de Muestra	Wd Peso Seco (kg)	Ws Peso Saturado (kg)	Wi Peso Sumergido (kg)	Absorción (kg/m ³)	Absorción de Adoquines (%)	
						Unidades individuales	Promedio 3 unidades
7 días	M-1	3.199	3.429	1.780	138.975	7.16	6.01
7 días	M-2	3.344	3.527	1.800	105.867	5.47	
7 días	M-3	3.303	3.482	1.770	104.439	5.41	
14 días	M-1	3.393	3.510	1.795	68.222	3.45	3.64
14 días	M-2	3.360	3.476	1.805	69.420	3.45	
14 días	M-3	3.334	3.468	1.792	79.952	4.02	
28 días	M-1	3.207	3.417	1.780	128.283	6.55	6.47
28 días	M-2	3.262	3.468	1.800	123.501	6.32	
28 días	M-3	3.248	3.461	1.790	127.469	6.56	

Figura 84

Gráfico de absorción de adoquines con 10% de CBCA a los 7,14 y 28 días



La absorción aumenta ligeramente a medida que se extiende el tiempo de curado, pasando de aproximadamente 6.01% a 6.47% desde 7 días hasta 28 días. Cumpliendo con los valores de absorción máxima promedio, pero no con los valores de absorción máxima individual.

➤ **Absorción de Adoquines con 15% de Cenizas de Bagazo de Caña de Azúcar**

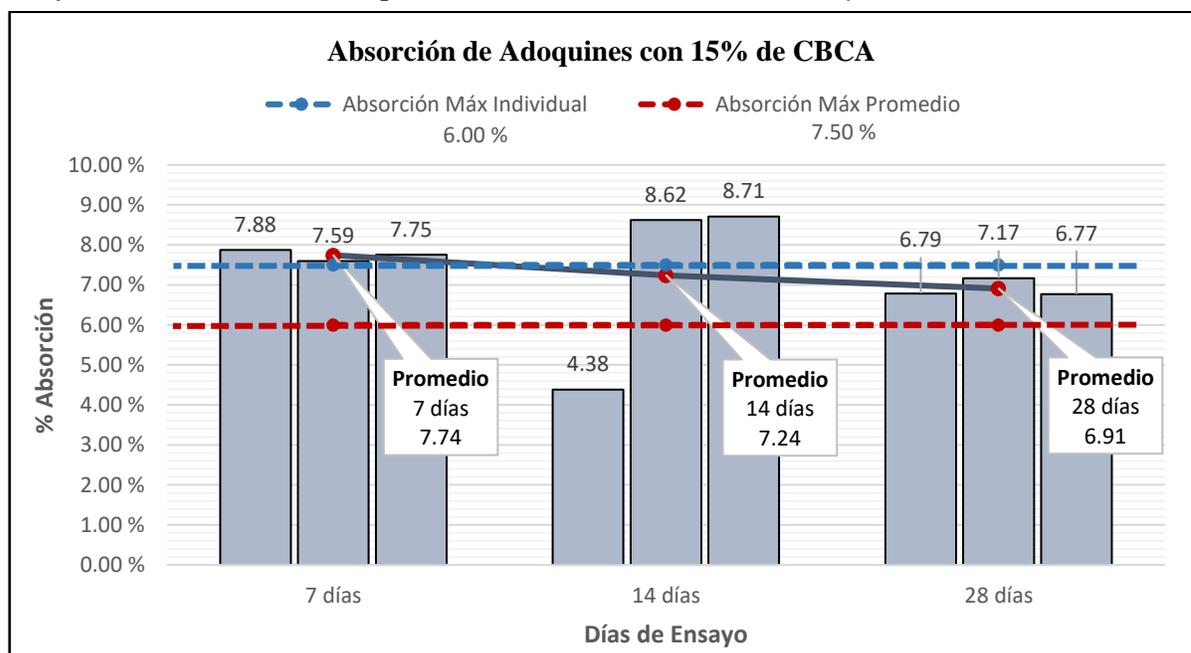
Tabla 49

Datos de absorción de adoquines con 15% de CBCA a los 7,14 y 28 días

Días de Ensayo	N° de Muestra	Wd Peso Seco (kg)	Ws Peso Saturado (kg)	Wi Peso Sumergido (kg)	Absorción (kg/m ³)	Absorción de Adoquines (%)	
						Unidades individuales	Promedio 3 unidades
7 días	M-1	3.099	3.343	1.680	146.774	7.88	7.74
7 días	M-2	3.130	3.368	1.720	144.235	7.59	
7 días	M-3	3.128	3.370	1.725	147.416	7.75	
14 días	M-1	3.376	3.524	1.795	85.599	4.38	7.24
14 días	M-2	3.096	3.363	1.710	161.525	8.62	
14 días	M-3	3.066	3.333	1.680	161.525	8.71	
28 días	M-1	3.153	3.367	1.675	126.478	6.79	6.91
28 días	M-2	3.139	3.364	1.705	135.624	7.17	
28 días	M-3	3.161	3.375	1.675	125.882	6.77	

Figura 85

Gráfico de absorción de adoquines con 15% de CBCA a los 7,14 y 28 días



El contenido de humedad de los adoquines disminuye con el tiempo de curado, mostrando una disminución del 7.74% a los 7 días al 6.91% a los 28 días. Cumpliendo con los valores de absorción máxima promedio, pero no con los valores de absorción máxima individual.

4.4. Resistencia a la Compresión de Adoquines de Concreto (NTP 366.604 / ASTM C140)

a) Cálculo de Datos

Cálculo de Área bruta:

$$A_g \text{ (cm}^2\text{)} = L \times W$$

Donde:

L = Largo promedio (cm)

W = Ancho promedio (cm)

Resistencia a la Compresión:

$$R_C \text{ (kg/cm}^2\text{)} = \frac{P_{\text{máx}}}{A_g}$$

Donde:

R_C = Resistencia a la compresión del área bruta (kg/cm²)

$P_{\text{máx}}$ = Carga máxima de compresión (kg)

A_g = Área bruta (cm²)

Porcentaje de Resistencia:

$$P \text{ (\%)} = \frac{R_C}{F'_c}$$

Donde:

P = Porcentaje de resistencia de la muestra obtenida con respecto a la resistencia mín. según normativa (%)

R_C = Resistencia a la compresión del área bruta (kg/cm²)

F'_c = Resistencia mínima a la compresión según normativa (cm²)

Normativa:

Como se indica en el apartado 2.2.1.9. de la presente investigación, la NTP 399.611 menciona que los adoquines de concreto tipo II ensayados deben cumplir con la resistencia mínima que se muestra en la Tabla 50, tanto para unidades individuales como el promedio de 3 unidades de muestra.

Tabla 50

Resistencia a la compresión mínima para las unidades de concreto muestreadas

Tipo de Adoquín	Espesor nominal (mm)	Resistencia a la compresión, mín. MPa (kg/cm ²)	
		Promedio de 3 unidades	Unidad individual
II (Vehicular ligero)	80	37 (380)	33 (340)

Nota. Datos obtenidos de la norma NTP 399.611 (2017).

Tabla 51

Resistencia a la compresión mínima para los ensayos a los 7, 14 y 28 días

Días de Ensayo	% de F'c	Resistencia a la compresión, mín. MPa (kg/cm ²)	
		Promedio de 3 unidades	Unidad individual
7 días	65%	24.05 (221)	21.45 (247)
14 días	90%	33.30 (306)	29.70 (342)
28 días	100%	37.00 (340)	33.00 (380)

Nota. Tabla elaborada con porcentajes de referencia a los 7 y 14 días.

b) Tablas y Diagramas

➤ **Resistencia a Compresión de Adoquines Patrón (0% de cenizas)**

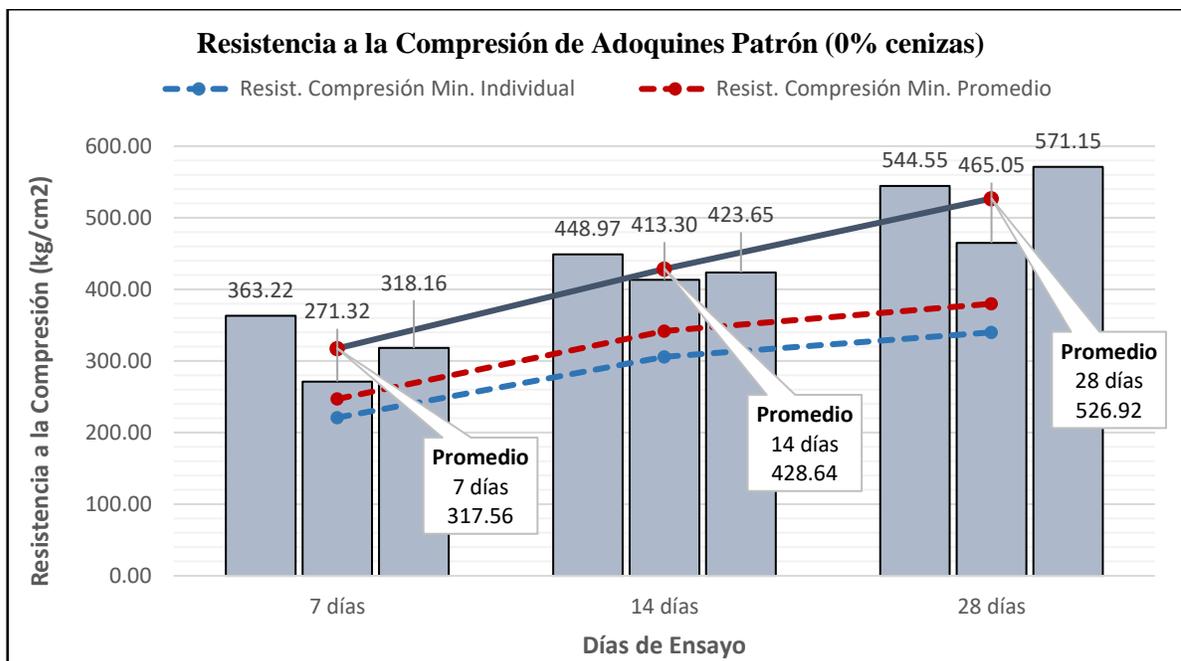
Tabla 52

Datos de resistencia a compresión de adoquines patrón (0% de cenizas) a los 7,14 y 28 días

Días de Ensayo	F'c Diseño	Dimensiones		Ag Área Bruta (cm ²)	Pmáx Carga Máxima (kg)	Resist. a la Compresión Rc (kg/cm ²)		% de Resist. Promedio (Rc/F'c)
		Largo L (cm)	Ancho W (cm)			Unidad individual	Promedio 3 unidades	
7 días	247.00	20.30	10.05	204.02	74,101.50	363.22	317.56	128.57%
		20.05	10.35	207.52	56,303.90	271.32		
		20.10	10.30	207.03	65,868.00	318.16		
14 días	342.00	20.20	9.90	199.98	89,785.60	448.97	428.64	125.33%
		20.45	9.90	202.46	83,675.20	413.30		
		20.15	10.00	201.50	85,364.60	423.65		
28 días	380.00	20.20	10.15	205.03	111,650.00	544.55	526.92	138.66%
		20.30	10.35	210.11	97,708.40	465.05		
		20.10	10.10	203.01	115,950.00	571.15		

Figura 86

Gráfico de resistencia a compresión de adoquines patrón (0% de cenizas) a los 7,14 y 28 días



Los resultados de los ensayos muestran que los valores promedio cumplen con los porcentajes de resistencia mínima de diseño a los 7, 14 y 28 días. Siendo la resistencia promedio a los 28 días de 526.92 kg/cm², lo cual representa el 138.66 % con respecto a la resistencia de diseño.

➤ **Resistencia a Compresión de Adoquines con 5% de Cenizas de Hoja de Maíz**

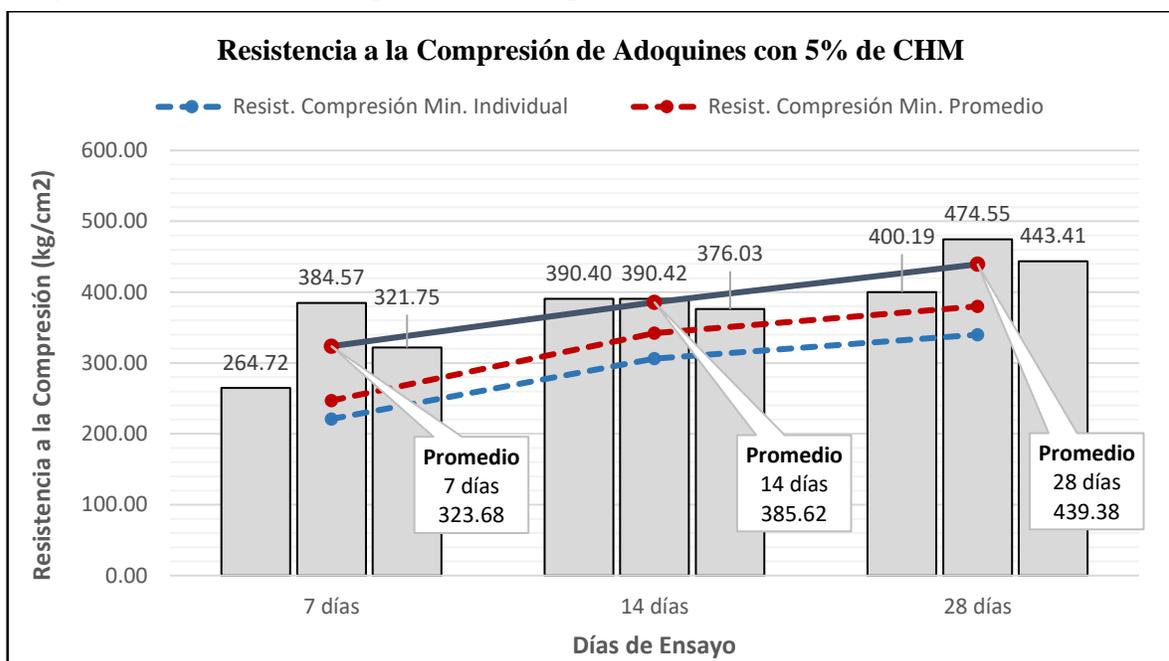
Tabla 53

Datos de resistencia a la compresión de adoquines con 5% de CHM a los 7,14 y 28 días

Días de Ensayo	F'c Diseño	Dimensiones		Ag Área Bruta (cm ²)	Pmáx Carga Máxima (kg)	Resist. a la Compresión Rc (kg/cm ²)		% de Resist. Promedio (Rc/F'c)
		Largo L (cm)	Ancho W (cm)			Unidad individual	Promedio 3 unidades	
7 días	247.00	20.60	10.35	213.21	56,441.60	264.72	323.68	131.05%
		20.00	10.00	200.00	76,914.70	384.57		
		20.00	9.85	197.00	63,385.70	321.75		
14 días	342.00	19.90	10.00	199.00	77,689.20	390.40	385.62	112.75%
		20.40	9.85	200.94	78,451.90	390.42		
		20.60	10.35	213.21	80,172.80	376.03		
28 días	380.00	20.65	10.05	207.53	83,052.20	400.19	439.38	115.63%
		19.90	10.10	200.99	95,380.50	474.55		
		19.90	10.05	200.00	88,679.50	443.41		

Figura 87

Gráfico de resistencia a compresión de adoquines con 5% de CHM a los 7,14 y 28 días



Los resultados de los ensayos muestran que los valores promedio cumplen con los porcentajes de resistencia mínima de diseño a los 7, 14 y 28 días. Siendo la resistencia promedio a los 28 días de 439.38 kg/cm², lo cual representa el 115.63% con respecto a la resistencia de diseño.

➤ **Resistencia a Compresión de Adoquines con 10% de Cenizas de Hoja de Maíz**

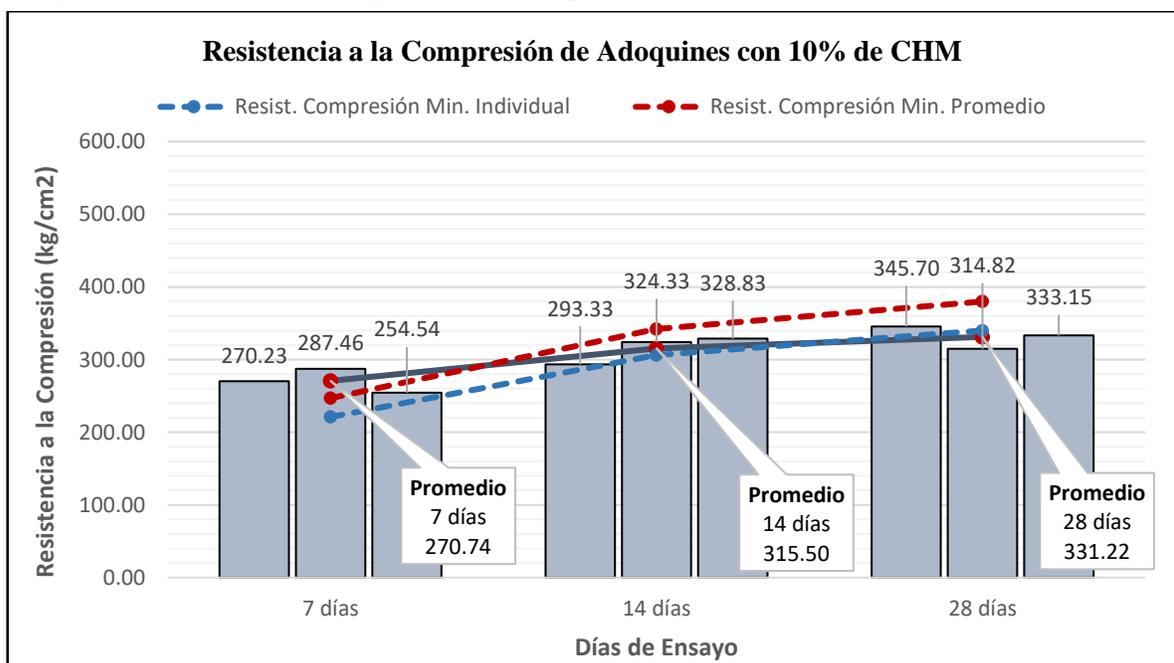
Tabla 54

Datos de resistencia a la compresión de adoquines con 10% de CHM a los 7,14 y 28 días

Días de Ensayo	F'c Diseño	Dimensiones		Ag Área Bruta (cm ²)	Pmáx Carga Máxima (kg)	Resist. a la Compresión Rc (kg/cm ²)		% de Resist. Promedio (Rc/F'c)
		Largo L (cm)	Ancho W (cm)			Unidad individual	Promedio 3 unidades	
7 días	247.00	20.15	9.90	199.49	53,907.00	270.23	270.74	109.61%
		20.05	10.00	200.50	57,636.30	287.46		
		20.20	10.15	205.03	52,188.10	254.54		
14 días	342.00	19.85	10.55	209.42	61,428.40	293.33	315.50	92.25%
		19.95	9.95	198.50	64,381.00	324.33		
		20.50	9.75	199.88	65,724.10	328.83		
28 días	380.00	19.95	9.95	198.50	68,621.60	345.70	331.22	87.16%
		20.90	10.40	217.36	68,429.00	314.82		
		20.50	9.75	199.88	66,589.20	333.15		

Figura 88

Gráfico de resistencia a compresión de adoquines con 10% de CHM a los 7,14 y 28 días



Los resultados de los ensayos muestran que los valores promedio no cumplen con los porcentajes de resistencia mínima de diseño a los 7, 14 y 28 días. Siendo el valor promedio a los 28 días de 331.22 kg/cm², lo que representa solo el 87.16% de la resistencia de diseño.

➤ **Resistencia a Compresión de Adoquines con 15% de Cenizas de Hoja de Maíz**

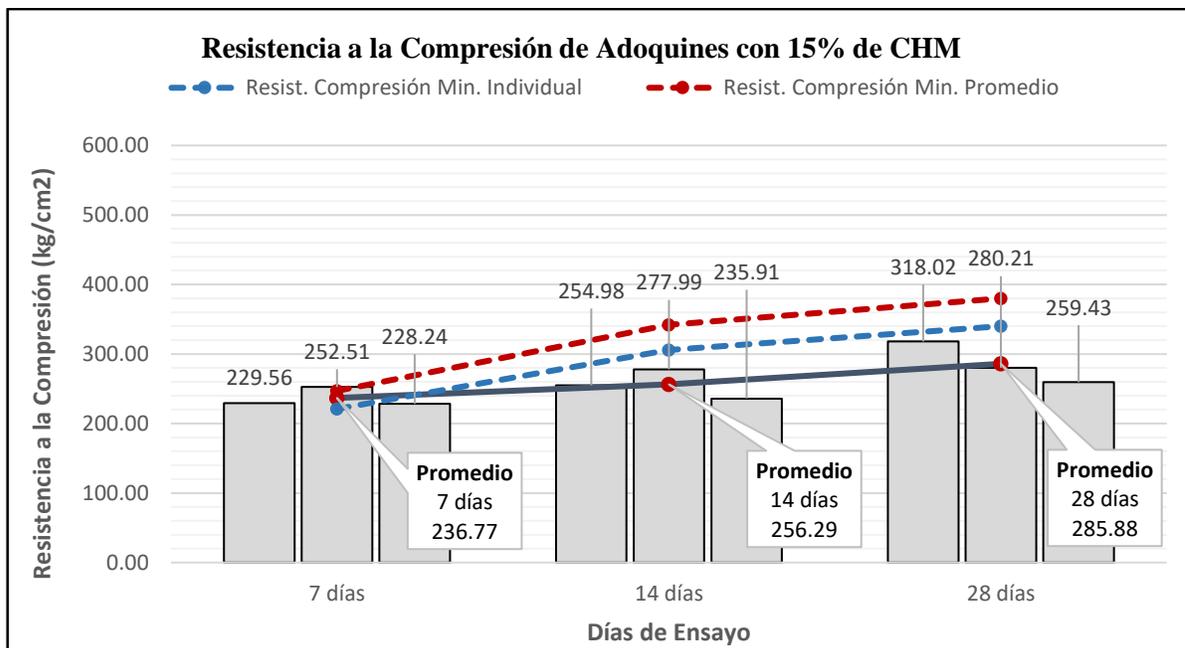
Tabla 55

Datos de resistencia a la compresión de adoquines con 15% de CHM a los 7, 14 y 28 días

Días de Ensayo	F'c Diseño	Dimensiones		Ag Área Bruta (cm ²)	Pmáx Carga Máxima (kg)	Resist. a la Compresión Rc (kg/cm ²)		% de Resist. Promedio (Rc/F'c)
		Largo L (cm)	Ancho W (cm)			Unidad individual	Promedio 3 unidades	
7 días	247.00	20.55	10.00	205.50	47,174.00	229.56	236.77	95.86%
		20.35	10.10	205.54	51,899.80	252.51		
		20.55	10.05	206.53	47,138.20	228.24		
14 días	342.00	20.30	10.20	207.06	52,795.80	254.98	256.29	74.94%
		20.35	10.00	203.50	56,571.30	277.99		
		19.95	9.95	198.50	46,829.50	235.91		
28 días	380.00	21.10	9.95	209.95	66,767.20	318.02	285.88	75.23%
		20.55	10.15	208.58	58,446.10	280.21		
		20.70	10.70	221.49	57,460.20	259.43		

Figura 89

Gráfico de resistencia a compresión de adoquines con 15% de CHM a los 7, 14 y 28 días



Los resultados de los ensayos muestran que los valores promedio no cumplen con los porcentajes de resistencia mínima de diseño a los 7, 14 y 28 días. Siendo el valor promedio a los 28 días de 285.88 kg/cm², lo que representa solo el 75.23% de la resistencia de diseño.

➤ **Resistencia a Compresión de Adoquines con 5% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar**

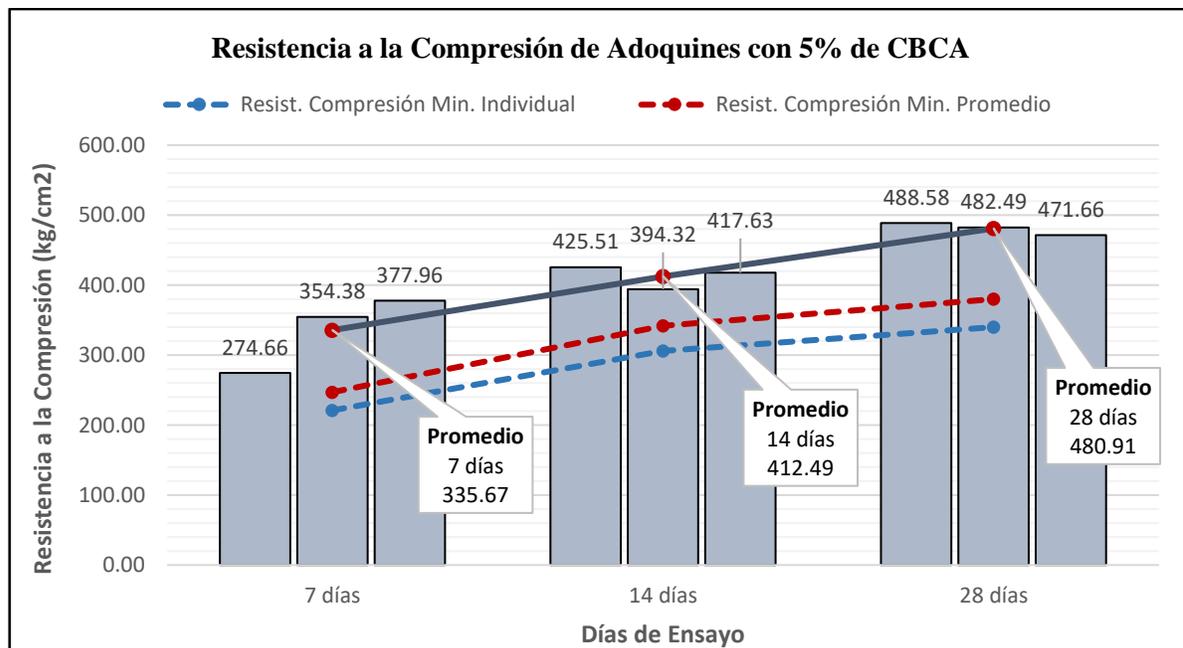
Tabla 56

Datos de resistencia a la compresión de adoquines con 5% de CBCA a los 7,14 y 28 días

Días de Ensayo	F'c Diseño	Dimensiones		Ag Área Bruta (cm ²)	Pmáx Carga Máxima (kg)	Resist. a la Compresión Rc (kg/cm ²)		% de Resist. Promedio (Rc/F'c)
		Largo L (cm)	Ancho W (cm)			Unidad individual	Promedio 3 unidades	
7 días	247.00	20.05	9.70	194.49	53,417.60	274.66	335.67	135.90%
		19.90	10.10	200.99	71,226.90	354.38		
		20.10	10.00	201.00	75,969.30	377.96		
14 días	342.00	20.60	10.15	209.09	88,969.10	425.51	412.49	120.61%
		20.15	10.00	201.50	79,455.50	394.32		
		20.50	10.25	210.13	87,755.00	417.63		
28 días	380.00	20.45	10.05	205.52	100,415.00	488.58	480.91	126.56%
		20.65	10.00	206.50	99,633.70	482.49		
		20.50	10.25	210.13	99,107.40	471.66		

Figura 90

Gráfico de resistencia a compresión de adoquines con 5% de CBCA a los 7,14 y 28 días



Los resultados de los ensayos muestran que los valores promedio cumplen con los porcentajes de resistencia mínima de diseño a los 7, 14 y 28 días. Siendo la resistencia promedio a los 28 días de 480.91 kg/cm², lo cual representa el 126.56% con respecto a la resistencia de diseño.

➤ **Resistencia a Compresión de Adoquines con 10% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar**

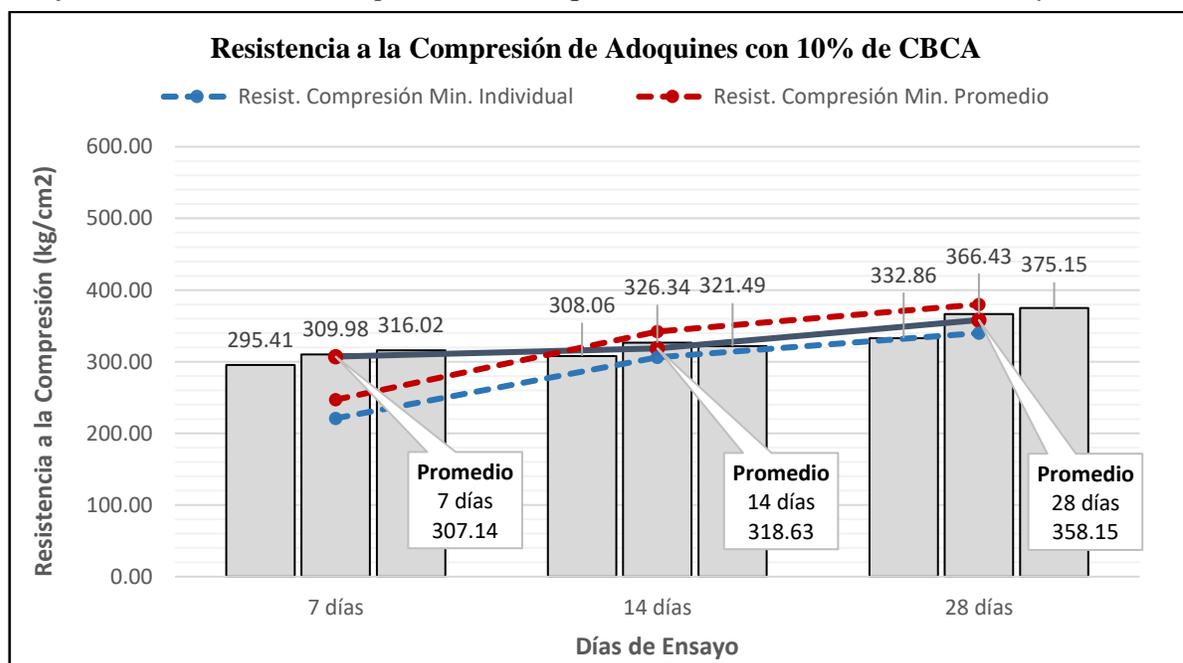
Tabla 57

Datos de resistencia a la compresión de adoquines con 10% de CBCA a los 7,14 y 28 días

Días de Ensayo	F'c Diseño	Dimensiones		Ag Área Bruta (cm ²)	Pmáx Carga Máxima (kg)	Resist. a la Compresión Rc (kg/cm ²)		% de Resist. Promedio (Rc/F'c)
		Largo L (cm)	Ancho W (cm)			Unidad individual	Promedio 3 unidades	
7 días	247.00	20.40	10.25	209.10	61,770.00	295.41	307.14	124.35%
		20.30	10.10	205.03	63,554.60	309.98		
		20.05	10.25	205.51	64,946.10	316.02		
14 días	342.00	20.60	10.25	211.15	65,047.60	308.06	318.63	93.17%
		20.50	10.40	213.20	69,576.10	326.34		
		20.40	10.20	208.08	66,896.50	321.49		
28 días	380.00	20.75	10.10	209.58	69,758.10	332.86	358.15	94.25%
		20.35	10.05	204.52	74,941.50	366.43		
		20.15	9.70	195.46	73,325.40	375.15		

Figura 91

Gráfico de resistencia a compresión de adoquines con 10% de CBCA a los 7,14 y 28 días



Los resultados de los ensayos muestran que los valores promedio no cumplen con los porcentajes de resistencia mínima de diseño a los 7, 14 y 28 días. Siendo el valor promedio a los 28 días de 358.15 kg/cm², lo que representa solo el 94.25% de la resistencia de diseño.

➤ **Resistencia a Compresión de Adoquines con 15% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar**

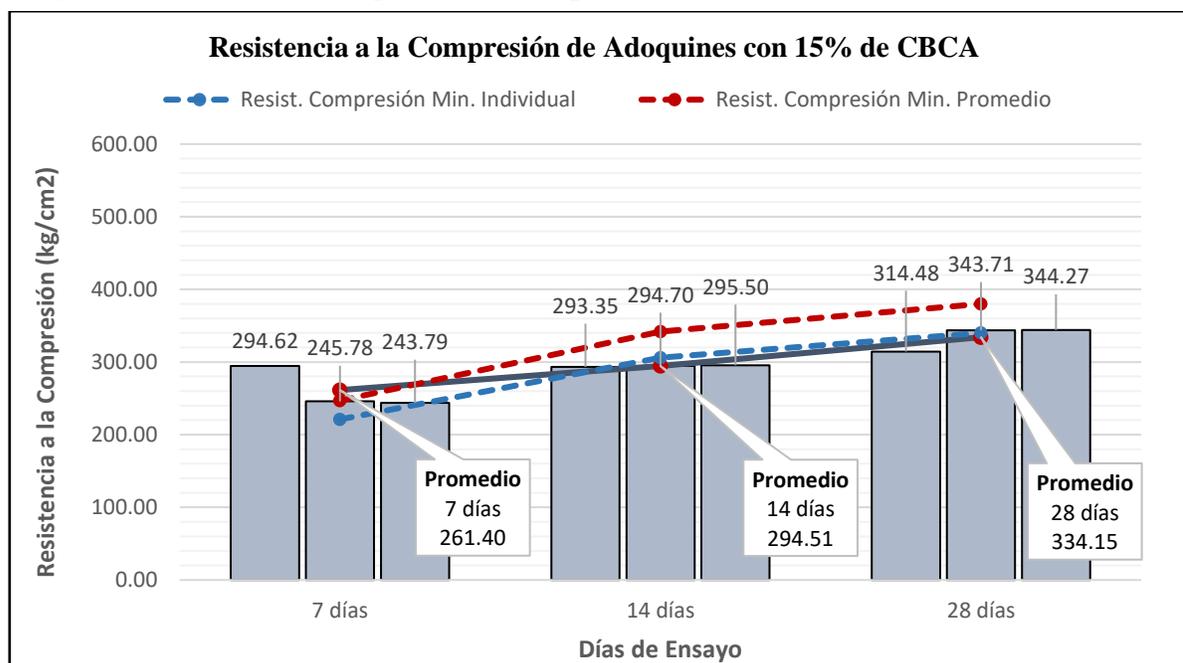
Tabla 58

Datos de resistencia a la compresión de adoquines con 15% de CBCA a los 7,14 y 28 días

Días de Ensayo	F'c Diseño	Dimensiones		Ag Área Bruta (cm ²)	Pmáx Carga Máxima (kg)	Resist. a la Compresión Rc (kg/cm ²)		% de Resist. Promedio (Rc/F'c)
		Largo L (cm)	Ancho W (cm)			Unidad individual	Promedio 3 unidades	
7 días	247.00	19.70	10.35	203.90	60,071.80	294.62	261.40	105.83%
		20.60	10.45	215.27	52,909.10	245.78		
		19.95	10.95	218.45	53,257.30	243.79		
14 días	342.00	20.65	10.25	211.66	62,090.70	293.35	294.51	86.12%
		20.45	10.50	214.73	63,279.60	294.70		
		20.60	10.55	217.33	64,220.00	295.50		
28 días	380.00	20.65	10.10	208.57	65,590.30	314.48	334.15	87.94%
		20.55	10.10	207.56	71,338.20	343.71		
		20.55	10.15	208.58	71,808.70	344.27		

Figura 92

Gráfico de resistencia a compresión de adoquines con 15% de CBCA a los 7,14 y 28 días



Los resultados de los ensayos muestran que los valores promedio no cumplen con los porcentajes de resistencia mínima de diseño a los 7, 14 y 28 días. Siendo el valor promedio a los 28 días de 334.15 kg/cm², lo que representa solo el 87.94% de la resistencia de diseño.

4.5. Módulo de Ruptura de Adoquines de Concreto (NTG 41087 h1)

a) Procesamiento o cálculo de Datos

Módulo de Ruptura:

$$M_R \text{ (MPa)} = \frac{3P_{\text{máx}}D}{2WH}$$

Donde:

M_R = Módulo de ruptura o resistencia a flexión (Mpa)

$P_{\text{máx}}$ = Carga máxima de compresión (KN)

D = Distancia entre apoyos (mm)

B = Ancho promedio de adoquín (mm)

H = Altura o espesor promedio de adoquín (mm)

Conversión de unidades:

$$M_R \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 10.1972 * M_R \text{ (MPa)}$$

Porcentaje de Resistencia:

$$P \text{ (\%)} = \frac{M_R}{M_D}$$

Donde:

P = Porcentaje de resistencia de la muestra obtenida con respecto a la resistencia mín. según normativa (%)

M_R = Módulo de Ruptura obtenida de las unidades muestreadas (kg/cm²)

M_D = Módulo de Ruptura mínima según normativa (kg/cm²)

Normativa:

Como se indica en el apartado 2.2.1.9. de la presente investigación, la NTG 41086 menciona que los adoquines de concreto tipo II ensayados deben cumplir con el módulo de ruptura mínima que se muestra en la Tabla 59, tanto para unidades individuales como el promedio de 3 unidades de muestra.

Tabla 59

Módulo de ruptura mínima para las unidades de concreto muestreadas

Tipo de Adoquín	Espesor nominal (mm)	Resistencia mínima a flexión MPa (kg/cm ²)	
		Promedio de 3 unidades	Unidad individual
II (Clase B) (Vehicular ligero)	80	4.1 (42)	3.5 (35.7)

Nota. Datos obtenidos de la norma NTG 41086 (2012).

Tabla 60

Módulo de ruptura mínima para los ensayos a los 7, 14 y 28 días

Días de Ensayo	% de MR	Resistencia mínima a flexión MPa (kg/cm ²)	
		Promedio de 3 unidades	Unidad individual
7 días	65%	2.67 (27.30)	2.28 (23.21)
14 días	90%	3.69 (37.80)	3.15 (32.13)
28 días	100%	4.10 (42.00)	3.5 (35.70)

Nota. Tabla elaborada con porcentajes de referencia a los 7 y 14 días.

b) Tablas y Diagramas

➤ **Módulo de Ruptura de Adoquines Patrón (0% de cenizas)**

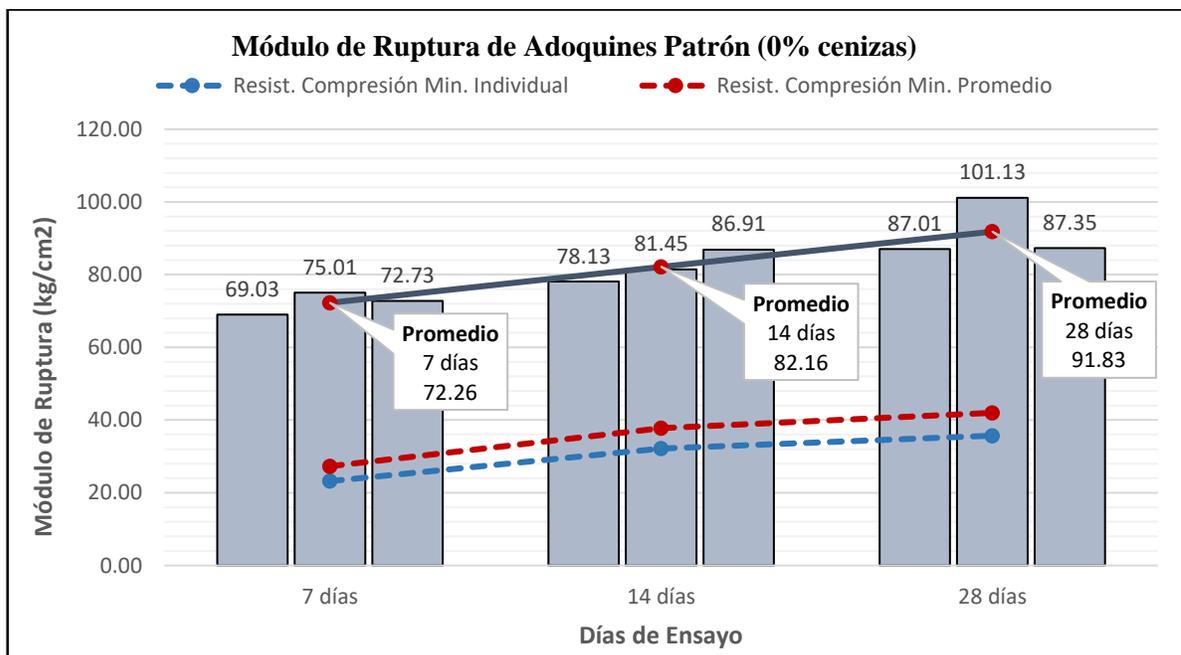
Tabla 61

Módulo de ruptura de adoquines patrón (0% de cenizas) a los 7,14 y 28 días

Días de Ensayo	MD Diseño (kg/cm ²)	Distancia entre Apoyos	Dimensiones		Pmáx Carga Máxima (KN)	Módulo de Ruptura MR (kg/cm ²)		% de Resist. Promedio (MR/MD)
			Ancho W (cm)	Alto H (cm)		Unidad individual	Promedio 3 unidades	
7 días	27.30	18.50	10.00	7.45	13.54	69.03		264.68%
		18.50	10.25	7.45	15.08	75.01	72.26	
		18.30	9.95	7.53	14.64	72.73		
14 días	37.80	18.00	10.05	7.75	17.13	78.13		217.37%
		18.10	9.95	7.63	17.02	81.45	82.16	
		18.05	9.60	7.75	18.15	86.91		
28 días	42.00	18.25	9.95	7.65	18.15	87.01		218.64%
		18.20	10.00	7.68	21.40	101.13	91.83	
		17.70	9.80	7.88	19.61	87.35		

Figura 93

Gráfico de módulo de ruptura de adoquines patrón (0% de cenizas) a los 7,14 y 28 días



Los resultados de los ensayos muestran que los valores promedio cumplen con los porcentajes de resistencia mínima de diseño a los 7, 14 y 28 días. Siendo la resistencia promedio a los 28 días de 91.83 kg/cm², lo cual representa el 218.64% con respecto a la resistencia de diseño.

