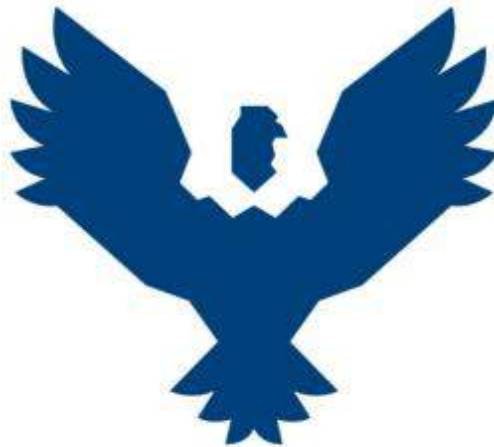




UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA



TESIS

**APROVECHAMIENTO DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN DE COBRE EN LA
ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE TRÁNSITO PEATONAL
COMPARADO CON LOS TRADICIONALES.**

PRESENTADO POR EL: Br. HANCO AGUILAR
HAROLD ALDAIR

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
ARQUITECTO

ASESOR: Dr. Arq. Edwin Roberto Gudiel Rodríguez.

CO ASESOR: Mg. Arq. Carlos Guillermo Vargas
Febres.

CUSCO – PERU

AÑO 2021.



Índice general

Contenido

Índice general	1
Índice de tablas.....	6
Índice de figuras.....	13
Dedicatorias	18
Agradecimientos.....	19
Resumen.....	20
Abstract.....	22
Introducción	24
Capítulo I: Planteamiento del problema.....	1
1.1 Identificación del problema.....	1
1.1.1 Descripción del problema	1
1.1.2 Formulación interrogativa del problema.	14
1.1.2.1 Formulación interrogativa del problema general.....	14
1.1.2.2 Formulación interrogativa de los problemas específicos.	14
1.2 Justificación e importancia de la investigación.....	14
1.2.1 Justificación técnica.	14
1.2.2 Justificación social	17
1.2.3 Justificación por viabilidad	18
1.2.4 Justificación por relevancia	18
1.3 Limitaciones de la investigación	19



1.4 Objetivo de la investigación	20
1.4.1 Objetivo General	20
1.4.2 Objetivos Específicos	20
2. CAPITULO II: MARCO TEORICO	21
2.1 Antecedentes de la tesis	21
2.1.1 Antecedentes a nivel Nacional.	21
2.1.2 Antecedentes a nivel Internacional.	22
2.2 Aspectos Teóricos Pertinentes.	23
2.2.1 Contaminación ambiental de la Escoria de Fundición de Cobre.	23
2.2.1.1 Contaminación ambiental	23
2.2.1.2 Gestión ambiental	24
2.2.1.3 Cobre	24
2.2.1.4 Fusión conversión	26
2.2.1.5 Escoria de cobre	27
2.2.1.6 Composición química de la escoria de cobre	27
2.2.1.7 Composición Física de la escoria de cobre	28
2.2.1.8 Clasificación de la escoria de cobre	28
2.2.1.9 La escoria de cobre en la actualidad	31
2.2.1.10 La escoria de cobre en la construcción	31
2.2.2 Elaboración de Aduques para Espacios Públicos Sostenibles de tipo Peatonal...	32



2.2.2.1	Sustentabilidad	32
2.2.2.2	Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS)	32
2.2.2.3	Espacios públicos sostenibles o sustentables	32
2.2.2.4	Los Adoquines	33
2.2.2.5	Cemento portland	39
2.2.2.6	Agregados	42
2.2.2.7	Agua	46
2.2.2.8	Adiciones. (N.T.P 334.001, 2001)	47
2.2.2.9	Puzolanas	47
2.2.2.10	Concreto	48
2.2.2.11.	Diseño de mezcla	53
2.2.2.12	Diseño de procesos del adoquín	55
2.2.2.13	Análisis económico y financiero del adoquín.....	55
2.3	Hipótesis o supuestos	57
2.3.1	Hipótesis general.....	57
2.3.2	Hipótesis específicas	57
2.4	Definición de Variables o Categorías.....	58
2.4.1	Variables independientes.....	58
2.4.1.1	Variables dependientes.....	58
CAPITULO III: METODOLOGIA		59



3.1 Metodología de la Tesis	59
3.1.1 Enfoque de la investigación	59
3.1.2 Nivel o alcance de la investigación	59
3.1.3 Método de investigación	59
3.2 Diseño de la investigación	60
3.2.1 Diseño metodológico.	60
3.2.2 Diseño de Arquitectura	61
3.3 Población y Muestra	62
3.3.1 Población	62
3.3.1.1 Descripción de la población	62
3.3.1.2 Cuantificación de la población	62
3.3.2 Muestra	62
3.3.2.1 Descripción de la muestra.	62
3.3.2.2 Cuantificación de la muestra.	63
3.3.2.3 Método de muestreo	63
3.3.2.4 Criterios de Evaluación de muestra.	64
3.3.3 Criterios de inclusión	65
3.4 Instrumentos	66
3.4.1 Instrumentos metodológicos o Instrumentos de recolección de datos.	66
3.4.2 Instrumentos de Arquitectura.	72



3.5 Procedimientos de recolección de datos.....	86
3.5.1 Procedimiento para la obtención de la Escoria de Fundición de cobre:.....	86
3.6 Procedimientos de análisis de datos.	130
Capítulo IV: Resultados.	160
4.1 Resultados de las propiedades físicas de los agregados.....	160
4.2 Resultados de las propiedades físicas – mecánicas del adoquín	161
4.2.1 Resultados de la resistencia a compresión del adoquín con relación agua cemento (a/c = 0.50).....	161
4.2.2 Resultados de la resistencia a compresión del adoquín con relación agua cemento (a/c = 0.45).....	162
4.2.3 Resultados de resistencia a compresión del adoquín con relación a/c = 0.50; a/c = 0.45 y adoquín de mercado (UNICON) en un tiempo de mayor grado de curado.	163
4.2.4 Resultados de absorción del adoquín con relación agua cemento a/c = 0.50 VS el adoquín de mercado.....	164
4.2.5 Resultados de absorción del adoquín con relación agua cemento a/c = 0.50 y a/c = 0.45 VS el porcentaje de sustitución	165
4.2.6 Resultados de densidad del adoquín con relación agua cemento a/c = 0.50 y a/c = 0.45 VS el porcentaje de sustitución	166
4.2.7 Resultados de Costos del adoquín tradicional VS el adoquín de prototipo de diseño remplazo del 20% a/c=0.45	167
Capítulo V: Discusión.....	169
Glosario	174
Conclusiones	176
Recomendaciones	178
Bibliografía	179



Índice de tablas

Tabla 1	Demanda de Adoquines de Concreto en la ciudad del Cusco.....	16
Tabla 2	Minerales Sulfurados que contienen cobre.	25
Tabla 3	Porcentaje de Óxidos en las escorias de cobre.....	28
Tabla 4	Tipos de adoquines	37
Tabla 5	Dimensiones de los adoquines.....	37
Tabla 6	Resistencia a la Compresión de los adoquines.....	38
Tabla 7	Absorción Máxima.....	38
Tabla 8	Tolerancia dimensional de los adoquines.....	39
Tabla 9	Compuestos de formación del Clinker.....	40
Tabla 10	Granulometría de agregado fino.	44
Tabla 11	Sustancias químicas del agua.....	47
Tabla 12	Preparación del concreto.	52
Tabla 13	Cantidad de especímenes por relación a/c.....	64
Tabla 14	Ficha de recolección de datos para cantidad de arena fina.....	66
Tabla 15	Peso unitario y vacío de los agregados	67
Tabla 16	Análisis Granulométrico de agregados finos.....	68
Tabla 17	Ensayo de Dimensionamiento de los adoquines.....	69
Tabla 18	Ensayo de Absorción de adoquines	70
Tabla 19	Ensayo de compresión en adoquines	71



Tabla 20:Composicion química mediante fluorescencia X (FRX).....	88
Tabla 21 Primer análisis granulométrico.....	92
Tabla 22 Segundo Análisis granulométrico.....	93
Tabla 23 Peso unitario y vacíos de los agregados	96
Tabla 24 Peso específico y absorción del agregado fino	98
Tabla 25 Análisis de la humedad del primer agregado fino	100
Tabla 26 Diseño del Adoquín patrón.....	101
Tabla 27 Diseño del Adoquín experimental con 10% de EFC.....	101
Tabla 28 Diseño del Adoquín experimental con 15% de EFC.....	101
Tabla 29 Diseño del Adoquín experimental con 20% de EFC.....	102
Tabla 30 Ensayo de compresión de 07 días relación a/c= 0.50	108
Tabla 31 Ensayo de Compresión de 14 días relación a/c = 0.50	109
Tabla 32 Ensayo de Compresión de 28 días relación a/c = 0.50	110
Tabla 33 Ensayo de Compresión de 07 días relación a/c = 0.45	111
Tabla 34 Ensayo de Compresión de 14 días relación a/c = 0.45	112
Tabla 35 Ensayo de Compresión de 28 días relación a/c = 0.45	113
Tabla 36 Ensayo de Compresión en adoquines de mercado.....	114
Tabla 37 Ensayo de absorción de adoquines relación a/c= 0.50.....	117
Tabla 38 Ensayo de absorción de adoquines relación a/c=0.45.....	118
Tabla 39: Ensayo de absorción de adoquines de mercado.....	119



Tabla 40	Ensayo de Densidad $a/c = 0.50$	120
Tabla 41	Ensayo de Densidad $a/c = 0.45$	121
Tabla 42	Ensayo de Densidad adoquín de mercado	122
Tabla 43	Ensayo de dimensionamiento de adoquines de 07 días $a/c=0.50$	124
Tabla 44	Ensayo de dimensionamiento de adoquines de 14 días $a/c=0.50$	125
Tabla 45	Ensayo de dimensionamiento de adoquines de 28 días $a/c=0.50$	126
Tabla 46	Ensayo de dimensionamiento de adoquines de 07 días $a/c=0.45$	127
Tabla 47	Ensayo de dimensionamiento de adoquines de 14 días $a/c=0.45$	128
Tabla 48	Ensayo de dimensionamiento de adoquines de 28 días $a/c=0.45$	129
Tabla 49	Primer Análisis granulométrico.....	131
Tabla 50	Segundo análisis granulométrico.....	132
Tabla 51	Medidas del molde – ancho	134
Tabla 52	Medidas del molde – altura	134
Tabla 53	Análisis del peso unitario suelto del segundo agregado	134
Tabla 54	Análisis del peso unitario compactado del segundo agregado fino.....	135
Tabla 55	Cálculos para el peso específico o absorción.	136
Tabla 56	Análisis de datos del peso específico y absorción del primer agregado fino.	137
Tabla 57	Procesamiento de datos del peso específico y absorción	137
Tabla 58	Análisis de la humedad del primer agregado fino	138