➤ **Módulo de Ruptura de Adoquines con 5% de Cenizas de Hoja de Maíz**

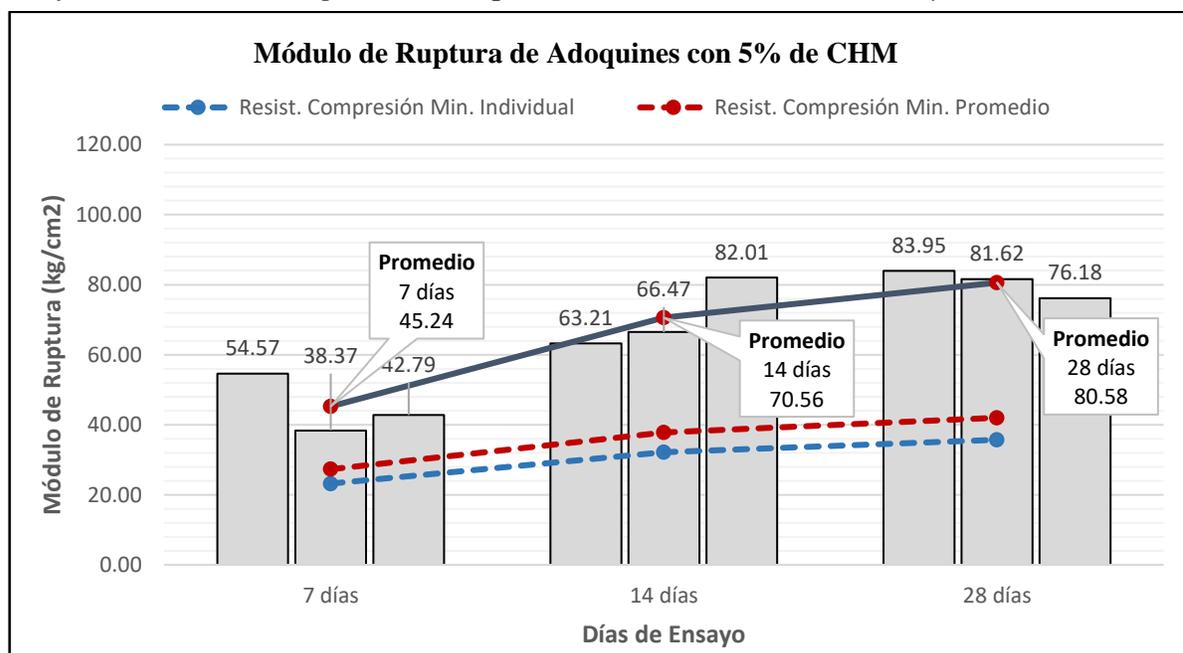
Tabla 62

Módulo de ruptura de adoquines con 5% de CHM a los 7,14 y 28 días

Días de Ensayo	MD Diseño (kg/cm ²)	Distancia entre Apoyos	Dimensiones		Pmáx Carga Máxima (KN)	Módulo de Ruptura MR (kg/cm ²)		% de Resist. Promedio (MR/MD)
			Ancho W (cm)	Alto H (cm)		Unidad individual	Promedio 3 unidades	
7 días	27.30	18.25	10.05	7.55	11.20	54.57	45.24	165.73%
		18.40	10.00	7.68	8.03	38.37		
		18.40	10.30	7.48	8.75	42.79		
14 días	37.80	18.50	10.10	7.48	12.61	63.21	70.56	186.67%
		18.25	10.60	7.23	13.18	66.47		
		19.00	10.20	7.08	14.41	82.01		
28 días	42.00	17.75	9.95	7.73	18.36	83.95	80.58	191.86%
		18.25	9.90	7.53	16.39	81.62		
		18.00	10.05	7.68	16.38	76.18		

Figura 94

Gráfico de módulo de ruptura de adoquines con 5% de CHM a los 7,14 y 28 días



Los resultados de los ensayos muestran que los valores promedio cumplen con los porcentajes de resistencia mínima de diseño a los 7, 14 y 28 días. Siendo la resistencia promedio a los 28 días de 80.58 kg/cm², lo cual representa el 191.86% con respecto a la resistencia de diseño.

➤ **Módulo de Ruptura de Adoquines con 10% de Cenizas de Hoja de Maíz**

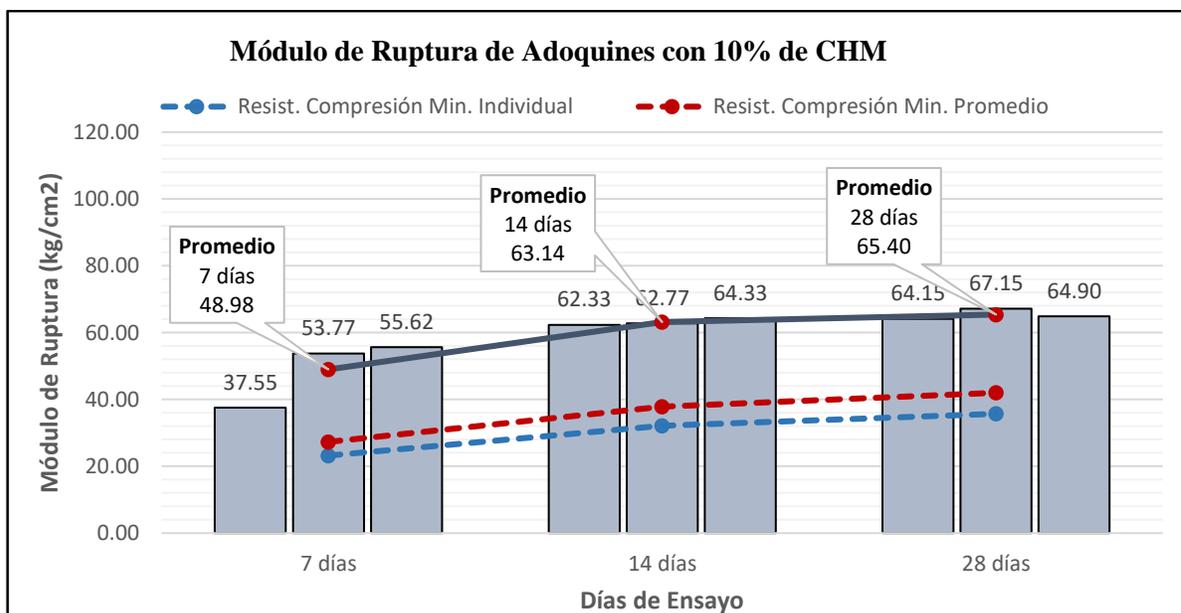
Tabla 63

Módulo de ruptura de adoquines con 10% de CHM a los 7,14 y 28 días

Días de Ensayo	MD Diseño (kg/cm ²)	Distancia entre Apoyos	Dimensiones		Pmáx Carga Máxima (KN)	Módulo de Ruptura MR (kg/cm ²)		% de Resist. Promedio (MR/MD)
			Ancho W (cm)	Alto H (cm)		Unidad individual	Promedio 3 unidades	
7 días	27.30	18.15	10.15	7.48	7.67	37.55	48.98	179.41%
		18.15	10.10	7.48	10.93	53.77		
		18.25	10.30	7.35	11.09	55.62		
14 días	37.80	18.30	10.05	7.38	12.17	62.33	63.14	167.05%
		18.80	9.80	7.30	11.40	62.77		
		18.40	10.10	7.48	12.90	64.33		
28 días	42.00	18.05	10.10	7.50	13.20	64.15	65.40	155.72%
		18.25	10.00	7.65	14.08	67.15		
		18.25	10.35	7.48	13.45	64.90		

Figura 95

Gráfico de módulo de ruptura de adoquines con 10% de CHM a los 7,14 y 28 días



Los resultados de los ensayos muestran que los valores promedio cumplen con los porcentajes de resistencia mínima de diseño a los 7, 14 y 28 días. Siendo la resistencia promedio a los 28 días de 65.40 kg/cm², lo cual representa el 151.72% con respecto a la resistencia de diseño.

➤ **Módulo de Ruptura de Adoquines con 15% de Cenizas de Hoja de Maíz**

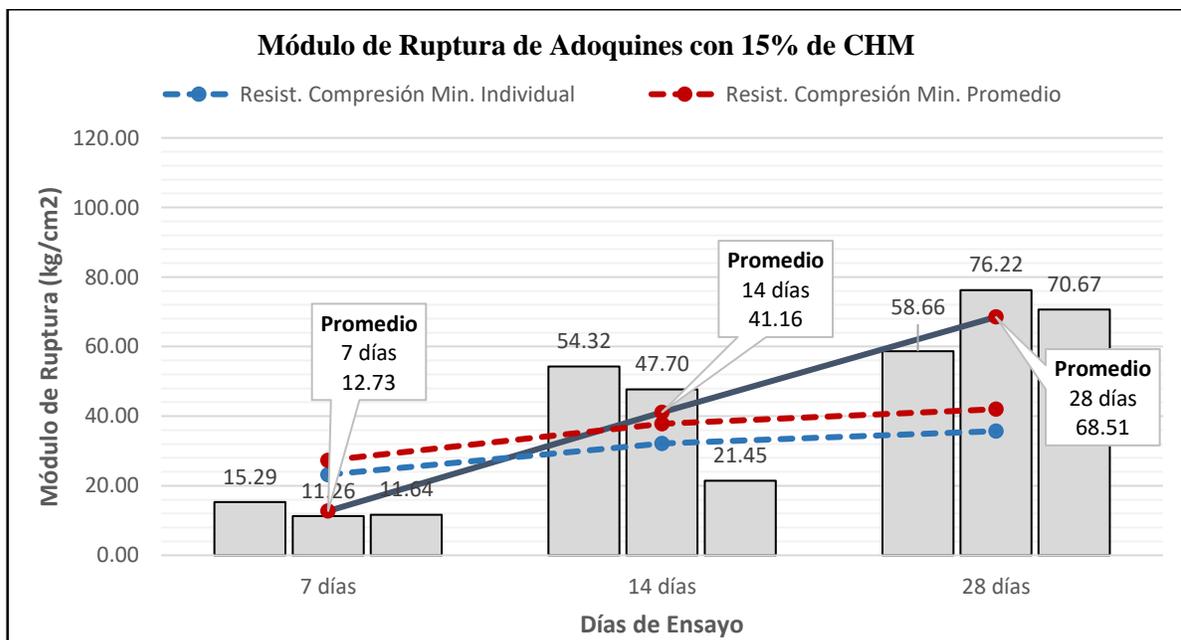
Tabla 64

Módulo de ruptura de adoquines con 15% de CHM a los 7,14 y 28 días

Días de Ensayo	MD Diseño (kg/cm ²)	Distancia entre Apoyos	Dimensiones		Pmáx Carga Máxima (KN)	Módulo de Ruptura MR (kg/cm ²)		% de Resist. Promedio (MR/MD)
			Ancho W (cm)	Alto H (cm)		Unidad individual	Promedio 3 unidades	
7 días	27.30	18.90	10.05	7.23	2.78	15.29	12.73	46.63%
		17.80	9.85	7.73	2.43	11.26		
		18.85	9.90	7.35	2.16	11.64		
14 días	37.80	18.50	10.25	7.60	11.36	54.32	41.16	108.88%
		18.15	10.00	7.65	10.06	47.70		
		18.45	10.30	7.15	4.00	21.45		
28 días	42.00	18.00	9.75	7.58	11.92	58.66	68.51	163.13%
		18.90	10.10	7.25	14.00	76.22		
		18.50	10.40	7.13	13.19	70.67		

Figura 96

Gráfico de módulo de ruptura de adoquines con 15% de CHM a los 7,14 y 28 días



Los resultados de los ensayos muestran que los valores promedio cumplen con los porcentajes de resistencia mínima de diseño a los 14 y 28 días. Siendo la resistencia promedio a los 28 días de 68.51 kg/cm², lo cual representa el 163.13% con respecto a la resistencia de diseño.

➤ **Módulo de Ruptura de Adoquines con 5% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar**

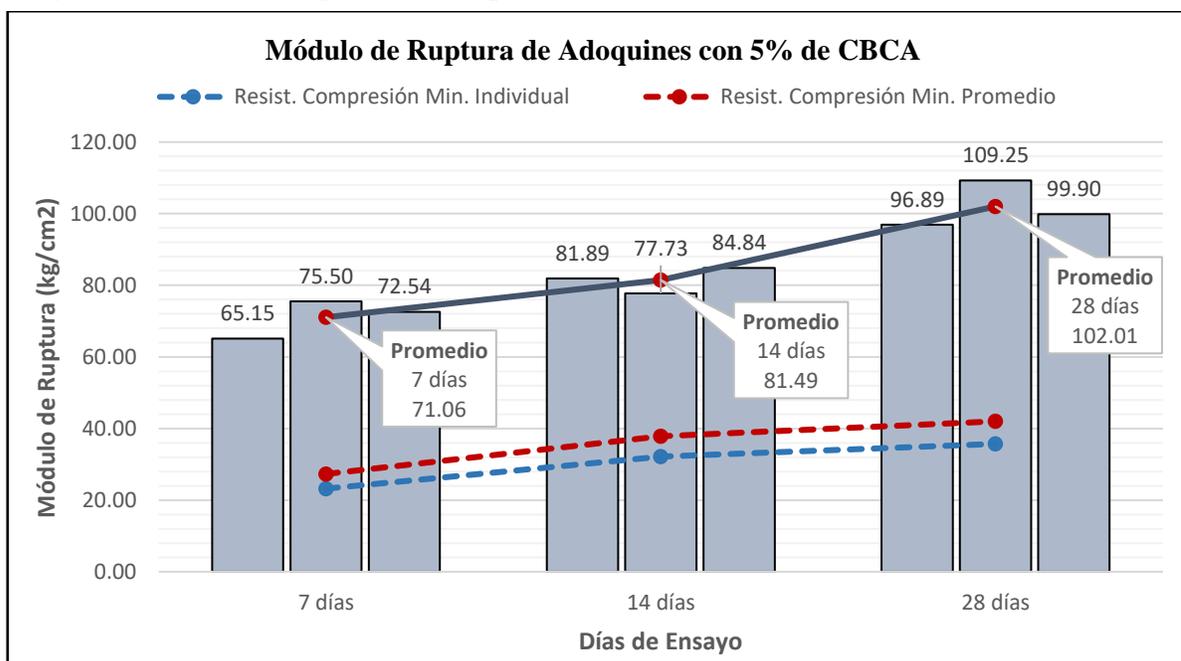
Tabla 65

Módulo de ruptura de adoquines con 5% de CBCA a los 7,14 y 28 días

Días de Ensayo	MD Diseño (kg/cm ²)	Distancia entre Apoyos	Dimensiones		Pmáx Carga Máxima (KN)	Módulo de Ruptura MR (kg/cm ²)		% de Resist. Promedio (MR/MD)
			Ancho W (cm)	Alto H (cm)		Unidad individual	Promedio 3 unidades	
7 días	27.30	18.80	10.40	7.15	12.05	65.15	71.06	260.30%
		18.05	10.00	7.55	15.59	75.50		
		18.05	9.70	7.70	15.11	72.54		
14 días	37.80	18.20	10.20	7.33	16.10	81.89	81.49	215.57%
		18.15	10.05	7.55	16.04	77.73		
		18.55	10.20	7.23	15.92	84.84		
28 días	42.00	18.35	9.70	7.58	19.21	96.89	102.01	242.89%
		18.65	10.30	6.95	19.05	109.25		
		18.00	10.05	7.68	21.48	99.90		

Figura 97

Gráfico de módulo de ruptura de adoquines con 5% de CBCA a los 7,14 y 28 días



Los resultados de los ensayos muestran que los valores promedio cumplen con los porcentajes de resistencia mínima de diseño a los 7, 14 y 28 días. Siendo la resistencia promedio a los 28 días de 102.01 kg/cm², lo cual representa el 242.89% con respecto a la resistencia de diseño.

➤ **Módulo de Ruptura de Adoquines con 10% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar**

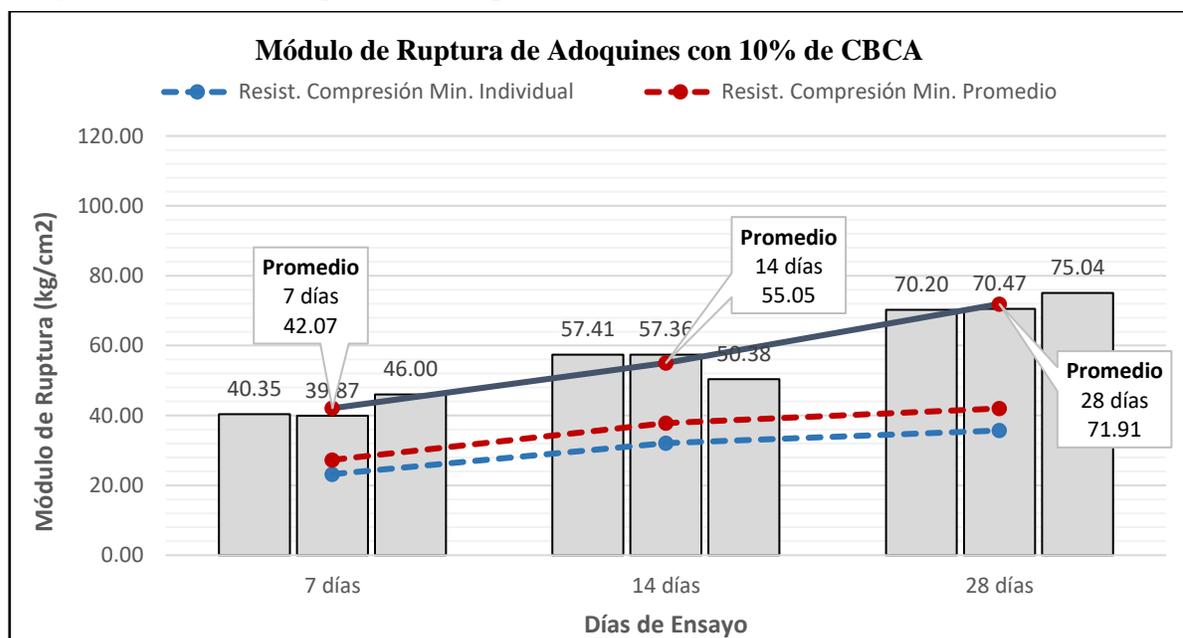
Tabla 66

Módulo de ruptura de adoquines con 10% de CBCA a los 7,14 y 28 días

Días de Ensayo	MD Diseño (kg/cm ²)	Distancia entre Apoyos	Dimensiones		Pmáx Carga Máxima (KN)	Módulo de Ruptura MR (kg/cm ²)		% de Resist. Promedio (MR/MD)
			Ancho W (cm)	Alto H (cm)		Unidad individual	Promedio 3 unidades	
7 días	27.30	18.10	10.10	7.55	8.39	40.35	42.07	154.11%
		18.80	10.30	7.13	7.25	39.87		
		18.00	10.00	7.43	9.21	46.00		
14 días	37.80	17.30	10.35	7.65	13.14	57.41	55.05	145.64%
		18.40	10.00	7.53	11.54	57.36		
		18.20	10.10	7.55	10.42	50.38		
28 días	42.00	18.15	10.00	7.45	14.04	70.20	71.91	171.21%
		18.30	10.15	7.48	14.28	70.47		
		18.20	9.95	7.53	15.19	75.04		

Figura 98

Gráfico de módulo de ruptura de adoquines con 10% de CBCA a los 7,14 y 28 días



Los resultados de los ensayos muestran que los valores promedio cumplen con los porcentajes de resistencia mínima de diseño a los 7, 14 y 28 días. Siendo la resistencia promedio a los 28 días de 71.91 kg/cm², lo cual representa el 171.21% con respecto a la resistencia de diseño.

➤ **Módulo de Ruptura de Adoquines con 15% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar**

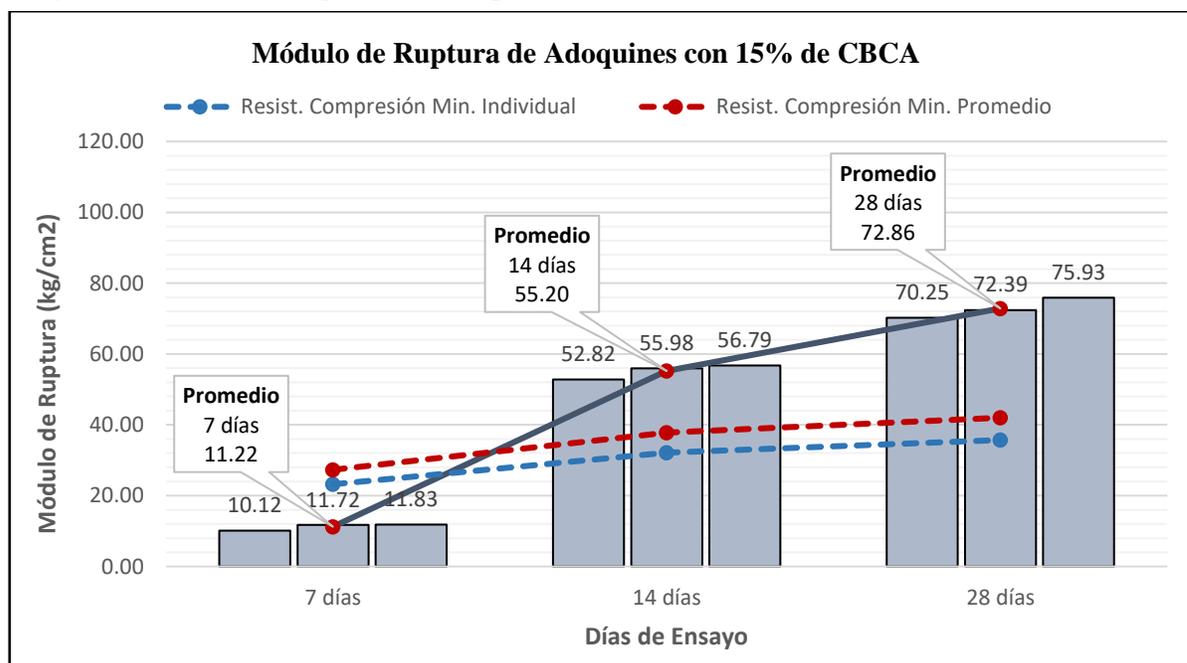
Tabla 67

Módulo de ruptura de adoquines con 15% de CBCA a los 7,14 y 28 días

Días de Ensayo	MD Diseño (kg/cm ²)	Distancia entre Apoyos	Dimensiones		Pmáx Carga Máxima (KN)	Módulo de Ruptura MR (kg/cm ²)		% de Resist. Promedio (MR/MD)
			Ancho W (cm)	Alto H (cm)		Unidad individual	Promedio 3 unidades	
7 días	27.30	18.30	9.80	7.63	2.06	10.12	11.22	41.11%
		18.60	10.60	7.23	2.28	11.72		
		18.20	9.65	7.83	2.51	11.83		
14 días	37.80	18.40	10.05	7.45	10.47	52.82	55.20	146.03%
		18.70	10.35	7.13	10.28	55.98		
		18.75	10.00	7.38	10.77	56.79		
28 días	42.00	18.40	10.00	7.43	13.76	70.25	72.86	173.47%
		18.40	9.90	7.53	14.42	72.39		
		18.60	10.25	7.15	13.99	75.93		

Figura 99

Gráfico de módulo de ruptura de adoquines con 15% de CBCA a los 7,14 y 28 días



Los resultados de los ensayos muestran que los valores promedio cumplen con los porcentajes de resistencia mínima de diseño a los 14 y 28 días. Siendo la resistencia promedio a los 28 días de 72.86 kg/cm², lo cual representa el 173.47% con respecto a la resistencia de diseño.

4.6. Análisis de Costo de la Elaboración de Adoquines de Concreto

4.6.1. Costo de Materiales y Equipos Utilizados

Tabla 68

Tabla precios de materiales y equipos utilizados en los adoquines

Materiales y Equipos Utilizados en la elaboración de adoquines		Unid.	Cantidad	Precio
Materiales				
-	Arena gruesa puesto en el laboratorio	m ³	1.00	80.00
-	Piedra chancada 3/8" puesto en el laboratorio	m ³	1.00	50.00
-	Cemento tipo I	bls	1.00	29.50
-	Agua	m ³	1.00	2.00
Herramientas				
-	Mezcladora de Concreto de 5pies cúbicos	Hm	1.00	10.00
-	Mesa Vibratoria	Hm	1.00	10.00

4.6.2. Análisis de Costo de un Adoquín sin Cenizas (Patrón)

Tabla 69

Análisis de costos por m³ de adoquines sin incorporación de cenizas de $f'c=380\text{kg/cm}^2$

Materiales	Und	Cantidad	Und. Equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio parcial
Cemento	kg/m ³	552.486	bls	13.00	S/ 29.50	S/ 383.49
Agua	lt/m ³	198.937	m ³	0.199	S/ 1.80	S/ 0.36
Agregado fino	kg/m ³	675.882	m ³	0.261	S/ 80.00	S/ 20.88
Agregado grueso	kg/m ³	807.175	m ³	0.343	S/ 50.00	S/ 17.17
Costo por m³						S/ 421.90

Considerando que la fabricación de cada adoquín con dimensiones de 20x10x8 cm resulta en un volumen de 0.0016 m³, se deduce que se obtienen aproximadamente 500 unidades de adoquines por metro cúbico. Por lo tanto, el costo de fabricación de un solo adoquín, sin incorporar cenizas, se calcula en **S/ 0.84 soles**.

4.6.3. Análisis de Costo de un Adoquín con Cenizas de Hojas de Maíz

Las hojas de maíz, al ser obtenidas desde la facultad de Agronomía en Universidad Nacional Hermilio Valdizán, no generaron costos, dado que la mayoría de ellas solían ser descartadas y quemadas en su mayoría. Por lo que, al elaborar el análisis de costos, se considerará exclusivamente el gasto al transporte y la incineración, que asciende a un total de S/ 20.00 soles por un lote de aproximadamente 10 sacos de hojas de maíz que fueron quemados. A continuación, se presenta el análisis de costos incorporando cenizas de hojas de maíz en los adoquines, en proporciones del 5%, 10% y 15%.

Tabla 70

Análisis de costos por m³ de adoquines con CHM al 5%

Materiales	Und	Cantidad	Und. Equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio parcial
Cemento	kg/m ³	524.862	bls	12.35	S/ 29.50	S/ 364.32
Cenizas CHM (5%)	kg/m ³	27.624	Kg	27.62	S/ 0.66	S/ 18.23
Agua	1t/m ³	198.937	m ³	0.199	S/ 1.80	S/ 0.36
Agregado fino	kg/m ³	675.882	m ³	0.261	S/ 80.00	S/ 20.88
Agregado grueso	kg/m ³	807.175	m ³	0.343	S/ 50.00	S/ 17.17
Costo por m³						S/ 420.96

Con el precio por metro cubico, se obtiene el costo de fabricación de un solo adoquín incorporando cenizas de hojas de maíz al 5%, dándonos un precio de **S/ 0.84 soles**.

Tabla 71*Análisis de costos por m³ de adoquines con CHM al 10%*

Materiales	Und	Cantidad	Und. Equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio parcial
Cemento	kg/m ³	497.237	bls	11.70	S/ 29.50	S/ 345.14
Cenizas CHM (10%)	kg/m ³	55.249	Kg	55.25	S/ 0.66	S/ 36.46
Agua	lt/m ³	198.937	m ³	0.199	S/ 1.80	S/ 0.36
Agregado fino	kg/m ³	675.882	m ³	0.261	S/ 80.00	S/ 20.88
Agregado grueso	kg/m ³	807.175	m ³	0.343	S/ 50.00	S/ 17.17
Costo por m³						S/ 420.01

Con el precio por metro cubico, se obtiene el costo de fabricación de un solo adoquín incorporando cenizas de hojas de maíz al 10%, dándonos un precio de **S/ 0.84 soles**.

Tabla 72*Análisis de costos por m³ de adoquines con CHM al 15%*

Materiales	Und	Cantidad	Und. Equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio parcial
Cemento	kg/m ³	469.613	bls	11.05	S/ 29.50	S/ 325.97
Cenizas CHM (15%)	kg/m ³	82.873	Kg	82.87	S/ 0.66	S/ 54.70
Agua	lt/m ³	198.937	m ³	0.199	S/ 1.80	S/ 0.36
Agregado fino	kg/m ³	675.882	m ³	0.261	S/ 80.00	S/ 20.88
Agregado grueso	kg/m ³	807.175	m ³	0.343	S/ 50.00	S/ 17.17
Costo por m³						S/ 419.07

Con el precio por metro cubico, se obtiene el costo de fabricación de un solo adoquín incorporando cenizas de hojas de maíz al 15%, dándonos un precio de **S/ 0.84 soles**.

4.6.4. Análisis de Costo de un Adoquín con Cenizas de Bagazo de Caña de Azúcar

El bagazo de caña de azúcar fue obtenido de la hacienda fundo Pacán, ellos al utilizarlos como combustible para sus calderas, desechaban las cenizas, por lo que no presento ningún costo adicional, para este análisis solo se considera el costo del traslado de las cenizas, que asciende a un total de S/ 10.00 soles por un saco de aproximadamente 40 kg de cenizas de bagazo de caña de azúcar. A continuación, se presenta el análisis de costos incorporando cenizas de bagazo de caña de azúcar en los adoquines, en proporciones del 5%, 10% y 15%.

Tabla 73

Análisis de costos por m³ de adoquines con CBCA al 5%

Materiales	Und	Cantidad	Und. Equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio parcial
Cemento	kg/m ³	524.862	bls	12.35	S/ 29.50	S/ 364.32
Cenizas CBCA (5%)	kg/m ³	27.624	Kg	27.62	S/ 0.33	S/ 9.12
Agua	lt/m ³	198.937	m ³	0.199	S/ 1.80	S/ 0.36
Agregado fino	kg/m ³	675.882	m ³	0.261	S/ 80.00	S/ 20.88
Agregado grueso	kg/m ³	807.175	m ³	0.343	S/ 50.00	S/ 17.17
Costo por m³						S/ 411.84

Con el precio por metro cubico, se obtiene el costo de fabricación de un solo adoquín incorporando cenizas de Bagazo de Caña de Azúcar 5%, dándonos un precio de **S/ 0.82 soles**.

Tabla 74*Análisis de costos por m3 de adoquines con CBCA al 10%*

Materiales	Und	Cantidad	Und. Equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio parcial
Cemento	kg/m3	497.237	bls	11.70	S/ 29.50	S/ 345.14
Cenizas CBCA (10%)	kg/m3	55.249	Kg	55.25	S/ 0.33	S/ 18.23
Agua	lt/m3	198.937	m3	0.199	S/ 1.80	S/ 0.36
Agregado fino	kg/m3	675.882	m3	0.261	S/ 80.00	S/ 20.88
Agregado grueso	kg/m3	807.175	m3	0.343	S/ 50.00	S/ 17.17
Costo por m3						S/ 401.78

Con el precio por metro cubico, se obtiene el costo de fabricación de un solo adoquín con cenizas de Bagazo de Caña de Azúcar al 10%, dándonos un precio de **S/ 0.80 soles**.

Tabla 75*Análisis de costos por m3 de adoquines con CBCA al 15%*

Materiales	Und	Cantidad	Und. Equivalente	Cantidad equivalente	Costo Unitario de material equivalente	Precio parcial
Cemento	kg/m3	469.613	bls	11.05	S/ 29.50	S/ 325.97
Cenizas CBCA (15%)	kg/m3	82.873	Kg	82.87	S/ 0.33	S/ 27.35
Agua	l/m3	198.937	m3	0.199	S/ 1.80	S/ 0.36
Agregado fino	kg/m3	675.882	m3	0.261	S/ 80.00	S/ 20.88
Agregado grueso	kg/m3	807.175	m3	0.343	S/ 50.00	S/ 17.17
Costo por m3						S/ 391.72

Con el precio por metro cubico, se obtiene el costo de fabricación de un solo adoquín con cenizas de Bagazo de Caña de Azúcar al 15%, dándonos un precio de **en S/ 0.78 soles**.

CAPITULO V

DISCUSIÓN

En este capítulo, se presenta un análisis comparativo de los resultados obtenidos en los ensayos físicos y mecánicos realizados en los adoquines con la incorporación de ceniza de hoja de maíz (CHM) y ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA), como se detalló en el Capítulo IV. En particular, se comparten las comparaciones entre los datos obtenidos de la muestra patrón, que contenía un 0% de cenizas, y los datos correspondientes a los porcentajes de incorporación de cenizas del 5%, 10% y 15%.

Como se ha mencionado en capítulos anteriores, el objetivo general de esta investigación es determinar cómo la incorporación de CHM y CBCA influye en las propiedades físico - mecánicas de los adoquines de concreto tipo II utilizados en vías urbanas. Para lograr este propósito, hemos desglosado los objetivos específicos relacionados con cada variable independiente de la investigación, abordándolos de manera individual sin que uno afecte al otro en el análisis y comparación con la muestra de control.

En este capítulo, se presentan los resultados de este análisis comparativo, que proporciona una visión completa de cómo las cenizas influyen en las propiedades de los adoquines.

5.1. Objetivo Específico 1

5.1.1. Objetivo Específico 1.1

OE1.1: Determinar cuánto influye la incorporación de cenizas de hoja de maíz en la densidad de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.

a) Comparación de Resultados

Analizando los resultados mostrados en la Tabla 76, que muestra la comparación de los datos obtenidos del ensayo de densidad a los 28 días para las muestras patrón (0% de cenizas) y las muestras con cenizas de hoja de maíz (CHM) en porcentajes de 5%, 10% y 15%, se puede observar en términos generales que la incorporación de CHM como reemplazo parcial del cemento conlleva una reducción en la densidad en comparación con las muestras de control a medida que se aumenta el porcentaje de cenizas. En la Figura 100 se observa esta influencia.

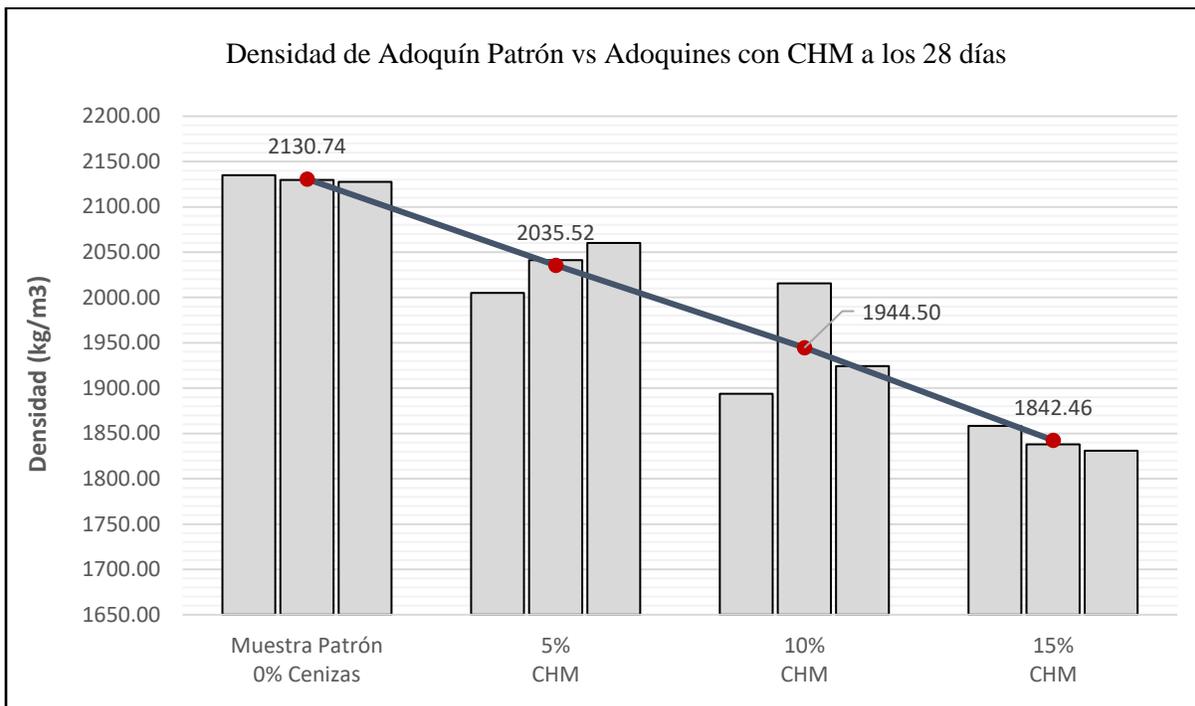
Tabla 76

Densidad de adoquines con CHM a los 28 días

Muestra de Adoquín	Días de Ensayo	N° de Muestra	Wd Peso Seco (kg)	Ws Peso Saturado (kg)	Wi Peso Sumergido (kg)	Densidad de Adoquines (kg/m ³)	
						Unidades individuales	Promedio de 3 unidades
Muestra Patrón 0% Cenizas	28 días	M-1	3.604	3.743	2.055	2135.07	2130.74
		M-2	3.678	3.817	2.090	2129.70	
		M-3	3.606	3.760	2.065	2127.43	
5% CHM	28 días	M-1	3.483	3.637	1.900	2005.18	2035.52
		M-2	3.423	3.557	1.880	2041.14	
		M-3	3.523	3.670	1.960	2060.23	
10% CHM	28 días	M-1	3.176	3.338	1.661	1893.86	1944.50
		M-2	3.394	3.554	1.870	2015.44	
		M-3	3.250	3.398	1.709	1924.22	
15% CHM	28 días	M-1	3.070	3.332	1.680	1858.35	1842.46
		M-2	3.031	3.339	1.690	1838.08	
		M-3	3.065	3.369	1.695	1830.94	

Figura 100

Gráfico de densidad de adoquines con CHM a los 28 días



El análisis general de los resultados es un paso importante, sin embargo, para llegar a conclusiones sólidas sobre en qué porcentajes de incorporación de CHM se reduce significativamente la densidad, es necesario realizar un análisis inferencial.

b) Prueba de Hipótesis

H₀ = La incorporación de cenizas de hoja de maíz reduce la densidad de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas [$\mu_0 > \mu_{CHM}$]

H_a = La incorporación de cenizas de hoja de maíz no reduce la densidad de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas [$\mu_0 = \mu_{CHM}$]

c) Supuestos del Análisis Inferencial

Se llevó a cabo un análisis de los supuestos para determinar la prueba de hipótesis y la prueba Ad-Hoc apropiada. En la Tabla 77 se presenta un resumen de estos resultados de significancia de los supuestos evaluados y las pruebas correspondientes a realizar.

Tabla 77

Supuestos para los datos de densidad de adoquines con CHM

Tipo de Muestras	Normalidad	Homogeneidad de Varianzas		Prueba de Hipótesis
	Shapiro-Wilk P (Sig.)	Levene P (Sig.)		
0% S/C	0.948			
5% CHM	0.970	0.027		T de Welch (Varianzas desiguales)
10% CHM	0.923			
15% CHM	0.929			

Nota: Resultados obtenidos del programa SPSS.

d) Prueba T de Welch

Se realizó la prueba T de Welch para comparar las densidades de los adoquines entre el grupo de control (0% de cenizas) y los grupos con inclusión de CHM en porcentajes de 5%, 10% y 15%. Los resultados obtenidos proporcionan la siguiente información:

- Para el grupo con inclusión del 5% de CHM, se encontró una diferencia significativa en la densidad de los adoquines en comparación con el grupo de control ($p = 0.004$), asumiendo varianzas iguales ($p = 0.083$). Los datos se muestran en la Tabla 78.

Tabla 78

Prueba de Welch para el análisis de densidad entre adoquines con 0% S/C y 5% CHM

Grupos: 0% S/C 5% CHM	Prueba de Levene igualdad de varianza		Prueba t para la igualdad de medias					
	F	Sig.	T	GL	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Límite inferior	Límite Superior
Se asumen varianzas iguales	5.283	0.083	5.842	4	0.004	95.216	49.968	140.465
No se asumen varianzas iguales			5.842	2.079	0.026	95.216	27.579	162.854

Nota: Resultados de la prueba Welch obtenido del programa SPSS.

- En el grupo con inclusión del 10% de CHM, se observó una diferencia significativa en la densidad de los adoquines en comparación con el grupo de control ($p = 0.036$), asumiendo varianzas desiguales ($p = 0.040$). Los datos se muestran en la Tabla 79.

Tabla 79*Prueba de Welch para el análisis de densidad entre adoquines con 0% S/C y 10% CHM*

Grupos: 0% S/C 10% CHM	Prueba de Levene igualdad de varianza		Prueba t para la igualdad de medias					
	F	Sig.	T	GL	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Límite inferior	Límite Superior
Se asumen varianzas iguales	9.063	0.040	5.088	4	0.007	186.232	84.602	287.862
No se asumen varianzas iguales			5.088	2.015	0.036	186.232	29.882	342.583

Nota: Resultados de la prueba Welch obtenido del programa SPSS.

- En cuanto al grupo con inclusión del 15% de CHM, se encontró una diferencia significativa en la densidad de los adoquines en comparación con el grupo de control ($p < 0.001$), asumiendo varianzas iguales ($p = 0.092$). Los datos se muestran en la Tabla 80.