Tabla 59	Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín patrón en un tiempo de 07 días en relación $a/c=0.50$	139
Tabla 60	Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín patrón en un tiempo de 14 días en relación $a/c=0.50$	139
Tabla 61	Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín patrón en un tiempo de 28 días en relación $a/c=0.50$	140
Tabla 62	Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín al 10% en un tiempo de 07 días en relación $a/c=0.50$	140
Tabla 63	Análisis de resistencia a compresión del adoquín al 10% en un tiempo de 14 días $a/c=0.50$	140
Tabla 64	Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín al 10% en un tiempo de 28 días $a/c=0.50$	141
Tabla 65	Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín al 15% en un tiempo de 07 días $a/c=0.50$	141
Tabla 66	Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín al 15% en un tiempo de 14 días en relación $a/c=0.50$	141
Tabla 67	Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín al 15% en un tiempo de 28 días en relación $a/c=0.50$	142
Tabla 68	Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín al 20% en un tiempo de 07 días en relación $a/c=0.50$	142
Tabla 69	Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín al 20% en un tiempo de 14 días en relación $a/c=0.50$	142
Tabla 70	Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín al 20% en un tiempo de 28 días en relación $a/c=0.50$	143



Tabla 71 Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín patrón en un tiempo de 07 días en relación $a/c=0.45$	144
Tabla 72 Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín patrón en un tiempo de 14 días en relación $a/c=0.45$	144
Tabla 73 Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín patrón en un tiempo de 28 días en relación $a/c=0.45$	144
Tabla 74 Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín al 10% en un tiempo de 07 días en relación $a/c=0.45$	145
Tabla 75 Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín al 10% en un tiempo de 14 días en relación $a/c=0.45$	145
Tabla 76 Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín al 10% en un tiempo de 28 días en relación $a/c=0.45$	145
Tabla 77 Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín al 15% en un tiempo de 07 días en relación $a/c=0.45$	146
Tabla 78 Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín al 15% en un tiempo de 14 días en relación $a/c=0.45$	146
Tabla 79 Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín al 15% en un tiempo de 28 días en relación $a/c=0.45$	146
Tabla 80 Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín al 20% en un tiempo de 07 días en relación $a/c=0.45$	147
Tabla 81 Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín al 20% en un tiempo de 14 días en relación $a/c=0.45$	147
Tabla 82 Análisis de la resistencia a la compresión en un tiempo de 28 días en relación $a/c=0.45$	147
Tabla 83 Análisis de la resistencia a la compresión de adoquines de mercado.	148



Tabla 84	Análisis de absorción de adoquines en un tiempo de 28 días con relación $a/c= 0.50$	149
Tabla 85	Análisis de absorción de adoquines en un tiempo de 28 días con relación $a/c= 0.45$	150
Tabla 86	Análisis de absorción de adoquines de mercado	150
Tabla 87	Densidad del adoquín $a/c=0.50$	151
Tabla 88	Densidad adoquines $a/c=0.45$	152
Tabla 89	Densidad adoquines de mercado	152
Tabla 90	Análisis de dimensionamiento de adoquines en un tiempo de 07 días con relación $a/c= 0.50$	153
Tabla 91	Análisis de dimensionamiento de adoquines en un tiempo de 14 días con relación $a/c= 0.50$	154
Tabla 92	Análisis de dimensionamiento de adoquines en un tiempo de 28 días con relación $a/c= 0.50$	155
Tabla 93	Análisis de dimensionamiento de adoquines en un tiempo de 07 días con relación $a/c= 0.45$	156
Tabla 94	Análisis de dimensionamiento de adoquines en un tiempo de 14 días con relación $a/c= 0.45$	157
Tabla 95	Análisis de dimensionamiento de adoquines en un tiempo de 28 días con relación $a/c= 0.45$	158
Tabla 96	Resultados de las propiedades físicas del agregado	160
Tabla 97	Resultados del ensayo de la resistencia a la compresión del adoquín relación $a/c = 0.50$	161



Tabla 98 Resultados del ensayo de la resistencia a la compresión del adoquín relación $a/c = 0.45$	162
Tabla 99 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión del adoquín relación $a/c = 0.50$; $a/c = 0.45$ y el adoquín de mercado (UNICON) a mayor grado de curado.	163
Tabla 100 Ensayo de absorción relación $A/C = 0.50$ VS adoquín de mercado	164
Tabla 101 Ensayo de absorción relación $a/c = 0.45$ VS adoquín de mercado	165
Tabla 102 Ensayo de Densidad $a/c = 0.45$; $a/c = 0.50$ VS Porcentaje de sustitución	166
Tabla 103: Resistencia a la compresión vs densidad $a/c = 0.45$ y $a/c = 0.50$	167
Tabla 104: Costo total del adoquín de mercado tipo I	167
Tabla 105: Costos del adoquín por unidad de diseño propio	167
Tabla 106 Porcentajes de sustitución más óptimos - relación $a/c = 0.45$ y $a/c = 0.5$	169
Tabla 107 Comparación entre el adoquín con 20% de EFC y el tradicional	170
Tabla 108 Ensayo de Densidad adoquines $a/c = 0.45$; $a/c = 0.50$ y mercado	172