Tabla 80*Prueba de Welch para el análisis de densidad entre adoquines con 0% S/C y 15% CHM*

Grupos: 0% S/C 15% CHM	Prueba de Levene igualdad de varianza		Prueba t para la igualdad de medias					
	F	Sig.	T	GL	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Límite inferior	Límite Superior
Se asumen varianzas iguales	4.861	0.092	33.851	4	0.000	288.276	264.632	311.921
No se asumen varianzas iguales			33.851	2.303	0.000	288.276	255.883	320.670

Nota: Resultados de la prueba Welch obtenido del programa SPSS.

e) **Discusión de Comparación**

Los resultados indican que la inclusión de CHM en diferentes porcentajes tiene un impacto significativo en la densidad de los adoquines. Basándonos en el análisis de la comparación de datos con respecto a la muestra control, existe evidencia significativa para aceptar la hipótesis nula y rechazar la hipótesis alternativa. Por lo que podemos concluir que **la incorporación de cenizas hoja de maíz reduce la densidad de Adoquines de Concreto Tipo II para Vías Urbanas.**

5.1.2. Objetivo Específico 1.2

OE1.2: Determinar cuánto influye la incorporación de cenizas de bagazo de caña de azúcar en la densidad de Adoquines de Concreto Tipo II para Vías Urbanas.

a) Comparación de Resultados

Analizando los resultados mostrados en la Tabla 81, que muestra la comparación de los datos obtenidos del ensayo de densidad a los 28 días para las muestras patrón (0% de cenizas) y las muestras cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBCA) en porcentajes de 5%, 10% y 15%, se puede observar en términos generales que la incorporación de CBCA como reemplazo parcial del cemento conlleva una reducción en la densidad en comparación con las muestras de control a medida que se aumenta el porcentaje de cenizas. En la Figura 101 se observa esta influencia.

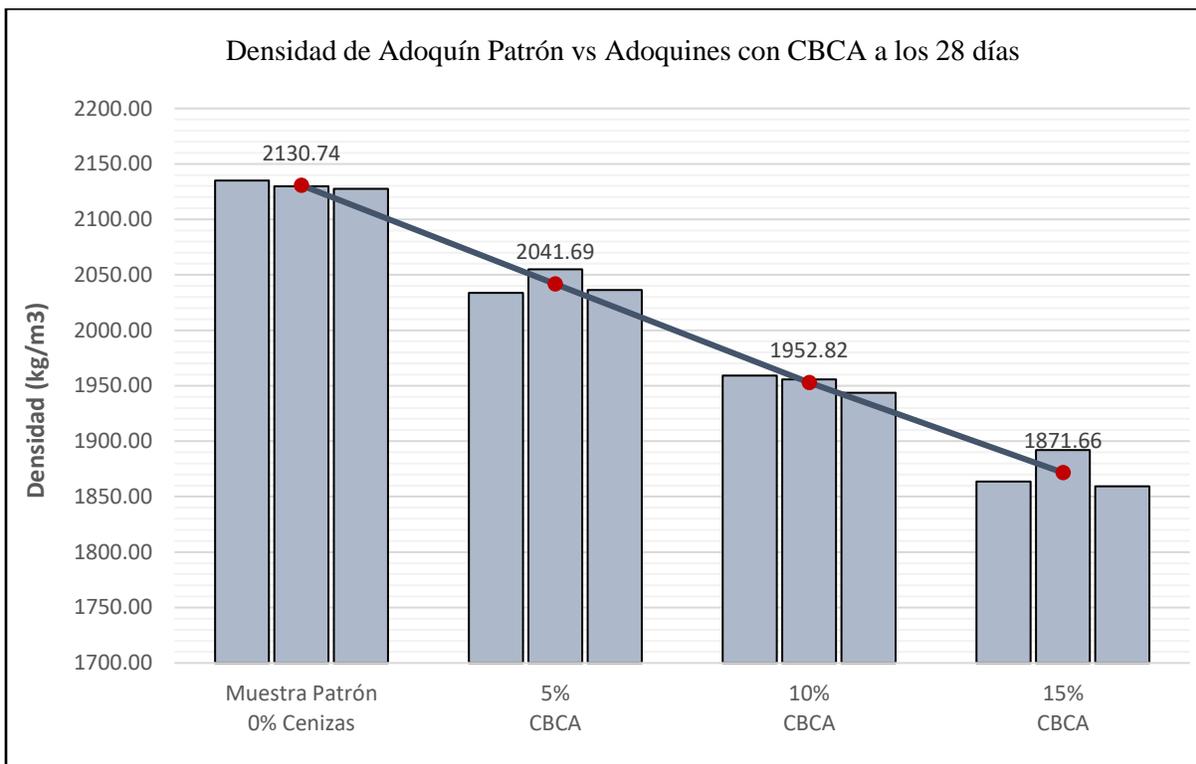
Tabla 81

Densidad de adoquines con CBCA a los 28 días

Muestra de Adoquín	Días de Ensayo	N° de Muestra	Wd Peso Seco (kg)	Ws Peso Saturado (kg)	Wi Peso Sumergido (kg)	Densidad de Adoquines (kg/m ³)	
						Unidades individuales	Promedio de 3 unidades
Muestra Patrón 0% Cenizas	28 días	M-1	3.604	3.743	2.055	2135.07	2130.74
		M-2	3.678	3.817	2.090	2129.70	
		M-3	3.606	3.760	2.065	2127.43	
5% CBCA	28 días	M-1	3.423	3.628	1.945	2033.87	2041.69
		M-2	3.446	3.627	1.950	2054.86	
		M-3	3.419	3.574	1.895	2036.33	
10% CBCA	28 días	M-1	3.207	3.417	1.780	1959.07	1952.82
		M-2	3.262	3.468	1.800	1955.64	
		M-3	3.248	3.461	1.790	1943.75	
15% CBCA	28 días	M-1	3.153	3.367	1.675	1863.48	1871.66
		M-2	3.139	3.364	1.705	1892.10	
		M-3	3.161	3.375	1.675	1859.41	

Figura 101

Gráfico de densidad de adoquines con CBCA a los 28 días



El análisis general de los resultados es un paso importante, sin embargo, para llegar a conclusiones sólidas sobre en qué porcentajes de incorporación de CBCA se reduce significativamente la densidad, es necesario realizar un análisis inferencial.

b) Prueba de Hipótesis

H₀ = La incorporación de cenizas bagazo de caña de azúcar reduce la densidad de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas [$\mu_0 > \mu_{CBCA}$]

H_a = La incorporación de cenizas bagazo de caña de azúcar no reduce la densidad de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas [$\mu_0 = \mu_{CBCA}$]

c) Supuestos del Análisis Inferencial

Se llevó a cabo un análisis de los supuestos para determinar la prueba de hipótesis y la prueba Ad-Hoc apropiada. En la Tabla 82 se presenta un resumen de estos resultados de significancia de los supuestos evaluados y las pruebas correspondientes a realizar.

Tabla 82

Supuestos para los datos de densidad de adoquines con CBCA

Tipo de Muestras	Normalidad Shapiro-Wilk P (Sig.)	Homogeneidad de Varianzas Levene P (Sig.)	Prueba de Hipótesis	Prueba Ad-Hoc
0% S/C	0.948			
5% CBCA	0.837	0.063	Análisis de Varianza de un Factor (ANOVA)	Dunnett
10% CBCA	0.908			
15% CBCA	0.842			

Nota: Resultados obtenidos del programa SPSS.

d) Prueba ANOVA

Según los resultados de la prueba ANOVA mostrados en la Tabla 89, el p-valor obtenido entre los grupos $p = 0.00$ es menor que el nivel de significancia establecido de $\alpha = 0.05$. Esto indica que existe una diferencia significativa entre al menos uno de los grupos evaluados.

Tabla 83

Prueba ANOVA para los datos de densidad de adoquines con CBCA

Fuente de variación	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	P (Sig.)
Entre grupos	112571.383	3	37523.794	283.626	0.000
Dentro de grupos	1058.402	8	132.300		
Total	113629.786	11			

Nota: Resultados de la prueba ANOVA obtenido del programa SPSS.

e) Prueba de Dunnett

Como complemento a la prueba ANOVA, se utilizó la prueba de Dunnett para realizar comparaciones múltiples entre el grupo de control y los grupos con adición de CBCA, con el objetivo de identificar de manera específica diferencias significativas.

Al analizar los resultados mostrados en la Tabla 90, se puede afirmar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los datos de densidad de los adoquines de la muestra patrón y las muestras con incorporación de 5%, 10% y 15% de CBCA. Esto se evidencia por los p-valores obtenidos en cada comparación, los cuales son $p = 0.00$ y son inferiores al nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Tabla 84

Prueba de Dunnett para los datos de densidad de adoquines con CBCA

(I) Cenizas	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
5% CBCA 0% S/C	-89,050*	9.392	0.000	-116.094	-62.006
10% CBCA 0% S/C	-177,919*	9.392	0.000	-204.963	-150.874
15% CBCA 0% S/C	-259,073*	9.392	0.000	-286.117	-232.029

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Nota: Resultados de la prueba de Dunnett obtenido del programa SPSS.

f) Discusión de Comparación

Basándonos en el análisis de la comparación de datos del ensayo de densidad respecto a la muestra control, existe evidencia significativa para aceptar la hipótesis nula y rechazar la hipótesis alternativa. Por lo que podemos concluir que **la incorporación de cenizas bagazo de caña de azúcar reduce la densidad de Adoquines de Concreto Tipo II para Vías Urbanas.**

5.2. Objetivo Específico 2

5.2.1. Objetivo Específico 2.1

OE2.1: Determinar cuánto influye la incorporación de cenizas de hoja de maíz en el contenido de humedad de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.

a) Comparación de Resultados

Analizando los resultados mostrados en la Tabla 85, que muestra la comparación de los datos obtenidos del ensayo de contenido de humedad a los 28 días para las muestras patrón (0% de cenizas) y las muestras con cenizas de hoja de maíz (CHM) en porcentajes de 5%, 10% y 15%, se puede observar en términos generales que la incorporación de CHM como reemplazo parcial del cemento conlleva un aumento en el porcentaje de contenido de humedad en comparación con las muestras de control. En la Figura 102 se observa visualmente esta influencia.

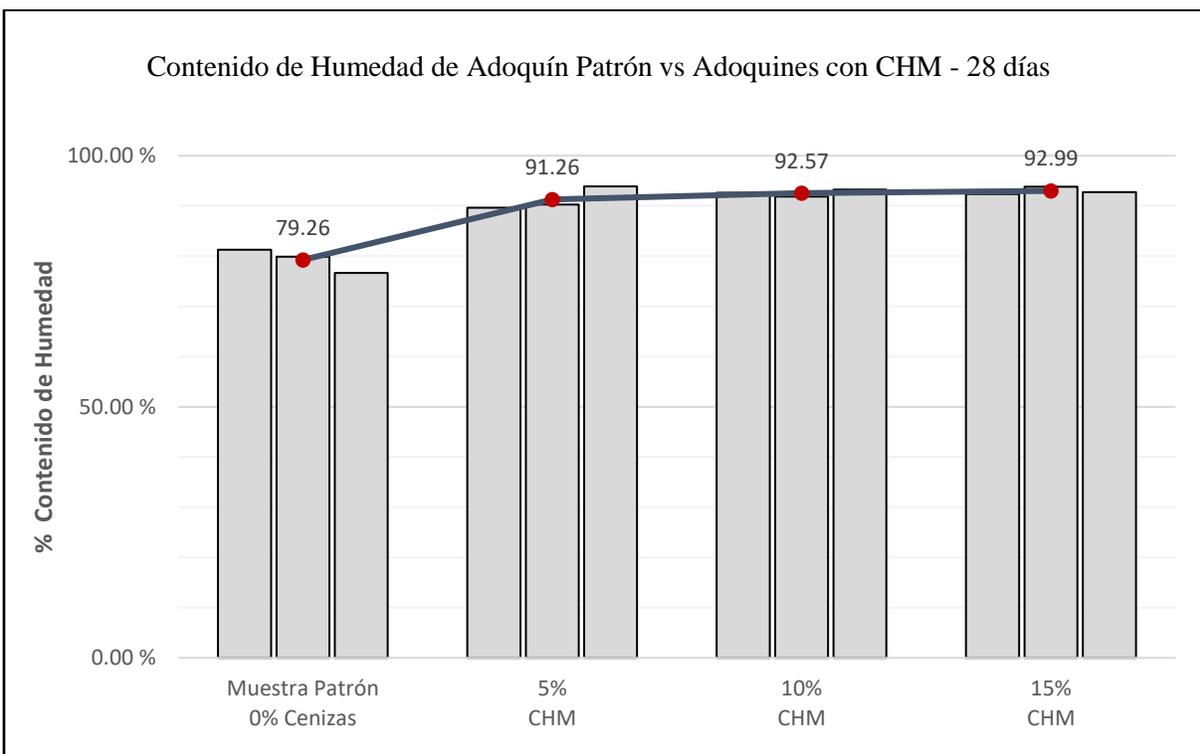
Tabla 85

Contenido de humedad de adoquines con CHM a los 28 días

Muestra de Adoquín	Días de Ensayo	N° de Muestra	Wi Peso Recibido (kg)	Wd Peso Seco (kg)	Ws Peso Saturado (kg)	Contenido de Humedad (%)	
						Unidades individuales	Promedio de 3 unidades
Muestra Patrón 0% Cenizas	28 días	M-1	3.717	3.604	3.743	81.29	79.26
		M-2	3.789	3.678	3.817	79.86	
		M-3	3.724	3.606	3.760	76.62	
5% CHM	28 días	M-1	3.621	3.483	3.637	89.61	91.26
		M-2	3.544	3.423	3.557	90.30	
		M-3	3.661	3.523	3.670	93.88	
10% CHM	28 días	M-1	3.326	3.176	3.338	92.59	92.57
		M-2	3.541	3.394	3.554	91.88	
		M-3	3.388	3.250	3.398	93.24	
15% CHM	28 días	M-1	3.312	3.070	3.332	92.37	92.99
		M-2	3.320	3.031	3.339	93.83	
		M-3	3.347	3.065	3.369	92.76	

Figura 102

Gráfico del contenido de humedad de adoquines con CHM a los 28 días



Debido a esto, la hipótesis que sugiere una reducción del porcentaje de contenido de humedad con la incorporación de CHM es rechazada. No obstante, es necesario realizar un análisis inferencial para determinar si existe una diferencia significativa y así poder concluir en qué porcentajes de incorporación de CHM aumenta efectivamente el contenido de humedad.

b) Prueba de Hipótesis

La hipótesis 2.1 ha sido reformulada de la siguiente manera:

H₀ = La incorporación de cenizas de hoja de maíz aumenta el contenido de humedad de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas [$\mu_0 < \mu_{CHM}$]

H_a = La incorporación de cenizas de hoja de maíz no aumenta el contenido de humedad de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas [$\mu_0 = \mu_{CHM}$]

c) Supuestos del Análisis Inferencial

Se llevó a cabo un análisis de los supuestos para determinar la prueba de hipótesis y la prueba Ad-Hoc apropiada. En la Tabla 86 se presenta un resumen de estos resultados de significancia de los supuestos evaluados y las pruebas correspondientes a realizar

Tabla 86

Supuestos para los datos de contenido de humedad de adoquines con CHM

Tipo de Muestras	Normalidad	Homogeneidad de Varianzas		Prueba de Hipótesis	Prueba Ad-Hoc
	Shapiro-Wilk	Levene			
	P (Sig.)	P (Sig.)			
0% S/C	0.583				
5% CHM	0.288	0.094	Análisis de Varianza de un Factor (ANOVA)	Dunnett	
10% CHM	0.946				
15% CHM	0.506				

Nota: Resultados obtenidos del programa SPSS.

d) Prueba ANOVA

Según los resultados de la prueba ANOVA mostrados en la Tabla 87, el p-valor obtenido entre los grupos $p = 0.000$ es menor que el nivel de significancia establecido de $\alpha = 0.05$. Esto indica que existe una diferencia significativa entre al menos uno de los grupos evaluados.

Tabla 87

Prueba ANOVA para los datos de contenido de humedad de adoquines con CHM

Fuente de variación	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	P (Sig.)
Entre grupos	385.985	3	128.662	42.834	0.000
Dentro de grupos	24.030	8	3.004		
Total	410.015	11			

Nota: Resultados de la prueba ANOVA obtenido del programa SPSS.

e) Prueba de Dunnett

Al analizar los resultados de la prueba de comparaciones múltiples entre el grupo control y los grupos experimentales de Dunnett, mostrados en la Tabla 88, se puede afirmar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los datos de contenido de humedad de los adoquines de la muestra patrón y las muestras con incorporación de 5%, 10% y 15% de CBCA. Esto se evidencia por los p-valores obtenidos en cada comparación, los cuales son $p = 0.00$ y son inferiores al nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Tabla 88

Prueba de Dunnett para los datos de contenido de humedad de adoquines con CHM

(I) Cenizas	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
5% CHM 0% S/C	12,004*	1.415	0.000	7.929	16.079
10% CHM 0% S/C	13,312*	1.415	0.000	9.237	17.387
15% CHM 0% S/C	13,729*	1.415	0.000	9.654	17.804

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Nota: Resultados de la prueba de Dunnett obtenido del programa SPSS.

f) Discusión de Comparación

Basándonos en el análisis de la comparación de datos del ensayo de contenido de humedad respecto a la muestra control, existe evidencia significativa para aceptar la hipótesis nula y rechazar la hipótesis alternativa. Por lo que podemos concluir que **la incorporación de cenizas de hoja de maíz aumenta el contenido de humedad de Adoquines de Concreto Tipo II para Vías Urbanas.**

5.2.2. Objetivo Específico 2.2

OE2.2: Determinar cuánto influye la incorporación de cenizas de bagazo de caña de azúcar en el contenido de humedad de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.

a) Comparación de Resultados

Analizando los resultados mostrados en la Tabla 89, que muestra la comparación de los datos obtenidos del ensayo de contenido de humedad a los 28 días para las muestras patrón (0% de cenizas) y las muestras cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBCA) en porcentajes de 5%, 10% y 15%, se puede observar en términos generales que la incorporación de CBCA como reemplazo parcial del cemento conlleva un aumento en el porcentaje de contenido de humedad en comparación con las muestras de control. En la Figura 102 se observa visualmente esta influencia.

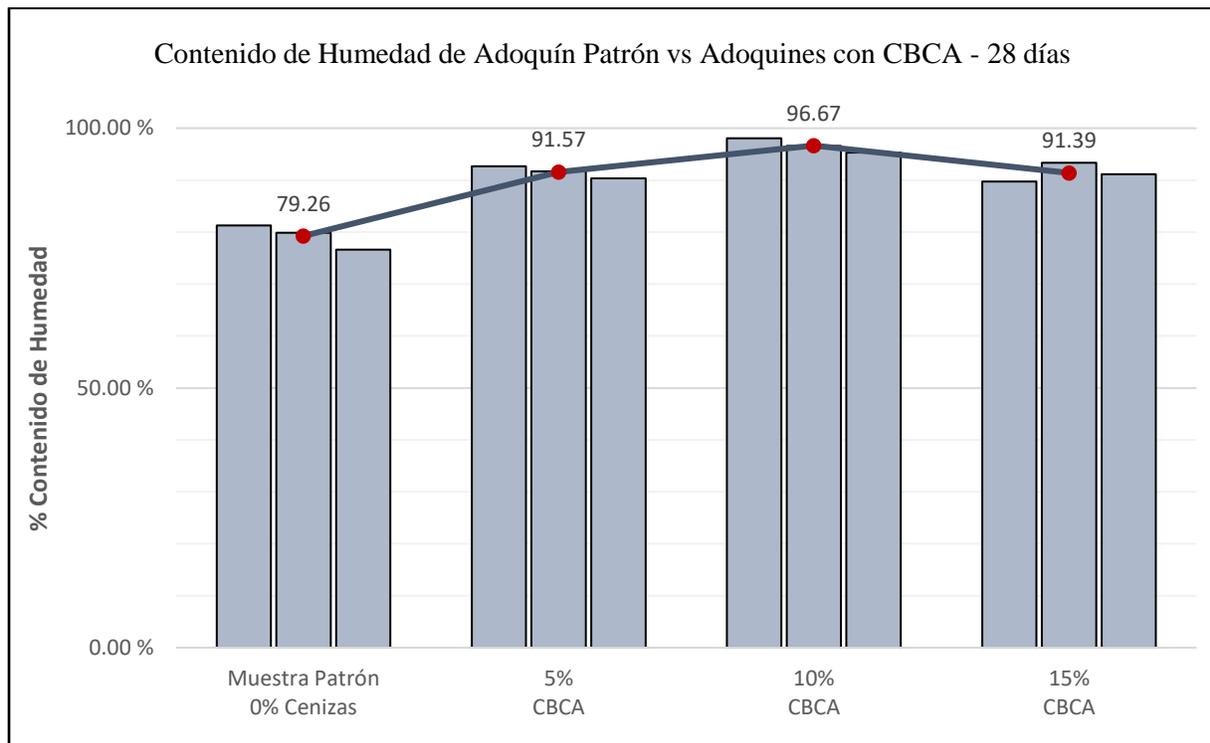
Tabla 89

Contenido de humedad de adoquines con CBCA a los 28 días

Muestra de Adoquín	Días de Ensayo	N° de Muestra	Wi Peso Recibido (kg)	Wd Peso Seco (kg)	Ws Peso Saturado (kg)	Contenido de Humedad (%)	
						Unidades individuales	Promedio de 3 unidades
Muestra Patrón 0% Cenizas	28 días	M-1	3.717	3.604	3.743	81.29	79.26
		M-2	3.789	3.678	3.817	79.86	
		M-3	3.724	3.606	3.760	76.62	
5% CHM	28 días	M-1	3.613	3.423	3.628	92.68	91.57
		M-2	3.612	3.446	3.627	91.71	
		M-3	3.559	3.419	3.574	90.32	
10% CHM	28 días	M-1	3.413	3.207	3.417	98.10	96.67
		M-2	3.461	3.262	3.468	96.60	
		M-3	3.451	3.248	3.461	95.31	
15% CHM	28 días	M-1	3.345	3.153	3.367	89.72	91.39
		M-2	3.349	3.139	3.364	93.33	
		M-3	3.356	3.161	3.375	91.12	

Figura 103

Gráfico del contenido de humedad de adoquines con CBCA a los 28 días



Debido a esto, la hipótesis que sugiere una reducción del porcentaje de contenido de humedad con la incorporación de CBCA es rechazada. No obstante, es necesario realizar un análisis inferencial para determinar si existe una diferencia significativa y así poder concluir en qué porcentajes de incorporación de CBCA aumenta efectivamente el contenido de humedad.

b) Prueba de Hipótesis

La hipótesis 2.1 ha sido reformulada de la siguiente manera:

H₀ = La incorporación de cenizas de bagazo de caña de azúcar aumenta el contenido de humedad de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas [$\mu_0 < \mu_{CBCA}$]

H_a = La incorporación de cenizas de bagazo de caña de azúcar no aumenta el contenido de humedad de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas [$\mu_0 = \mu_{CBCA}$]

c) Supuestos del Análisis Inferencial

Se llevó a cabo un análisis de los supuestos para determinar la prueba de hipótesis y la prueba Ad-Hoc apropiada. En la Tabla 90 se presenta un resumen de estos resultados de significancia de los supuestos evaluados y las pruebas correspondientes a realizar.

Tabla 90

Supuestos para los datos de contenido de humedad de adoquines con CBCA

Tipo de Muestras	Normalidad	Homogeneidad de Varianzas		Prueba de Hipótesis	Prueba Ad-Hoc
	Shapiro-Wilk	Levene			
	P (Sig.)	P (Sig.)			
0% S/C	0.583				
5% CBCA	0.805	0.568		Análisis de Varianza de un Factor (ANOVA)	Dunnett
10% CBCA	0.922				
15% CBCA	0.754				

Nota: Resultados obtenidos del programa SPSS.

d) Prueba ANOVA

Según los resultados de la prueba ANOVA mostrados en la Tabla 91, el p-valor obtenido entre los grupos $p = 0.00$ es menor que el nivel de significancia establecido de $\alpha = 0.05$. Esto indica que existe una diferencia significativa entre al menos uno de los grupos evaluados.

Tabla 91

Prueba ANOVA para los datos de contenido de humedad de adoquines CBCA

Fuente de variación	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	P (Sig.)
Entre grupos	491.831	3	163.944	52.884	0.000
Dentro de grupos	24.801	8	3.100		
Total	516.632	11			

Nota: Resultados de la prueba ANOVA obtenido del programa SPSS.

e) Prueba de Dunnett

Al analizar los resultados de la prueba de comparaciones múltiples entre el grupo control y los grupos experimentales de Dunnett, mostrados en la Tabla 92, se puede afirmar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los datos de contenido de humedad de los adoquines de la muestra patrón y las muestras con incorporación de 5%, 10% y 15% de CBCA. Esto se evidencia por los p-valores obtenidos en cada comparación, los cuales son $p = 0.00$ y son inferiores al nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Tabla 92

Prueba de Dunnett para los datos de contenido de humedad de adoquines con CBCA

(I) Cenizas	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
5% CBCA 0% S/C	12,315*	1.439	0.000	8.172	16.458
10% CBCA 0% S/C	17,358*	1.439	0.000	13.215	21.500
15% CBCA 0% S/C	12,133*	1.439	0.000	7.991	16.276

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Nota: Resultados de la prueba de Dunnett obtenido del programa SPSS.

f) Discusión de Comparación

Basándonos en el análisis de la comparación de datos del ensayo de contenido de humedad respecto a la muestra control, existe evidencia significativa para aceptar la hipótesis nula y rechazar la hipótesis alternativa. Por lo que podemos concluir que **la incorporación de cenizas de bagazo de caña de azúcar aumenta el contenido de humedad de Adoquines de Concreto Tipo II para Vías Urbanas.**

5.3. Objetivo Específico 3

5.3.1. Objetivo Específico 3.1

OE3.1: Determinar cuánto influye la incorporación de cenizas de hoja de maíz en el porcentaje de absorción de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.

a) Comparación de Resultados

Analizando los resultados mostrados en la Tabla 93, que muestra la comparación de los datos obtenidos del ensayo de absorción a los 28 días para las muestras patrón (0% de cenizas) y las muestras con cenizas de hoja de maíz (CHM) en porcentajes de 5%, 10% y 15%, se puede observar en términos generales que la incorporación de CHM como reemplazo parcial del cemento conlleva a un aumento numérico del porcentaje de absorción en comparación con las muestras de control. En la Figura 104 se observa visualmente esta influencia.

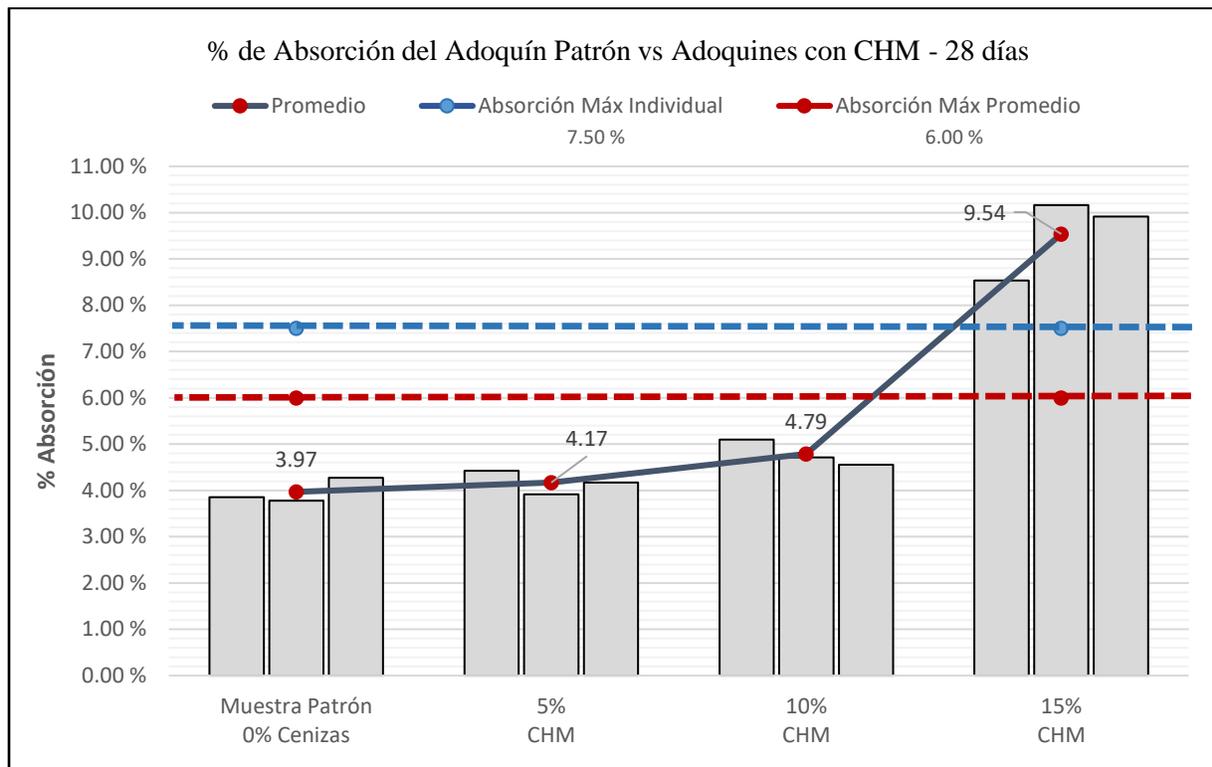
Tabla 93

Absorción de adoquines con CHM a los 28 días

Muestra de Adoquín	Días de Ensayo	N° de Muestra	Wd Peso Seco (kg)	Ws Peso Saturado (kg)	Wi Peso Sumergido (kg)	Absorción de Adoquines (%)	
						Unidades individuales	Promedio de 3 unidades
Muestra Patrón 0% Cenizas	28 días	M-1	3.604	3.743	2.055	3.86	3.97
		M-2	3.678	3.817	2.090	3.78	
		M-3	3.606	3.760	2.065	4.27	
5% CHM	28 días	M-1	3.483	3.637	1.900	4.42	4.17
		M-2	3.423	3.557	1.880	3.91	
		M-3	3.523	3.670	1.960	4.17	
10% CHM	28 días	M-1	3.176	3.338	1.661	5.10	4.79
		M-2	3.394	3.554	1.870	4.71	
		M-3	3.250	3.398	1.709	4.55	
15% CHM	28 días	M-1	3.070	3.332	1.680	8.53	9.54
		M-2	3.031	3.339	1.690	10.16	
		M-3	3.065	3.369	1.695	9.92	

Figura 104

Gráfico de la absorción de adoquines con CHM a los 28 días



Para el caso de incorporación del 15% de cenizas, el porcentaje de absorción promedio a los 28 días de ensayo es de 9.54%, lo cual supera tanto el promedio de absorción máxima (7.50%) como la absorción máxima individual de muestra (6.00%), según lo indicado en la NTP 399.611.

En contraste, las incorporaciones de 5% y 10% de CHM cumplen con los porcentajes máximos establecidos. No obstante, es necesario realizar un análisis inferencial para determinar si existe una diferencia significativa que nos permita afirmar que la incorporación de cenizas aumenta efectivamente el porcentaje de absorción.

b) Prueba de Hipótesis

H_0 = La incorporación de cenizas de hoja de maíz cumple con el porcentaje máximo de absorción de la NTP 399.611 de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas

$$[\mu_{0\text{máx}} > \mu_{\text{CHM}}]$$

H_a = La incorporación de cenizas de hoja de maíz no cumple con el porcentaje máximo de absorción de la NTP 399.611 de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas
 $[\mu_{0\text{máx}} < \mu_{\text{CHM}}]$

c) Supuestos del Análisis Inferencial

Se llevó a cabo un análisis de los supuestos para determinar la prueba de hipótesis y la prueba Ad-Hoc apropiada. En la Tabla 94 se presenta un resumen de estos resultados de significancia de los supuestos evaluados y las pruebas correspondientes a realizar.

Tabla 94

Supuestos para los datos de absorción de adoquines con CHM

Tipo de Muestras	Normalidad	Homogeneidad de Varianzas		Prueba de Hipótesis
	Shapiro-Wilk P (Sig.)	Levene P (Sig.)		
0% S/C	0.281			
5% CHM	0.980	0.034		T de Welch (Varianzas desiguales)
10% CHM	0.552			
15% CHM	0.265			

Nota: Resultados obtenidos del programa SPSS.

d) Prueba T de Welch

Se realizó la prueba T de Welch para comparar el porcentaje de absorción de los adoquines en el grupo de control (0% de cenizas) y los grupos con inclusión de CHM en porcentajes de 5%, 10% y 15%. Los resultados obtenidos proporcionan la siguiente información:

- Para el grupo con inclusión del 5% de CHM, no se encontró una diferencia significativa en el porcentaje de absorción de los adoquines en comparación con el grupo de control ($p = 0.396$), asumiendo varianzas iguales ($p = 0.770$). Los datos se muestran en la Tabla 95.

Tabla 95*Prueba de Welch para el análisis de absorción entre adoquines con 0% y 5% CHM*

Grupos: 0% S/C 5% CHM	Prueba de Levene igualdad de varianza		Prueba t para la igualdad de medias					
	F	Sig.	T	GL	Sig. (bilateral)	Dif. de medias	Límite inferior	Límite Superior
Se asumen varianzas iguales	0.098	0.770	-0.949	4	0.396	-0.201	-0.788	0.386
No se asumen varianzas iguales			-0.949	3.993	0.396	-0.201	-0.788	0.386

Nota: Resultados de la prueba Welch obtenido del programa SPSS.

- En el grupo con inclusión del 10% de CHM, se observó una diferencia significativa en el porcentaje de absorción de los adoquines en comparación con el grupo de control ($p = 0.021$), asumiendo también varianzas iguales ($p = 0.947$). Los datos se muestran en la Tabla 96.

Tabla 96*Prueba de Welch para el análisis de absorción entre adoquines con 0% y 10% CHM*

Grupos: 0% S/C 10% CHM	Prueba de Levene igualdad de varianza		Prueba t para la igualdad de medias					
	F	Sig.	T	GL	Sig. (bilateral)	Dif. de medias	Límite inferior	Límite Superior
Se asumen varianzas iguales	0.005	0.947	-3.685	4	0.021	-0.821	-1.439	-0.202
No se asumen varianzas iguales			-3.685	3.985	0.021	-0.821	-1.440	-0.201

Nota: Resultados de la prueba Welch obtenido del programa SPSS.

- En cuanto al grupo con inclusión del 15% de CHM, se encontró una diferencia significativa en el porcentaje de los adoquines en comparación con el grupo de control ($p < 0.000$), asumiendo de igual forma varianzas iguales ($p = 0.069$). Los datos se muestran en la Tabla 97.

Tabla 97

Prueba de Welch para el análisis de absorción entre adoquines con 0% y 15% CHM

Grupos: 0% S/C 15% CHM	Prueba de Levene igualdad de varianza		Prueba t para la igualdad de medias					
	F	Sig.	t	GL	Sig. (bilateral)	Dif. de medias	Límite inferior	Límite Superior
Se asumen varianzas iguales	6.094	0.069	-10.522	4	0.000	-5.569	-7.039	-4.100
No se asumen varianzas iguales			-10.522	2.359	0.005	-5.569	-7.544	-3.594

Nota: Resultados de la prueba Welch obtenido del programa SPSS.

Estos resultados indican que la inclusión de CHM en porcentajes de 10% y 15% tiene un impacto significativo en porcentaje de absorción de los adoquines. Sin embargo, la incorporación del 5% de CHM no genera un cambio estadísticamente significativo en este aspecto.

e) **Discusión de Comparación**

Basándonos en el análisis de la comparación de datos del ensayo de absorción respecto a la muestra control, existe evidencia significativa que respalda la aceptación de la hipótesis nula y el rechazo de la hipótesis alternativa cuando se incorpora un 5% y 10% de ceniza de hoja de maíz (CHM). Por otro lado, se ha encontrado evidencia para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa en relación a la incorporación del 15% de CHM.

Por consiguiente, podemos concluir que **la incorporación de cenizas hoja de maíz en un 5% y 10% cumple con el porcentaje máximo de absorción de la NTP 399.611 de adoquines de concreto Tipo II para vías urbanas. Sin embargo, esta conclusión no se cumple con la incorporación del 15% de CHM.**

5.3.2. Objetivo Específico 3.2

OE3.2: Determinar cuánto influye la incorporación de cenizas de bagazo de caña de azúcar en el porcentaje de absorción de Adoquines de Concreto Tipo II para Vías Urbanas.

a) Comparación de Resultados

Analizando los resultados mostrados en la Tabla 98, que muestra la comparación de los datos obtenidos del ensayo de absorción a los 28 días para las muestras patrón (0% de cenizas) y las muestras con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBCA) en porcentajes de 5%, 10% y 15%, se puede observar en términos generales que la incorporación de CBCA como reemplazo parcial del cemento conlleva a un aumento numérico del porcentaje de absorción en comparación con las muestras de control. En la Figura 105 se observa visualmente esta influencia.

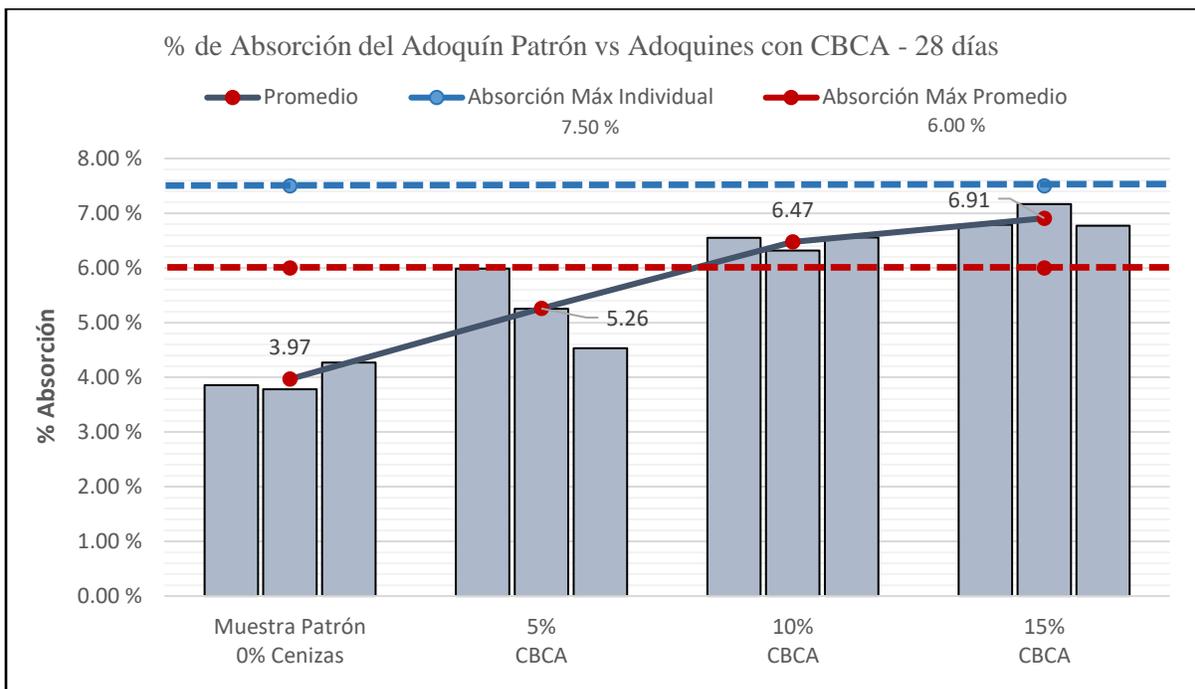
Tabla 98

Absorción de adoquines con CBCA a los 28 días

Muestra de Adoquín	Días de Ensayo	N° de Muestra	Wd Peso Seco (kg)	Ws Peso Saturado (kg)	Wi Peso Sumergido (kg)	Absorción de Adoquines (%)	
						Unidades individuales	Promedio de 3 unidades
Muestra Patrón 0% Cenizas	28 días	M-1	3.604	3.743	2.055	3.86	3.97
		M-2	3.678	3.817	2.090	3.78	
		M-3	3.606	3.760	2.065	4.27	
5% CBCA	28 días	M-1	3.423	3.628	1.945	5.99	5.26
		M-2	3.446	3.627	1.950	5.25	
		M-3	3.419	3.574	1.895	4.53	
10% CBCA	28 días	M-1	3.207	3.417	1.780	6.55	6.47
		M-2	3.262	3.468	1.800	6.32	
		M-3	3.248	3.461	1.790	6.56	
15% CBCA	28 días	M-1	3.153	3.367	1.675	6.79	6.91
		M-2	3.139	3.364	1.705	7.17	
		M-3	3.161	3.375	1.675	6.77	

Figura 105

Gráfico de la absorción de adoquines con CBCA a los 28 días



Para el caso de incorporación del 10% y 15% de cenizas, el porcentaje de absorción promedio a los 28 días de ensayo es de 6.47% y 6.91% respectivamente, lo cual no supera el promedio de absorción máxima (7.50%), pero si superan la absorción máxima individual de muestra (6.00%), según lo indicado en la NTP 399.611.

En contraste, la incorporación de 5% de CBCA cumple con los porcentajes máximos establecidos. No obstante, es necesario realizar un análisis inferencial para determinar si existe una diferencia significativa que nos permita afirmar que la incorporación de cenizas aumenta efectivamente el porcentaje de absorción.

b) Prueba de Hipótesis

H_0 = La incorporación de cenizas de bagazo de caña de azúcar cumple con el porcentaje máximo de absorción de la NTP 399.611 de Adoquines de Concreto Tipo II para Vías Urbanas

$$[\mu_{0\text{máx}} > \mu_{\text{CBCA}}]$$

H_a = La incorporación de cenizas de bagazo de caña de azúcar no cumple con el porcentaje máximo de absorción de la NTP 399.611 de Adoquines de Concreto Tipo II para Vías Urbanas [$\mu_{0\text{máx}} < \mu_{\text{CBCA}}$]

c) Supuestos del Análisis Inferencial

Se llevó a cabo un análisis de los supuestos para determinar la prueba de hipótesis y la prueba Ad-Hoc apropiada. En la Tabla 99 se presenta un resumen de estos resultados de significancia de los supuestos evaluados y las pruebas correspondientes a realizar.

Tabla 99

Supuestos para los datos de absorción de adoquines con CBCA

Tipo de Muestras	Normalidad	Homogeneidad de Varianzas		Prueba de Hipótesis	Prueba Ad-Hoc
	Shapiro-Wilk	Levene			
	P (Sig.)	P (Sig.)			
0% S/C	0.281			Análisis de Varianza de un Factor (ANOVA)	Dunnett
5% CBCA	0.987	0.228			
10% CBCA	0.067				
15% CBCA	0.073				

Nota: Resultados obtenidos del programa SPSS.

d) Prueba ANOVA

Según los resultados de la prueba ANOVA mostrados en la Tabla 1.00, el p-valor obtenido entre los grupos $p = 0.00$ es menor que el nivel de significancia establecido de $\alpha = 0.05$. Lo indica que existe una diferencia significativa entre al menos uno de los grupos.

Tabla 100

Prueba ANOVA para los datos de absorción de adoquines con CBCA

Fuente de variación	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	P (Sig.)
Entre grupos	15.725	3	5.242	31.346	0.000
Dentro de grupos	1.338	8	0.167		
Total	17.062	11			

Nota: Resultados de la prueba ANOVA obtenido del programa SPSS.

e) Prueba de Dunnett

Al analizar los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Dunnett, mostrados en la Tabla 101, se puede afirmar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los datos de absorción de los adoquines de la muestra patrón y las muestras con incorporación de 5%, 10% y 15% de CBCA. Esto se evidencia por los p-valores obtenidos en cada comparación, los cuales son $p = 0.00$ y son inferiores al nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Tabla 101

Prueba de Dunnett para los datos de absorción de adoquines con CBCA

(I) Cenizas	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
5% CBCA 0% S/C	1,289*	0.334	0.012	0.328	2.251
10% CBCA 0% S/C	2,505*	0.334	0.000	1.543	3.466
15% CBCA 0% S/C	2,940*	0.334	0.000	1.978	3.901

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Nota: Resultados de la prueba de Dunnett obtenido del programa SPSS.

f) Discusión de Comparación

Basándonos en el análisis de la comparación de datos del ensayo de absorción respecto a la muestra control, existe evidencia significativa que respalda la aceptación de la hipótesis nula y el rechazo de la hipótesis alternativa cuando se incorpora un 5% de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA). Por otro lado, se ha encontrado evidencia para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa en relación a la incorporación del 10% y 15% de CBCA.

Por consiguiente, podemos concluir que **la incorporación de cenizas de bagazo de caña de azúcar en un 5% cumple con el porcentaje máximo de absorción de la NTP 399.611 de adoquines de concreto Tipo II para vías urbanas**. Sin embargo, esta conclusión **no se cumple con la incorporación del 10% y 15% de CBCA**.

5.4. Objetivo Específico 4

5.4.1. Objetivo Específico 4.1

OE4.1: Determinar cuánto influye la incorporación de cenizas de hoja de maíz en la resistencia a la compresión de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.

a) Comparación de Resultados

Analizando los resultados mostrados en la Tabla 102, que muestra la comparación de los datos obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días para las muestras patrón (0% de cenizas) y las muestras con cenizas de hoja de maíz (CHM) en porcentajes de 5%, 10% y 15%, se puede observar en términos generales que la incorporación de CHM como reemplazo parcial del cemento reduce numéricamente la resistencia a compresión en comparación con las muestras de control. En la Figura 106 se observa visualmente esta influencia.

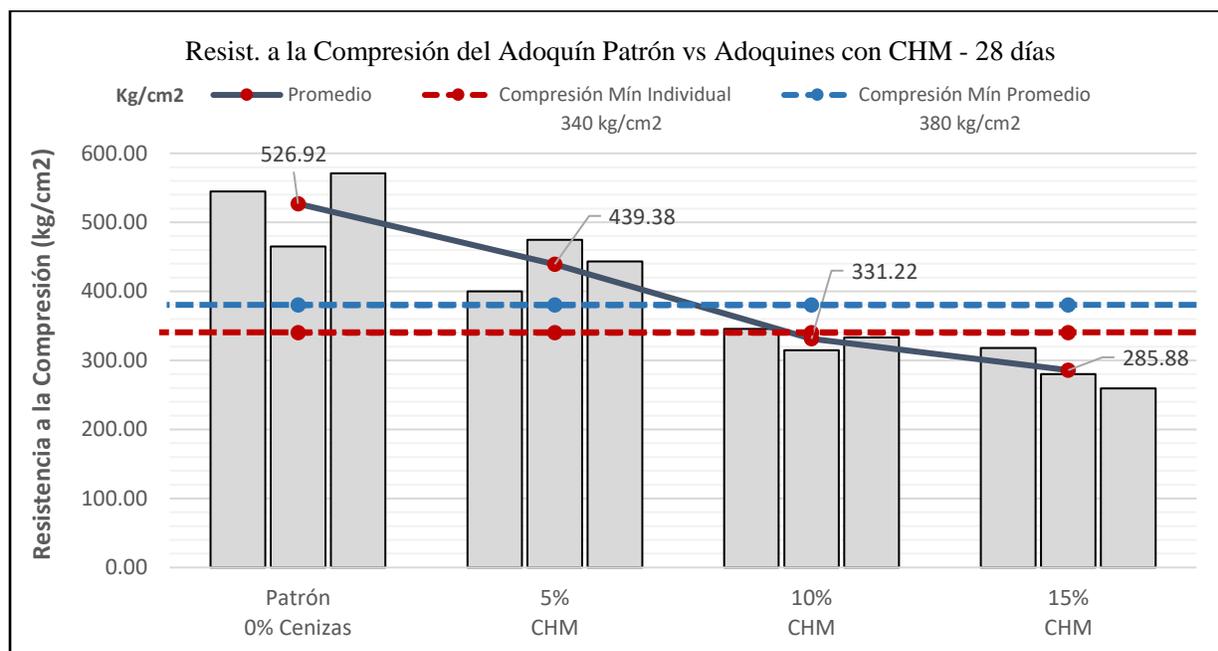
Tabla 102

Resistencia a la compresión de adoquines con CHM a los 28 días

Muestra Adoquín	Días de Ensayo	N° de Muestra	Dimensiones		Ag Área Bruta (cm ²)	Pmáx Carga Máxima (kg)	Resist. Compresión Rc (kg/cm ²)		% de Resist. Promedio (Rc / F'c)
			Largo L (cm)	Ancho W (cm)			Unidades individuales	Promedio 3 unidades	
Patrón 0% Cenizas	28 días	M-1	20.20	10.15	205.03	111,650.00	544.55	526.92	138.66%
		M-2	20.30	10.35	210.11	97,708.40	465.05		
		M-3	20.10	10.10	203.01	115,950.00	571.15		
5% CHM	28 días	M-1	20.65	10.05	207.53	83,052.20	400.19	439.38	115.63%
		M-2	19.90	10.10	200.99	95,380.50	474.55		
		M-3	19.90	10.05	200.00	88,679.50	443.41		
10% CHM	28 días	M-1	19.95	9.95	198.50	68,621.60	345.70	331.22	87.16%
		M-2	20.90	10.40	217.36	68,429.00	314.82		
		M-3	20.50	9.75	199.88	66,589.20	333.15		
15% CHM	28 días	M-1	21.10	9.95	209.95	66,767.20	318.02	285.88	75.23%
		M-2	20.55	10.15	208.58	58,446.10	280.21		
		M-3	20.70	10.70	221.49	57,460.20	259.43		

Figura 106

Gráfico de la resistencia a la compresión de adoquines con CHM a los 28 días



Para el caso de incorporación del 10% y 15% de cenizas, la resistencia a la compresión promedio a los 28 días de ensayo es de 331.22 kg/cm² y 285.88 kg/cm² respectivamente, lo cual no supera el promedio de resistencia mínima (380 kg/cm²) ni la resistencia mínima individual (340 kg/cm²), según lo indicado en la NTP 399.611.

En contraste, la incorporación de 5% de CHM cumple con las resistencias mínimas establecidas. No obstante, presenta una disminución de la resistencia promedio con respecto a las muestras de control (0% de cenizas), por lo que es necesario realizar un análisis inferencial para determinar si existe una diferencia significativa.

b) Prueba de Hipótesis

La hipótesis 4.1 ha sido reformulada de la siguiente manera:

H_0 = La incorporación de cenizas de hoja de maíz no mejora la resistencia a la compresión, pero si cumple con los parámetros mínimos de la NTP 399.611 de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas [$\mu_0 < \mu_{CHM}$]

H_a = La incorporación de cenizas de hoja de maíz no mejora la resistencia a la compresión y no cumple con los parámetros mínimos de la NTP 399.611 de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas [$\mu_0 > \mu_{CHM}$]

c) Supuestos del Análisis Inferencial

Se llevó a cabo un análisis de los supuestos para determinar la prueba de hipótesis y la prueba Ad-Hoc apropiada. En la Tabla 103 se presenta un resumen de estos resultados de significancia de los supuestos evaluados y las pruebas correspondientes a realizar.

Tabla 103

Supuestos para los datos de resistencia a la compresión de adoquines con CHM

Tipo de Muestras	Normalidad	Homogeneidad de Varianzas		Prueba de Hipótesis	Prueba Ad-Hoc
	Shapiro-Wilk P (Sig.)	Levene P (Sig.)			
0% S/C	0.465			Análisis de Varianza de un Factor (ANOVA)	Dunnett
5% CHM	0.821	0.244			
10% CHM	0.794				
15% CHM	0.682				

Nota: Resultados obtenidos del programa SPSS.

d) Prueba ANOVA

Según los resultados de la prueba ANOVA mostrados en la Tabla 115, el p-valor obtenido entre los grupos **p = 0.00** es menor que el nivel de significancia **$\alpha = 0.05$** . Esto indica que existe una diferencia significativa entre al menos uno de los grupos evaluados.

Tabla 104

Prueba ANOVA para los datos de resistencia a la compresión de adoquines con CBCA

Fuente de variación	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	P (Sig.)
Entre grupos	106029.019	3	35343.006	25.397	0.000
Dentro de grupos	11132.883	8	1391.610		
Total	117161.902	11			

Nota: Resultados de la prueba ANOVA obtenido del programa SPSS.

e) Prueba de Dunnett

Al analizar los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Dunnett, mostrados en la Tabla 105, se puede afirmar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los datos de resistencia a la compresión de la muestra patrón y las muestras con incorporación de 10% y 15% de CHM, esto se evidencia por los p-valores inferiores al nivel de significancia $\alpha = 0.05$. Mientras que, para 5% de CHM, no genera un cambio estadísticamente significativo.

Tabla 105

Prueba de Dunnett para los datos de resistencia a la compresión de adoquines con CBCA

(I) Cenizas		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
5% CHM	0% S/C	-87.534	30.459	0.050	-175.246	0.177
10% CHM	0% S/C	-195,694*	30.459	0.001	-283.406	-107.984
15% CHM	0% S/C	-241,033*	30.459	0.000	-328.744	-153.322

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Nota: Resultados de la prueba de Dunnett obtenido del programa SPSS.

f) Discusión de Comparación

Basándonos en el análisis de la comparación de datos del ensayo de absorción respecto a la muestra control, existe evidencia significativa que respalda la aceptación de la hipótesis nula y el rechazo de la hipótesis alternativa cuando se incorpora un 5% de ceniza de hoja de maíz (CHM). Por otro lado, se ha encontrado evidencia para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa en relación a la incorporación del 10% y 15% de CHM.

Por consiguiente, podemos concluir que **la incorporación de cenizas hoja de maíz en un 5% no mejora la resistencia a la compresión, pero si cumple con los parámetros mínimos de la NTP 399.611 de adoquines de concreto Tipo II para vías urbanas. Sin embargo, esta conclusión no se cumple con la incorporación del 10% y 15% de CHM.**

5.4.2. Objetivo Específico 4.2

OE4.2: Determinar cuánto influye la incorporación de cenizas de bagazo de caña de azúcar en la resistencia a la compresión de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.

a) Comparación de Resultados

Analizando los resultados mostrados en la Tabla 106, que muestra la comparación de los datos obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días para las muestras patrón (0% de cenizas) y las muestras con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBCA) en porcentajes de 5%, 10% y 15%, se puede observar en términos generales que la incorporación de CBCA como reemplazo parcial del cemento reduce numéricamente la resistencia a compresión en comparación con las muestras de control. En la Figura 107 se observa visualmente esta influencia.

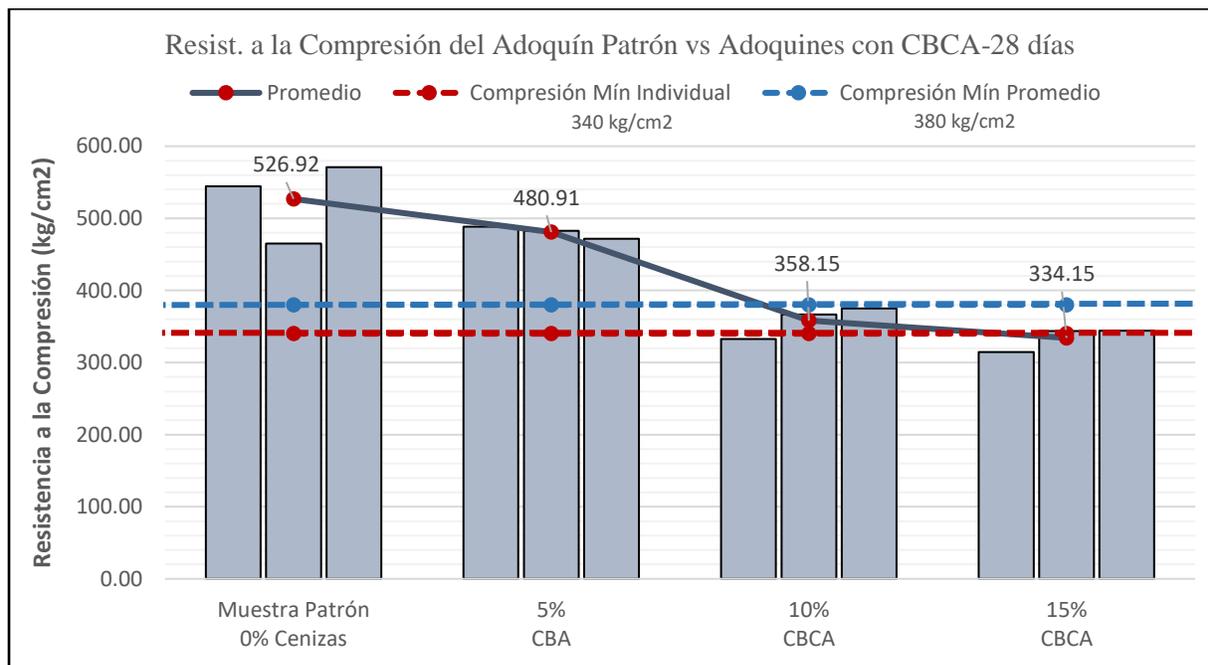
Tabla 106

Resistencia a la compresión de adoquines con CBCA a los 28 días

Muestra Adoquín	Días de Ensayo	N° Muestra	Dimensiones		Ag Área Bruta (cm ²)	Pmáx Carga Máxima (kg)	Resist. Compresión Rc (kg/cm ²)		% de Resist. Promedio (Rc / F'c)
			Largo L (cm)	Ancho W (cm)			Unidad individual	Promedio 3 unidades	
Muestra Patrón 0% Ceniza	28 días	M-1	20.20	10.15	205.03	111,650.00	544.55		138.66%
		M-2	20.30	10.35	210.11	97,708.40	465.05	526.92	
		M-3	20.10	10.10	203.01	115,950.00	571.15		
5% CBCA	28 días	M-1	20.45	10.05	205.52	100,415.00	488.58		126.56%
		M-2	20.65	10.00	206.50	99,633.70	482.49	480.91	
		M-3	20.50	10.25	210.13	99,107.40	471.66		
10% CBCA	28 días	M-1	20.75	10.10	209.58	69,758.10	332.86		94.25%
		M-2	20.35	10.05	204.52	74,941.50	366.43	358.15	
		M-3	20.15	9.70	195.46	73,325.40	375.15		
15% CBCA	28 días	M-1	20.65	10.10	208.57	65,590.30	314.48		87.94%
		M-2	20.55	10.10	207.56	71,338.20	343.71	334.15	
		M-3	20.55	10.15	208.58	71,808.70	344.27		

Figura 107

Gráfico de la resistencia a la compresión de adoquines con CBCA a los 28 días



Para el caso de incorporación del 10% y 15% de cenizas, la resistencia a la compresión promedio a los 28 días de ensayo es de 358.15 kg/cm² y 334.15 kg/cm² respectivamente, lo cual no supera el promedio de resistencia mínima (380 kg/cm²) ni la resistencia mínima individual (340 kg/cm²), según lo indicado en la NTP 399.611.

En contraste, la incorporación de 5% de CBCA cumple con las resistencias mínimas establecidas. No obstante, presenta una disminución de la resistencia promedio con respecto a las muestras de control (0% de cenizas), por lo que es necesario realizar un análisis inferencial para determinar si existe una diferencia significativa.

b) Prueba de Hipótesis

La hipótesis 4.2 ha sido reformulada de la siguiente manera:

H₀ = La incorporación de cenizas de bagazo de caña de azúcar no mejora la resistencia a la compresión, pero si cumple con los parámetros mínimos de la NTP 399.611 de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas [$\mu_0 > \mu_{CBCA}$]

H_a = La incorporación de cenizas de bagazo de caña de azúcar no mejora la resistencia a la compresión y no cumple con los parámetros mínimos de la NTP 399.611 de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas [$\mu_0 = \mu_{CBCA}$]

c) Supuestos del Análisis Inferencial

Se llevó a cabo un análisis de los supuestos para determinar la prueba de hipótesis y la prueba Ad-Hoc apropiada. En la Tabla 103 se presenta un resumen de estos resultados de significancia de los supuestos evaluados y las pruebas correspondientes a realizar.

Tabla 107

Supuestos para los datos de resistencia a la compresión de adoquines con CBCA

Tipo de Muestras	Normalidad	Homogeneidad de Varianzas		Prueba de Hipótesis
	Shapiro-Wilk P (Sig.)	Levene P (Sig.)		
0% S/C	0.465			
5% CBCA	0.694	0.039		T de Welch (Varianzas desiguales)
10% CBCA	0.375			
15% CBCA	0.032			

Nota: Resultados obtenidos del programa SPSS.

d) Prueba T de Welch

Se realizó la prueba T de Welch para comparar la resistencia a la compresión de los adoquines del grupo de control (0% de cenizas) y los grupos con incorporación de CBCA en porcentajes de 5%, 10% y 15%. Proporcionando la siguiente información:

- Para el grupo con incorporación del 5% de CBCA, no se encontró una diferencia significativa en la resistencia a la compresión de los adoquines en comparación con el grupo de control ($p = 0.227$), asumiendo varianzas iguales ($p = 0.055$). Los datos se presentan en la Tabla 108.

Tabla 108

Prueba de Welch para el análisis de resistencia a la compresión entre adoquines con 0% y 5% CBCA

Grupos: 0% S/C 5% CBCA	Prueba de Levene igualdad de varianza		Prueba t para la igualdad de medias					
	F	Sig.	T	GL	Sig. (bilateral)	Dif. de medias	Límite inferior	Límite Superior
Se asumen varianzas iguales	7.206	0.055	1.426	4	0.227	46.008	-43.552	135.567
No se asumen varianzas iguales			1.426	2.096	0.285	46.008	-86.844	178.860

Nota: Resultados de la prueba Welch obtenido del programa SPSS.

- En el grupo con incorporación del 10% de CBCA, se observó una diferencia significativa en la resistencia a la compresión de los adoquines en comparación con el grupo de control ($p = 0.008$), asumiendo también varianzas iguales ($p=0.151$). Los datos se muestran en la Tabla 109.

Tabla 109

Prueba de Welch para el análisis de resistencia a la compresión entre adoquines con 0% y 10% CBCA

Grupos: 0% S/C 10% CHM	Prueba de Levene igualdad de varianza		Prueba t para la igualdad de medias					
	F	Sig.	T	GL	Sig. (bilateral)	Dif. de medias	Límite inferior	Límite Superior
Se asumen varianzas iguales	3.140	0.151	4.908	4	0.008	168.772	73.307	264.237
No se asumen varianzas iguales			4.908	2.637	0.022	168.772	50.325	287.219

Nota: Resultados de la prueba Welch obtenido del programa SPSS.

- En cuanto al grupo con incorporación del 15% de CBCA, se encontró una diferencia significativa en la resistencia a la compresión de los adoquines en comparación con el grupo de control ($p = 0.004$), asumiendo de igual forma varianzas iguales ($p = 0.101$). Los datos se presentan en la Tabla 110.

Tabla 110

Prueba de Welch para el análisis de resistencia a la compresión entre adoquines con 0% y 15% CBCA

Grupos: 0% S/C 15% CHM	Prueba de Levene igualdad de varianza		Prueba t para la igualdad de medias					
	F	Sig.	T	GL	Sig. (bilateral)	Dif. de medias	Límite inferior	Límite Superior
Se asumen varianzas iguales	4.496	0.101	5.779	4	0.004	192.764	100.147	285.381
No se asumen varianzas iguales			5.779	2.377	0.019	192.764	69.007	316.521

Nota: Resultados de la prueba Welch obtenido del programa SPSS.

Estos resultados indican que la incorporación de CBCA en porcentajes de 10% y 15% tiene un impacto significativo en la resistencia a la compresión de los adoquines. Sin embargo, la incorporación del 5% de CBCA no genera un cambio estadísticamente significativo en este aspecto.

e) **Discusión de Comparación**

Basándonos en el análisis de la comparación de datos del ensayo de compresión respecto a la muestra control, existe evidencia significativa que respalda la aceptación de la hipótesis nula y el rechazo de la hipótesis alternativa cuando se incorpora un 5% de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA). Por otro lado, se ha encontrado evidencia para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa en relación a la incorporación del 10% y 15% de CBCA.

Por consiguiente, podemos concluir que **la incorporación de cenizas de bagazo de caña de azúcar en un 5% no mejora la resistencia a la compresión, pero si cumple con los parámetros mínimos de la NTP 399.611 de adoquines de concreto Tipo II para vías urbanas. Sin embargo, esta conclusión no se cumple con la incorporación del 10% y 15% de CBCA.**

5.5. Objetivo Específico 5

5.5.1. Objetivo Específico 5.1

OE5.1: Determinar cuánto influye la incorporación de cenizas de hoja de maíz en el módulo de ruptura de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.

a) Comparación de Resultados

Analizando los resultados mostrados en la Tabla 111, que muestra la comparación de los datos obtenidos del ensayo de módulo de ruptura a los 28 días para las muestras patrón (0% de cenizas) y las muestras con cenizas de hoja de maíz (CHM) en porcentajes de 5%, 10% y 15%, se puede observar en términos generales que la incorporación de CHM como reemplazo parcial del cemento reduce numéricamente el módulo de ruptura en comparación con las muestras de control. En la Figura 108 se observa visualmente esta influencia.

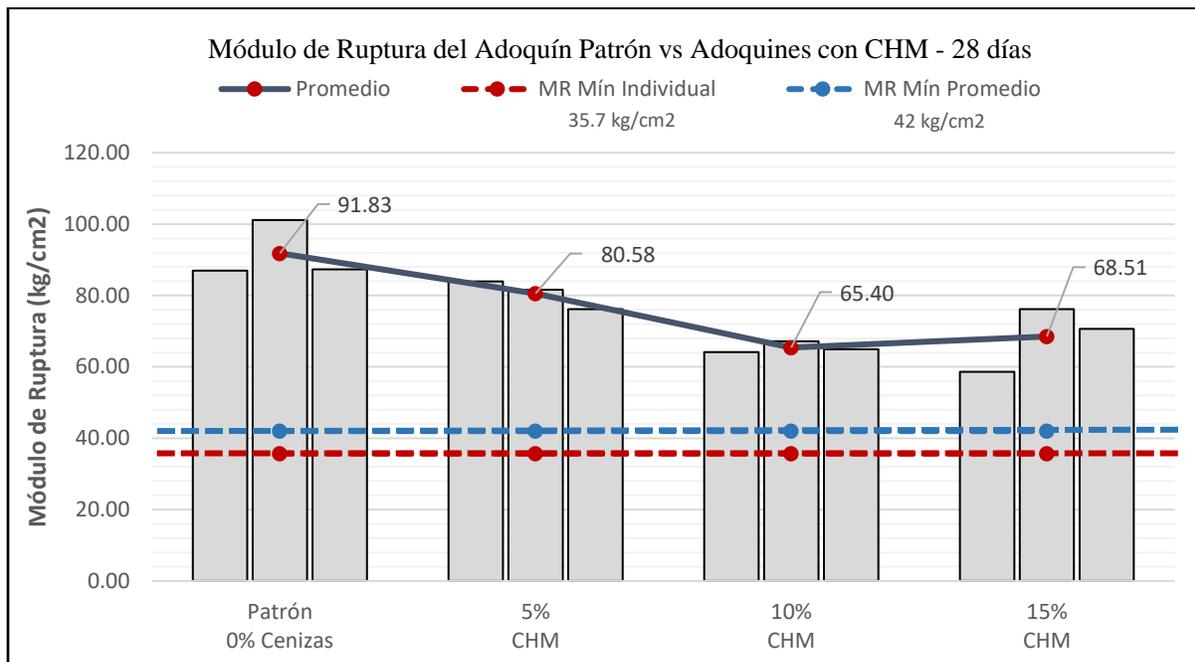
Tabla 111

Módulo de ruptura de adoquines con CHM a los 28 días

Muestra Adoquín	Días de Ensayo	N° de Muestra	Dimensiones		Distancia entre Apoyos	Pmáx Carga Máxima (KN)	Resist. Compresión Rc (kg/cm ²)		% de Resist. Promedio (Rc / F'c)
			Ancho W (cm)	Alto H (cm)			Unidades individuales	Promedio 3 unidades	
Patrón 0% Cenizas	28 días	M-1	9.95	7.65	18.25	18.15	87.01	91.83	218.64%
		M-2	10.00	7.68	18.20	21.40	101.13		
		M-3	9.80	7.88	17.70	19.61	87.35		
5% CBCA	28 días	M-1	9.95	7.73	17.75	18.36	83.95	80.58	191.86%
		M-2	9.90	7.53	18.25	16.39	81.62		
		M-3	10.05	7.68	18.00	16.38	76.18		
10% CBCA	28 días	M-1	10.10	7.50	18.05	13.20	64.15	65.40	155.72%
		M-2	10.00	7.65	18.25	14.08	67.15		
		M-3	10.35	7.48	18.25	13.45	64.90		
15% CBCA	28 días	M-1	9.75	7.58	18.00	11.92	58.66	68.51	163.13%
		M-2	10.10	7.25	18.90	14.00	76.22		
		M-3	10.40	7.13	18.50	13.19	70.67		

Figura 108

Gráfico del módulo de ruptura de adoquines con CHM a los 28 días



Los módulos de ruptura promedios son de 80.58 kg/cm², 65.40 kg/cm² y 68.51 kg/cm² para los casos de incorporación de 5%, 10% y 15% de CHM respectivamente. Los cuales superan el promedio de resistencia mínima (42 kg/cm²) y la resistencia mínima individual de las muestras (35.7 kg/cm²), según lo indicado en la NTG 41086.

A pesar de que los datos indican que la inclusión de CHM no mejora la resistencia a la ruptura, sí cumplen con los parámetros mínimos de la NTG 41086. No obstante, es importante determinar si existe una disminución efectiva del módulo de ruptura promedio. Por lo tanto, es necesario realizar un análisis inferencial para determinar esta diferencia significativa en los datos.

b) Prueba de Hipótesis

La hipótesis 5.1 ha sido reformulada de la siguiente manera:

H_0 = La incorporación de cenizas de hoja de maíz no mejora el módulo de ruptura, pero si cumple con los parámetros mínimos de la NTG 41086 de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas [$\mu_0 < \mu_{CHM}$]

H_a = La incorporación de cenizas de hoja de maíz no mejora el módulo de ruptura y no cumple con los parámetros mínimos de la NTG 41086 de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas [$\mu_0 = \mu_{CHM}$]

c) Supuestos del Análisis Inferencial

Se llevó a cabo un análisis de los supuestos para determinar la prueba de hipótesis y la prueba Ad-Hoc apropiada. En la Tabla 112 se presenta un resumen de estos resultados de significancia de los supuestos evaluados y las pruebas correspondientes a realizar.

Tabla 112

Supuestos para los datos de módulo de ruptura de adoquines con CHM

Tipo de Muestras	Normalidad Shapiro-Wilk P (Sig.)	Homogeneidad de Varianzas Levene P (Sig.)	Prueba de Hipótesis	Prueba Ad-Hoc
0% S/C	0.050			
5% CHM	0.566	0.089	Análisis de Varianza de un Factor (ANOVA)	Dunnett
10% CHM	0.465			
15% CHM	0.600			

Nota: Resultados obtenidos del programa SPSS.

d) Prueba ANOVA

Según los resultados de la prueba ANOVA mostrados en la Tabla 113, el p-valor obtenido entre los grupos $p = 0.00$ es menor que el nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Esto indica que existe una diferencia significativa entre al menos uno de los grupos evaluados.

Tabla 113

Prueba ANOVA para los datos de módulo de ruptura de adoquines con CHM

Fuente de variación	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	P (Sig.)
Entre grupos	1315.981	3	438.660	10.709	0.004
Dentro de grupos	327689	8	40.961		
Total	1643.669	11			

Nota: Resultados de la prueba ANOVA obtenido del programa SPSS.

e) Prueba de Dunnett

Al analizar los resultados de la prueba de comparaciones múltiples entre el grupo control y los grupos experimentales de Dunnett, mostrados en la Tabla 114, se puede afirmar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los datos de módulo de ruptura de los adoquines de la muestra patrón y las muestras con incorporación de 10% y 15% de CHM, esto se evidencia por los p-valores obtenidos en cada comparación ($p = 0.003$ y $p=0.005$), los cuales son inferiores al nivel de significancia $\alpha = 0.05$. Mientras que, para la incorporación de 5% de CHM, no genera un cambio estadísticamente significativo en este aspecto.

Tabla 114

Prueba de Dunnett para los datos de módulo de ruptura de adoquines con CHM

(I) Cenizas		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
5% CHM	0% S/C	-11.248	5.226	0.147	-26.296	3.800
10% CHM	0% S/C	-26.430*	5.226	0.003	-41.478	-11.382
15% CHM	0% S/C	-23.318*	5.226	0.005	-38.366	-8.270

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Nota: Resultados de la prueba de Dunnett obtenido del programa SPSS.

f) Discusión de Comparación

Basándonos en el análisis de la comparación de datos del ensayo de módulo de ruptura respecto a la muestra control, existe evidencia significativa que respalda la aceptación de la hipótesis nula y el rechazo de la hipótesis alternativa con la incorporación del 5%, 10% y 15% de ceniza de hoja de maíz (CHM).

Por consiguiente, podemos concluir que **la incorporación de cenizas de hoja de maíz en un 5%, 10% y 15% no mejora el módulo de ruptura, pero si cumple con los parámetros mínimos de la NTG 41086 de adoquines de concreto Tipo II para vías urbanas.**

5.5.2. Objetivo Específico 5.2

OE5.2: Determinar cuánto influye la incorporación de cenizas de bagazo de caña de azúcar en el módulo de ruptura de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.

a) Comparación de Resultados

Analizando los resultados mostrados en la Tabla 115, que muestra la comparación de los datos obtenidos del ensayo de módulo de ruptura a los 28 días para las muestras patrón (0% de cenizas) y las muestras con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBCA) en porcentajes de 5%, 10% y 15%, se puede observar en términos generales que la incorporación del 5% aumenta numéricamente el módulo de ruptura en comparación con la muestra patrón; mientras que la inclusión del 10% y 15% la reducen. En la Figura 109 se observa visualmente esta influencia.

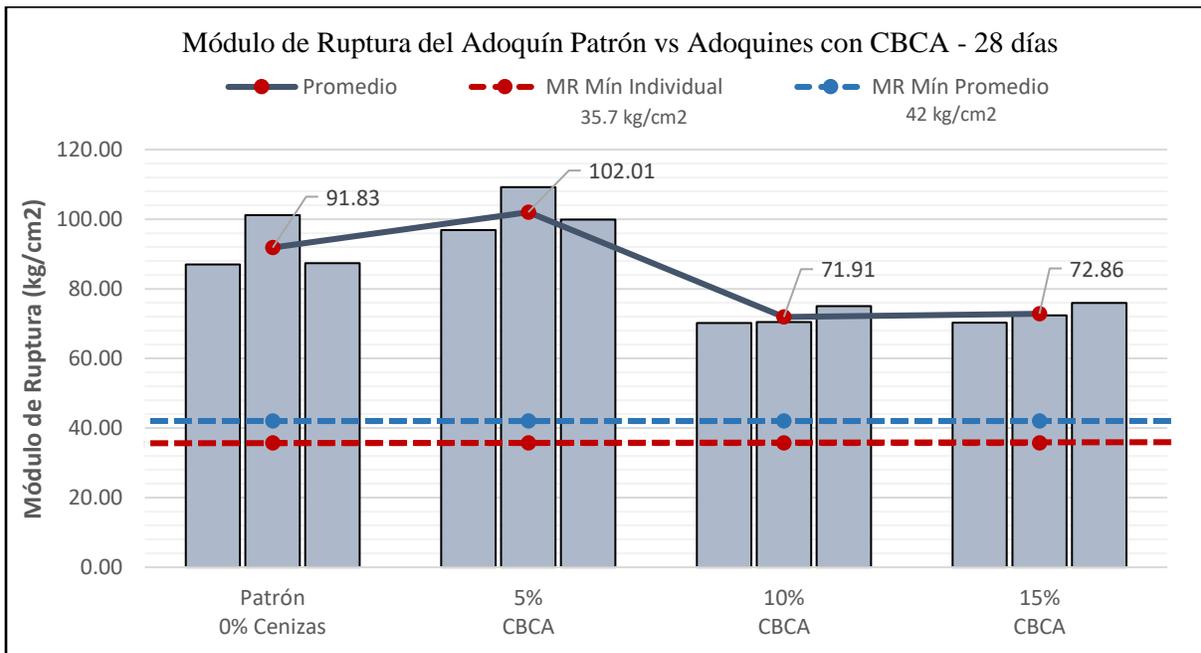
Tabla 115

Módulo de ruptura de adoquines con CBCA a los 28 días

Muestra Adoquín	Días de Ensayo	N° de Muestra	Dimensiones		Distancia entre Apoyos	Pmáx Carga Máxima (KN)	Módulo de Ruptura MR (kg/cm ²)		% de Resist. Promedio (M _R /M _D)
			Ancho W (cm)	Alto H (cm)			Unidades individuales	Promedio 3 unidades	
Patrón 0% Cenizas	28 días	M-1	9.95	7.65	18.25	18.15	87.01		218.64%
		M-2	10.00	7.68	18.20	21.40	101.13	91.83	
		M-3	9.80	7.88	17.70	19.61	87.35		
5% CBCA	28 días	M-1	9.70	7.58	18.35	19.21	96.89		242.89%
		M-2	10.30	6.95	18.65	19.05	109.25	102.01	
		M-3	10.05	7.68	18.00	21.48	99.90		
10% CBCA	28 días	M-1	10.00	7.45	18.15	14.04	70.20		171.21%
		M-2	10.15	7.48	18.30	14.28	70.47	71.91	
		M-3	9.95	7.53	18.20	15.19	75.04		
15% CBCA	28 días	M-1	10.00	7.43	18.40	13.76	70.25		173.47%
		M-2	9.90	7.53	18.40	14.42	72.39	72.86	
		M-3	10.25	7.15	18.60	13.99	75.93		

Figura 109

Gráfico del módulo de ruptura de adoquines con CBCA a los 28 días



Los módulos de ruptura promedios son de 102.01.58 kg/cm², 71.91 kg/cm² y 72.86 kg/cm² para el 5%, 10% y 15% de CBCA respectivamente. Los cuales superan el promedio de resistencia mínima (42 kg/cm²) y la resistencia mínima individual de las muestras (35.7 kg/cm²).

A pesar de que los datos descriptivos indican que solo la incorporación del 5% de CBCA mejora el módulo de ruptura, en todos los porcentajes se cumple con los parámetros mínimos de la NTG 41086. No obstante, es importante determinar si existe una variación efectiva del módulo de ruptura promedio. Por lo tanto, es necesario realizar un análisis inferencial para determinar la existencia de esta diferencia significativa en los datos.

b) Prueba de Hipótesis

La hipótesis 5.2 ha sido reformulada de la siguiente manera:

H₀ = La incorporación de cenizas de bagazo de caña de azúcar no mejora el módulo de ruptura, pero si cumple con los parámetros mínimos de la NTG 41086 de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas [$\mu_0 < \mu_{CHM}$]

H_a = La incorporación de cenizas de bagazo de caña de azúcar no mejora el módulo de ruptura y no cumple con los parámetros mínimos de la NTG 41086 de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas [$\mu_0 = \mu_{CHM}$]

c) Supuestos del Análisis Inferencial

Se llevó a cabo un análisis de los supuestos para determinar la prueba de hipótesis y la prueba Ad-Hoc apropiada. En la Tabla 116 se presenta un resumen de estos resultados de significancia de los supuestos evaluados y las pruebas correspondientes a realizar.

Tabla 116

Supuestos para los datos de módulo de ruptura de adoquines con CBCA

Tipo de Muestras	Normalidad Shapiro-Wilk P (Sig.)	Homogeneidad de Varianzas Levene P (Sig.)	Prueba de Hipótesis	Prueba Ad-Hoc
0% S/C	0.050			
5% CBCA	0.450	0.090	Análisis de Varianza de un Factor (ANOVA)	Dunnett
10% CBCA	0.096			
15% CBCA	0.733			

Nota: Resultados obtenidos del programa SPSS.

d) Prueba ANOVA

Según los resultados de la prueba ANOVA mostrados en la Tabla 117, el p-valor obtenido entre los grupos $p = 0.00$ es menor que el nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Esto indica que existe una diferencia significativa entre al menos uno de los grupos evaluados.

Tabla 117

Prueba ANOVA para los datos de módulo de ruptura de adoquines con CBCA

Fuente de variación	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	P (Sig.)
Entre grupos	1963.507	3	654.502	21.430	0.000
Dentro de grupos	244.332	8	30.542		
Total	2207.839	11			

Nota: Resultados de la prueba ANOVA obtenido del programa SPSS.

e) Prueba de Dunnett

Al analizar los resultados de la prueba de comparaciones múltiples entre el grupo control y los grupos experimentales de Dunnett, mostrados en la Tabla 118, se puede afirmar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los datos de módulo de ruptura de los adoquines de la muestra patrón y las muestras con incorporación de 10% y 15% de CBCA, esto se evidencia por los p-valores obtenidos en cada comparación ($p = 0.006$ y $p=0.008$), los cuales son inferiores al nivel de significancia $\alpha = 0.05$. Mientras que, para la incorporación de 5% de CBCA, no genera un cambio estadísticamente significativo en este aspecto.

Tabla 118

Prueba de Dunnett para los datos de módulo de ruptura de adoquines con CBCA

(I) Cenizas	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
5% CBCA 0% S/C	10.182	4.512	0.126	-2.812	23.176
10% CBCA 0% S/C	-19,924*	4.512	0.006	-32.918	-6.930
15% CBCA 0% S/C	-18,974*	4.512	0.008	-31.968	-5.980

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Nota: Resultados de la prueba de Dunnett obtenido del programa SPSS.

g) Discusión de Comparación

Basándonos en el análisis de la comparación de datos del ensayo de módulo de ruptura respecto a la muestra control, existe evidencia significativa que respalda la aceptación de la hipótesis nula y el rechazo de la hipótesis alternativa con la incorporación del 5%, 10% y 15% de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA).

Por consiguiente, podemos concluir que **la incorporación de cenizas de bagazo de caña de azúcar en un 5%, 10% y 15% no mejora el módulo de ruptura, pero si cumple con los parámetros mínimos de la NTG 41086 de adoquines de concreto Tipo II para vías urbanas.**

5.6. Objetivo Especifico 6

5.6.1. Objetivo Especifico 6.1

OE6.1: Determinar el porcentaje óptimo y la variación del costo de la incorporación de cenizas de hoja de maíz en el diseño de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.

a) Comparación de Resultados

Analizando los resultados mostrados en la Tabla 119 y representados en la Figura 110, que muestra los precios de la elaboración de los adoquines por metro cubico de la muestra patrón y las muestras con cenizas de hoja de maíz (CHM) en porcentajes de 5%, 10% y 15%, se puede apreciar que el costo por millar reduce a medida que se aumenta el porcentaje de cenizas, esto se debe a que las cenizas reemplazan en proporción al peso al cemento.