Índice de figuras

Figura 1. Objetivos del Desarrollo Sostenible	1
Figura 2. Población que residirá en áreas Urbanas	2
Figura 3. Estrategias de un buen Espacio Público Sostenible	2
Figura 4. Nyhavn, Convertida en una Vía Peatonal en 1980.	3
Figura 5. Distrito de Miraflores	4
Figura 6. Av. de la Cultura (altura del ex cine Amauta)	5
Figura 7. Plaza Tupac Amaru	6
Figura 8. Ovalo de los libertadores.	6
Figura 9. Av. de la Cultura - altura 3er paradero San Sebastián - Cusco.	7
Figura 10. Superficie Podo táctil	7
Figura 11: Concreto Translúcido	8
Figura 12. Principales productores de cobre mundial.	9
Figura 13. Relave minero en Quebrada Honda – Tacna.	10
Figura 14. Productores de Cobre desde 1950 - 2015	11
Figura 15. Fuentes de Producción en el Perú.	11
Figura 16. Extracción de Cu vs Producción de EFC en el Perú.	12
Figura 17. Producción de cobre en el Perú.	13
Figura 18. Principales Productores de Cobre de 1950 al 2020.	13
Figura 19. Demanda de adoquines de concreto en el Sector Público de Arequipa	15



Figura 20. Demanda de Adoquines de Concreto en la ciudad del Cusco año 2007 – 2019	15
Figura 21. Etapas de la Actividad Minera por Producto	25
Figura 22. Procesos de Obtención del Cobre a partir de Minerales Sulfurados.	26
Figura 23. Tipos de Escoria según el grado de Silicatos.	29
Figura 24. Escoria Granallada Fundición Paipote de ENAMI	30
Figura 25. Escoria de Botadero de ENAMI	30
Figura 26. Tipos de Adoquines	34
Figura 27. Agregados	42
Figura 28. Diseño de la investigación pos- prueba.	60
Figura 29. Balanza de Precisión	72
Figura 30. Moldes de Adoquín	73
Figura 31. Martillo de Goma	73
Figura 32. Posa de Curado.	74
Figura 33. Máquina de Compresión Axial marca Humboldt.	75
Figura 34: Horno marca Humboldt	75
Figura 35. Maquina Vibradora.	76
Figura 36. Tamizador Digital	76
Figura 37. Juego de Tamices	77
Figura 38. Mesa de Flujo.	77



Figura 39. Wincha de mano	78
Figura 40. Escobilla de acero	78
Figura 41. Cucharón metálico	79
Figura 42. Vernier	79
Figura 43. Jarra con graduación en litros	80
Figura 44. Baldes o depósitos de plástico	80
Figura 45. Marcador de las probetas	81
Figura 46. Carretilla tipo Boogie	81
Figura 47. Boul pequeños	82
Figura 48. Alicata y martillo universal	82
Figura 49. Guantes de seguridad	83
Figura 50. Equipo de seguridad	83
Figura 51. Espátulas y badilejo.....	84
Figura 52. Boul o bandejas de mezcla.	84
Figura 53. Escobilla	85
Figura 54. Desarmadores	85
Figura 55. Regla metálica	86
Figura 56. Carguío y transporte de la EFC.	87
Figura 57: Residuos de la escoria de fundición de Cobre	87
Figura 58:Granulometría de la EFC.....	88



Figura 59. Método de Cuarteo de los agregados.	89
Figura 60. Lavado del agregado fino.	90
Figura 61. Retiro del agregado fino del horno.....	90
Figura 62. Tamizado de los agregados finos	91
Figura 63. Pesos retenidos por Tamiz	91
Figura 64. Cuarteo de agregado	94
Figura 65. Ensayo de peso específico	95
Figura 66. Secado de material.....	99
Figura 67. Pesaje de los materiales.....	103
Figura 68. Mezclado de materiales.....	103
Figura 69. Proceso de mezcla de los agregados y el EFC.....	104
Figura 70. Proceso de agregado de agua.....	104
Figura 71. Proceso de verter la mezcla al molde.....	105
Figura 72. Retiro de la mezcla excedente.....	105
Figura 73. Curado de adoquines.....	106
Figura 74. Características físicas de los adoquines.....	106
Figura 75. Máquina de compresión- rotura de pruebas.....	107
Figura 76. Adoquines ensayados en la máquina de compresión.....	107
Figura 77. Pesaje de adoquines sumergidos 24horas antes.....	116
Figura 78. Pesaje de adoquines después del secado en horno.....	116



Figura 79. Dimensionamiento de adoquines.....	123
Figura 80:Primera curva granulométrica	131
Figura 81.Segundo análisis granulométrico.....	132
Figura 82. Curva granulométrica del agregado fino	160
Figura 83.Comparacion de la Resistencia a compresión del adoquín $a/c=0.50$ a los 7, 14 y 28 días.	161
Figura 84. Comparación de la Resistencia a compresión del adoquín $a/c=0.45$ a los 7, 14 y 28 días.	162
Figura 85.Comparación de la Resistencia a compresión del adoquín relación $a/c = 0.50$; $a/c = 0.45$ y el adoquín de mercado (UNICON) mayor tiempo de curado.	163
Figura 86. Ensayo de absorción relación $a/c = 0.45$ vs adoquín de mercado	165
Figura 87. Comparación densidad adoquín $a/c=0.45$ y $a/c =0.50$	166



Dedicatorias

A Dios.

Por darme la vida, fortaleza y sabiduría a lo largo de la tesis de pregrado.

A mis padres.

Que, sin ellos no hubiera logrado alcanzar una meta en mi vida, gracias a mis padres por brindarme amor, comprensión, seguridad y apoyo en los momentos más difíciles de mi vida.

A mis maestros.

Por el tiempo, esfuerzo y dedicación que pusieron en mí, muchas gracias, ya que sus cátedras fueron de inspiración para seguir superándome y poderlas aplicar en mi vida profesional, gracias.