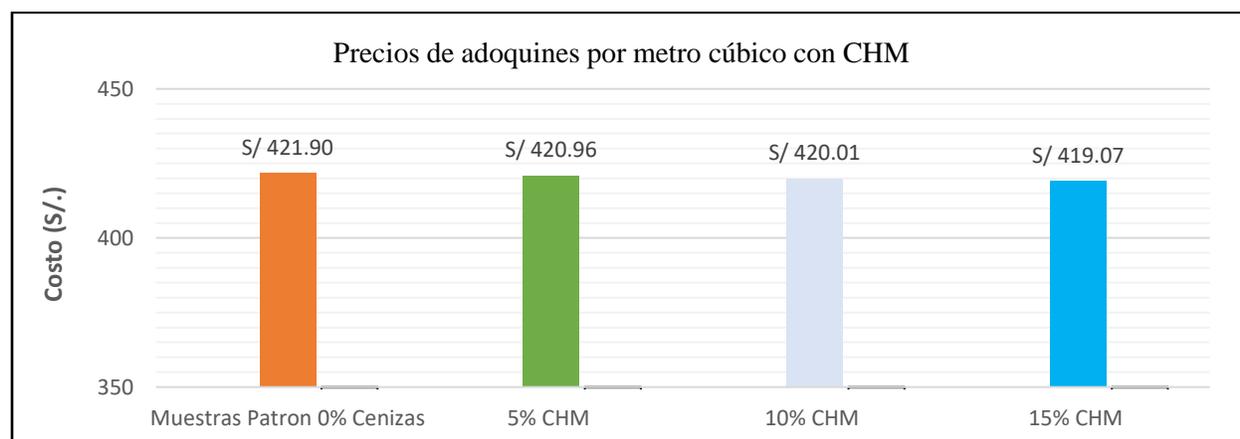
Tabla 119

Precios de los adoquines por metro cúbicos con CHM

Tipo de Muestras	Costo por m3	Dimensiones del adoquín (m3)	Unidades por metro cubico	Costo por cada adoquín	Costo por millar	Porcentaje respecto al 0% S/C
0% S/C	S/ 421.90	0.0016	500	S/ 0.84	S/ 843.80	100.000 %
5% CHM	S/ 420.96	0.0016	500	S/ 0.84	S/ 841.91	99.776 %
10% CHM	S/ 420.01	0.0016	500	S/ 0.84	S/ 840.03	99.553 %
15% CHM	S/ 419.07	0.0016	500	S/ 0.84	S/ 838.14	99.329 %

Figura 110

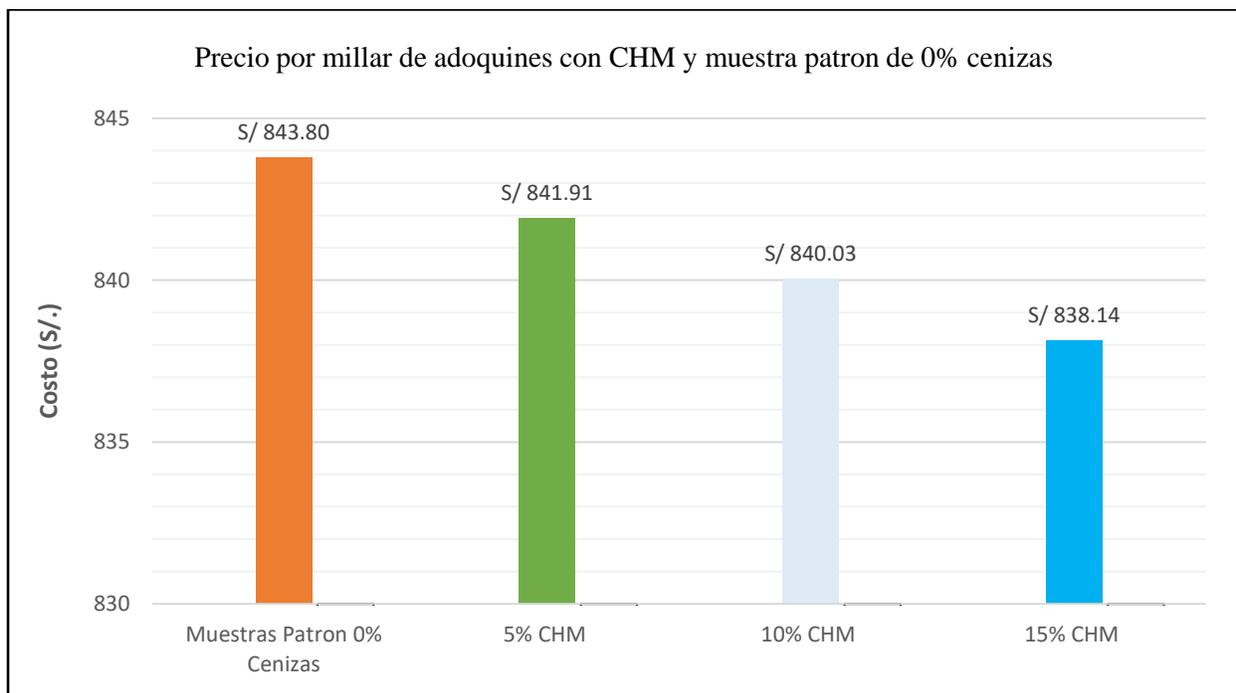
Gráfico de los precios de los adoquines por metro cúbicos con CHM



Según la Figura 111, los precios entre cada proporción varían en S/2.00 aproximadamente para los porcentajes de 5%, 10% y 15% de CHM. Esto indica que existe una diferencia significativa en costos entre los porcentajes de adoquines con cenizas de hojas de maíz.

Figura 111

Gráfico de los precios de adoquines con CHM por millar



b) Discusión de Comparación

Basándonos en la comparación de los precios obtenidos, podemos afirmar que el precio de la elaboración de adoquines de hojas maíz reduce a medida que aumenta el porcentaje de cenizas, sabiendo que en un proyecto usualmente se hace uso de millares de adoquines, esto puede ser una alternativa de reducción económicamente.

Por consiguiente, podemos concluir que **la incorporación de cenizas de hojas de maíz en un 5%, 10% y 15% reduce el costo, a medida se le aumente la cantidad de proporción de cenizas de hojas de maíz.**

5.6.2. Objetivo Especifico 6.2

OE6.1: Determinar el porcentaje óptimo y la variación del costo de la incorporación de cenizas de bagazo de caña de azúcar en el diseño de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.

a) Comparación de Resultados

Analizando los resultados mostrados en la Tabla 120 y representado en barras en la Figura 112, que muestra los precios de la elaboración de los adoquines por metro cubico de la muestra patrón y las muestras con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBCA) en porcentajes de 5%, 10% y 15%, se puede apreciar que el costo por millar reduce a medida que se aumenta el porcentaje de cenizas, esto se debe a que las cenizas reemplazan en proporción al peso al cemento.

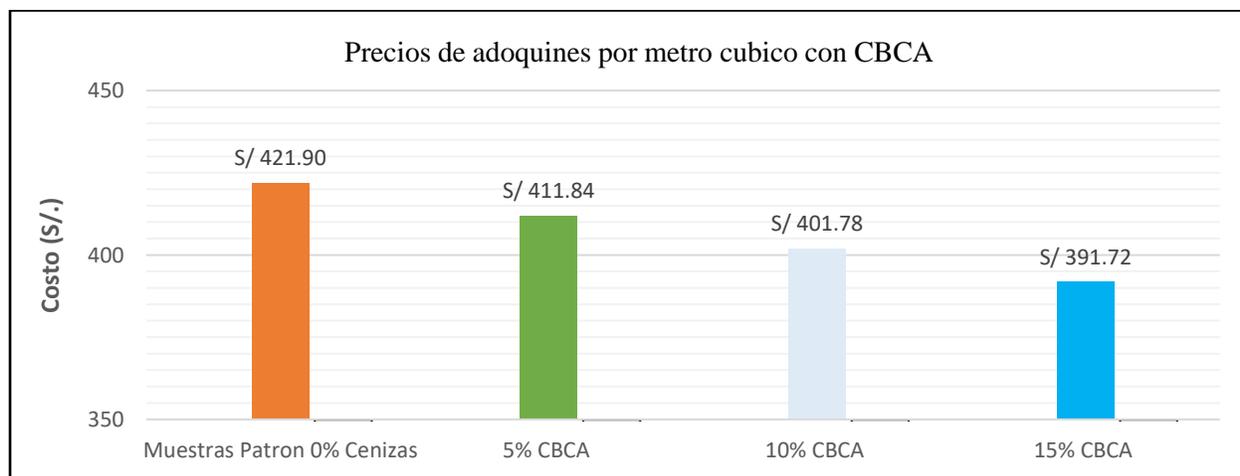
Tabla 120

Precios de los adoquines por metro cúbicos con CBCA

Tipo de Muestras	Costo por m ³	Dimensiones del adoquín (m ³)	Unidades por metro cubico	Costo por cada adoquín	Costo por millar	Porcentaje respecto al 0% S/C
0% S/C	S/ 421.90	0.0016	500	S/ 0.84	S/ 843.80	100.000 %
5% CBCA	S/ 411.84	0.0016	500	S/ 0.82	S/ 823.68	97.616 %
10% CBCA	S/ 401.78	0.0016	500	S/ 0.80	S/ 803.56	95.231 %
15% CBCA	S/ 391.72	0.0016	500	S/ 0.78	S/ 783.45	92.848 %

Figura 112

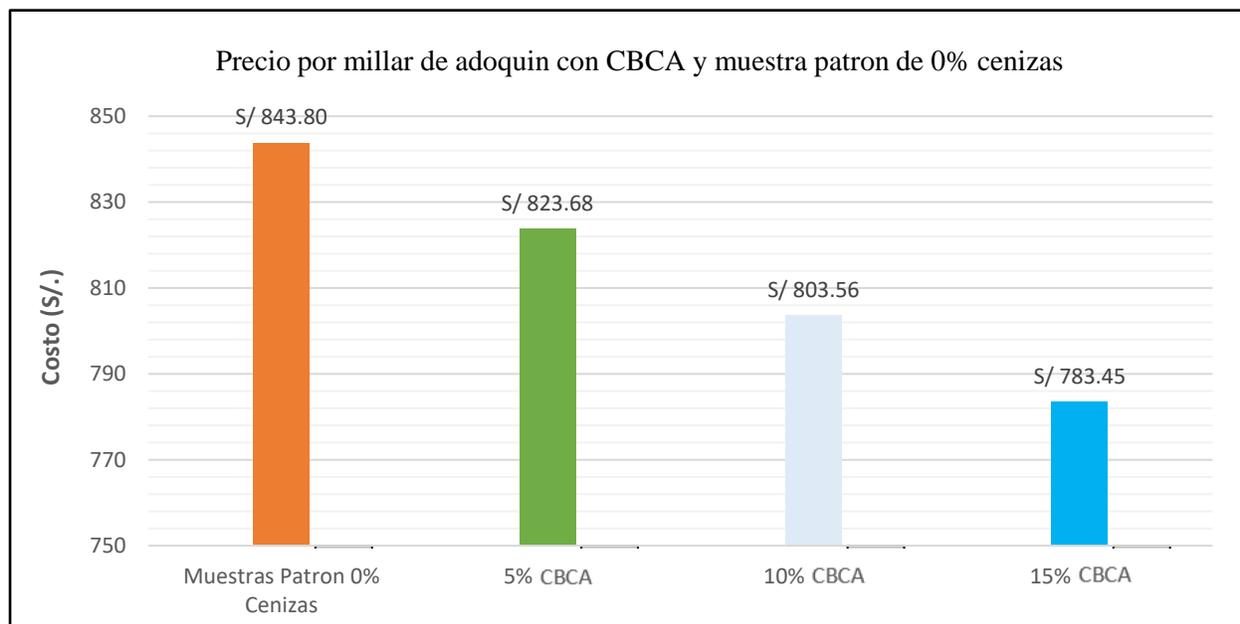
Gráfico de los precios de los adoquines por metro cúbicos con CBCA



Según la Figura 113, se puede afirmar que el costo unitario experimenta una reducción significativa, y que los precios por metro cúbico (m³) obtenidos varían de manera inversamente proporcional al aumento en el porcentaje de cenizas. Estos hallazgos indican que existe una diferencia significativa entre los distintos porcentajes de adoquines con CBCA.

Figura 113

Gráfico de los precios de adoquines con CBCA por millar



Discusión de Comparación

Basándonos en la interpretación de los resultados de los precios obtenidos, podemos afirmar que el precio de la elaboración de adoquines con cenizas de Bagazo de Caña de Azúcar reduce el precio a medida que se aumente la proporción de cenizas ya que reemplaza en peso al cemento y que reduce en precio frente a un adocuin con 0% de cenizas.

Por consiguiente, podemos concluir que **la incorporación de cenizas de bagazo de caña de azúcar en un 5%, 10% y 15% reduce el costo a medida que el porcentaje de ceniza aumenta, y también reduce el precio frente a la elaboración de un adocuin con 0% de cenizas.**

5.7. Discusión Respecto a los Antecedentes

5.7.1. *Objetivo General*

OG: Determinar cuánto influye la incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar en las propiedades físico - mecánicas de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.

a) **Resultados de Antecedentes**

i. **Autor:** Curí y Huamani (2022) **Tesis:** “EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210$ KG/CM² ADICIONANDO CENIZAS DE RASTROJOS DE MAÍZ Y HOJAS DE CAPULÍ, AYACUCHO- 2022”

Resultados: A medida que se aumentaba la cantidad de CRM y CHC en la mezcla, la trabajabilidad del concreto y el peso unitario se reducen. También notaron una disminución en el contenido de aire a mayores dosificaciones. En términos de resistencia, a los 7 días, las dosificaciones de 6.00%, 8.00% y 10.00% superan al concreto patrón en compresión y tracción, pero solo la dosificación del 8.00% mantiene un rendimiento superior a los 28 días. Sin embargo, la resistencia a la flexión no se ve significativamente afectada por la incorporación de CRM y CHC, con valores bajos y sin una tendencia clara.

Discusión de Resultados: A pesar que, la investigación de Curí y Huamani (2022) se centró en la sustitución de cemento por CRM y CHC en un concreto de resistencia $f'c=210$ kg/cm² en porcentajes de 6%, 8% y 10%, nuestros resultados presentan algunas similitudes y diferencias. Se observan similitudes en la disminución de densidad y módulo de ruptura con el aumento de la dosificación de cenizas. Sin embargo, nuestros resultados difieren en términos de resistencia a la compresión, ya que nuestro estudio muestra una reducción, mientras que Curí y Huamani informan mejoras, especialmente con el 8%. En nuestros resultados, el 5% de incorporación se destaca como la opción que obtiene los mejores resultados entre los porcentajes evaluados.

- ii. **Autor:** Romero y Tineo (2021) **Tesis:** “INFLUENCIA DE LA CENIZA DE HOJA DE MAÍZ Y BAGAZO DE CEBADA EN CONCRETO F'C=210 KG/CM², SANTIAGO DE CHUCO 2021”

Resultados: La trabajabilidad disminuye a medida que se aumenta la cantidad de ceniza debido a una mayor absorción de agua, aunque aún cumple con las especificaciones de diseño. En cuanto a la resistencia a la compresión, la ceniza de hoja de maíz mejora la resistencia en un rango del 3% al 12% de sustitución, superando al concreto convencional. Sin embargo, la ceniza de bagazo de cebada no mejora la resistencia. Para la resistencia a la flexión, la ceniza de hoja de maíz aumenta la resistencia, mientras que la de bagazo de cebada la disminuye. Se concluye que los porcentajes de ceniza influyen en las propiedades del concreto, siendo la ceniza de hoja de maíz beneficiosa en ciertos rangos de sustitución.

Discusión de Resultados: En comparación con la investigación de Romero y Tineo (2021), que evaluó las cenizas de hoja de maíz y bagazo de cebada en concreto F'C=210 kg/cm², nuestro estudio sobre las CHM y CBCA en adoquines de concreto tipo II revela ciertas similitudes y diferencias. Ambos estudios coinciden en que el aumento de las cenizas conlleva una disminución en la trabajabilidad debido a una mayor absorción de agua, aunque en nuestra investigación, esta disminución no excede los límites de diseño. Sin embargo, en términos de resistencia, observamos una disminución en la resistencia a la compresión a medida que se incorporan cenizas, en contraste con Romero y Tineo, que informan mejoras con la ceniza de hoja de maíz. Además, encontramos que la resistencia a la flexión aumenta con la ceniza de hoja de maíz, pero disminuye con la de bagazo de caña de azúcar, en contraste con su hallazgo de que la ceniza de hoja de maíz mejora la resistencia a la flexión.

- iii. **Autor:** Correa y Polo (2019) **Tesis:** “INFLUENCIA DE REEMPLAZO DE CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE ADOQUINES TIPO II PARA PAVIMENTOS DE TRÁNSITO LIVIANO, TRUJILLO 2019”

Resultados: La sustitución de CCA en adoquines tipo II para pavimentos de tránsito liviano es más efectiva al 12%, ya que se logra una mayor resistencia. Sin embargo, cuando el porcentaje de ceniza se eleva al 15%, la resistencia disminuye considerablemente. También concluyeron que a mayor proporción de ceniza existe una menor absorción y que a mayor porcentaje de ceniza se tiene una menor velocidad de succión.

Discusión de Resultados: La investigación de Correa y Polo (2019) se centró en evaluar la resistencia a la compresión, la absorción y la velocidad de succión en adoquines tipo II con adición de CCA, al compararlo con el Objetivo N°03 y Objetivo N°04 de nuestra investigación, centrada en el porcentaje de absorción y la resistencia a la compresión, podemos encontrar diferencias en los resultados obtenidos. Mientras que en su investigación el porcentaje óptimo de CCA es el 12%, en nuestra investigación, el porcentaje óptimo para CHM y CBCA es el 5%. Además, indican que a mayor proporción de cenizas existe una menor absorción, en lo cual los resultados de nuestra investigación no concuerdan, resultando que para una mayor incorporación de cenizas el porcentaje de absorción se incrementa.

- iv. **Autor:** Caro (2018) **Tesis:** "RESISTENCIA DE UN CONCRETO F'C=210 KG/CM2 CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO EN 5% Y 10% POR CENIZA DE HOJA DE MAÍZ"

Resultados: En las pruebas de compresión, se encontró que los concretos experimentales superaron las resistencias del concreto patrón, y un 10% de sustitución mostró las resistencias más altas. En conclusión, la sustitución de ceniza de hoja de maíz aumentó la resistencia del concreto, con un 10% de sustitución mostrando el mejor rendimiento.

Discusión de Resultados: En comparación con la investigación de Caro (2018), que se centró en la sustitución de cemento por ceniza de hoja de maíz (CHM) en un concreto de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en porcentajes de 5% y 10%, nuestros resultados presentan diferencias. Caro (2018) encontró que la sustitución del 10% de CHM ofrecía las resistencias más altas. Sin embargo, en nuestra investigación, observamos que la incorporación de CHM en porcentajes del 5%, 10% y 15% conlleva una disminución de la resistencia a la compresión. Además, que el 5% de incorporación de CHM obtiene los mejores resultados entre los porcentajes evaluados.

- v. **Autor:** Mariano (2019) **Tesis:** “COMPARACIÓN DE LAS RESISTENCIAS A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO ADICIONADO CON LAS CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR CON EL CONCRETO NORMAL $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ”

Resultados: Las resistencias a compresión y flexión de las mezclas con CBCA no superan las del concreto normal $f'c=210\text{kg/cm}^2$. Sin embargo, se determinó que un 5% de sustitución de CBCA era aceptable, superando las resistencias requeridas y reduciendo los costos de materiales en un rango del 4.70% al 15.55% en concretos elaboradas in situ y del 1.84% al 5.74% en concretos de obra en comparación con el concreto normal.

Discusión de Resultados: Comparando los resultados con la tesis de Mariano (2019), nuestros resultados corroboran que la sustitución de cemento por cenizas de bagazo de caña de azúcar no conlleva una mejora en las propiedades físico-mecánicas del concreto. En ambos casos, sugerimos que el porcentaje óptimo de sustitución es del 5%, mientras que porcentajes más altos no cumplen con las normativas aplicables para la resistencia a la compresión. Además, en ambas investigaciones coincidimos que los costos se reducen al incorporar CBCA, no siendo comparable los porcentajes de reducción de costo debido a la diferencia en las investigaciones.

- vi. **Autor:** J. Chavez (2019) **Tesis:** “INFLUENCIA DE LA CENIZA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR CON LA FINALIDAD DE MEJORAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO, USANDO LOS AGREGADOS DE LA CANTERA FIGUEROA – HUÁNUCO – 2018”

Resultados: Las resistencias obtenidas en los concretos con adición de 5%, 10%, 15% y 20% de CBCA fueron mayores que las del concreto patrón solo cuando se incorporó un 5% de cenizas. Por lo que, la CBCA mejora la resistencia solo cuando se usa en un 5% de reemplazo del cemento, pero se muestra como una alternativa viable para reemplazar parcialmente el cemento, ya que otros porcentajes también superaron la resistencia de diseño de 210 kg/cm².

Discusión de Resultados: A pesar de que la investigación de J. Chavez (2019) se centró en evaluar la resistencia a la compresión en concretos $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ con adición de CBCA, al compararlo con el Objetivo N°04 de nuestra investigación, centrada en la resistencia a la compresión, podemos encontrar algunas similitudes y diferencias en los resultados obtenidos. Coincidimos en que el 5% de incorporación de CBCA obtiene los mejores resultados entre los porcentajes evaluados. No obstante, existe una discrepancia en cuanto a que los porcentajes mayores, como el 10% y el 15%, cumplan con la resistencia de diseño y si son una alternativa viable para su reemplazo parcial con el cemento.

CONCLUSIONES

1. Al evaluar la incorporación de cenizas de hoja de maíz (CHM) y cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como reemplazo parcial del cemento en adoquines de concreto tipo II, observamos una tendencia hacia la reducción de la densidad, resistencia a la compresión y módulo de ruptura, así como un aumento en el contenido de humedad y absorción a medida que se incrementa el porcentaje de incorporación de cenizas. Entre los porcentajes evaluados (5%, 10% y 15%), solo la incorporación del 5% de CHM y CBCA cumple con los límites establecidos por la NTP 399.611 y la NTG 41086. Por lo que, la incorporación de CHM y CBCA no mejoran las propiedades físico - mecánicas de los adoquines de concreto tipo II para vías urbanas. No obstante, estos pueden ser incorporados en un 5% sin afectar significativamente sus propiedades, lo que conlleva una reducción en su costo de elaboración.
2. La densidad de adoquines de concreto tipo II tiende a disminuir a medida que se incrementa la incorporación de cenizas como reemplazo parcial del cemento. Los resultados evidencian que la diferencia entre el 0% y 15% de incorporación de cenizas es de 288.28 kg/m³ menos para cenizas de hoja de maíz (CHM) y 259.08 kg/m³ menos para cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBCA), siendo notable que la densidad en adoquines con CHM es inferior a la de aquellos con CBCA.
3. El porcentaje de contenido de humedad de adoquines de concreto tipo II aumenta con la incorporación de cenizas como reemplazo parcial del cemento. Los resultados evidencian que la diferencia entre el 0% y 15% de incorporación de cenizas es de 13.73% más para cenizas de hoja de maíz (CHM) y 12.13% más para cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBCA), siendo el porcentaje de contenido de humedad en adoquines con CHM mayor a aquellos con CBCA.

4. El porcentaje de absorción de los adoquines de concreto tipo II tiende a incrementarse a medida que aumenta la incorporación de cenizas de hoja de maíz (CHM) y cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como reemplazo parcial del cemento, siendo el 5% y 10% de CHM y el 5% de CBCA los porcentajes de incorporación adecuados para que los adoquines de concreto cumplan con los valores máximos de absorción establecidos en la NTP 399.611.
5. La resistencia a la compresión de los adoquines de concreto tipo II tiende a disminuir a medida que aumenta la incorporación de cenizas de hoja de maíz (CHM) y cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como reemplazo parcial del cemento. Además, la resistencia a la compresión de adoquines con la incorporación de solo el 5% de CHM y CBCA presentan valores de 439.38 kg/cm² y 480.91 kg/cm², permitiendo cumplir con los valores mínimos de la NTP 399.611.
6. El módulo de ruptura promedio en los adoquines de concreto tipo II con cenizas de hoja de maíz (CHM) y cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBCA) presenta valores menores en comparación al promedio de la muestra patrón. Sin embargo, todos los valores del módulo de ruptura superan los mínimos establecidos por la NTG 41086. En consecuencia, el uso de CHM y CBCA en porcentajes del 5%, 10% y 15% como reemplazo parcial del cemento en adoquines de concreto tipo II garantiza el cumplimiento de los valores mínimos para el módulo de ruptura.
7. El porcentaje óptimo de cenizas de hoja de maíz (CHM) y cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBCA) resultó ser el 5%, ya que arrojó los mejores resultados en los ensayos físico - mecánicos. En contraste, a medida que se aumenta la incorporación de cenizas al 10% y 15%, los resultados no cumplen con la normativa NTP 399.661 y NTG 41086. Además, el uso de CHM y CBCA en porcentajes del 5%, 10% y 15% como reemplazo parcial del cemento en adoquines de concreto tipo II permite reducir hasta 7.15% los costos de elaboración.

RECOMENDACIONES O SUGERENCIAS

1. Para futuros investigadores interesados en abordar estudios relacionados con la incorporación de cenizas puzolánicas en adoquines de concreto, se recomienda explorar su influencia en propiedades adicionales como la resistencia a la abrasión, resistencia al congelamiento y deshielo, así como la resistencia a las sales. Estos aspectos no fueron abordados en el alcance de esta investigación y podrían proporcionar una comprensión más completa de las características de los adoquines modificados con cenizas puzolánicas.
2. Se recomienda la utilización de una máquina vibro compactadora, también conocida como máquina bloquera industrial, para la fabricación de las muestras de adoquines de concreto. Esta elección no solo agilizará el proceso y reducirá el esfuerzo en la producción, sino que también posibilitará la obtención de unidades más compactas y uniformes. Esta uniformidad es esencial para evaluar con precisión la densidad, ya que un proceso de fabricación uniforme reduce las variaciones en las muestras.
3. Como recomendación para investigaciones posteriores sobre la inclusión de cenizas de materiales orgánicos en el comportamiento del concreto, se sugiere explorar en detalle la influencia del control de la incineración de dichos materiales. Este enfoque permitiría analizar cómo esta variación de temperatura impacta en la composición química de las cenizas y, a su vez, en propiedades como el contenido de humedad y la absorción del concreto al incorporar estas cenizas en diferentes proporciones.
4. Para investigaciones futuras que involucren la incorporación de cenizas en el concreto, se sugiere considerar la adición de un aditivo plastificante en el diseño de la mezcla. Esto se debe a que la incorporación de cenizas puede disminuir la trabajabilidad de la mezcla de concreto, lo

que a su vez dificulta el moldeado de las unidades y el proceso de desencofrado. La inclusión de un aditivo plastificante podría contrarrestar esta reducción en la trabajabilidad, mejorando la manipulación y el rendimiento general del proceso de fabricación. Sin embargo, esta incorporación debe ser considerado una variable independiente dentro de la investigación, ya que puede afectar al contenido de humedad, la absorción y otras propiedades del adoquín.

5. Debido a que el diseño de adoquines de concreto tipo II presentan una resistencia alta de 380 kg/cm², se recomienda realizar el ensayo de resistencia a la compresión en un laboratorio equipado con máquinas compresoras o máquinas universales capaces de aplicar esta carga requerida a los elementos.
6. Para evaluar el módulo de ruptura de adoquines de concreto, se recomienda recurrir a normativas internacionales como la Norma Técnica Guatemalteca NTG 41087 h1, la Norma Técnica Colombiana 2017, la Norma Técnica Costarricense INTE 06-02-14 o la Normativa Europea UNE EN 1338. Esto se debe a que tanto la Norma Técnica Peruana NTP 366.604 como la Norma ASTM C140-06 no incluyen especificaciones para el módulo de ruptura en adoquines.
7. Para un análisis de costos más completo en la producción de adoquines de concreto con la incorporación de cenizas de hoja de maíz y cenizas de bagazo de caña de azúcar, se recomienda llevar un registro detallado de los gastos involucrados en la materia prima, la energía, la mano de obra y cualquier otro factor relacionado con la producción. Esto permitirá una evaluación precisa de las ventajas económicas de utilizar estos materiales alternativos y puede proporcionar una visión más completa de la viabilidad financiera de su adopción en comparación con los métodos de producción convencionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ACI Committee 211. (2002). 211.3R-02: Guide for Selecting Proportions for No-Slump Concrete (Reapproved 2009).
https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=211302&Format=DOWNLOAD&Language=English&Units=US_AND_METRIC
- Agencia Agraria de Noticias. (2022, junio 16). *Perú se ubica en la vigésima tercera posición como productor mundial de azúcar, participando con el 0.7% del total*. Agraria.pe
 Agencia Agraria de Noticias. <https://agraria.pe/noticias/peru-se-ubica-en-la-vigesima-tercera-posicion-como-productor-28328>
- Agrupación de fabricantes de cemento de España. (2020). *Hoja de ruta de la industria cementera española para alcanzar la neutralidad climática en 2050*.
<https://www.oficemen.com/wp-content/uploads/2020/12/Hoja-de-ruta-del-cemento-neutralidad-clim%C3%A1tica-en-2050.pdf>
- Ahumada, R., Ospina-Mateus, H., & Salas-Navarro, K. (2022). Use of the rice and corn husk ashes as an innovative pozzolanic material in ceramic tile adhesive production. *Procedia Computer Science*, 198, 572-577. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.288>
- Amaya, M., & Díaz, C. (2011). *Manual de guías de laboratorio enfocadas al control de calidad de materiales para las asignaturas: “Ingeniería de materiales” y “tecnología del concreto”*. [Trabajo de Graduación al Grado de Ingeniero Civil, Universidad de El Salvador].
- Angarita, D., & Lizarazo, O. (2018). *Análisis del comportamiento mecánico de adoquines de concreto con adición de fibra de acero de llantas recicladas*. [Trabajo de Grado

- Presentado como Requisito para Optar al Título de Ingeniero Civil, Universidad de La Salle]. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/390
- Apaza, E., & Salcedo, J. (2019). *Influencia de la ceniza de hoja de maíz, cáscara de cebada y bagazo de caña de azúcar (materiales puzolánicos artificiales), como sustitutos parciales del cemento en la resistencia del concreto para diseños: $F'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$, $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ y $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$ en la ciudad de Arequipa*. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, Universidad Católica de Santa María]. <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/8803>
- Arango, J. (2006). Adoquines de concreto: Propiedades físico-mecánicas y sus correlaciones. *TecnoLógicas*, 16, 121-137. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=344234272007>
- Barbosa, C., Hanai, J., & Lourenço, P. (2010). *Numerical validation of compressive strength prediction for hollow concrete blocks*. 8th International Masonry Conference 2010 in Dresden. <https://hdl.handle.net/1822/17279>
- Borja, M. (2012). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*.
- Buzón, J. (2010). Fabricación de adoquines para uso en vías peatonales, usando cuesco de palma africana. *INGE CUC*, 6(1), 67-68. <http://hdl.handle.net/11323/2752>
- Caro, J. (2018). *Resistencia de un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con sustitución de cemento en 5% y 10 % por ceniza de hoja de maíz* [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad San Pedro]. <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/5433>
- CEMEX. (s. f.). *Agregados—CEMEX*. Recuperado 29 de septiembre de 2022, de <https://www.cemex.com/products-services/products/aggregates>

- Chávez, E. (2019). *Adoquines de concreto elaborados con agregado reciclado para pavimentos en la esperanza—Amarilis—Huánuco 2018*. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, Universidad de Huánuco]. <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/2155>
- Chavez, J. (2019). *Influencia de la ceniza del bagazo de caña de azúcar con la finalidad de mejorar la resistencia del concreto, usando los agregados de la cantera Figueroa—Huánuco—2018*. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/4291>
- Clark-Martínez, O., & Alán-Zúñiga, M. (2002). Implementación de metodología para el diseño de mezclas secas en elementos prefabricados vibro compactados.
<https://hdl.handle.net/2238/5771>
- Correa, L., & Polo, H. (2019). *Influencia de reemplazo de ceniza de caña de azúcar sobre las propiedades físicas y mecánicas de adoquines tipo II para pavimentos de tránsito liviano, Trujillo 2019*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23400>
- Curí, J., & Huamani, B. (2022). *Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm² adicionando cenizas de rastrojos de maíz y hojas de capulí, Ayacucho-2022*. [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/91991>
- Del Valle, A., Pérez, T., & Martínez, M. (2001). El fenómeno de la corrosión en estructuras de concreto reforzado. *Publicación Técnica No. 182*.
<https://www.imt.mx/archivos/publicaciones/publicaciontecnicapt182.pdf>

- Diez Torres, F. & Garrido Carralero, N. (2012). Bagazo de caña de azúcar: ¿energía o etanol carburante?: dos casos de estudio. Dialnet.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3982624>
- Guamán, K., Hernández, E., & Lloay, S. (2020). El positivismo y el positivismo jurídico. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(4), 265-269.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6a ed.). McGraw-Hill. <http://www.digitalrepositorio.com/items/show/2>
- Instituto del Cemento y del Concreto de Guatemala [ICCG]. (2014). *Guía de instalación adoquines*. <https://www.iccg.org.gt/index.php/biblioteca>
- Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones [IECA]. (s. f.). Componentes y propiedades del cemento: Definición. *El Cemento*. Recuperado 29 de septiembre de 2022, de <https://www.ieca.es/componentes-y-propiedades-del-cemento/>
- Instituto Nacional de Calidad. (2002, revisada el 2015). UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto (NTP 399.604).
- Instituto Nacional de Calidad. (2016). CEMENTOS. Cemento Pórtland. Requisitos (NTP 334.009).
- Instituto Nacional de Calidad. (2017). UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos (NTP 399.611).
- Instituto Nacional de Calidad. (2019). CEMENTOS. Definiciones y nomenclatura (NTP 334.001).
- Khalil, M., Aslam, M., & Ahmad, S. (2021). Utilization of sugarcane bagasse ash as cement replacement for the production of sustainable concrete – A review. *Construction and Building Materials*, 270, 14. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121371>

- Lehne, J., & Preston, F. (2018). *Making concrete change: Innovation in low-carbon cement and concrete*. Cambridge. <https://policycommons.net/artifacts/1423241/making-concrete-change/2037504/>
- Lozada, J. (2014). Investigación aplicada: Definición, propiedad intelectual e industria. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 3(1), 47-50. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>
- Lyra, G., Borrachero, M., Soriano, L., Payá, J., & Rossignolo, J. (2021). Comparison of original and washed pure sugar cane bagasse ashes as supplementary cementing materials. *Construction and Building Materials*, 272, 122001. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.122001>
- Mampearachchi, W. (2019). *Handbook on concrete block paving* (1st ed.). Springer Singapore.
- Mariano, K. (2019). *Comparación de las resistencias a compresión y flexión del concreto adicionado con las cenizas de bagazo de caña de azúcar con el concreto normal $f'c = 210\text{kg/cm}^2$* . [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/4338>
- Mettler-Toledo International. (2021). *¿Qué es la densidad?* https://www.mt.com/int/es/home/applications/Application_Browse_Laboratory_Analytic_s/Density/density-measurement.html
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI]. (2022). *Boletín Estadístico Mensual: El Agro en Cifras, Mes: Julio 2022* (p. 169).
- Narváez, V. P. D. (2014). El concepto de ciencia como sistema, el positivismo, neopositivismo y las “investigaciones cuantitativas y cualitativas”. Redalyc.org. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81732428014>

Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos. (2010).

NTG 41086. (2012). *Adoquines de concreto para pavimentos. Especificaciones.* COGUANOR.

NTG 41087 h1. (2012). *Métodos de Ensayo. Determinación del módulo de ruptura de los adoquines de concreto.* COGUANOR.

Resolución Viceministerial N° 079-2016-VMPCIC-MC, de 06 de julio, Declarar al sistema de producción de Shacta, aguardiente de caña de azúcar de Huánuco, como Patrimonio Cultural de la Nación, Diario Oficial El Peruano, 592320, de 8 de julio de 2016.

<https://www.gob.pe/institucion/cultura/normas-legales/204330-079-2016-vmptic-mc>

Rithuparna, R., Jittin, V., & Bahurudeen, A. (2021). Influence of different processing methods on the recycling potential of agro-waste ashes for sustainable cement production: A review. *Journal of Cleaner Production*, 316, 29. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128242>

Romero, K., & Tineo, K. (2021). *Influencia de la ceniza de hoja de maíz y bagazo de cebada en el concreto $f'c=210$ kg/cm², Santiago de Chuco 2021* [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/85095>

Romero Huayta, M. J., & Salinas Navarro, M. A. (2020). *Estudio experimental del concreto para adoquines tipo II, adicionando relaves mineros.* [Tesis para optar por el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de San Agustín (USAN)]. <http://hdl.handle.net/20.500.12773/11386>

Sanjuán, M. Á., & Chinchón, S. (2014). *Introducción a la fabricación y normalización del cemento portland.* Universidad de Alicante. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/45347>

- Simeón, J. (2014). *DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO*. (p. 14) [Laboratorio de Materiales de Construcción]. Universidad Centroamericana.
- SWI swissinfo.ch. (2022, julio 7). *Producción agropecuaria creció 4 % en Perú, de enero a abril de 2022*. SWI swissinfo.ch. https://www.swissinfo.ch/spa/per%C3%BA-agropecuario_producci%C3%B3n-agropecuaria-creci%C3%B3-4---en-per%C3%BA--de-enero-a-abril-de-2022/47736078
- Thomas, B., Yang, J., Mo, K., Abdalla, J., Hawileh, R., & Ariyachandra, E. (2021). Biomass ashes from agricultural wastes as supplementary cementitious materials or aggregate replacement in cement/geopolymer concrete: A comprehensive review. *Journal of Building Engineering*, 40, 12. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102332>
- Vásquez, M. (2020). *Adoquines de concreto tipo II en vías urbanas, utilizando escombros de construcción y aditivos acelerantes*. [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/6054>

ANEXOS

Anexo N°01: Matriz de Consistencia

TITULO								
"INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAÍZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VÍAS URBANAS - HUÁNUCO 2022"								
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSION	INDICADOR	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	AMBITO DE INVESTIGACIÓN
<i>Problema General</i>	<i>Objetivo General</i>	<i>Hipótesis General</i>			<i>V. Dependiente</i>			
¿Cuánto influye la incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar en las propiedades físico - mecánicas de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas?	Determinar cuánto influye la incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar en las propiedades físico - mecánicas de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.	La incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar mejora las propiedades físico - mecánicas de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.	X: Adoquín de Concreto Tipo II	Propiedades Físicas	Densidad Contenido de Humedad Resistencia a Compresión	Cuasi - experimental	Método Empírico-analítico que presenta métodos específicos como el método experimental y la observación científica .	Adoquines de concreto tipo II para vías urbanas de tránsito liviano de la Provincia de Huánuco y Departamento de Huánuco
				Propiedades Mecánicas	Módulo de Ruptura Absorción			
<i>Problemas Específicos</i>	<i>Objetivos Específicos</i>	<i>Hipótesis Específicas</i>			<i>V. Independiente</i>	NIVEL Y TIPO DE ESTUDIO	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	POBLACIÓN Y MUESTRA
¿Cuánto influye la incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar en la densidad de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas?	Determinar cuánto influye la incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar en la densidad de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.	La incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar reduce la densidad de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.	Y1: Cenizas de hoja de maíz (CHM)	Dosificación por peso del cemento	0% del peso del cemento 5% del peso del cemento	Experimental	TÉCNICA: Observación	POBLACIÓN: Adoquines de concreto tipo II con incorporación de cenizas de hojas de maíz y cenizas de bagazo de caña de azúcar.
¿Cuánto influye la incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar en el contenido de humedad de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas?	Determinar cuánto influye la incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar en el contenido de humedad de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.	La incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar reduce el contenido de humedad de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.			10% del peso del cemento 15% del peso del cemento			

					TIPO DE ESTUDIO:	INSTRUMENTOS:	MUESTRA:
¿Cuánto influye la incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar en el porcentaje de absorción de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas?	Determinar cuánto influye la incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar en el porcentaje de absorción de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.	La incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar cumple con el porcentaje máximo de absorción de la NTP 399.611 de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.			0% del peso del cemento	<p><i>De acuerdo al fin que persigue:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicada <p><i>Por su nivel de profundidad:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Descriptiva-comparativa <p><i>De acuerdo a los datos analizados:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuantitativa <p><i>Por los medios para obtener los datos:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Datos obtenidos de Laboratorio 	<p>147 unidades de muestras de adoquines de concreto (8cm x 10cm x 20cm) en los diseños correspondientes.</p>
¿Cuánto influye la incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar en la resistencia a la compresión de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas?	Determinar cuánto influye la incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar en la resistencia a la compresión de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.	La incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar mejora la resistencia a la compresión permitiendo cumplir con los parámetros mínimos de la norma NTP 399.611 de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.	Y2: Cenizas del bagazo de caña de azúcar (CBCA)	Dosificación por peso del Cemento	5% del peso del cemento	<p><i>Por su mayor o menor manipulación de variable:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuasi - experimental <p><i>Según el tipo de inferencia:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Deductiva 	<p>• Ficha técnica de laboratorio para el ensayo de densidad, contenido de humedad y absorción (NTP 399.604 - ASTM C140)</p>
¿Cuánto influye la incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar en el módulo de ruptura de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas?	Determinar cuánto influye la incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar en el módulo de ruptura de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.	La incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar mejora el módulo de ruptura permitiendo cumplir con los parámetros mínimos de la norma NTG 41086 de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas.			10% del peso del cemento	<p><i>Por su mayor o menor manipulación de variable:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuasi - experimental <p><i>Según el tipo de inferencia:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Deductiva 	<p>• Ficha técnica de laboratorio para el ensayo de compresión (NTP 399.604 - ASTM C140)</p>
¿Cuál es el porcentaje óptimo y la variación del costo de la incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar en el diseño de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas?	Determinar el porcentaje óptimo y la variación del costo de la incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar en el diseño de adoquines de concreto tipo II para vías urbanas	El porcentaje optimó de incorporación de cenizas de hoja de maíz y bagazo de caña de azúcar en el diseño es del 10%, lo que reduce el costo de elaboración de Adoquines de Concreto Tipo II para Vías Urbanas.			15% del peso del cemento	<p><i>Según el periodo en el que se realiza:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Transversal <p><i>De acuerdo al tiempo en el que se efectúan:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Sincrónica 	<p>• Ficha técnica de laboratorio para el ensayo de módulo de ruptura (NTG 41087 h1 - INTE 06-02-14)</p>

Anexo N°02: Consentimiento Informativo**CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Yo, Robin Alfredo Vigo Rojas,
 como responsable de elaborar los ensayos del laboratorio de mecánica de suelos de la facultad de Ingeniería Civil, **ACEPTO** participar en el proceso de validación del trabajo de investigación titulado **“INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAÍZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VÍAS URBANAS - HUÁNUCO 2022”** cuyo objetivo es determinar que manera influye la incorporación de las cenizas de hojas de maíz y bagazo de caña de azúcar en las propiedades físico-mecánicas en los adoquines de concreto que serán elaborados en el laboratorio de mecánica de suelos de la facultad de Ingeniería Civil.