Agradecimientos

En primer lugar, agradezco a Dios por haberme permitido llegar hasta esta etapa, bendecidos con la fe, fuerza y esperanza a mí y a mi familia en estos momentos tan importantes para poder llegar a culminar esta investigación.

También, agradecer el apoyo incondicional de mis asesores Arq. Edwin Roberto Gudiel Rodríguez y al Arq. Carlos Guillermo Vargas Febres que me brindaron asesoría y consejos en la elaboración de la tesis, desde la etapa de la concepción de la idea que se desarrolló hasta la culminación de ella.

A mis Dictaminantes, al Arq. José Karol Nishiyama Vera y al Ing. Enrique Núñez del Prado Coll, por su orientación que ha sido de mucha importancia y que me permitió concluir favorablemente mi trabajo de investigación.

A la Universidad Andina del Cusco y a la Escuela Profesional de Arquitectura y a toda su plana docente por haberme formado en estos años de estudio.



Resumen

El aumento en el Perú de la producción de cobre, que se viene dando a lo largo de los años, provoca un gran impacto ambiental en nuestra sociedad por la gran cantidad de residuos mineros (escoria de fundición de cobre) que deterioran la flora y fauna circundante a los almacenes pasivos. Para contrarrestar este efecto, esta investigación empleó métodos y objetivos establecidos en la reunión de los objetivos del desarrollo sostenible (ODS).

Es así que, el objetivo de esta investigación, se centró en determinar cómo las escorias de fundición de cobre (EFC) remplazan al cemento portland (CP) tipo IP, en proporción peso a la hora de elaborar un adoquín, sustituciones que van en porcentajes del 10%, 15% y 20% con dos tipos de relación agua, cemento ($a/c = 0.45$ y 0.50) comparados con adoquines elaborados con CP y con los adoquines de mercado; para ello se utilizó agregados que están de acuerdo a las normas técnicas, donde previamente se realizaron ensayos de granulometría, módulo de fineza, peso específico, absorción, contenido de humedad y peso unitario. Luego se estableció el diseño del nuevo adoquín teniendo en cuenta su modularidad; es así que se determinó la variación de resistencia, absorción, dimensionamiento en los tiempos de 7, 14 y 28 días respecto al adoquín patrón tradicional y lo adquirido en el mercado. Para el ensayo de resistencia a la compresión, se fabricaron adoquines patrones y adoquines en diferentes porcentajes de sustitución (patrón, 10%, 15% y 20%) de CP por EFC con un espesor de 4cm de tipo I y en periodos de curado (7,14 y 28 días), tal como indica la (NTP 399.611, 2017) para luego determinar el ensayo de dimensionamiento relación $a/c = 0.45$ y 0.50 . Por último, para realizar el ensayo de absorción, se fabricó otros ejemplares en tiempos de 28 días tanto en relación ($a/c = 0.45$ y 0.50) en los diferentes porcentajes de sustitución (patrón, 10%, 15% y 20%) de CP por EFC, este mismo procedimiento de ensayos se repite para el adoquín comprado en el mercado.

Respecto a las conclusiones que se llegaron a obtener sobre la resistencia a la compresión, el resultado óptimo fue al 15% de sustitución de CP por EFC relación $a/c = 0.50$ comparados con el adoquín patrón realizados en el laboratorio de la UAC donde se evidencia que la resistencia es similar en un 1.36%; respecto a la absorción y el dimensionamiento relación $a/c = 0.50$ se evidencia que, todas las sustituciones del adoquín (patrón, 10%,15% y 20%) se encuentran en el promedio y cumplen con la (NTP 399.611, 2017).



Otra de las conclusiones que se llegaron a obtener según relación $a/c = 0.45$ fueron que, por resistencia a la compresión el resultado óptimo fue al 20% de sustitución de CP por EFC comparados con el adoquín patrón, donde se evidenció que la resistencia es superior en 2.98%; respecto a la absorción y el dimensionamiento relación $a/c=0.45$, se comprueba que todas las sustituciones del adoquín (patrón, 10%,15% y 20%) se encuentran en el promedio y cumplen con la (NTP 399.611, 2017).

Finalmente, para concluir los ensayos se realizó un análisis y comparación, entre los adoquines realizados en el laboratorio de la Universidad Andina del Cusco y los adoquines adquiridos de mercado, donde el adoquín con 20% de remplazo relación $a/c=0.45$ es superior en 49.28% al adoquín del mercado actual en cuanto a resistencia a la compresión; de igual forma se realizó una comparación entre el adoquín con 15% de sustitución relación $a/c = 0.50$ y el de mercado, llegando a la conclusión que el adoquín de 15% de remplazo es superior en 52.81% con el de mercado; respecto a la absorción y dimensionamiento se evidencia que tanto los adoquines con relación $a/c=0.45$ y 0.50 cumplen con la absorción según la (NTP 399.611, 2017) mientras que los comprados en mercado no cumplen la absorción, pero si cumplen la compresión.



Abstract

The increase in copper production in Peru that has been occurring over the years, causes a great environmental impact on our society, due to the large amount of mining waste (copper smelting slag) that deteriorates the flora and fauna surrounding passive warehouses; To counteract this effect, this research used methods and objectives established in the meeting of the Sustainable Development Goals (DGs).

Thus, the objective of this research was focused on determining how copper foundry slags (EFC) replace IP-type portland cement (CP) in weight proportion when making a paving stone, substitutions ranging in percentages of 10% , 15% and 20% with two types of water, cement ratio ($a / c = 0.45$ and 0.50) compared with pavers made with CP and with market pavers; For this, aggregates that are in accordance with technical standards were used, where granulometry, fineness modulus, specific weight, absorption, moisture content and unit weight tests were previously carried out, then the design of the new paver was established taking into account its modularity. ; Thus, the variation of resistance, absorption, dimensioning was determined in the times of 7, 14 and 28 days with respect to the traditional standard paving stone and what was acquired in the market. For the compression resistance test, standard paving stones and paving stones were manufactured in different percentages of substitution (pattern, 10%, 15% and 20%) of CP by EFC with a thickness of 4 cm of type I and in curing periods (7 , 14 and 28 days), as indicated by (NTP 399.611, 2017) to then determine the sizing test in relation to $a / c = 0.45$ and 0.50 . Finally, to carry out the absorption test, other specimens were manufactured in times of 28 days both in relation ($a / c = 0.45$ and 0.50) in the different percentages of substitution (standard, 10%, 15% and 20%) of CP By EFC, this same test procedure is repeated for the paving stone purchased on the market.

Regarding the conclusions that were reached on the resistance to compression, the optimal result was a 15% substitution of PC by EFC relation $a / c = 0.50$ compared with the standard paving stone made in the UAC laboratory where it is evidenced that the resistance is similar in a 1.36%; Regarding the absorption and the dimensioning in relation to $a / c = 0.50$, it is evident that all the substitutions of the paving stone (pattern, 10%, 15% and 20%) are in the average and comply with the (NTP 399.611, 2017).



Another of the conclusions that were obtained according to the relation $a / c = 0.45$ were that due to compressive strength, the optimal result was a 20% substitution of CP for EFC compared to the standard paving stone, where it was evidenced that the resistance is higher by 2.89%; Regarding the absorption and the dimensioning relation $a / c = 0.45$, it is verified that all the substitutions of the paving stone (pattern, 10%, 15% and 20%) are in the average and comply with the (NTP 399.611, 2017).

Finally, to conclude the tests, an analysis and comparison was made between the paving stones made in the laboratory of the Andean University of Cusco and the paving stones acquired from the market, where the paving stone with 20% replacement in relation to $a / c = 0.45$ is higher in 49.28 % to the paving stone of the current market in terms of resistance to compression; in the same way, a comparison was made between the paving stone with 15% replacement ratio $a / c = 0.50$ and the market one, reaching the conclusion that the paving stone with 15% replacement is 52.81% higher than the market one; Regarding absorption and sizing, it is evident that both the paving stones with $a / c = 0.45$ and 0.50 comply with the absorption according to (NTP 399.611, 2017) while those purchased in the market do not comply with the absorption, but do comply with compression.



Introducción

En la actualidad, la producción de cobre en el Perú sigue en constante crecimiento esto significa que el país seguirá exportando aproximadamente 2.43 millones de toneladas anuales, donde este crecimiento no sólo ha creado una situación favorable desde el punto de vista económico para el país, sino que producto de esta actividad, desde los años 50, se generaron gran cantidad de residuos de EFC a nivel de todo el país, provocando un gran impacto al medio ambiente, por lo que no existe un adecuado manejo y disposición de estos residuos.

Es así que, esta investigación, se centra en los residuos de la escoria de fundición de cobre (EFC) de Alama S.A.C ubicado en la ciudad de Pasco del departamento de Pasco, a una altura de 4380 m.s.n.m de donde se extrae la EFC para ser utilizado en actividades de arenado industrial entre otros. La EFC es un residuo minero que se clasifica como componente puzolánico por su grado de calcio que presenta, dicho material tiene propiedades cementantes y pueden ser compatibles con el concreto para fabricar ladrillos, adoquines, etc.

La elaboración y utilización de adoquines a nivel nacional, se encuentra en constante crecimiento ya que su proceso de fabricación y su colocado en vías públicas es de fácil manejo; sin embargo, en la producción de estos adoquines se ha visto defectos, como la mayor utilización de componentes “cemento portland” (CP), lo que genera contaminación ambiental debido a que su procesamiento del CP genera mayor gasto de energía y emisiones de carbono. Es así que es importante el contribuir en las propiedades físico-mecánicas del adoquín como la resistencia a la compresión, absorción, trabajabilidad, como también reducir los efectos de la contaminación ambiental que causan la EFC.

Esta investigación tiene el objetivo fundamental de comparar el adoquín tradicional elaborado con CP tipo IP, respecto a los sustituidos con EFC en proporción peso del CP y los adquiridos en el mercado actual, donde se evaluaron propiedades fundamentales como la resistencia a la compresión, absorción y dimensionamiento siguiendo la (NTP 399.611, 2017). Frente a todos estos problemas antes mencionados, se propone la siguiente investigación denominado “Aprovechamiento de la escoria de fundición de cobre en la elaboración de adoquines de tránsito peatonal comparado con los tradicionales”.