Señalo que se me ha informado sobre el procedimiento y propósito de la investigación, el cual será en favor la de población del distrito de Pillco -marca, ya que esta investigación se podrá tener conocimiento sobre nuevas formas de reemplazar el cemento en ciertos porcentajes y más aun con productos agrícolas desechables. Además, proporcionara los resultados de acuerdo a la normativa peruana estableciendo así antecedentes para futuras investigaciones. Por todo ello, autorizo se proceda en todo lo necesario para favorecer y facilitar la información que se requiera.

Reconozco que la información que yo provea para esta investigación es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito, fuera de los alcances de este estudio, sin mi consentimiento.

Este trabajo de investigación corresponde a los Bachilleres en Ingeniería Civil Mike Steven Chamorro Baldeon y Glicerio Jhunior Benancio Camara ex alumnos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, quienes están asesorados por el Ing. Lyndon Víctor Soto Coz.

Finalmente, los responsables del proyecto podrán divulgar la información estrictamente para fines que esta investigación requiera.

Declaro que mi participación no implica ninguna contraprestación, por tratarse de una investigación académica.


 D.N.I. 43091918

ROBIN ALFREDO VIGO ROJAS
 Ingeniero Civil
 Reg CIP N° 26423b

**AUTORIZACION PARA LA EXTRACCION DE HOJAS DE MAIZ DE LA
FACULTAD DE AGRONOMIA**

Yo, FRANCISCO TIBURCIO ROJAS NAHUENRIPA....., como responsable del sembrío de las labores agrícolas de la facultad de Agronomía de la Universidad Nacional "Hermilio Valdizan", **ACEPTO** participar en el proceso de validación del trabajo de investigación titulado **"INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAÍZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VÍAS URBANAS - HUÁNUCO 2022"** cuyo objetivo es determinar que manera influye la incorporación de las cenizas de hojas de maíz y bagazo de caña de azúcar en las propiedades físico-mecánicas en los adoquines de concreto que serán elaborados en el laboratorio de mecánica de suelos de la facultad de Ingeniería Civil.

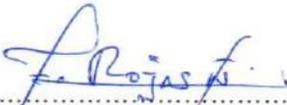
Señalo que se me ha informado sobre el procedimiento y propósito de la investigación, el cual será en favor la de población del distrito de Pillco -marca, ya que esta investigación se podrá tener conocimiento sobre nuevas formas de reemplazar el cemento en ciertos porcentajes y más aun con productos agrícolas desechables. Además, proporcionara los resultados de acuerdo a la normativa peruana estableciendo así antecedentes para futuras investigaciones. Por todo ello, autorizo se proceda en todo lo necesario para favorecer y facilitar la información que se requiera.

Reconozco que la información que yo provea para esta investigación es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito, fuera de los alcances de este estudio, sin mi consentimiento.

Este trabajo de investigación corresponde a los Bachilleres en Ingeniería Civil Mike Steven Chamorro Baldeon y Glicerio Jhunnior Benancio Camara ex alumnos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, quienes están asesorados por el Ing. Lyndon Víctor Soto Coz.

Finalmente, los responsables del proyecto podrán divulgar la información estrictamente para fines que esta investigación requiera.

Declaro que mi participación no implica ninguna contraprestación, por tratarse de una investigación académica.



 D.N.I. 2,2474041

**AUTORIZACION PARA LA EXTRACCION DE HOJAS DE MAIZ DE LA
FACULTAD DE AGRONOMIA**

Yo, Javier Cueva Envernosa,
como responsable administrativo de las labores agrícolas de la facultad de Agronomía de la Universidad Nacional "Hermilio Valdizan", **ACEPTO** participar en el proceso de validación del trabajo de investigación titulado **"INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAÍZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VÍAS URBANAS - HUÁNUCO 2022"** cuyo objetivo es determinar que manera influye la incorporación de las cenizas de hojas de maíz y bagazo de caña de azúcar en las propiedades físico-mecánicas en los adoquines de concreto que serán elaborados en el laboratorio de mecánica de suelos de la facultad de Ingeniería Civil.

Señalo que se me ha informado sobre el procedimiento y propósito de la investigación, el cual será en favor la de población del distrito de Pillco -marca, ya que esta investigación se podrá tener conocimiento sobre nuevas formas de reemplazar el cemento en ciertos porcentajes y más aun con productos agrícolas desechables. Además, proporcionara los resultados de acuerdo a la normativa peruana estableciendo así antecedentes para futuras investigaciones. Por todo ello, autorizo se proceda en todo lo necesario para favorecer y facilitar la información que se requiera.

Reconozco que la información que yo provea para esta investigación es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito, fuera de los alcances de este estudio, sin mi consentimiento.

Este trabajo de investigación corresponde a los Bachilleres en Ingeniería Civil Mike Steven Chamorro Baldeon y Glicerio Jhunnior Benancio Camara ex alumnos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, quienes están asesorados por el Ing. Lyndon Víctor Soto Coz.

Finalmente, los responsables del proyecto podrán divulgar la información estrictamente para fines que esta investigación requiera.

Declaro que mi participación no implica ninguna contraprestación, por tratarse de una investigación académica.

.....
D.N.I. 2252110

Anexo N°03: Instrumentos


**ENSAYO DE ABSORCIÓN, CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD
EN ADOQUINES DE CONCRETO**

(NTP 399.604 - ASTM C 140)



FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Laboratorio	: Laboratorio Centro Especializado de Geotecnia, Pavimentos y Ensayo de Materiales
Tesis	: "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAÍZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VÍAS URBANAS - HUÁNUCO 2022"
Tesistas:	Benancio Camara, Glicerio Jhunnior Chamorro Baldeon, Mike Steven
Ubicación:	Universidad Nacional Hermilio Valdizán - Pillco Marca - Huánuco - Huánuco
Tipo de Adoquín:	
Fecha de Fabricación:	
Fecha de Ensayo:	
Días para Rotura:	
Observaciones:	

Registro y Cálculos del Ensayo

W_r = Peso recibido de la unidad, (kg)
 W_s = Peso saturado del espécimen, (kg)
 W_i = Peso sumergido del espécimen, (kg)
 W_d = Peso seco al horno del espécimen, (kg)

Absorción, % = $[(W_s - W_d) / W_d] \times 100$

Contenido de humedad = $[(W_r - W_d) / (W_s - W_d)] \times 100$

Densidad (D), kg/m³ = $[W_d / (W_s - W_i)] \times 1000$

Tipo de Adoquín	Absorción, máx. (%)	
	Promedio de 3 unidades	Unidad Individual
I y II	6	7.5
III	5	7

Resultados individuales de ensayo

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Muestra N°	Ancho Superior	Ancho Inferior	Ancho Promedio	Largo Superior	Largo Inferior	Largo Promedio	Espesor Alma 01	Espesor Alma 02	Espesor Alma 03	Espesor Alma 04	Espesor Promedio
#01											
#02											
#03											
Promedio											

RESULTADOS

Muestra N°	WR Peso Recibido (kg)	Ws Peso Saturado (kg)	Wi Peso Sumergido (kg)	Wd Peso Seco Horno (kg)	Absorción (kg/m ³)	Absorción (%)	Densidad (kg/m ³)	Volumen Neto (m ³)	Área Neta (m ²)	Porcentaje Sólido (%)	Contenido de Humedad (%)
#01											
#02											
#03											
Promedio											

* Área neta determinada de las muestras de absorción a menos que se utilicen unidades sólidas.

** Peso recibido determinado al momento de entregar la unidad al lugar de trabajo o de unidades muestreadas en ese momento y entregadas al laboratorio en contenedores sellados para determinar el contenido de humedad.



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO

(NTP 399.604 - ASTM C 140)



INFORME DE ENSAYO

Tesis:	"INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAIZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VIAS URBANAS - HUANUCO 2022"
Tesistas:	
Laboratorio:	Laboratorio de Suelos y Pavimentos
Ubicación:	Universidad Nacional "Hermilio Valdizán" - Pillco Marca - Huánuco
Adoquines:	
Fecha de Elaboración:	
Fecha de Ensayo:	
Días para Rotura:	
Observaciones:	

Registro y Cálculos del Ensayo

Tipo	Espesor Nominal (mm)	Resistencia a la compresión, mín. Mpa (kg/cm ²)	
		Promedio de 3 unidades	Unidad individual
II	80	37 (380)	33 (340)
(Vehículo Ligero)	100	35 (360)	32 (325)

Tolerancia dimensional, máx.		
Longitud	Ancho	Espesor
± 1,6	± 1,6	± 3,2

Resultados individuales de ensayo

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Muestra N°	Ancho Superior	Ancho Inferior	Ancho Promedio	Largo Sup 01	Largo Inf 02	Largo Promedio	Espesor Alma 01	Espesor Alma 02	Espesor Alma 03	Espesor Alma 04	Espesor Promedio
#01											
#02											
#03											
Promedio											

RESULTADOS COMPRESIÓN

Muestra N°	Peso Recibido (gr)	Área Transversal		Carga Máxima	Resistencia a Compresión	
		Bruta (cm ²)	Neta (cm ²)		Bruta (cm ²)	Neta (cm ²)
#01						
#02						
#03						
Promedio						

Anexo N°04: Nota Biográfica

Mi nombre es Mike Steven Chamorro Baldeón. Nací el 28 de julio de 1998 en el pintoresco distrito de Huánuco, que se encuentra rodeado por majestuosas montañas en la provincia y el departamento de Huánuco. Soy el hijo de don Francisco Richard Chamorro Bermúdez y doña Cecilia Luisa Baldeón Sánchez. Mis años de educación primaria los cursé en dos instituciones educativas. Los primeros dos grados los realicé en el colegio "Juana Moreno", mientras que del 3° al 6° grado continué mi formación en el colegio de excelencia "San Vicente de La Barquera". En cuanto a mis estudios secundarios, los primeros cuatro años los cursé en el colegio "Líder", y culminé mi quinto año en el colegio Astex "El Principito". Mis estudios superiores los realicé en la Universidad Nacional "Hermilio Valdizán" de Huánuco, en la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, escuela profesional de Ingeniería Civil.

He desempeñado roles diversos en el campo de la construcción y la ingeniería. Comencé mi carrera como asistente de oficina técnica y asistente de residencia, donde participé en la ejecución de proyectos de edificación. Más adelante, mi experiencia se amplió como modelador y coordinador BIM en expedientes de proyectos hospitalarios, proyectos educativos y proyectos inmobiliarios. En la actualidad, formo parte del equipo BIM de la empresa Consorcio Consultor Norte. Además de mi trabajo, estoy comprometido con mi desarrollo académico y estoy cursando una maestría con especialización en Estructuras en la Universidad Nacional de Ingeniería.



Mi nombre es Benancio Camara Glicerio Jhunnior. Nací el 20 de junio de 1996 en el distrito de Amarilis, en la provincia y el departamento de Huánuco. Soy el hijo de don Creencio Benancio Mauricio y Elena Camara Silva. Mis años de educación primaria los cursé en la institución educativa "Mariano Damaso Beraun". En cuanto a mis estudios secundarios, los cursé en el colegio "Hermilio Valdizán". Mis estudios superiores los realicé en la Universidad Nacional "Hermilio Valdizán" de Huánuco, en la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, escuela profesional de Ingeniería Civil.

He desempeñado en diversos roles en el campo de la construcción y la ingeniería. Comencé mi carrera como asistente de oficina técnica y asistente de residencia, donde participé en la ejecución de proyectos de edificación. Continuando así con trabajos en ejecución de obras de proyectos educativos y proyectos de pistas y veredas.

Además de mi trabajo, estoy comprometido con mi desarrollo académico y estoy cursando una maestría con especialización en Estructuras en la Universidad Nacional de Ingeniería.

Anexo N°05: Validación de los Instrumentos por Jueces



INFORME DE OPINION DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACION



TESIS : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAIZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICOMECAÑICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VIAS URBANAS - HUANUCO 2022"

TESISTAS : Benancio Camara, Glicerio Jhunnior
Chamorro Baldeon, Mike Steven

DATOS INFORMATIVOS DEL EXPERTO

1.0. APELLIDOS Y NOMBRES : Caldas Saavedra, Gulllianno
 2.2. CARGO ACADEMICO : Ingeniero Civil
 3.0. CENTRO DE LABORES : Ing. Especialista en la Obra del Cerco Perimetrico Agronomia
 4.0. CARGO : Especialista en Suelos y Geotecnia
 5.0. INSTRUMENTOS :

- A. ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS (NTP 400.021 - NTP 400.022 - ASTM C127-88)
- B. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMETRICO DE LOS AGREGADOS FINOS (NTP 400.012 - ASTM C 136)
- C. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMETRICO DE LOS AGREGADOS GRUESOS (NTP 400.012 - ASTM C 136)
- D. ENSAYO DE PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS (NTP 400.017, MTC E203)
- E. ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS (NTP 339.185, ASTM D2216-19)
- F. ENSAYO DE ABSORCIÓN, CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD EN ADOQUINES DE CONCRETO AL 0%, 5%, 10% Y 15% DE CENIZAS DE HOJAS DE MAIZ Y CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (NTP 399.604 - ASTM C140)
- G. ENSAYO DE COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO AL 0%, 5%, 10% Y 15% DE CENIZAS DE HOJAS DE MAIZ Y CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (NTP 399.611:2010 y NTP 399.604:2002)
- H. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO AL 0%, 5%, 10% Y 15% DE CENIZAS DE HOJA DE MAIZ Y CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (NTG 41087 - ASTM C 140-07)

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

PUNTUACIÓN

RANGO	DESCRIPCION
0-5	NO aplicable
5-10	No válido, reformular
10-15	Valido, aplicar
15-20	Valido, Excelente aplicar

EVALUACION

INDICADORES DE EVALUACION DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS	VALORACIÓN			
		MALO 1	REGULAR 2	BUENO 3	MUY BUENO 4
CLARIDAD	¿Están Formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión?				4
OBJETIVIDAD	¿Están expresados en datos medibles u observables?				4
COHERENCIA	Existe relacion del contenido con los indicadores y de las variables				4
PERTINENCIA	Las categorias de respuestas y su valores son apropiados				4
SUFICIENCIA	Son suficientes la cantidad y claridad de items en los instrumentos				4

OBSERVACIONES

los formatos de ensayos fueron elaborados de acuerdo a la normativa establecida y cumple con los indicadores

DECISIÓN DEL EXPERTO

El instrumento debe ser aplicado : Si (X) No ()


 Gulllianno Caldas Saavedra
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y GEOTECNIA
 Reg. C.I.P. N° 81773



INFORME DE OPINION DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACION



TESIS : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAIZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICOMECÁNICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VIAS URBANAS - HUANUCO 2022"

TESISTAS : Benancio Camara, Glicerio Jhunnior Chamorro Baldeon, Mike Steven

DATOS INFORMATIVOS DEL EXPERTO

1.0. APELLIDOS Y NOMBRES : Vigo Rojas, Robin Alfredo
 2.2. CARGO ACADEMICO : Ingeniero Civil
 3.0. CENTRO DE LABORES : Universidad Hermilio Valdizan
 4.0. CARGO : Especialista del Laboratorio de Geotecnia
 5.0. INSTRUMENTOS :

- A. ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS (NTP 400.021 - NTP 400.022 - ASTM C127-88)
- B. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMETRICO DE LOS AGREGADOS FINOS (NTP 400.012 - ASTM C 136)
- C. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMETRICO DE LOS AGREGADOS GRUESOS (NTP 400.012 - ASTM C 136)
- D. ENSAYO DE PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS (NTP 400.017, MTC E203)
- E. ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS (NTP 339.185, ASTM D2216-19)
- F. ENSAYO DE ABSORCIÓN, CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD EN ADOQUINES DE CONCRETO AL 0%, 5%, 10% Y 15% DE CENIZAS DE HOJAS DE MAIZ Y CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (NTP 399.604 - ASTM C140)
- G. ENSAYO DE COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO AL 0%, 5%, 10% Y 15% DE CENIZAS DE HOJAS DE MAIZ Y CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (NTP 399.611:2010 y NTP 399.604:2002)
- H. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO AL 0%, 5%, 10% Y 15% DE CENIZAS DE HOJA DE MAIZ Y CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (NTG 41087 - ASTM C 140-07)

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO PUNTUACIÓN

RANGO	DESCRIPCION
0-5	NO aplicable
5-10	No válido, reformular
10-15	Valido, aplicar
15-20	Valido, Excelente aplicar

EVALUACION

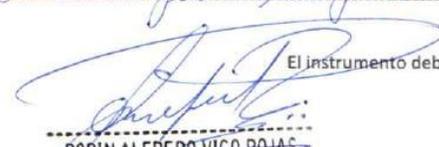
INDICADORES DE EVALUACION DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS	VALORACIÓN			
		MALO	REGULAR	BUENO	MUY BUENO
		1	2	3	4
CLARIDAD	¿Están Formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión?				4
OBJETIVIDAD	¿Están expresados en datos medibles u observables?				4
COHERENCIA	Existe relacion del contenido con los indicadores y de las variables				4
PERTINENCIA	Las categorias de respuestas y su valores son apropiados				4
SUFICIENCIA	Son suficientes la cantidad y claridad de items en los instrumentos				4

OBSERVACIONES

Los formatos de ensayos cumplen con los indicadores de evaluación por su claridad y validación.

DECISIÓN DEL EXPERTO

El instrumento debe ser aplicado : Si () No ()


ROBIN ALFREDO VIGO ROJAS
 Ingeniero Civil
 Reg CIP N° 264235



INFORME DE OPINION DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACION



TESIS : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAIZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICOMECAÑICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VIAS URBANAS - HUANUCO 2022"

TESISTAS : Benancio Camara, Glicerio Jhunnior
Chamorro Baldeon, Mike Steven

DATOS INFORMATIVOS DEL EXPERTO

1.0. APELLIDOS Y NOMBRES : ANGEL VERTIZ, JEAN EDISON

2.2. CARGO ACADEMICO : INGENIERO CIVIL

3.0. CENTRO DE LABORES : ING. CIVIL EN LA OBRA CERCO PERIMETRICO AGRONOMIA

4.0. CARGO : INGENIERO CIVIL

5.0. INSTRUMENTOS :

- A. ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS (NTP 400.021 - NTP 400.022 - ASTM C127-88)
- B. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMETRICO DE LOS AGREGADOS FINOS (NTP 400.012 - ASTM C 136)
- C. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMETRICO DE LOS AGREGADOS GRUESOS (NTP 400.012 - ASTM C 136)
- D. ENSAYO DE PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS (NTP 400.017, MTC E203)
- E. ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS (NTP 339.185, ASTM D2216-19)
- F. ENSAYO DE ABSORCIÓN, CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD EN ADOQUINES DE CONCRETO AL 0%, 5%, 10% Y 15% DE CENIZAS DE HOJAS DE MAIZ Y CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (NTP 399.604 - ASTM C140)
- G. ENSAYO DE COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO AL 0%, 5%, 10% Y 15% DE CENIZAS DE HOJAS DE MAIZ Y CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (NTP 399.611:2010 y NTP 399.604:2002)
- H. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO AL 0%, 5%, 10% Y 15% DE CENIZAS DE HOJA DE MAIZ Y CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (NTG 41087 - ASTM C 140-07)

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

PUNTUACIÓN

RANGO	DESCRIPCION
0-5	NO aplicable
5-10	No válido, reformular
10-15	Valido, aplicar
15-20	Valido, Excelente aplicar

EVALUACION

INDICADORES DE EVALUACION DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS	VALORACIÓN			
		MALO 1	REGULAR 2	BUENO 3	MUY BUENO 4
CLARIDAD	¿Están Formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión?				4
OBJETIVIDAD	¿Están expresados en datos medibles u observables?				4
COHERENCIA	Existe relacion del contenido con los indicadores y de las variables				4
PERTINENCIA	Las categorias de respuestas y su valores son apropiados				4
SUFICIENCIA	Son suficientes la cantidad y claridad de items en los instrumentos				4

OBSERVACIONES

LOS FORMATOS DE VALIDACION DE LOS ENSAYOS CUMPLEN CON LOS INDICADORES Y NORMATIVA PERUANA

DECISIÓN DEL EXPERTO

El instrumento debe ser aplicado : Si (X) No ()



Ing. Jean Edison ANGEL VERTIZ
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 180363

Anexo N°06: Resultados de los Ensayos de Agregados



ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS

(NTP 400.012 - ASTM C 136)



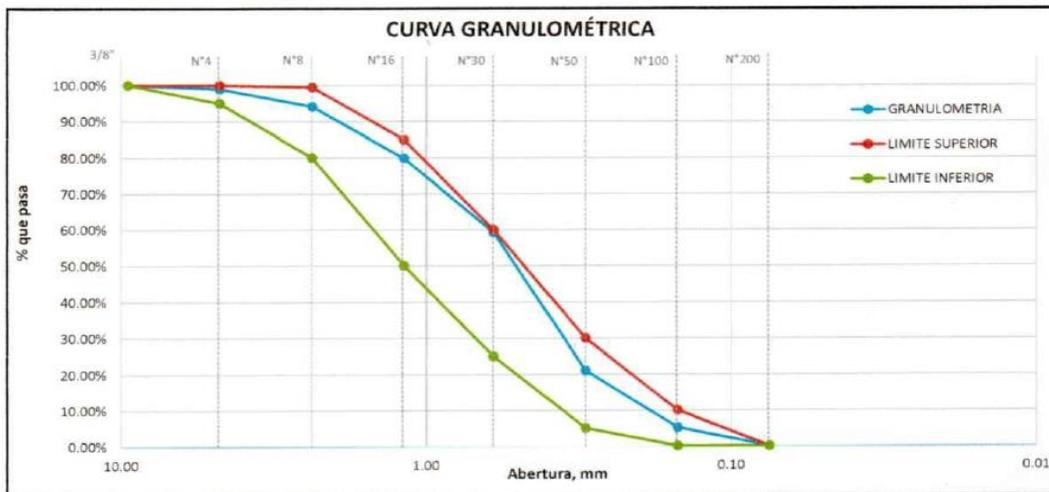
Datos del Espécimen

Ubicación:	Universidad Nacional "Hermilio Valdizán" - Huánuco	Proceso en: <input type="checkbox"/> Húmedo <input type="checkbox"/> Seco al Aire <input checked="" type="checkbox"/> Seco al Horno
Cantera:	ANDABAMBA - PILLCO MARCA	
Laboratorio:	Laboratorio de Suelos y Pavimentos	
Fecha:	14/03/2023	
Observaciones:	---	

Registro y Cálculos del Ensayo

N° de Tara Para Lavado	N° 200	Se Empleó Equipo de Agitación: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Se Empleó Agente Dispersante: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
Masa de Tara (g)	90	
Masa Total Inicial - Seca (g)	1169.0	
Fración Fina Pasante - Seca (g)	176.5	
Masa de Fracción Fina Seca Luego de Lavado (g)	992.5	

Tamizes				Masas Secas Retenida (g)				Masa Total Retenida en Cada Tamiz (g)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	
Designación (ASTM E11)		% Que Pasa Máximo Permisible (g)		Fración de 1era Separación							
pulg	mm	Límite Inferior	Límite Superior	Peso de la Malla (g)	Peso Malla + Muestra (g)	Peso Retenido (g)	% Retenido				
3/8"	9.50	100%	100%	520.8	520.8	0	0.00%	0	0.00%	100.00%	
N° 4	4.75	95%	100%	495.3	505.6	10.3	1.04%	10.3	1.04%	98.96%	
N° 8	2.36	80%	100%	450.3	498.3	48	4.84%	48	5.87%	94.13%	
N° 16	1.18	50%	85%	393.7	534.8	141.1	14.22%	141.1	20.09%	79.91%	
N° 30	0.60	25%	60%	360.6	565.0	204.4	20.59%	204.4	40.69%	59.31%	
N° 50	0.30	5%	30%	350.3	729.4	379.1	38.20%	379.1	78.88%	21.12%	
N° 100	0.15	0%	10%	324.5	482.6	158.1	15.93%	158.1	94.81%	5.19%	
N° 200	0.08	-	-	306.1	356.7	50.6	5.10%	50.6	99.91%	0.09%	
Fondo	-	-	-	369.3	370.2	0.9	0.09%	0.9	100.00%	0.00%	
NTP 400.037				992.5				100.00%			

Módulo de fineza = $(\sum N^{\circ}100, N^{\circ}50, N^{\circ}30, N^{\circ}16, N^{\circ}8, N^{\circ}4) / 100$ MF = **2.41**

Huánuco



PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO

(NTP 400.017, MTC E203)



Datos del Espécimen

Ubicación:	Universidad Nacional "Hermilio Valdizán" - Huánuco
Cantera:	Cantera Andabamba
Laboratorio:	Laboratorio de Suelos y Pavimentos (UNHEVAL)
Fecha:	15/03/2023
Observaciones:	El ensayo fue realizado de acuerdo a los parámetros estipulados en la NTP 400.017

ENSAYO DE PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO

N° de muestra			AGREGADO GRUESO (P.U. SUELTO)
a)	Recipiente	N°	
b)	Peso recipiente	Kg	5.842
c)	Peso recipiente + peso del agregado	Kg	25.484
d)	Peso del agregado	Kg	19.642
e)	Volumen del recipiente	m ³	0.01379
f)	Peso unitario suelto	kg/m ³	1,424.28

N° de muestra			AGREGADO GRUESO (P.U. COMPACTADO)
a)	Recipiente	N°	
b)	Peso recipiente	Kg	5.842
c)	Peso recipiente + peso del agregado	Kg	27.894
d)	Peso del agregado	Kg	22.052
e)	Volumen del recipiente	m ³	0.01379
f)	Peso unitario compactado	kg/m ³	1,599.04

N° de muestra			AGREGADO FINO (P.U. SUELTO)
a)	Recipiente	N°	
b)	Peso recipiente	Kg	1.784
c)	Peso recipiente + peso del agregado	Kg	5.570
d)	Peso del agregado	Kg	3.786
e)	Volumen del recipiente	m ³	0.00283
f)	Peso unitario suelto	kg/m ³	1,339.55

N° de muestra			AGREGADO FINO (P.U. COMPACTADO)
a)	Recipiente	N°	
b)	Peso recipiente	Kg	1.784
c)	Peso recipiente + peso del agregado	Kg	6.348
d)	Peso del agregado	Kg	4.564
e)	Volumen del recipiente	m ³	0.00283
f)	Peso unitario compactado	kg/m ³	1,614.82



[Handwritten signature]



ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS

(NTP 400.021 - ASTM C127-88) (NTP 400.022)



Datos del Espécimen

Ubicación:	Universidad Nacional "Hermilio Valdizán" - Huánuco
Cantera:	ANDABAMBA - PILLCO MARCA
Laboratorio:	Laboratorio de Suelos y Pavimentos
Fecha:	15/03/2023
Observaciones:	---

AGREGADO GRUESO			
MUESTRA			VALOR
A	Peso del Material Saturado Superficialmente Seco (en aire)	gr	2050.00
B	Peso del Material Saturado Seco (en agua)	gr	1190.00
C	Volumen de Masa + Volumen de Vacios = A - B	cm3	860.00
D	Peso del Material Seco en Estufa (110 °C)	gr	2019.00
E	Volumen de Masa = C - (A - B)	cm3	829.00

Peso Específico (Base Seca) = D/C	gr/cm3	2.35
Peso Específico (Base Saturada) = A/C	gr/cm3	2.38
Peso Específico Aparente (Base Seca) = D/E	gr/cm3	2.44
Porcentaje de Absorción = ((A - D) / D) x 100	%	1.54%

AGREGADO FINO			
MUESTRA			VALOR
A	Peso del Material Saturado Superficialmente Seco (en aire)	gr	500.00
B	Peso del Frasco + Agua	gr	672.60
C	Peso del Frasco + Agua + Pe. Mat. Sat. Sup. Seca = A+B	gr	1172.60
D	Peso del Material + Agua en el Frasco	gr	982.60
E	Volumen de Masa + Volumen de Vacios = C - D	cm3	190.00
F	Peso del Material Seco en Estufa (110°C)	gr	491.50
G	Volumen de Masa = E - (A-F)	cm3	181.50

Peso Específico (Base Seca) = F/E	gr/cm3	2.59
Peso Específico (Base Saturada) = A/E	gr/cm3	2.63
Peso Específico Aparente (Base Seca) = F/G	gr/cm3	2.71
Porcentaje de Absorción = ((A - F) / F) x 100	%	1.73%



[Handwritten signature]



CONTENIDO DE HUMEDAD

(NTP 339.185, ASTM D2216-19)



Datos del Espécimen

Ubicación:	Universidad Nacional "Hermilio Valdizán" - Huánuco
Cantera:	Cantera Andabamba
Laboratorio:	Laboratorio de Suelos y Pavimentos (UNHEVAL)
Fecha:	13/03/2023
Observaciones:	El ensayo fue realizado de acuerdo a los parámetros estipulados en la NTP 339.185

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA

N° de muestra		A.G. GRUESO
a)	Recipiente N°	11
b)	Peso recipiente + Suelo Humedo gr	2,599.00
c)	Peso recipiente + Suelo Seco gr	2,574.20
d)	Peso Recipiente gr	409.00
e)	Peso del Agua gr	24.80
f)	Peso Suelo Seco gr	2,165.20
g)	Contenido de Humedad %	0.96%

N° de muestra		A.G. FINO
a)	Recipiente N°	G2
b)	Peso recipiente + Suelo Humedo gr	619.10
c)	Peso recipiente + Suelo Seco gr	603.50
d)	Peso Recipiente gr	69.10
e)	Peso del Agua gr	15.60
f)	Peso Suelo Seco gr	534.40
g)	Contenido de Humedad %	2.58%



[Handwritten signature]

Anexo N°07: Resultados del Diseño de Mezcla para Adoquines de Concreto



DISEÑO TEORICO DE MEZCLA DE CONCRETO (A.C.I. 211.3)



TESIS:	"INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAIZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LAS PROPIEDADES FISICO-MECÁNICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VIAS URBANAS - HUANUCO 2022"
TESISTAS:	BENANCIO CAMARA, GLICERIO JHUNNIOR CHAMORRO BALDEON, MIKE STEVEN
LABORATORIO:	CENTRO ESPECIALIZADO DE GEOTECNICA, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES
UBICACIÓN:	UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILO VALDIZAN" - PILLCO MARCA - HUÁNUCO
FECHA:	Abr-23

ACI 211.3R-02 Guía para seleccionar proporciones para concreto sin asentamiento.

ACI 211.1 proporciona métodos para dosificar concreto con revenimientos mayores a 25 mm (1 pulg.) según lo medido por ASTM C 143/C 143M. Por otra parte, ACI 211.3 viene a ser una extensión que aborda la dosificación de concreto que tiene un asentamiento en el rango de cero a 25mm (1 pulg.). Entre los elementos de concreto elaborados con asentamiento cero o nulo se incluyen el concreto compactado con rodillo, tejas, unidades de mampostería de concreto y concreto permeable.

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

CANTERA:	AGREGADOS	
	ANDABAMBA	AGREGADO GRUESO
PROPIEDADES	FINO	GRUESO
Tamaño Máximo Nominal	---	3/8"
Módulo de fineza	2.40	---
Peso Seco Compactado	1615 kg/m ³	1599 kg/m ³
Peso específico	2590 kg/m ³	2350 kg/m ³
% Absorción	1.73%	1.54%
% de humedad (w)	2.58%	0.96%

CEMENTO	
Tipo =	CEMENTO "SOL" TIPO I
Peso específico =	3.15 gr/cm ³

AGUA	
Peso específico =	1000 kg/m ³

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO REQUERIDA

RESISTENCIA ESPECIFICA DE DISEÑO	
380	kg/cm ²

CÁLCULO DE f'_{cr} (Resistencia Promedio Requerida)

Cuando no se tenga registro de ensayos de resistencia en obras anteriores para el cálculo de desviación, se debe determinar de la Tabla 1.

Tabla 1. Resistencia Promedio a la Compresión Requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra.

f_c	f'_{cr}
menos de 210	$f_c + 70$
210 a 350	$f_c + 85$
sobre 350	$1.1f_c + 50$

Fuente: Norma E.060 - ACI 218

Para nuestro concreto que tendrá un f'_{cr} :

$f'_{cr} =$	468	kg/cm ²
-------------	-----	--------------------

PASO 1 SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

La trabajabilidad es la propiedad del concreto que determina la facilidad con la que se puede mezclar, colocar, consolidar y terminar. Por lo general, es conveniente utilizar algún tipo de medida de consistencia como índice de trabajabilidad. La consistencia se puede definir como la capacidad relativa de fluir del hormigón recién mezclado.

Tabla 2. Comparación de mediciones de consistencia para el aparato de asentamiento y Vebe.

Descripción de Consistencia	Slump (mm)	Slump (pulg)	Vebe (seg)
Extremadamente Seco	---	---	32 - 18
Muy Rígido	---	---	18 - 10
Rígido	0 - 25	0 - 1	10 - 5
Plástico Rígido	25 - 75	1 - 3	5 - 3
Plástico	75 - 125	3 - 5	3 - 0
Muy Plástico	125 - 190	5 - 7 1/2	---

Fuente: Tabla 2.1 - ACI 211.3R-02 - "Guide for Selecting Proportions for No-Slump Concrete"

Para nuestro diseño se especificó el
Slump:

Consistencia: Rígido

Slump=	0" - 1"
--------	---------



[Firma manuscrita]

PASO 2 ELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO

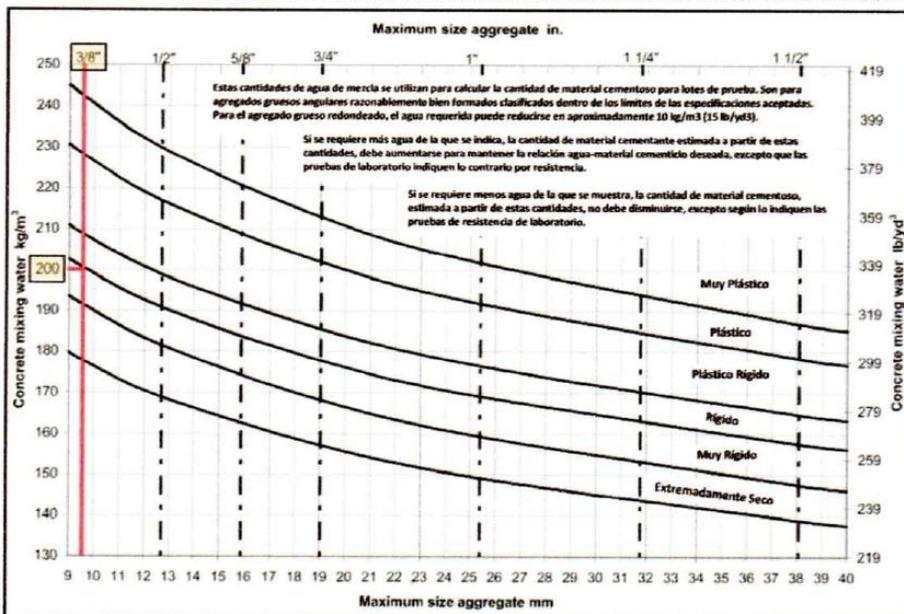
Se debe usar el agregado de tamaño máximo permisible más grande; sin embargo, esto no excluye el uso de tamaños más pequeños si están disponibles y su uso daría como resultado una resistencia igual o mayor sin detrimento de otras propiedades del concreto.

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL (pulgadas) = 3/8"

PASO 3 ESTIMACIÓN DE AGUA Y AIRE CONTENIDO

ESTIMACIÓN DE AGUA

Fig. 1. Requisitos aproximados de agua de mezcla para diferentes consistencias y agregados de tamaño máximo para concreto sin aire incorporado.



El contenido de agua según el ábaco es:

$a = 200 \text{ kg/m}^3$

CONTENIDO DE AIRE

El concreto con aire incluido debe usarse cuando se espera que los productos de concreto estén expuestos a ciclos frecuentes de congelación y descongelación en condiciones húmedas y críticamente saturadas. De no ser el caso a considerar, la Tabla 3 indica la cantidad aproximada de aire atrapado que se espera en concreto sin aire incluido.

Tabla 3. Cantidad aproximada de aire atrapado en concreto sin aire incluido.

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO	CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO NATURAL
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
4"	0.2%

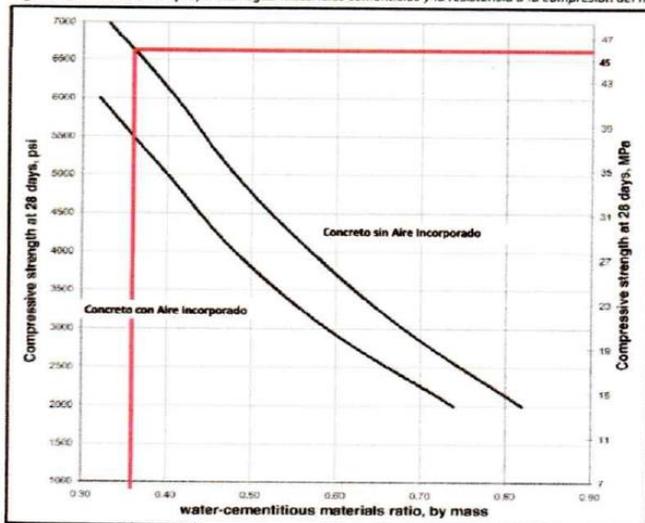
El aire atrapado será de: **3%**
0.03 m³

Fuente: ACI 211.1 "Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete"



PASO 4 CÁLCULO DE LA RELACIÓN a/c (Por resistencia f'cr)

Fig. 2. Relaciones entre la proporción agua-materiales cementicios y la resistencia a la compresión del hormigón.



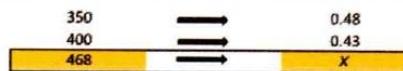
$f'_{cr} = 468$	kg/cm^2
$f'_{cr} = 45.9$	MPa

Tabla 4. Relación entre la relación agua/cemento o agua-materiales cementicios y la resistencia a la compresión del Concreto.

f'_{cr} kg/cm^2	Relación agua/cemento en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.39
400	0.43	0.33
450	0.38	0.27

Fuente: Tabla confeccionada por ACI 211.1 "Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete"

Interpolamos para hallar la relación agua/material cementante para el f'_{cr} de nuestro concreto



Relación Agua - Material Cementante		a/c
X =	0.362	

PASO 5 CÁLCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO

$$\frac{a}{c} = 0.362$$

Despejando obtenemos:

Peso de una bolsa de cemento:

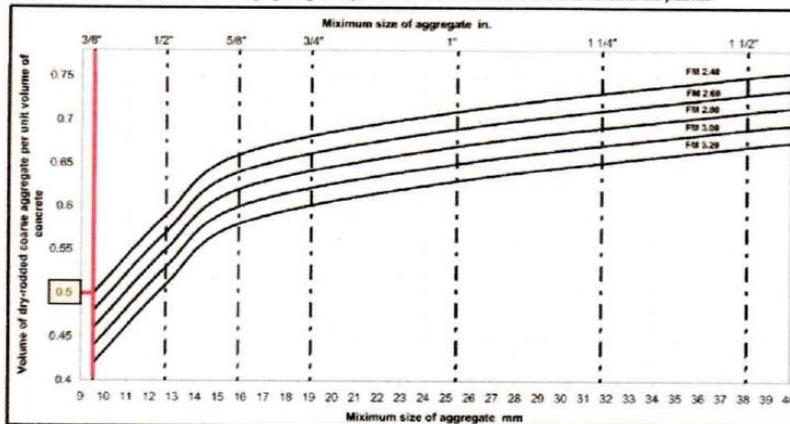
$$a = 200 \text{ } l/m^3$$

Cemento =	552.49	kg
kg/bls =	42.50	kg
FACTOR C =	13.00	bolsas

PASO 6 ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO

Los agregados de esencialmente el mismo tamaño nominal máximo y granulometría producirán concreto de trabajabilidad satisfactoria cuando se use un volumen dado de agregado grueso, sobre una base de secado con varillas en horno, por unidad de volumen de concreto.

Fig. 3. Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto de consistencia plástica



Fuente: ACI 211.3R-02 - "Guide for Selecting Proportions for No-Slump Concrete"



Tabla 5. Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Volumen del agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen del concreto para diversos módulos de finiza del fino (b/b _o)			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.84	0.81

Fuente: Tabla confeccionada por ACI 211.1 "Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete"

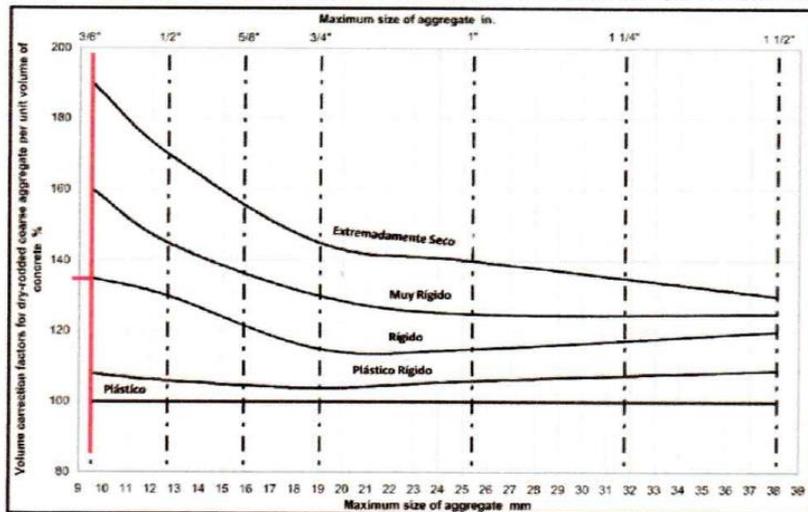
Interpolamos para hallar el Volumen del agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen



FACTOR DE CORRECCIÓN DE VOLUMEN

La Figura 4 muestra algunos valores típicos del volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto para diferentes consistencias, expresado como un porcentaje de los valores mostrados en la Figura 3.

Fig. 4 Factores de corrección de volumen para agregado grueso varillado en seco para concreto de diferentes consistencias.



Fuente: ACI 211.3R-02 - "Guide for Selecting Proportions for No-Slump Concrete"

% para Consistencia = 100%

NOTA: En los productos de hormigón prefabricado donde se requiere cohesión para retener la forma del hormigón después de que se desencofran, el volumen de agregado grueso se puede reducir un poco de los valores indicados en Figura 4. Como el presente diseño de mezcla es elaborado para unidades de mampostería de concreto (adoquines de concreto), el porcentaje a usar será 100% para no afectar el volumen de agregado grueso debido a las dimensiones reducidas que presenta un adoquín, así como, mantener un volumen de áridos mayor permitirá un mejor acabado.

CÁLCULO

$$PESO\ a.g. = \frac{b}{b_o} \times PESO\ u.s.c$$

$$\%Consistencia \cdot b/b_o = 0.50\ m^3$$

$$PESO\ u.s.c = 1599\ (kg/m^3)$$

PESO a.g. = 799.50 kg



PASO 7 ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGREGADO FINO

$$\begin{aligned} \text{Cemento} &= \frac{552.49 \text{ kg}}{3150 \text{ kg/m}^3} = 0.175 \text{ m}^3 \\ \text{Agua} &= \frac{200 \text{ Lts}}{1000 \text{ Lts/m}^3} = 0.200 \text{ m}^3 \\ \text{Aire} &= \frac{3}{100} = 0.030 \text{ m}^3 \\ \text{Vol. agregado grueso} &= \frac{799.50 \text{ kg}}{2350 \text{ kg/m}^3} = 0.340 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\Sigma = 0.746 \text{ m}^3$$

Ahora calculamos el volumen de agregado fino para 1m3 de concreto

$$\text{Volumen agregado fino} = 1\text{m}^3 - 0.746\text{m}^3 = 0.254 \text{ m}^3$$

CÁLCULO DEL PESO DEL AGREGADO FINO

$$\text{Peso agregado fino} = 0.260 \text{ m}^3 \times 2590 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 658.883 \text{ kg}$$

PASO 9 PRESENTACIÓN DEL DISEÑO EN ESTADO SECO

COMPONENTES	VOLUMEN	PESO
Cemento =	0.175 m ³	552.49 kg
Agregado fino =	0.254 m ³	658.88 kg
Agregado grueso =	0.340 m ³	799.50 kg
Agua =	0.200 m ³	200.00 Lt

PASO 10 CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

$$\begin{aligned} \text{AGREGADO FINO} &= 658.883 \text{ kg} \\ \text{Agregado Fino} &= 675.882 \text{ kg} \\ \text{AGREGADO GRUESO} &= 799.500 \text{ kg} \\ \text{Agregado Grueso} &= 807.175 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Peso seco} \times \left(\frac{w\%}{100} + 1 \right)$$

PASO 11 APORTE DE AGUA A LA MEZCLA

$$\begin{aligned} \text{AGREGADO FINO} &= 5.745 \text{ Lt} \\ \text{AGREGADO GRUESO} &= 4.682 \text{ Lt} \\ \Sigma &= 1.063 \text{ Lt} \end{aligned}$$

$$\frac{(\%W - \%abs) \times \text{Agregado seco}}{100}$$

AGUA EFECTIVA

$$\text{Agua} = 200\text{Lt} - (1.063\text{Lt}) = 198.937 \text{ Lt}$$



PASO 12 PROPORCIONAMIENTO DEL DISEÑO
PROPORCIÓN DEL DISEÑO POR VOLUMEN

CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA
0.175	0.261	0.343	0.199
(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)

1.0	1.5	2.0	1.13
------------	------------	------------	-------------

PROPORCIÓN DEL DISEÑO POR PESO

CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA
552.486	675.882	807.175	198.937
(kg)	(kg)	(kg)	(lt)

1.0	1.2	1.5	0.36
------------	------------	------------	-------------



[Handwritten signature]



DISEÑO TEORICO DE MEZCLA DE CONCRETO CON INCORPORACIÓN DE CENIZAS (A.C.I. 211.3)



TESIS:	"INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAIZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LAS PROPIEDADES FISICO-MECÁNICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VIAS URBANAS - HUANUCO 2022"
TESISTAS:	BENANCIO CAMARA, GLICERIO JHUNNIOR CHAMORRO BALDEON, MIKE STEVEN
LABORATORIO:	CENTRO ESPECIALIZADO DE GEOTECNICA, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES
UBICACIÓN:	UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILO VALDIZAN" - PILLCO MARCA - HUÁNUCO
FECHA:	Abr-23

DISEÑO TEORICO DE MEZCLA DE CONCRETO BASE

PROPORCIÓN DEL DISEÑO POR PESO

CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA
552.486	675.882	807.175	198.937
(kg)	(kg)	(kg)	(Lt)
1.0	1.2	1.5	0.36

DISEÑO TEORICO DE MEZCLA DE CONCRETO CON INCORPORACIÓN DE CENIZAS

INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR Y/O CENIZAS DE HOJA DE MAIZ AL 5% RESPECTO AL PESO DEL CEMENTO

PROPORCIÓN DEL DISEÑO POR PESO

CEMENTO	CENIZA 5%	A. FINO	A. GRUESO	AGUA
524.862	27.624	675.882	807.175	198.937
(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(Lt)

INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR Y/O CENIZAS DE HOJA DE MAIZ AL 10% RESPECTO AL PESO DEL CEMENTO

PROPORCIÓN DEL DISEÑO POR PESO

CEMENTO	CENIZA 10%	A. FINO	A. GRUESO	AGUA
497.238	55.249	675.882	807.175	198.937
(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(Lt)

INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR Y/O CENIZAS DE HOJA DE MAIZ AL 15% RESPECTO AL PESO DEL CEMENTO

PROPORCIÓN DEL DISEÑO POR PESO

CEMENTO	CENIZA 15%	A. FINO	A. GRUESO	AGUA
469.613	82.873	675.882	807.175	198.937
(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(Lt)



[Handwritten signature]

Anexo N°08: Resultados de los Ensayos Físico – Mecánicos de Adoquines



ENSAYO DE ABSORCIÓN, CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD EN ADOQUINES DE CONCRETO

(NTP 399.604 - ASTM C 140)



INFORME DE ENSAYO CON CENIZAS AL 0%

DEL : Laboratorio Centro Especializado de Geotecnia, Pavimentos y Ensayo de Materiales
 A : Jhunnior Glicerio Benancio Camara
 Mike Steven Chamorro Baldeon
 TESIS : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAÍZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VÍAS URBANAS - HUÁNUCO 2022"
 UBICACIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILO VALDIZÁN - PILLCO MARCA - HUÁNUCO - HUÁNUCO
 ASUNTO : Ensayo de Absorción, Contenido de Humedad y Densidad en Adoquines de Concreto con 0% de Cenizas
 FECHA : 22/05/2023

1.0 DE LA MUESTRA : Adoquines de Concreto con 0% de Cenizas

2.0 METODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 399.604:2002 Revisada al 2015

3.0 RESULTADOS :

Fecha de Elaboración: 24/04/23

Fecha de Ensayo: 01/05/23

Edad: 7 días

MUESTRA	WR PESO RECIBIDO (kg)	Ws PESO SATURADO (kg)	Wi PESO SUMERGIDO (kg)	Wd PESO SECO HORNO (kg)	ABSORCIÓN (kg/m ³)	ABSORCIÓN (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD (kg/m ³)
M-1	3.753	3.773	2.050	3.700	42.37	1.97%	72.60%	2147.42
M-2	3.740	3.761	2.055	3.684	45.13	2.09%	72.73%	2159.44
M-3	3.668	3.691	2.010	3.600	54.13	2.53%	74.73%	2141.58
PROMEDIO	3.720	3.742	2.038	3.661	47.21	2.20%	73.35%	2149.48

Fecha de Elaboración: 24/04/23

Fecha de Ensayo: 09/05/23

Edad: 14 días

MUESTRA	WR PESO RECIBIDO (kg)	Ws PESO SATURADO (kg)	Wi PESO SUMERGIDO (kg)	Wd PESO SECO HORNO (kg)	ABSORCIÓN (kg/m ³)	ABSORCIÓN (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD (kg/m ³)
M-1	3.731	3.767	2.095	3.626	84.33	3.89%	74.47%	2168.66
M-2	3.723	3.755	2.035	3.632	71.51	3.39%	73.98%	2111.63
M-3	3.657	3.688	2.015	3.554	80.10	3.77%	76.87%	2124.33
PROMEDIO	3.704	3.737	2.048	3.604	78.65	3.68%	75.11%	2134.87

Fecha de Elaboración: 03/04/23

Fecha de Ensayo: 02/05/23

Edad: 28 días

MUESTRA	WR PESO RECIBIDO (kg)	Ws PESO SATURADO (kg)	Wi PESO SUMERGIDO (kg)	Wd PESO SECO HORNO (kg)	ABSORCIÓN (kg/m ³)	ABSORCIÓN (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD (kg/m ³)
M-1	3.717	3.743	2.055	3.604	82.35	3.86%	81.29%	2135.07
M-2	3.789	3.817	2.090	3.678	80.49	3.78%	79.86%	2129.70
M-3	3.724	3.760	2.065	3.606	90.86	4.27%	76.62%	2127.43
PROMEDIO	3.743	3.773	2.070	3.629	84.56	3.97%	79.26%	2130.74



Roberto Vico Rojas
 Ing. Civil Roberto Alfredo VICO ROJAS
 Técnico Responsable de Laboratorio
 de Geotecnia - UNHEVAL



ENSAYO DE ABSORCIÓN, CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD EN ADOQUINES DE CONCRETO

(NTP 399.604 - ASTM C 140)



INFORME DE ENSAYO CON CENIZAS DE HOJA DE MAÍZ AL 5%

DEL : Laboratorio Centro Especializado de Geotecnia, Pavimentos y Ensayo de Materiales

A : Jhunnior Glicerio Benancio Camara
Mike Steven Chamorro Baldeon

TESIS : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAÍZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VÍAS URBANAS - HUÁNUCO 2022"

UBICACIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN - PILLCO MARCA - HUÁNUCO - HUÁNUCO

ASUNTO : Ensayo de Absorción, Contenido de Humedad y Densidad en Adoquines de Concreto con incorporación de Cenizas de Hoja de Maíz al 5%

FECHA : 22/05/2023

1.0 DE LA MUESTRA : Adoquines de Concreto c/incorporación de 5% de Cenizas de Hojas de Maíz

2.0 METODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 399.604:2002 Revisada al 2015

3.0 RESULTADOS :

Fecha de Elaboración: 21/04/23

Fecha de Ensayo: 28/04/23

Edad: 7 días

MUESTRA	WR PESO RECIBIDO (kg)	Ws PESO SATURADO (kg)	Wi PESO SUMERGIDO (kg)	Wd PESO SECO HORNO (kg)	ABSORCIÓN (kg/m ³)	ABSORCIÓN (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD (kg/m ³)
M-1	3.447	3.463	1.780	3.362	59.95	3.00%	83.94%	1997.56
M-2	3.335	3.361	1.805	3.215	93.85	4.54%	82.40%	2066.40
M-3	3.462	3.474	1.880	3.366	67.87	3.21%	88.63%	2111.33
PROMEDIO	3.415	3.433	1.822	3.314	73.89	3.59%	84.99%	2058.43

Fecha de Elaboración: 19/04/23

Fecha de Ensayo: 04/05/23

Edad: 14 días

MUESTRA	WR PESO RECIBIDO (kg)	Ws PESO SATURADO (kg)	Wi PESO SUMERGIDO (kg)	Wd PESO SECO HORNO (kg)	ABSORCIÓN (kg/m ³)	ABSORCIÓN (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD (kg/m ³)
M-1	3.523	3.535	1.880	3.450	51.36	2.46%	85.88%	2084.59
M-2	3.573	3.582	1.910	3.501	48.44	2.31%	88.89%	2093.90
M-3	3.539	3.548	1.890	3.448	60.31	2.90%	91.00%	2079.61
PROMEDIO	3.545	3.555	1.893	3.466	53.37	2.56%	88.59%	2086.04

Fecha de Elaboración: 11/04/23

Fecha de Ensayo: 09/05/23

Edad: 28 días

MUESTRA	WR PESO RECIBIDO (kg)	Ws PESO SATURADO (kg)	Wi PESO SUMERGIDO (kg)	Wd PESO SECO HORNO (kg)	ABSORCIÓN (kg/m ³)	ABSORCIÓN (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD (kg/m ³)
M-1	3.621	3.637	1.900	3.483	88.66	4.42%	89.61%	2005.18
M-2	3.544	3.557	1.880	3.423	79.90	3.91%	90.30%	2041.14
M-3	3.661	3.670	1.960	3.523	85.96	4.17%	93.88%	2060.23
PROMEDIO	3.609	3.621	1.913	3.476	84.84	4.17%	91.26%	2035.52



Ing. Glicerio Benancio Camara
 Técnico Responsable de Laboratorio
 de Geotecnia - UNHEVAL



ENSAYO DE ABSORCIÓN, CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD EN ADOQUINES DE CONCRETO

(NTP 399.604 - ASTM C 140)



INFORME DE ENSAYO CON CENIZAS DE HOJA DE MAÍZ AL 10%

DEL : Laboratorio Centro Especializado de Geotecnia, Pavimentos y Ensayo de Materiales

A : Jhunnior Glicerio Benancio Camara
Mike Steven Chamorro Baldeon

TESIS : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAÍZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VÍAS URBANAS - HUÁNUCO 2022"

UBICACIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN - PILLCO MARCA - HUÁNUCO - HUÁNUCO

ASUNTO : Ensayo de Absorción, Contenido de Humedad y Densidad en Adoquines de Concreto con incorporación de Cenizas de Hoja de Maíz al 10%

FECHA : 22/05/2023

1.0 DE LA MUESTRA : Adoquines de Concreto c/incorporación de 10% de Cenizas de Hojas de Maíz

2.0 METODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 399.604:2002 Revisada al 2015

3.0 RESULTADOS :

Fecha de Elaboración: 21/04/23

Fecha de Ensayo: 28/04/23

Edad: 7 días

MUESTRA	WR PESO RECIBIDO (kg)	Ws PESO SATURADO (kg)	Wi PESO SUMERGIDO (kg)	Wd PESO SECO HORNO (kg)	ABSORCIÓN (kg/m ³)	ABSORCIÓN (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD (kg/m ³)
M-1	3.512	3.521	1.780	3.438	47.28	2.39%	89.43%	1975.30
M-2	3.462	3.471	1.775	3.375	56.66	2.85%	90.43%	1989.80
M-3	3.485	3.501	1.770	3.421	46.33	2.34%	80.17%	1976.26
PROMEDIO	3.486	3.498	1.775	3.411	50.09	2.53%	86.68%	1980.45

Fecha de Elaboración: 19/04/23

Fecha de Ensayo: 04/05/23

Edad: 14 días

MUESTRA	WR PESO RECIBIDO (kg)	Ws PESO SATURADO (kg)	Wi PESO SUMERGIDO (kg)	Wd PESO SECO HORNO (kg)	ABSORCIÓN (kg/m ³)	ABSORCIÓN (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD (kg/m ³)
M-1	3.532	3.539	1.810	3.451	50.90	2.55%	92.05%	1995.95
M-2	3.518	3.532	1.825	3.417	67.37	3.37%	87.83%	2001.76
M-3	3.505	3.514	1.805	3.419	55.59	2.78%	90.53%	2000.59
PROMEDIO	3.518	3.528	1.813	3.429	57.95	2.90%	90.13%	1999.43

Fecha de Elaboración: 12/04/23

Fecha de Ensayo: 10/05/23

Edad: 28 días

MUESTRA	WR PESO RECIBIDO (kg)	Ws PESO SATURADO (kg)	Wi PESO SUMERGIDO (kg)	Wd PESO SECO HORNO (kg)	ABSORCIÓN (kg/m ³)	ABSORCIÓN (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD (kg/m ³)
M-1	3.326	3.338	1.661	3.176	96.60	5.10%	92.59%	1893.86
M-2	3.541	3.554	1.870	3.394	95.01	4.71%	91.88%	2015.44
M-3	3.388	3.398	1.709	3.250	87.63	4.55%	93.24%	1924.22
PROMEDIO	3.418	3.430	1.747	3.273	93.08	4.79%	92.57%	1944.50




 Tesis: INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAÍZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VÍAS URBANAS - HUÁNUCO 2022
 Técnico Responsable del Laboratorio de Geotecnia - UNHEVAL



ENSAYO DE ABSORCIÓN, CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD EN ADOQUINES DE CONCRETO

(NTP 399.604 - ASTM C 140)



INFORME DE ENSAYO CON CENIZAS DE HOJA DE MAÍZ AL 15%

DEL : Laboratorio Centro Especializado de Geotecnia, Pavimentos y Ensayo de Materiales

A : Jhunnior Glicerio Benancio Camara
Mike Steven Chamorro Baldeon

TESIS : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAÍZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VÍAS URBANAS - HUÁNUCO 2022"

UBICACIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN - PILLCO MARCA - HUÁNUCO - HUÁNUCO

ASUNTO : Ensayo de Absorción, Contenido de Humedad y Densidad en Adoquines de Concreto con incorporación de Cenizas de Hoja de Maíz al 15%

FECHA : 18/05/2023

1.0 DE LA MUESTRA : Adoquines de Concreto c/incorporación de 15% de Cenizas de Hojas de Maíz

2.0 METODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 399.604:2002 Revisada al 2015

3.0 RESULTADOS :

Fecha de Elaboración: 21/04/23

Fecha de Ensayo: 28/04/23

Edad: 7 días

MUESTRA	WR PESO RECIBIDO (kg)	Ws PESO SATURADO (kg)	Wi PESO SUMERGIDO (kg)	Wd PESO SECO HORNO (kg)	ABSORCIÓN (kg/m ³)	ABSORCIÓN (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD (kg/m ³)
M-1	3.349	3.391	1.730	3.146	147.45	7.78%	82.85%	1894.15
M-2	3.321	3.353	1.685	3.093	156.22	8.43%	87.72%	1853.85
M-3	3.349	3.389	1.720	3.128	156.68	8.36%	84.70%	1873.88
PROMEDIO	3.340	3.378	1.712	3.122	153.45	8.19%	85.09%	1873.96

Fecha de Elaboración: 20/04/23

Fecha de Ensayo: 04/05/23

Edad: 14 días

MUESTRA	WR PESO RECIBIDO (kg)	Ws PESO SATURADO (kg)	Wi PESO SUMERGIDO (kg)	Wd PESO SECO HORNO (kg)	ABSORCIÓN (kg/m ³)	ABSORCIÓN (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD (kg/m ³)
M-1	3.492	3.515	1.805	3.316	116.37	6.00%	88.44%	1939.18
M-2	3.375	3.411	1.735	3.145	158.71	8.46%	86.47%	1876.49
M-3	3.365	3.397	1.715	3.129	159.33	8.57%	88.06%	1860.29
PROMEDIO	3.411	3.441	1.752	3.197	144.81	7.67%	87.66%	1891.99

Fecha de Elaboración: 17/04/23

Fecha de Ensayo: 14/05/23

Edad: 28 días

MUESTRA	WR PESO RECIBIDO (kg)	Ws PESO SATURADO (kg)	Wi PESO SUMERGIDO (kg)	Wd PESO SECO HORNO (kg)	ABSORCIÓN (kg/m ³)	ABSORCIÓN (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD (kg/m ³)
M-1	3.312	3.332	1.680	3.070	158.60	8.53%	92.37%	1858.35
M-2	3.320	3.339	1.690	3.031	186.78	10.16%	93.83%	1838.08
M-3	3.347	3.369	1.695	3.065	181.60	9.92%	92.76%	1830.94
PROMEDIO	3.326	3.347	1.688	3.055	175.66	9.54%	92.99%	1842.46



Ing. Civil **FRANCISCO ROJAS**
 Responsable de Laboratorio
 de Geotecnia - UNHEVAL



ENSAYO DE ABSORCIÓN, CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD EN ADOQUINES DE CONCRETO

(NTP 399.604 - ASTM C 140)



INFORME DE ENSAYO CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR AL 5%

DEL : Laboratorio Centro Especializado de Geotecnia, Pavimentos y Ensayo de Materiales

A : Jhunnior Glicerio Benancio Camara
Mike Steven Chamorro Baldeon

TESIS : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAÍZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VÍAS URBANAS - HUÁNUCO 2022"

UBICACIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN - PILLCO MARCA - HUÁNUCO - HUÁNUCO

ASUNTO : Ensayo de Absorción, Contenido de Humedad y Densidad en Adoquines de Concreto con incorporación de Cenizas de Bagazo de Caña de Azucar al 5%

FECHA : 22/05/2023

1.0 DE LA MUESTRA : Adoquines de Concreto c/ incorporación de 5% de Cenizas de Bagazo de Caña de Azucar

2.0 METODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 399.604:2002 Revisada al 2015

3.0 RESULTADOS :

Fecha de Elaboración: 24/04/23

Fecha de Ensayo: 01/05/23

Edad: 7 días

MUESTRA	WR PESO RECIBIDO (kg)	Ws PESO SATURADO (kg)	Wi PESO SUMERGIDO (kg)	Wd PESO SECO HORNO (kg)	ABSORCIÓN (kg/m ³)	ABSORCIÓN (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD (kg/m ³)
M-1	3.698	3.704	2.025	3.627	45.86	2.12%	92.21%	2160.21
M-2	3.710	3.718	2.030	3.650	40.28	1.86%	88.24%	2162.32
M-4	3.654	3.658	2.000	3.580	47.04	2.18%	94.87%	2159.23
PROMEDIO	3.687	3.693	2.018	3.619	44.40	2.05%	91.77%	2160.59

Fecha de Elaboración: 24/04/23

Fecha de Ensayo: 10/05/23

Edad: 14 días

MUESTRA	WR PESO RECIBIDO (kg)	Ws PESO SATURADO (kg)	Wi PESO SUMERGIDO (kg)	Wd PESO SECO HORNO (kg)	ABSORCIÓN (kg/m ³)	ABSORCIÓN (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD (kg/m ³)
M-1	3.694	3.704	2.015	3.593	65.72	3.09%	90.99%	2127.29
M-2	3.708	3.716	2.020	3.586	76.65	3.63%	93.85%	2114.39
M-3	3.685	3.694	2.000	3.563	77.33	3.68%	93.13%	2103.31
PROMEDIO	3.696	3.705	2.012	3.581	73.23	3.46%	92.66%	2115.00

Fecha de Elaboración: 13/04/23

Fecha de Ensayo: 11/05/23

Edad: 28 días

MUESTRA	WR PESO RECIBIDO (kg)	Ws PESO SATURADO (kg)	Wi PESO SUMERGIDO (kg)	Wd PESO SECO HORNO (kg)	ABSORCIÓN (kg/m ³)	ABSORCIÓN (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD (kg/m ³)
M-1	3.613	3.628	1.945	3.423	121.81	5.99%	92.68%	2033.87
M-2	3.612	3.627	1.950	3.446	107.93	5.25%	91.71%	2054.86
M-3	3.559	3.574	1.895	3.419	92.32	4.53%	90.32%	2036.33
PROMEDIO	3.595	3.610	1.930	3.429	107.35	5.26%	91.57%	2041.69



[Handwritten Signature]



ENSAYO DE ABSORCIÓN, CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD EN ADOQUINES DE CONCRETO

(NTP 399.604 - ASTM C 140)



INFORME DE ENSAYO CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR AL 10%

DEL : Laboratorio Centro Especializado de Geotecnia, Pavimentos y Ensayo de Materiales

A : Jhunnior Glicerio Benancio Camara
Mike Steven Chamorro Baldeon

TESIS : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAÍZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VÍAS URBANAS - HUÁNUCO 2022"

UBICACIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN - PILLCO MARCA - HUÁNUCO - HUÁNUCO

ASUNTO : Ensayo de Absorción, Contenido de Humedad y Densidad en Adoquines de Concreto con incorporación de Cenizas de Bagazo de Caña de Azúcar al 10%

FECHA : 22/05/2023

1.0 DE LA MUESTRA : Adoquines de Concreto c/ incorporación de 10% de Cenizas de Bagazo de Caña de Azúcar

2.0 METODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 399.604:2002 Revisada al 2015

3.0 RESULTADOS :

Fecha de Elaboración: 21/04/23

Fecha de Ensayo: 28/04/23

Edad: 7 días

MUESTRA	WR PESO RECIBIDO (kg)	Ws PESO SATURADO (kg)	Wi PESO SUMERGIDO (kg)	Wd PESO SECO HORNO (kg)	ABSORCIÓN (kg/m ³)	ABSORCIÓN (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD (kg/m ³)
M-1	3.372	3.429	1.780	3.199	138.97	7.16%	75.34%	1940.79
M-2	3.513	3.527	1.800	3.344	105.87	5.47%	92.51%	1936.58
M-3	3.474	3.482	1.770	3.303	104.44	5.41%	95.53%	1929.44
PROMEDIO	3.453	3.479	1.783	3.282	116.43	6.01%	87.79%	1935.61

Fecha de Elaboración: 19/04/23

Fecha de Ensayo: 04/05/23

Edad: 14 días

MUESTRA	WR PESO RECIBIDO (kg)	Ws PESO SATURADO (kg)	Wi PESO SUMERGIDO (kg)	Wd PESO SECO HORNO (kg)	ABSORCIÓN (kg/m ³)	ABSORCIÓN (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD (kg/m ³)
M-1	3.502	3.510	1.795	3.393	68.22	3.45%	93.16%	1978.43
M-2	3.464	3.476	1.805	3.360	69.42	3.45%	89.66%	2010.77
M-3	3.460	3.468	1.792	3.334	79.95	4.02%	94.03%	1989.26
PROMEDIO	3.475	3.485	1.797	3.362	72.53	3.64%	92.28%	1992.82

Fecha de Elaboración: 14/04/23

Fecha de Ensayo: 12/05/23

Edad: 28 días

MUESTRA	WR PESO RECIBIDO (kg)	Ws PESO SATURADO (kg)	Wi PESO SUMERGIDO (kg)	Wd PESO SECO HORNO (kg)	ABSORCIÓN (kg/m ³)	ABSORCIÓN (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD (kg/m ³)
M-1	3.413	3.417	1.780	3.207	128.28	6.55%	98.10%	1959.07
M-2	3.461	3.468	1.800	3.262	123.50	6.32%	96.60%	1955.64
M-3	3.451	3.461	1.790	3.248	127.47	6.56%	95.31%	1943.75
PROMEDIO	3.442	3.449	1.790	3.239	126.42	6.47%	96.67%	1952.82




 Ing. Civil *[Nombre]* WGO ROJAS
 Técnico Decano Auxiliar de Laboratorio
 de Geotecnia - UNHEVAL



ENSAYO DE ABSORCIÓN, CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD EN ADOQUINES DE CONCRETO

(NTP 399.604 - ASTM C 140)



INFORME DE ENSAYO CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR AL 15%

DEL : Laboratorio Centro Especializado de Geotecnia, Pavimentos y Ensayo de Materiales

A : Jhunnior Glicerio Benancio Camara
Mike Steven Chamorro Baldeon

TESIS : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAÍZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VÍAS URBANAS - HUÁNUCO 2022"

UBICACIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN - PILLCO MARCA - HUÁNUCO - HUÁNUCO

ASUNTO : Ensayo de Absorción, Contenido de Humedad y Densidad en Adoquines de Concreto con incorporación de Cenizas de Bagazo de Caña de Azúcar al 15%

FECHA : 22/05/2023

1.0 DE LA MUESTRA : Adoquines de Concreto c/incorporación de 15% de Cenizas de Bagazo de Caña de Azúcar

2.0 METODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 399.604:2002 Revisada al 2015

3.0 RESULTADOS :

Fecha de Elaboración: 21/04/23

Fecha de Ensayo: 28/04/23

Edad: 7 días

MUESTRA	WR PESO RECIBIDO (kg)	Ws PESO SATURADO (kg)	Wi PESO SUMERGIDO (kg)	Wd PESO SECO HORNO (kg)	ABSORCIÓN (kg/m ³)	ABSORCIÓN (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD (kg/m ³)
M-1	3.315	3.343	1.680	3.099	146.77	7.88%	88.49%	1863.39
M-2	3.327	3.368	1.720	3.130	144.24	7.59%	82.75%	1899.45
M-3	3.338	3.370	1.725	3.128	147.42	7.75%	86.80%	1901.22
PROMEDIO	3.327	3.360	1.708	3.119	146.14	7.74%	86.01%	1888.02

Fecha de Elaboración: 19/04/23

Fecha de Ensayo: 04/05/23

Edad: 14 días

MUESTRA	WR PESO RECIBIDO (kg)	Ws PESO SATURADO (kg)	Wi PESO SUMERGIDO (kg)	Wd PESO SECO HORNO (kg)	ABSORCIÓN (kg/m ³)	ABSORCIÓN (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD (kg/m ³)
M-1	3.508	3.524	1.795	3.376	85.60	4.38%	89.19%	1952.57
M-2	3.326	3.363	1.710	3.096	161.52	8.62%	86.14%	1872.96
M-3	3.301	3.333	1.680	3.066	161.52	8.71%	88.01%	1854.81
PROMEDIO	3.378	3.407	1.728	3.179	136.22	7.24%	87.78%	1893.45

Fecha de Elaboración: 17/04/23

Fecha de Ensayo: 14/05/23

Edad: 28 días

MUESTRA	WR PESO RECIBIDO (kg)	Ws PESO SATURADO (kg)	Wi PESO SUMERGIDO (kg)	Wd PESO SECO HORNO (kg)	ABSORCIÓN (kg/m ³)	ABSORCIÓN (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD (kg/m ³)
M-1	3.345	3.367	1.675	3.153	126.48	6.79%	89.72%	1863.48
M-2	3.349	3.364	1.705	3.139	135.62	7.17%	93.33%	1892.10
M-3	3.356	3.375	1.675	3.161	125.88	6.77%	91.12%	1859.41
PROMEDIO	3.350	3.369	1.685	3.151	129.33	6.91%	91.39%	1871.66






ENSAYO DE COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

(ASTM C 140-07)



INFORME DE ENSAYO CON CENIZAS DE HOJA DE MAIZ AL 5%

DEL : Laboratorio Centro Especializado De Geotecnia, Pavimentos y Ensayos de Materiales
A : Glicerio Jhunnior Benancio Camara
 : Mike Steven Chamorro Baldeon
TESIS : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAIZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICOMECAÑICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VIAS URBANAS - HUÁNUCO 2022"
UBICACIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN - PILLCO MARCA - HUÁNUCO - HUÁNUCO
ASUNTO : Ensayo de Resistencia a la compresión en Adoquines de Concreto Con Cenizas de Hoja de Maiz al 5%

FECHA DE EMISION : 22/05/2023

- 1.0. DE LA MUESTRA** : Adoquines de concreto Con Cenizas de Hoja de Maiz al 5%
- 2.2. DEL EQUIPO** : Máquina de ensayo uniaxial
- 3.0. MÉTODO DE ENSAYO** : Norma de referencia NTP 399.611:2010 y NTP 399.604:2002
- 4.0. RESULTADOS** :

Fecha de Elaboración: 19/04/23

Fecha de Ensayo: 26/04/23

Edad: 7 días

MUESTRAS	MASAS DE LAS MUESTRAS (g)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Mpa)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	3,638.00	20.6	10.4	7.4	213.21	56,441.60	264.72	25.97
M - 2	3,707.00	20.0	10.0	7.6	200.00	76,914.70	384.57	37.73
M - 3	3,485.00	20.0	9.9	7.5	197.00	63,385.70	321.75	31.56
PROMEDIO							323.68	31.75

Fecha de Elaboración: 11/04/23

Fecha de Ensayo: 26/04/23

Edad: 14 días

MUESTRAS	MASAS DE LAS MUESTRAS (g)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Mpa)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	3,661.00	19.9	10.0	7.7	199.00	77,689.20	390.40	38.30
M - 2	3,801.00	20.4	9.9	7.7	200.94	78,451.90	390.42	38.30
M - 3	3,628.00	20.6	10.4	7.4	213.21	80,172.80	376.03	36.89
PROMEDIO							385.62	37.83

Fecha de Elaboración: 11/04/23

Fecha de Ensayo: 09/05/23

Edad: 28 días

MUESTRAS	MASAS DE LAS MUESTRAS (g)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Mpa)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	3,605.00	20.7	10.1	7.3	207.53	83,052.20	400.19	39.26
M - 2	3,636.00	19.9	10.1	7.5	200.99	95,380.50	474.55	46.55
M - 3	3,600.00	19.9	10.1	7.7	200.00	88,679.50	443.41	43.50
PROMEDIO							439.38	43.10



[Handwritten signature]



ENSAYO DE COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

(ASTM C 140-07)



INFORME DE ENSAYO CON CENIZAS DE HOJA DE MAIZ AL 10%

DEL A : Laboratorio Centro Especializado De Geotecnia, Pavimentos y Ensayos de Materiales
 : Glicerio Jhunnior Benancio Camara
 : Mike Steven Chamorro Baldeon

TESIS : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAIZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICOMECAÑICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VIAS URBANAS - HUANUCO 2022"

UBICACIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN - PILLCO MARCA - HUÁNUCO - HUÁNUCO

ASUNTO : Ensayo de Resistencia a la compresión en Adoquines de Concreto Con Cenizas de Hoja de Maiz al 10%

FECHA DE EMISION : 22/05/2023

- 1.0. DE LA MUESTRA** : Adoquines de concreto Con Cenizas de Hoja de Maiz al 10%
- 2.2. DEL EQUIPO** : Máquina de ensayo uniaxial
- 3.0. MÉTODO DE ENSAYO** : Norma de referencia NTP 399.611:2010 y NTP 399.604:2002
- 4.0. RESULTADOS** :

Fecha de Elaboración: 19/04/23

Fecha de Ensayo: 26/04/23

Edad: 7 días

MUESTRAS	MASAS DE LAS MUESTRAS (g)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Mpa)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	3,394.00	20.2	9.9	7.6	199.49	53,907.00	270.23	26.51
M - 2	3,576.00	20.1	10.0	7.7	200.50	57,636.30	287.46	28.20
M - 3	3,370.00	20.2	10.2	7.6	205.03	52,188.10	254.54	24.97
PROMEDIO							270.74	26.56

Fecha de Elaboración: 12/04/23

Fecha de Ensayo: 26/04/23

Edad: 14 días

MUESTRAS	MASAS DE LAS MUESTRAS (g)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Mpa)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	3,426.00	19.9	10.6	7.3	209.42	61,428.40	293.33	28.78
M - 2	3,484.00	20.0	10.0	7.6	198.50	64,381.00	324.33	31.82
M - 3	3,535.00	20.5	9.8	7.9	199.88	65,724.10	328.83	32.26
PROMEDIO							315.50	30.95

Fecha de Elaboración: 12/04/23

Fecha de Ensayo: 10/05/23

Edad: 28 días

MUESTRAS	MASAS DE LAS MUESTRAS (g)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Mpa)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	3,419.00	20.0	10.0	7.8	198.50	68,621.60	345.70	33.91
M - 2	3,550.00	20.9	10.4	7.3	217.36	68,429.00	314.82	30.88
M - 3	3,569.00	20.5	9.8	7.9	199.88	66,589.20	333.15	32.68
PROMEDIO							331.22	32.49

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
 Centro Especializado de Geotecnia, Pavimentos y Ensayos de Materiales
 HUÁNUCO



ENSAYO DE COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

(ASTM C 140-07)



INFORME DE ENSAYO CON CENIZAS DE HOJA DE MAIZ AL 15%

DEL : Laboratorio Centro Especializado De Geotecnia, Pavimentos y Ensayos de Materiales
A : Glicerio Jhunnior Benancio Camara
 : Mike Steven Chamorro Baldeon

TESIS : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAIZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICOMECAÑICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VIAS URBANAS - HUANUCO 2022"

UBICACIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN - PILLCO MARCA - HUÁNUCO - HUÁNUCO
ASUNTO : Ensayo de Resistencia a la compresión en Adoquines de Concreto Con Cenizas de Hoja de Maiz al 15%

FECHA DE EMISION : 22/05/2023

1.0. DE LA MUESTRA : Adoquines de concreto Con Cenizas de Hoja de Maiz al 15%

2.2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial

3.0. MÉTODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 399.611:2010 y NTP 399.604:2002

4.0. RESULTADOS :

Fecha de Elaboración: 21/04/23

Fecha de Ensayo: 27/04/23

Edad: 7 días

MUESTRAS	MASAS DE LAS MUESTRAS (g)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Mpa)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	3,326.00	20.6	10.0	7.5	205.50	47,174.00	229.56	22.52
M - 2	3,588.00	20.4	10.1	7.7	205.54	51,899.80	252.51	24.77
M - 3	3,693.00	20.6	10.1	8.1	206.53	47,138.20	228.24	22.39
PROMEDIO							236.77	23.23

Fecha de Elaboración: 20/04/23

Fecha de Ensayo: 04/05/23

Edad: 14 días

MUESTRAS	MASAS DE LAS MUESTRAS (g)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Mpa)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	3,550.00	20.3	10.2	7.9	207.06	52,795.80	254.98	25.01
M - 2	3,341.00	20.4	10.0	7.5	203.50	56,571.30	277.99	27.27
M - 3	3,335.00	20.0	10.0	7.7	198.50	46,829.50	235.91	23.14
PROMEDIO							256.29	25.14

Fecha de Elaboración: 17/04/23

Fecha de Ensayo: 15/05/23

Edad: 28 días

MUESTRAS	MASAS DE LAS MUESTRAS (g)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Mpa)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	3,436.00	21.1	10.0	7.2	209.95	66,767.20	318.02	31.20
M - 2	3,340.00	20.6	10.2	7.4	208.58	58,446.10	280.21	27.49
M - 3	3,393.00	20.7	10.7	7.4	221.49	57,460.20	259.43	25.45
PROMEDIO							285.88	28.05



ENSAYO DE COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

(ASTM C 140-07)



INFORME DE ENSAYO CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR AL 5%

DEL : Laboratorio Centro Especializado De Geotecnia, Pavimentos y Ensayos de Materiales
A : Glicerio Jhunnior Benancio Camara
 : Mike Steven Chamorro Baldeon
TESIS : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAIZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICOMECAÑICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VIAS URBANAS - HUANUCO 2022"
UBICACIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN - PILLCO MARCA - HUÁNUCO - HUÁNUCO
ASUNTO : Ensayo de Resistencia a la compresión en Adoquines de Concreto Con Cenizas de Bagazo de Caña de Azucar al 5%
FECHA DE EMISION : 22/05/2023

1.0. DE LA MUESTRA : Adoquines de concreto Con Cenizas de Bagazo de Caña de Azucar al 5%

2.2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial

3.0. MÉTODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 399.611:2010 y NTP 399.604:2002

4.0. RESULTADOS :

Fecha de Elaboración: 20/04/23

Fecha de Ensayo: 27/04/23

Edad: 7 días

MUESTRAS	MASAS DE LAS MUESTRAS (g)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Mpa)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	3,745.00	20.1	9.7	8.4	194.49	53,417.60	274.66	26.94
M - 2	3,958.00	19.9	10.1	8.6	200.99	71,226.90	354.38	34.76
M - 3	3,579.00	20.1	10.0	7.6	201.00	75,969.30	377.96	37.08
PROMEDIO							335.67	32.93

Fecha de Elaboración: 17/04/23

Fecha de Ensayo: 03/05/23

Edad: 14 días

MUESTRAS	MASAS DE LAS MUESTRAS (g)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Mpa)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	3,772.00	20.6	10.2	7.7	209.09	88,969.10	425.51	41.74
M - 2	3,699.00	20.2	10.0	7.9	201.50	79,455.50	394.32	38.68
M - 3	3,734.00	20.5	10.3	7.9	210.13	87,755.00	417.63	40.97
PROMEDIO							412.49	40.46

Fecha de Elaboración: 13/04/23

Fecha de Ensayo: 11/05/23

Edad: 28 días

MUESTRAS	MASAS DE LAS MUESTRAS (g)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Mpa)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	3,671.00	20.5	10.1	7.3	205.52	100,415.00	488.58	47.93
M - 2	3,637.00	20.7	10.0	7.4	206.50	99,633.70	482.49	47.33
M - 3	3,734.00	20.5	10.3	7.9	210.13	99,107.40	471.66	46.27
PROMEDIO							480.91	47.18



[Handwritten signature]



ENSAYO DE COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

(ASTM C 140-07)



INFORME DE ENSAYO CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR AL 10%

DEL : Laboratorio Centro Especializado De Geotecnia, Pavimentos y Ensayos de Materiales
A : Glicerio Jhunnior Benancio Camara
 : Mike Steven Chamorro Baldeon
TESIS : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAIZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICOMECAÑICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VIAS URBANAS - HUANUCO 2022"
UBICACIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN - PILLCO MARCA - HUÁNUCO - HUÁNUCO
ASUNTO : Ensayo de Resistencia a la compresión en Adoquines de Concreto Con Cenizas de Bagazo de Caña de Azucar al 10%
FECHA DE EMISION : 22/05/2023

1.0. DE LA MUESTRA : Adoquines de concreto Con Cenizas de Bagazo de Caña de Azucar al 10%

2.2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial

3.0. MÉTODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 399.611:2010 y NTP 399.604:2002

4.0. RESULTADOS :

Fecha de Elaboración: 21/04/23

Fecha de Ensayo: 28/04/23

Edad: 7 días

MUESTRAS	MASAS DE LAS MUESTRAS (g)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Mpa)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	3,466.00	20.4	10.3	7.9	209.10	61,770.00	295.41	28.98
M - 2	3,646.00	20.3	10.1	7.8	205.03	63,554.60	309.98	30.41
M - 3	3,670.00	20.1	10.3	8.0	205.51	64,946.10	316.02	31.00
PROMEDIO							307.14	30.13