Capítulo I: Planteamiento del problema

1.1 Identificación del problema.

1.1.1 Descripción del problema

Cuando se habla del cuidado del medio ambiente, se debe mencionar los Objetivos de la Agenda de Desarrollo Sostenible (ODS), que se organizó en septiembre del año 2015; donde se establecen 17 objetivos globales para proteger el planeta, asegurar la prosperidad y hacer frente al cambio climático (Naciones Unidas, 2018, pág. 5). Contemplando estos objetivos en esta investigación ponemos énfasis en tres (03) objetivos los cuales son (11 – 12 – 13):

a) **Objetivo 11; Ciudades y comunidades sostenibles.-** Donde el comercio, cultura, ciencia y productividad, permiten un desarrollo social, económico; el cual acrecienta en la capacidad de planificar, gestionar diferentes asentamientos humanos; así proteger, salvaguardar el patrimonio cultural, natural del mundo, proporcionando acceso a zonas verdes, espacios públicos seguros, inclusivos y accesibles. (Naciones Unidas, 2018, pág. 51).

b) **Objetivo 12; Producción y Consumo responsable.-** Consiste en fomentar el uso y la eficiencia energética con el objetivo de hacer más y mejor, con menos recursos, lograr una gestión sostenible, gestión ecológica racional de los productos químicos y de todos los desechos a lo largo de su ciclo de vida; reduciendo la producción de desechos mediante actividades de **reducción, reciclado y reutilización**. (Naciones Unidas, 2018, pág. 55).

c) **Objetivo 13; Acción por el clima.-** Uno de los problemas que existe a nivel mundial es el cambio climático, producidos por los niveles de CO₂ y otros agentes externos; cuya principal consecuencia es el efecto invernadero que afecta al planeta, de modo que este objetivo plantea la reducción de la contaminación ambiental. (Naciones Unidas, 2018, pág. 59).



Figura 1. Objetivos del Desarrollo Sostenible
Fuente: (Naciones Unidas, 2018)



Ahora bien, cuando señalamos sobre el cuidado al medio ambiente, debemos analizar el desarrollo acelerado de las ciudades, que producen escenarios poco favorables, dónde los niveles de calidad de vida son difíciles de alcanzar; actualmente más de la mitad de la población mundial vive en ciudades y se espera que esta cifra llegue hasta el 70% para el año 2050; donde un factor importante para promover un cambio de hábitat es la necesidad de una reducción energética (Pérez Pérez , 2016, pág. 3).



Figura 2. Población que residirá en áreas Urbanas
Fuente: (economíadehoy.es, 2017)

Así para el año 2011 ONU – HABITAT, aprobó la primera resolución pública que reconoce la importancia de los espacios públicos, destacando estos lugares como la “columna vertebral de las ciudades”; en este se promueve espacios seguros viables para todos, fomenta la integración social, equidad mediante espacios de calidad y un equilibrio entre el patrimonio natural, histórico, artístico y cultural; es así que: *“un espacio público debe estar regido por tres dimensiones de la sustentabilidad – social, económica y ambiental desde la etapa de diseño hasta la mantención del mismo”* (Ministerio de Vivienda y Urbanismo - Minvu, 2017, págs. 26-27).

Ahora un espacio público sustentable se define como un espacio que en su desarrollo o concepción tenga varias etapas como: la selección, diagnóstico, planificación, diseño, construcción, mantención, operación y monitoreo donde se hagan cargo de este espacio sin afectar futuros impactos. (Ministerio de Vivienda y Urbanismo - Minvu, 2017, pág. 29).

También se menciona que el gobierno y las autoridades deben promover espacios públicos como lugares seguros, accesibles para todos donde la integración social, la equidad deben estar presentes, así desarrollar un espacio urbano con protección al patrimonio natural, histórico, arquitectónico y artístico; entonces un espacio público sustentable según (Ministerio de Vivienda y Urbanismo - Minvu, 2017): *“está relacionado a beneficios, logros que la infraestructura trae, donde este espacio público debe estar regido por tres dimensiones y son el ambiental – económico y social desde una etapa inicial de proyecto hasta su propia mantención a lo largo de su periodo de funcionamiento”*.

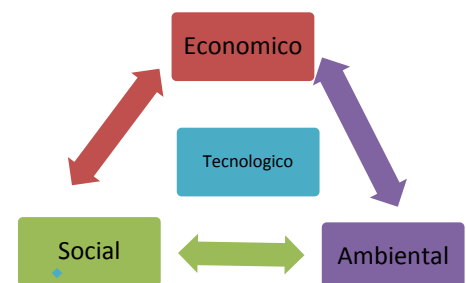


Figura 3. Estrategias de un buen Espacio Público Sostenible

Fuente: (Ministerio de Vivienda y Urbanismo - Minvu, 2017)



Al mismo tiempo, el espacio público es la representación donde la sociedad se hace perceptible, es un espacio donde se puede apreciar y recordar lugares, momentos históricos, manifestaciones políticas, desfiles conmemorativos, expresiones populares como el carnaval de Rio de Janeiro, la representación del inti Raymi entre otros, que solamente son posibles en el espacio público.

De esta manera el espacio público está definido como un lugar que ofrece al ciudadano diferentes actividades y cualidades a realizar, ocupaciones en donde el ciudadano se siente libre de compartir y disponer su vida diaria, espacios que son aptos para todo tipo de usuario en donde la edad y el sexo no son obstáculos para dicho acto. (Takano & tokeshi , 2007, pág. 17) Entonces un espacio público no es un espacio residual entre calles y edificios, tampoco es un espacio vacío; si no, el espacio público es un lugar donde la relación entre habitantes, el poder y ciudadanía se conforma donde las calles, parques, lugares de encuentro, áreas comerciales, equipamiento entre otros convergen es decir lugares de uso colectivo debido a la apropiación progresiva de la gente. (Borja & Muxi, 2000, págs. 7-8).

Según (Takano & tokeshi , 2007, pág. 17) explican que el espacio público es un espacio donde las personas pueden circular y recorrer libremente sin obstaculizaciones, personas que tienen derecho a estar y pueden ser de diferentes cualidades, vacío – abierto (plazas, parques, etc.); lleno – cerrados (biblioteca, mercados, etc.).