Fecha de Elaboración: 18/04/23

Fecha de Ensayo: 02/05/23

Edad: 14 días

MUESTRAS	MASAS DE LAS MUESTRAS (g)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Mpa)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	3,548.00	20.6	10.3	7.8	211.15	65,047.60	308.06	30.22
M - 2	3,686.00	20.5	10.4	7.7	213.20	69,576.10	326.34	32.01
M - 3	3,458.00	20.4	10.2	8.0	208.08	66,896.50	321.49	31.54
PROMEDIO							318.63	31.26

Fecha de Elaboración: 14/04/23

Fecha de Ensayo: 12/05/23

Edad: 28 días

MUESTRAS	MASAS DE LAS MUESTRAS (g)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Mpa)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	3,509.00	20.8	10.1	7.2	209.58	69,758.10	332.86	32.65
M - 2	3,515.00	20.4	10.1	7.3	204.52	74,941.50	366.43	35.95
M - 3	3,472.00	20.2	9.7	7.5	195.46	73,325.40	375.15	36.80
PROMEDIO							358.15	35.13



[Handwritten signature]



ENSAYO DE COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

(ASTM C 140-07)



INFORME DE ENSAYO CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR AL 15%

DEL A : Laboratorio Centro Especializado De Geotecnia, Pavimentos y Ensayos de Materiales
A : Glicerio Jhunnior Benancio Camara
 : Mike Steven Chamorro Baldeon
TESIS : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAIZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICOMECAÑICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VIAS URBANAS - HUANUCO 2022"
UBICACIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN - PILLCO MARCA - HUÁNUCO - HUÁNUCO
ASUNTO : Ensayo de Resistencia a la compresión en Adoquines de Concreto Con Cenizas de Bagazo de Caña de Azucar al 15%
FECHA DE EMISION : 22/05/2023

1.0. DE LA MUESTRA : Adoquines de concreto Con Cenizas de Bagazo de Caña de Azucar al 15%

2.2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial

3.0. MÉTODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 399.611:2010 y NTP 399.604:2002

4.0. RESULTADOS :

Fecha de Elaboración: 21/04/23

Fecha de Ensayo: 28/04/23

Edad: 7 días

MUESTRAS	MASAS DE LAS MUESTRAS (g)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Mpa)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	3,331.00	19.7	10.4	7.4	203.90	60,071.80	294.62	28.90
M - 2	3,449.00	20.6	10.5	7.3	215.27	52,909.10	245.78	24.11
M - 3	3,379.00	20.0	11.0	7.1	218.45	53,257.30	243.79	23.92
PROMEDIO							261.40	25.64

Fecha de Elaboración: 19/04/23

Fecha de Ensayo: 03/05/23

Edad: 14 días

MUESTRAS	MASAS DE LAS MUESTRAS (g)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Mpa)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	3,425.00	20.7	10.3	7.6	211.66	62,090.70	293.35	28.78
M - 2	3,339.00	20.5	10.5	7.3	214.73	63,279.60	294.70	28.91
M - 3	3,343.00	20.6	10.6	7.3	217.33	64,220.00	295.50	28.99
PROMEDIO							294.51	28.89

Fecha de Elaboración: 17/04/23

Fecha de Ensayo: 15/05/23

Edad: 28 días

MUESTRAS	MASAS DE LAS MUESTRAS (g)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Mpa)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	3,436.00	20.7	10.1	7.6	208.57	65,590.30	314.48	30.85
M - 2	3,472.00	20.6	10.1	7.4	207.56	71,338.20	343.71	33.72
M - 3	3,492.00	20.6	10.2	7.6	208.58	71,808.70	344.27	33.77
PROMEDIO							334.15	32.78



[Handwritten signature]



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

(ASTM C 140-07)



INFORME DE ENSAYO CON CENIZAS AL 0%

DEL : Laboratorio Centro Especializado De Geotecnia, Pavimentos y Ensayos de Materiales
A : Glicerio Jhunnior Benancio Camara
 : Mike Steven Chamorro Baldeon
TESIS : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAIZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICOMECAÑICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VIAS URBANAS - HUANUCO 2022"
UBICACIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN - PILLCO MARCA - HUÁNUCO - HUÁNUCO
ASUNTO : Ensayo de Resistencia a la flexión en Adoquines de Concreto con 0% de cenizas
FECHA DE EMISION : 22/05/2023

1.0. DE LA MUESTRA : Adoquines de concreto con 0% de cenizas

2.2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo universal

3.0. MÉTODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 399.613:2005

4.0. RESULTADOS :

Fecha de Elaboración: 17/04/23

Fecha de Ensayo: 24/04/23

Edad: 7 días

MUESTRAS	DISTANCIAS ENTRE APOYOS (cm)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (KN)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Mpa)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm ²)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	18.5	20.5	10.0	7.5	205.00	13.54	6.77	69.03
M - 2	18.5	20.5	10.3	7.5	210.13	15.08	7.36	75.01
M - 3	18.3	20.3	10.0	7.5	201.99	14.64	7.13	72.73
PROMEDIO							7.09	72.26

Fecha de Elaboración: 24/04/23

Fecha de Ensayo: 09/05/23

Edad: 14 días

MUESTRAS	DISTANCIAS ENTRE APOYOS (cm)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (KN)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Mpa)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm ²)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	18.0	20.0	10.1	7.8	201.00	17.13	7.66	78.13
M - 2	18.1	20.1	10.0	7.6	200.00	17.02	7.99	81.45
M - 3	18.1	20.1	9.6	7.8	192.48	18.15	8.52	86.91
PROMEDIO							8.06	82.16

Fecha de Elaboración: 29/03/23

Fecha de Ensayo: 05/05/23

Edad: 28 días

MUESTRAS	DISTANCIAS ENTRE APOYOS (cm)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (KN)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Mpa)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm ²)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	18.3	20.3	10.0	7.7	201.49	18.15	8.53	87.01
M - 2	18.2	20.2	10.0	7.7	202.00	21.40	9.92	101.13
M - 3	17.7	19.7	9.8	7.9	193.06	19.61	8.57	87.35
PROMEDIO							9.01	91.83



[Handwritten Signature]



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO (ASTM C 140-07)



INFORME DE ENSAYO CON CENIZAS DE HOJA DE MAIZ AL 10%

DEL A : Laboratorio Centro Especializado De Geotecnia, Pavimentos y Ensayos de Materiales
: Glicerio Jhunnior Benancio Camara
: Mike Steven Chamorro Baldeon

TESIS : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAIZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICOMECAÑICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VIAS URBANAS - HUANUCO 2022"

UBICACIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILO VALDIZÁN - PILLCO MARCA - HUÁNUCO - HUÁNUCO

ASUNTO : Ensayo de Resistencia a la flexión en Adoquines de Concreto con Cenizas de Hojas de Maiz al 10%

FECHA DE EMISION : 22/05/2023

1.0. DE LA MUESTRA : Adoquines de concreto con Cenizas de Hojas de Maiz al 10%

2.2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo universal

3.0. MÉTODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 399.613:2005

4.0. RESULTADOS :

Fecha de Elaboración: 21/04/23

Fecha de Ensayo: 28/04/23

Edad: 7 días

MUESTRAS	DISTANCIAS ENTRE APOYOS (cm)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (KN)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Mpa)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm ²)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	18.2	20.2	10.2	7.5	204.52	7.67	3.68	37.55
M - 2	18.2	20.2	10.1	7.5	203.52	10.93	5.27	53.77
M - 3	18.3	20.3	10.3	7.4	208.58	11.09	5.45	55.62
PROMEDIO							4.80	48.98

Fecha de Elaboración: 19/04/23

Fecha de Ensayo: 04/05/23

Edad: 14 días

MUESTRAS	DISTANCIAS ENTRE APOYOS (cm)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (KN)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Mpa)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm ²)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	18.3	20.3	10.1	7.4	204.02	12.17	6.11	62.33
M - 2	18.8	20.8	9.8	7.3	203.84	11.40	6.16	62.77
M - 3	18.4	20.4	10.1	7.5	206.04	12.90	6.31	64.33
PROMEDIO							6.19	63.14

Fecha de Elaboración: 12/04/23

Fecha de Ensayo: 10/05/23

Edad: 28 días

MUESTRAS	DISTANCIAS ENTRE APOYOS (cm)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (KN)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Mpa)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm ²)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	18.1	20.1	10.1	7.5	202.51	13.20	6.29	64.15
M - 2	18.3	20.3	10.0	7.7	202.50	14.08	6.58	67.15
M - 3	18.3	20.3	10.4	7.5	209.59	13.45	6.36	64.90
PROMEDIO							6.41	65.40



[Handwritten Signature]



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

(ASTM C 140-07)



INFORME DE ENSAYO CON CENIZAS DE HOJA DE MAIZ AL 15%

DEL : Laboratorio Centro Especializado De Geotecnia, Pavimentos y Ensayos de Materiales
A : Glicerio Jhunnior Benancio Camara
 : Mike Steven Chamorro Baldeon

TESIS : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAIZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICOMECAÑICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VIAS URBANAS - HUANUCO 2022"

UBICACIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILO VALDIZÁN - PILLCO MARCA - HUÁNUCO - HUÁNUCO
ASUNTO : Ensayo de Resistencia a la flexión en Adoquines de Concreto con Cenizas de Hojas de Maiz al 15%

FECHA DE EMISION : 22/05/2023

1.0. DE LA MUESTRA : Adoquines de concreto con Cenizas de Hojas de Maiz al 15%

2.2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo universal

3.0. MÉTODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 399.613:2005

4.0. RESULTADOS :

Fecha de Elaboración: 21/04/23

Fecha de Ensayo: 28/04/23

Edad: 7 días

MUESTRAS	DISTANCIAS ENTRE APOYOS (cm)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (KN)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Mpa)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm ²)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	18.9	20.9	10.1	7.2	210.05	2.78	1.50	15.29
M - 2	17.8	19.8	9.9	7.7	195.03	2.43	1.10	11.26
M - 3	18.9	20.9	9.9	7.4	206.42	2.16	1.14	11.64
PROMEDIO							1.25	12.73

Fecha de Elaboración: 20/04/23

Fecha de Ensayo: 04/05/23

Edad: 14 días

MUESTRAS	DISTANCIAS ENTRE APOYOS (cm)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (KN)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Mpa)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm ²)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	18.5	20.5	10.3	7.6	210.13	11.36	5.33	54.32
M - 2	18.2	20.2	10.0	7.7	201.50	10.06	4.68	47.70
M - 3	18.5	20.5	10.3	7.2	210.64	4.00	2.10	21.45
PROMEDIO							4.04	41.16

Fecha de Elaboración: 17/04/23

Fecha de Ensayo: 15/05/23

Edad: 28 días

MUESTRAS	DISTANCIAS ENTRE APOYOS (cm)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (KN)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Mpa)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm ²)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	18.0	20.0	9.8	7.6	195.00	11.92	5.75	58.66
M - 2	18.9	20.9	10.1	7.3	211.09	14.00	7.47	76.22
M - 3	18.5	20.5	10.4	7.1	213.20	13.19	6.93	70.67
PROMEDIO							6.72	68.51



[Handwritten Signature]



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

(ASTM C 140-07)



INFORME DE ENSAYO CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR AL 5%

DEL : Laboratorio Centro Especializado De Geotecnia, Pavimentos y Ensayos de Materiales
A : Glicerio Jhunnior Benancio Camara
 : Mike Steven Chamorro Baldeon
TESIS : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAIZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICOMECAÑICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VIAS URBANAS - HUANUCO 2022"
UBICACIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILO VALDIZÁN - PILLCO MARCA - HUÁNUCO - HUÁNUCO
ASUNTO : Ensayo de Resistencia a la flexión en Adoquines de Concreto con Cenizas de Bagazo de Caña de Azucar al 5%
FECHA DE EMISION : 22/05/2023

1.0. DE LA MUESTRA : Adoquines de concreto con Cenizas de Bagazo de Caña de Azucar al 5%

2.2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo universal

3.0. MÉTODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 399.613:2005

4.0. RESULTADOS :

Fecha de Elaboración: 20/04/23

Fecha de Ensayo: 27/04/23

Edad: 7 días

MUESTRAS	DISTANCIAS ENTRE APOYOS (cm)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (KN)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Mpa)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm ²)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	18.8	20.8	10.4	7.2	216.32	12.05	6.39	65.15
M - 2	18.1	20.1	10.0	7.6	200.50	15.59	7.40	75.50
M - 3	18.1	20.1	9.7	7.7	194.49	15.11	7.11	72.54
PROMEDIO							6.97	71.06

Fecha de Elaboración: 17/04/23

Fecha de Ensayo: 03/05/23

Edad: 14 días

MUESTRAS	DISTANCIAS ENTRE APOYOS (cm)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (KN)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Mpa)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm ²)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	18.2	20.2	10.2	7.3	206.04	16.10	8.03	81.89
M - 2	18.2	20.2	10.1	7.6	202.51	16.04	7.62	77.73
M - 3	18.6	20.6	10.2	7.2	209.61	15.92	8.32	84.84
PROMEDIO							7.99	81.49

Fecha de Elaboración: 13/04/23

Fecha de Ensayo: 11/05/23

Edad: 28 días

MUESTRAS	DISTANCIAS ENTRE APOYOS (cm)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (KN)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Mpa)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm ²)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	18.4	20.4	9.7	7.6	197.40	19.21	9.50	96.89
M - 2	18.7	20.7	10.3	7.0	212.70	19.05	10.71	109.25
M - 3	18.0	20.0	10.1	7.7	201.00	21.48	9.80	99.90
PROMEDIO							10.00	102.01



[Firma manuscrita]



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO (ASTM C 140-07)



INFORME DE ENSAYO CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR AL 10%

DEL : Laboratorio Centro Especializado De Geotecnia, Pavimentos y Ensayos de Materiales
A : Glicerio Jhunnior Benancio Camara
 : Mike Steven Chamorro Baldeon
TESIS : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAIZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICOMECAÑICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VIAS URBANAS - HUÁNUCO 2022"
UBICACIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN - PILLCO MARCA - HUÁNUCO - HUÁNUCO
ASUNTO : Ensayo de Resistencia a la flexión en Adoquines de Concreto con Cenizas de Bagazo de Caña de Azucar al 10%
FECHA DE EMISION : 22/05/2023

1.0. DE LA MUESTRA : Adoquines de concreto con Cenizas de Bagazo de Caña de Azucar al 10%

2.2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo universal

3.0. MÉTODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 399.613:2005

4.0. RESULTADOS : Fecha de Ensayo 28 de Abril del 2023 para la edad de 7 días
 Fecha de Ensayo 04 de Mayo del 2023 para la edad de 14 días
 Fecha de Ensayo 12 de Mayo del 2023 para la edad de 28 días

EDAD: 7 DÍAS

MUESTRAS	DISTANCIAS ENTRE APOYOS (cm)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (KN)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Mpa)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm ²)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	18.1	20.1	10.1	7.6	203.01	8.39	3.96	40.35
M - 2	18.8	20.8	10.3	7.1	214.24	7.25	3.91	39.87
M - 3	18.0	20.0	10.0	7.4	200.00	9.21	4.51	46.00
PROMEDIO							4.13	42.07

EDAD: 14 DÍAS

MUESTRAS	DISTANCIAS ENTRE APOYOS (cm)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (KN)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Mpa)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm ²)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	17.3	19.3	10.4	7.7	199.76	13.14	5.63	57.41
M - 2	18.4	20.4	10.0	7.5	204.00	11.54	5.62	57.36
M - 3	18.2	20.2	10.1	7.6	204.02	10.42	4.94	50.38
PROMEDIO							5.40	55.05

EDAD: 28 DÍAS

MUESTRAS	DISTANCIAS ENTRE APOYOS (cm)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (KN)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Mpa)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm ²)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	18.2	20.2	10.0	7.5	201.50	14.04	6.88	70.20
M - 2	18.3	20.3	10.2	7.5	206.05	14.28	6.91	70.47
M - 3	18.2	20.2	10.0	7.5	200.99	15.19	7.36	75.04
PROMEDIO							7.05	71.91

5.0. RESULTADOS : La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionada por los tesistas



Ing. Civil P. WILSON WILSON ROJAS
 Técnico Responsable de Laboratorio de Geotecnia - UNHEVAL



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

(ASTM C 140-07)



INFORME DE ENSAYO CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR AL 15%

DEL : Laboratorio Centro Especializado De Geotecnia, Pavimentos y Ensayos de Materiales
A : Glicerio Jhunnior Benancio Camara
 : Mike Steven Chamorro Baldeon
TESIS : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAIZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICOMECAÑICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VIAS URBANAS - HUÁNUCO 2022"
UBICACIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILO VALDIZÁN - PILLCO MARCA - HUÁNUCO - HUÁNUCO
ASUNTO : Ensayo de Resistencia a la flexión en Adoquines de Concreto con Cenizas de Bagazo de Caña de Azucar al 15%
FECHA DE EMISION : 22/05/2023

1.0. DE LA MUESTRA : Adoquines de concreto con Cenizas de Bagazo de Caña de Azucar al 15%

2.2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo Universal

3.0. MÉTODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 399.613:2005

4.0. RESULTADOS :

Fecha de Elaboración: 21/04/23

Fecha de Ensayo: 28/04/23

Edad: 7 días

MUESTRAS	DISTANCIAS ENTRE APOYOS (cm)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (KN)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Mpa)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm ²)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	18.3	20.3	9.8	7.6	198.94	2.06	0.99	10.12
M - 2	18.6	20.6	10.6	7.2	218.36	2.28	1.15	11.72
M - 3	18.2	20.2	9.7	7.8	194.93	2.51	1.16	11.83
PROMEDIO							1.10	11.22

Fecha de Elaboración: 19/04/23

Fecha de Ensayo: 04/05/23

Edad: 14 días

MUESTRAS	DISTANCIAS ENTRE APOYOS (cm)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (KN)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Mpa)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm ²)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	18.4	20.4	10.1	7.5	205.02	10.47	5.18	52.82
M - 2	18.7	20.7	10.4	7.1	214.25	10.28	5.49	55.98
M - 3	18.8	20.8	10.0	7.4	207.50	10.77	5.57	56.79
PROMEDIO							5.41	55.20

Fecha de Elaboración: 17/04/23

Fecha de Ensayo: 15/05/23

Edad: 28 días

MUESTRAS	DISTANCIAS ENTRE APOYOS (cm)	DIMENSIONES			AREA BRUTA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (KN)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Mpa)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm ²)
		LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)				
M - 1	18.4	20.4	10.0	7.4	204.00	13.76	6.89	70.25
M - 2	18.4	20.4	9.9	7.5	201.96	14.42	7.10	72.39
M - 3	18.6	20.6	10.3	7.2	211.15	13.99	7.45	75.93
PROMEDIO							7.14	72.86



RESOLUCIÓN DE DECANO N°1007-2023-UNHEVAL-FICA-D

Cayhuayna, 17 noviembre 2023

VISTO: La solicitud virtual enviada por correo, de fecha 16.NOV.2023, de los Bachilleres de Ingeniería Civil **GLICERIO JHUNNIOR BENANCIO CAMARA y MIKE STEVEN CHAMORRO BALDEON**, pidiendo fecha y hora para sustentación de tesis titulada: INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAIZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICOMECAÑICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VIAS URBANAS - HUANUCO 2022;

CONSIDERANDO:

Que, con solicitud virtual enviada por correo, de fecha 16NOV.2023 de los Bachilleres de Ingeniería Civil **GLICERIO JHUNNIOR BENANCIO CAMARA y MIKE STEVEN CHAMORRO BALDEON**, pidiendo fecha y hora para sustentación de tesis titulada: INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAIZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICOMECAÑICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VIAS URBANAS - HUANUCO 2022;

Que, con Resolución Virtual N°763-2023-UNHEVAL-FICA-D, de fecha 13.SET.2023, se designo a la comisión de Revisar y Evaluar la tesis titulado: INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAIZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICOMECAÑICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VIAS URBANAS - HUANUCO 2022, a los docentes: PRESIDENTE: Dr. Ing. José Luis Villavicencio Guardia, SECRETARIO: Mg. Ing. Jorge Luis Meyzán Briceño, VOCAL: Mg. Ing. Elisa Raquel Quintanilla Herrera y ACSESITARIO: Mg. Ing. Hamilton Denniss Abal García de la Tesis de los Bachilleres de Ingeniería Civil **GLICERIO JHUNNIOR BENANCIO CAMARA y MIKE STEVEN CHAMORRO BALDEON**;

Que, con CARTA N°0123-Dr ING./FICA /JLVG-2023, del Dr. Ing. José Luis Villavicencio Guardia, INFORME N° 266-2023-JLMB-DFICyA del Mg. Ing. Jorge Luis Meyzán Briceño, Carta N° 100-2023-JD-ERQH de la Mg. Ing. Elisa Raquel Quintanilla Herrera, CARTA DE CONFORMIDAD DE BORRADOR DE TESIS del Mg. Ing. Hamilton Denniss Abal García, CARTA DE CONFORMIDAD DE BORRADOR DE TESIS, del Mg. Ing. Lyndon Víctor Soto Coz, dan la conformidad a la tesis titulado: INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAIZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICOMECAÑICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VIAS URBANAS - HUANUCO 2022, de los Bachilleres de Ingeniería Civil **GLICERIO JHUNNIOR BENANCIO CAMARA y MIKE STEVEN CHAMORRO BALDEON**;

Que, la Mg. Ing. Elisa Raquel Quintanilla Herrera, por motivos de salud no asistirá a la sustentación de tesis, reemplazándola el accesitario el Mg. Ing. Hamilton Denniss Abal García;

Que, mediante Resolución Consejo Universitario N° 3412 – 2022 – UNHEVAL, de fecha 24 de octubre del 2022 en el Capitulo IV – Titulo III – Tesis – Art. 44° Una vez que los miembros de Jurado de Tesis informen al Decano acerca de la suficiencia del trabajo de tesis para su sustentación, el interesado presentará una solicitud dirigida al Decano pidiendo se fije lugar, fecha y hora para el acto de sustentación...;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano por Ley Universitaria N° 30220 y por el Estatuto de la UNHEVAL;

SE RESUELVE:

- 1° **REPROGRAMAR** Fecha y hora para la sustentación Presencial de la tesis titulada INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAIZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICOMECAÑICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VIAS URBANAS - HUANUCO 2022, de los Bachilleres de Ingeniería Civil **GLICERIO JHUNNIOR BENANCIO CAMARA y MIKE STEVEN CHAMORRO BALDEON**, para el día **lunes 20 noviembre 2023 a horas 11.30 am**, en modalidad Presencial, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura por los considerandos anotados.

Regístrese, comuníquese y archívese.


Dr. Víctor Manuel Goicochea Vargas
DECANO



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

En la ciudad universitaria de Cayhuayna, a los 20 días del mes de noviembre de 2023, siendo las 11.30 am, se dará cumplimiento a la Resolución de Decano N°763-2023-UNHEVAL-FICA-D (Designando a la Comisión de Revisión y sustentación de tesis) y la Resolución Virtual N°1007-2023-UNHEVAL-FICA-D, de fecha 17.NOV.2023 (Fijando fecha y hora de sustentación de tesis), en concordancia con el Reglamento General de Grados y Títulos, en virtud de la Resolución Consejo Universitario N°3412-2022-UNHEVAL (Aprobando el procedimiento de la Sustentación de Tesis), los miembros del jurado van a proceder a la evaluación de la sustentación en acto público de tesis titulada: **INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAIZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICOMECAÑICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VIAS URBANAS - HUANUCO 2022**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil de los Bachilleres de Ingeniería Civil **GLICERIO JHUNNIOR BENANCIO CAMARA y MIKE STEVEN CHAMORRO BALDEON**, reuniéndose en el auditorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, el jurado examinador integrado por los docentes: Dr. Ing. José Luis Villavicencio Guardia PRESIDENTE – Mg. Ing. Jorge Luis Meyzán Briceño, SECRETARIO – Mg. Ing. Hamilton Denniss Abal García, VOCAL y los bachilleres mencionados, a fin de proceder con la evaluación y calificación de la sustentación de tesis y obtener el **Título Profesional de Ingeniero Civil** de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura.

Concluido el acto de defensa los miembros de jurado, procedió a la evaluación de los aspirantes al Título Profesional de Ingeniero Civil, obteniendo luego el resultado siguiente:

APELLIDOS Y NOMBRES	DICTAMEN	NOTA	CALIFICATIVO
BENANCIO CAMARA GLICERIO JHUNNIOR	APROBADO	15	BUENO
CHAMORRO BALDEON MIKE STEVEN	APROBADO	15	BUENO

Calificación que se realizó de acuerdo a la Resolución Consejo Universitario N°3412-2022-UNHEVAL - Título VII – Capítulo VI Art.78 Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán

Dándose por finalizado dicho acto a las 13:01 hr. del mismo día 20/11/2023 con lo que se dio por concluido y en fe de lo cual firmamos.


 JOSÉ LUIS VILLAVICENCIO GUARDIA
 PRESIDENTE


 JORGE LUIS MEYZÁN BRICEÑO
 SECRETARIO


 HAMILTON DENNISS ABAL GARCÍA
 VOCAL



CONSTANCIA DE SIMILITUD N° 073-2023
SOFTWARE ANTIPLAGIO TURNITIN-FICA-UNHEVAL.

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan de Huánuco, emite la presente constancia de Antiplagio, aplicando el Software TURNITIN, la cual reporta un 13%. de similitud general, correspondiente a los Bachilleres interesados, **BENANCIO CAMARA Glicerio Jhunnior y CHAMORRO BALDEON Mike Steven**, del Borrador de Tesis "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAÍZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICOMECÁNICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VÍAS URBANAS - HUÁNUCO 2022", considerando como asesor al Mg. Ing. SOTO COZ Lyndon Víctor

DECLARANDO (APTO)

Se expide la presente, para los trámites pertinentes

Pillco Marca, 05 de Octubre 2023



Dr. José Luis VILLAVICENCIO GUARDIA
Director de la Unidad de Investigación
Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura

DIJLVG 2023

NOMBRE DEL TRABAJO

**"INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN D
E CENIZAS DE HOJAS DE MAÍZ Y BAGAZ
O DE CAÑA DE AZÚCAR EN LAS PROPIE**

AUTOR

**BENANCIO CAMARA, GLICERIO JHUN C
HAMORRO BALDEON, MIKE STEVEN**

RECUENTO DE PALABRAS

51003 Words

RECUENTO DE CARACTERES

256020 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

283 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

68.8MB

FECHA DE ENTREGA

Oct 5, 2023 1:23 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Oct 5, 2023 1:27 PM GMT-5

● **13% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base c

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossr

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)
- Material citado


 Dr. Ing. José Luis Villavicencio Guardia
 DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
 DOCENTE DE LA FICA

● 13% de similitud general

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	hdl.handle.net Internet	2%
2	repositorio.udh.edu.pe Internet	<1%
3	repositorio.ucv.edu.pe Internet	<1%
4	tesis.ucsm.edu.pe Internet	<1%
5	repositorio.upn.edu.pe Internet	<1%
6	Universidad Andina del Cusco on 2019-11-28 Submitted works	<1%
7	repositorioacademico.upc.edu.pe Internet	<1%
8	repositorio.unheval.edu.pe Internet	<1%

9	Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2021-05-20 Submitted works	<1%
10	Universidad Cesar Vallejo on 2022-06-01 Submitted works	<1%
11	repositorio.usanpedro.edu.pe Internet	<1%
12	Universidad Cesar Vallejo on 2023-06-28 Submitted works	<1%
13	Universidad Católica de Santa María on 2019-01-11 Submitted works	<1%
14	repositorio.utea.edu.pe Internet	<1%
15	Universidad Andina del Cusco on 2018-08-17 Submitted works	<1%
16	Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2022-11-10 Submitted works	<1%
17	Universidad Privada del Norte on 2023-09-23 Submitted works	<1%
18	repositorio.urp.edu.pe Internet	<1%
19	Universidad Continental on 2022-03-15 Submitted works	<1%
20	"Expectativas de estudiantes y experiencia de docentes noveles como ... Crossref posted content	<1%

21	Universidad Cesar Vallejo on 2023-07-31	<1%
	Submitted works	
22	1library.co	<1%
	Internet	
23	Universidad Ricardo Palma on 2021-06-27	<1%
	Submitted works	
24	repositorio.unfv.edu.pe	<1%
	Internet	
25	Cruz-Pabón, Olga Iris. "Cloud Storage: El Efecto Moderador De La Confi..."	<1%
	Publication	
26	Rodriguez Brito, Natalia. "Los cuidados de la salud fisica en las person..."	<1%
	Publication	
27	Universidad Privada del Norte on 2023-07-05	<1%
	Submitted works	
28	Universidad Cesar Vallejo on 2022-12-12	<1%
	Submitted works	
29	Universidad Católica de Santa María on 2019-12-18	<1%
	Submitted works	
30	unibagua on 2023-09-26	<1%
	Submitted works	
31	repositorio.uct.edu.pe	<1%
	Internet	
32	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2018-11-07	<1%
	Submitted works	

33	repositorio.uss.edu.pe	Internet	<1%
34	Universidad Cesar Vallejo on 2021-06-24	Submitted works	<1%
35	Universidad Nacional Autonoma de Chota on 2021-03-17	Submitted works	<1%
36	"Rol de la aldosterona en la adipogénesis y disfunción del adipocito en ...	Crossref posted content	<1%
37	B.S. Thomas, J. Yang, A. Bahurudeen, J.A. Abdalla, R.A. Haweeleh, H....	Crossref	<1%
38	Alvaro Gutierrez, Carolina Izquierdo Garcia, Erika Suarez Dominguez,...	Publication	<1%
39	Universidad Cesar Vallejo on 2018-07-27	Submitted works	<1%
40	Universidad Cesar Vallejo on 2023-09-25	Submitted works	<1%
41	Universidad Continental on 2023-06-23	Submitted works	<1%
42	Universidad Alas Peruanas on 2019-10-20	Submitted works	<1%
43	Rizo Parraga, Ruben Javier. "Catalizadores de Pt-Sn Para la Reaccion d...	Publication	<1%
44	biblioteca.uam.edu.ni	Internet	<1%

- 45 **Universidad Nacional Autonoma de Chota on 2020-12-27** <1%
Submitted works
-
- 46 **Luna Guzman, Roberto Mauricio. "Propuesta De Niveles De implement...** <1%
Publication
-
- 47 **JUAN MARIO SANZ PENELLA. "NUEVAS ESTRATEGIAS PARA INCREM...** <1%
Crossref posted content
-
- 48 **Universidad Continental on 2016-12-06** <1%
Submitted works
-
- 49 **repositorio.ucss.edu.pe** <1%
Internet
-
- 50 **Universidad Cesar Vallejo on 2022-12-15** <1%
Submitted works
-
- 51 **(Carlinda Leite and Miguel Zabalza). "Ensino superior: inovaçã..."** <1%
Publication
-
- 52 **Estefanía Mata Nicolás. "Utilización de una colección de germoplasma...** <1%
Crossref posted content
-
- 53 **Fields, Abbie. "The Impact of Therapeutic Yoga on Adult Female Surviv...** <1%
Publication
-
- 54 **J.J. Pérez-Gavilán. "The effect of shear-moment interaction on the she...** <1%
Crossref
-
- 55 **Universidad Cesar Vallejo on 2020-12-11** <1%
Submitted works
-
- 56 **Universidad Continental on 2022-11-11** <1%
Submitted works

- 57 Richard Ahumada, Holman Ospina-Mateus, Katherine Salas-Navarro. ... <1%
Crossref
-
- 58 Universidad Cesar Vallejo on 2022-10-20 <1%
Submitted works
-
- 59 Grandez Munoz, Karol Lizeth|Lozano Carozzi, Giacomo Jose|Naranjo ... <1%
Publication
-
- 60 Castaneda Quilcate, Lourdes Marina|Monterrey Leon, Iliana del Pilar. "... <1%
Publication
-
- 61 Elena Díez Sánchez. "Aprovechamiento de subproductos de zumos de ... <1%
Crossref posted content
-
- 62 Gabriela Pitolli Lyra. "Aplicação das cinzas da indústria sucroalcooleira... <1%
Crossref posted content
-
- 63 Leon Herribary, Mario Edinsons | Puelles Meza, Rosemaree Tomasita. "... <1%
Publication
-
- 64 Paula Fernández-Canteli Álvarez, Jesús García Crespo, Roberto Martín... <1%
Crossref
-
- 65 Pedro Gallego-Quintana, Omar Farid Ojeda-Farias, Alexander Alvarez-R... <1%
Crossref
-
- 66 Dávila Guerrero, Alicia Eleny | de la Piedra Silva, Juan José Marzio | Bul... <1%
Publication
-
- 67 Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) - Sede Ecu... <1%
Submitted works
-
- 68 Corporación Universitaria Remington on 2020-11-16 <1%
Submitted works

- 69 **ECO-MAPPING SOCIEDAD ANONIMA CERRADA. "DAP de su Planta Lur...** <1%
Publication
-
- 70 **Ignacio Bosch Roig. "Algoritmos de detección distribuida en sistemas ...** <1%
Crossref posted content
-
- 71 **Universidad Nacional del Centro del Peru on 2022-12-16** <1%
Submitted works
-
- 72 **Universidad Politécnica de Madrid on 2021-03-03** <1%
Submitted works
-
- 73 **"Proposición de una metodología para la aplicación de la gestión del c...** <1%
Crossref posted content
-
- 74 **Avila, Laura Aguilera. "Genero y salud: un analisis de la relevancia de la...** <1%
Publication
-
- 75 **Claudia Isabel Bas Bellver. "Desarrollo del proceso de obtención de pol...** <1%
Crossref posted content
-
- 76 **Jesús Águila León. "Modelo y desarrollo de un sistema de gestión ópti...** <1%
Crossref posted content
-
- 77 **Katy Zulema Ticona Limache, Gino Percy Estrada Aro, Olga Elizabeth S...** <1%
Crossref
-
- 78 **Oscar Felipe Arbelaez Perez, Daniela Restrepo Florez, Laura Melina Za...** <1%
Crossref
-
- 79 **Ton Duc Thang University** <1%
Publication
-
- 80 **Universidad Cesar Vallejo on 2021-06-20** <1%
Submitted works

- 81** Universidad Nacional del Centro del Peru on 2022-09-01 <1%
Submitted works

- 82** Yacila Alvarado, Luciano Jhair|Salsavilca Pomarcahua, Jhoselyn Junny... <1%
Publication



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DIGITAL Y DECLARACIÓN JURADA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR UN GRADO ACADÉMICO O TÍTULO PROFESIONAL

1. Autorización de Publicación: (Marque con una "X")

Pregrado	X	Segunda Especialidad		Posgrado:	Maestría		Doctorado
----------	---	----------------------	--	-----------	----------	--	-----------

Pregrado (tal y como está registrado en SUNEDU)

Facultad	INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional	INGENIERÍA CIVIL
Carrera Profesional	INGENIERÍA CIVIL
Grado que otorga	-----
Título que otorga	INGENIERO CIVIL

Segunda especialidad (tal y como está registrado en SUNEDU)

Facultad	-----
Nombre del programa	-----
Título que Otorga	-----

Posgrado (tal y como está registrado en SUNEDU)

Nombre del Programa de estudio	-----
Grado que otorga	-----

2. Datos del Autor(es): (Ingrese todos los datos requeridos completos)

Apellidos y Nombres:	BENANCIO CAMARA, GLICERIO JHUNNIOR							
Tipo de Documento:	DNI	X	Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:	966095654
Nro. de Documento:	76852423				Correo Electrónico:		Jhunnior43@gmail.com	

Apellidos y Nombres:	CHAMORRO BALDEON, MIKE STEVEN							
Tipo de Documento:	DNI	X	Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:	962003661
Nro. de Documento:	71869615				Correo Electrónico:		mikechamorro28@gmail.com	

Apellidos y Nombres:								
Tipo de Documento:	DNI		Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:	
Nro. de Documento:					Correo Electrónico:			

3. Datos del Asesor: (Ingrese todos los datos requeridos completos según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Asesor)

¿El Trabajo de Investigación cuenta con un Asesor?: (marque con una "X" en el recuadro del costado, según corresponda)	SI	X	NO					
Apellidos y Nombres:	SOTO COZ, LYNDON VÍCTOR			ORCID ID:	https://orcid.org/0000-0002-9355-6424			
Tipo de Documento:	DNI	X	Pasaporte		C.E.		Nro. de documento:	22414388

4. Datos del Jurado calificador: (Ingrese solamente los Apellidos y Nombres completos según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Jurado)

Presidente:	VILLAVICIENCIO GUARDIA, JOSÉ LUIS
Secretario:	MEYZAN BRICEÑO, JORGE LUIS
Vocal:	QUINTANILLA HERRERA, ELISA RAQUEL
Vocal:	
Vocal:	
Accesitario	ABAL GARCÍA, HAMILTON DENNISS


5. Declaración Jurada: (Ingrese todos los datos requeridos completos)

a) Soy Autor (a) (es) del Trabajo de Investigación Titulado: <i>(Ingrese el título tal y como está registrado en el Acta de Sustentación)</i>	
"INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE HOJAS DE MAÍZ Y BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LAS PROPIEDADES FÍSICOMECAÑICAS DE ADOQUINES DE CONCRETO TIPO II EN VÍAS URBANAS - HUÁNUCO 2022"	
b) El Trabajo de Investigación fue sustentado para optar el Grado Académico ó Título Profesional de: <i>(tal y como está registrado en SUNEDU)</i>	
TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL	
c) El Trabajo de investigación no contiene plagio (ninguna frase completa o párrafo del documento corresponde a otro autor sin haber sido citado previamente), ni total ni parcial, para lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias.	
d) El trabajo de investigación presentado no atenta contra derechos de terceros.	
e) El trabajo de investigación no ha sido publicado, ni presentado anteriormente para obtener algún Grado Académico o Título profesional.	
f) Los datos presentados en los resultados (tablas, gráficos, textos) no han sido falsificados, ni presentados sin citar la fuente.	
g) Los archivos digitales que entrego contienen la versión final del documento sustentado y aprobado por el jurado.	
h) Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la Universidad Nacional Hermilio Valdizan (en adelante LA UNIVERSIDAD), cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del Trabajo de Investigación, así como por los derechos de la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y frente a terceros de cualquier daño que pudiera ocasionar a LA UNIVERSIDAD o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causas en la tesis presentada, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNIVERSIDAD en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del trabajo de investigación. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan.	

6. Datos del Documento Digital a Publicar: (Ingrese todos los datos requeridos completos)

Ingrese solo el año en el que sustentó su Trabajo de Investigación: <i>(Verifique la Información en el Acta de Sustentación)</i>			2023			
Modalidad de obtención del Grado Académico o Título Profesional: <i>(Marque con X según Ley Universitaria con la que inició sus estudios)</i>	Tesis	X	Tesis Formato Artículo	Tesis Formato Patente de Invención		
	Trabajo de Investigación		Trabajo de Suficiencia Profesional	Tesis Formato Libro, revisado por Pares Externos		
	Trabajo Académico		Otros <i>(especifique modalidad)</i>			
Palabras Clave: <i>(solo se requieren 3 palabras)</i>	CENIZA	ADOQUIN	CONCRETO			
Tipo de Acceso: <i>(Marque con X según corresponda)</i>	Acceso Abierto	X	Condición Cerrada (*)			
	Con Periodo de Embargo (*)		Fecha de Fin de Embargo:			
¿El Trabajo de Investigación, fue realizado en el marco de una Agencia Patrocinadora? <i>(ya sea por financiamientos de proyectos, esquema financiero, beca, subvención u otras; marcar con una "X" en el recuadro del costado según corresponda):</i>				SI	NO	X
Información de la Agencia Patrocinadora:						

El trabajo de investigación en digital y físico tienen los mismos registros del presente documento como son: Denominación del programa Académico, Denominación del Grado Académico o Título profesional, Nombres y Apellidos del autor, Asesor y Jurado calificador tal y como figura en el Documento de Identidad, Título completo del Trabajo de Investigación y Modalidad de Obtención del Grado Académico o Título Profesional según la Ley Universitaria con la que se inició los estudios.



7. Autorización de Publicación Digital:

A través de la presente. Autorizo de manera gratuita a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán a publicar la versión electrónica de este Trabajo de Investigación en su Biblioteca Virtual, Portal Web, Repositorio Institucional y Base de Datos académica, por plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente. Se autoriza cambiar el contenido de forma, más no de fondo, para propósitos de estandarización de formatos, como también establecer los metadatos correspondientes.

Firma: 		
Apellidos y Nombres:	BENANCIO CAMARA, GLICERIO JHUNNIOR	Huella Digital
DNI:	76852423	
Firma: 		
Apellidos y Nombres:	CHAMORRO BALDEON, MIKE STEVEN	Huella Digital
DNI:	71869615	
Firma:		
Apellidos y Nombres:		Huella Digital
DNI:		
Fecha: 22/11/2023		

Nota:

- ✓ No modificar los textos preestablecidos, conservar la estructura del documento.
- ✓ Marque con una **X** en el recuadro que corresponde.
- ✓ Llenar este formato de forma digital, con tipo de letra **calibri**, **tamaño de fuente 09**, manteniendo la alineación del texto que observa en el modelo, sin errores gramaticales (*recuerde las mayúsculas también se tildan si corresponde*).
- ✓ La información que escriba en este formato debe coincidir con la información registrada en los demás archivos y/o formatos que presente, tales como: DNI, Acta de Sustentación, Trabajo de Investigación (PDF) y Declaración Jurada.
- ✓ Cada uno de los datos requeridos en este formato, es de carácter obligatorio según corresponda.