Figura 4. Nyhavn, Convertida en una Vía Peatonal en 1980.
Fuente: (Gehl, 2014, pág. 12).



Otro rasgo del espacio público es la intersubjetividad, donde el espacio público te permite la simultaneidad y la experiencia de compartir con las pasadas generaciones quienes pudieron haber vivido en el mismo lugar, ya sean calles, plazas, etc. Lugares donde vivieron una realidad física el cual tiene una relación con la nuestra. (Madanipour, 2003, pág. 167) citado por (Arias Davila, 2012, pág. 28).

A continuación, se muestra en las figuras Nro. 05 y Nro. 06 la importancia de un espacio público donde se observa áreas verdes, áreas de circulación entre otros; de igual modo (Takano & tokeshi , 2007, pág. 17) nos habla de la utilización de estos espacios públicos variados ya que se trata de usos sociales (paseo, caminatas, juegos, circulación, etc.), usos económicos (mercados, plazas, centros comerciales, etc.).



Figura 5. Distrito de Miraflores
Fuente: (Desarrollo, 2012) pág. 99

Ahora un punto importante, al plantear espacios públicos de calidad es, el espacio peatonal donde la acción de caminar y transitar en ciclovías generan menos recursos y ahorran energía, estas acciones son el inicio de todos los sucesos de la vida que nos ocurre con nuestros semejantes y la vida se muestra en todo su esplendor y se desarrolla una vida urbana de calidad. (Gehl, 2014, pág. 107).

Otra cualidad del espacio público es el reflejo de nuestra sociedad, donde su capacidad de razonar, intervenir será el resultado de este espacio como se observa; la mayoría de veces varía dependiendo del lugar dónde este se encuentre, por ende, los espacios públicos son lugares que integran, preservan el patrimonio natural, cultural, también estructuran la ciudad, y ante todo brindan una buena calidad de vida a quienes lo ocupan. (Del Castillo Paisig & Garibotto Saldaña , 2017, págs. 9-10).



Con esto queremos ponderar lo que dijo (Takano & tokeshi , 2007, pág. 17), donde indica que el peatón realiza diversas actividades en el espacio público con el fin de satisfacer sus necesidades; sin embargo, al transcurso de estas diligencias el usuario, se ve perjudicado y obstaculizado, al percibir que el espacio público donde transita está deteriorado; entonces cabe preguntarse: ¿Si a la hora de su elaboración se pensó en los materiales y su distribución? ¿Y cómo estos materiales contribuyen al medio ambiente?

De manera que ciertos espacios públicos en la ciudad del Cusco se encuentran afectados por este problema; algunos de estos ejemplos se observaron en las principales avenidas públicas peatonales (figura Nro. 06); donde se encuentran deteriorados y el peatón ya no circula, en este sentido quedan sin uso.

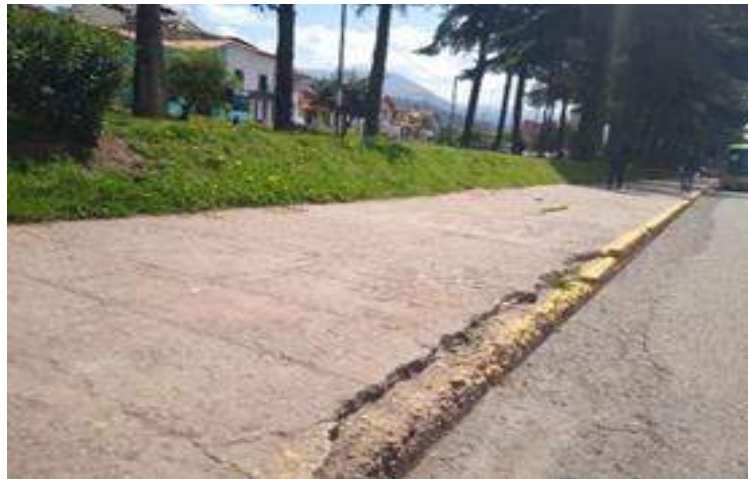


Figura 6. Av. de la Cultura (altura del ex cine Amauta)
Fuente: Elaboración propia.

Ahora bien, cuando se habla de materialidad en estos espacios públicos, podemos mencionar a los adoquines fabricados con concreto a nivel nacional, donde se puede referir que en los últimos años la utilización de este elemento no estructural, va en crecimiento por que presenta ventajas en el sector construcción; según la norma E 0.60, el adoquín tradicional debe pasar por estándares de calidad a la hora de su elaboración, pero, por otro lado la contaminación que existe al elaborarlos de forma tradicional genera cantidad de materias primas no renovables perjudiciales para el medio ambiente, un ejemplo es el CP (cemento portland) producto que crea un conglomerante al ser mezclado con agua que es el más usado en el mundo, otra cualidad negativa del CP es respecto a su fabricación, porque es un proceso altamente costoso desde el punto de vista energético y medioambiental, siendo el responsable del 12-15% del



consumo total de energía a nivel industrial. (Rodríguez, 2017, págs. 25-26); otro aspecto negativo del CP es que consume gran cantidad de recursos naturales y liberan grandes cantidades de CO₂ a la atmosfera, en promedio de 900 kg de CO₂ por cada tonelada de cemento producido, lo que determina entre un 5 -7% de CO₂ mundial (Rodríguez, 2017, pág. 26).



Figura 7. Plaza Tupac Amaru
Fuente: Elaboración propia

Es así que en la figura Nro. 07 se observa el pavimento articulado tradicional de la plaza Tupac Amaru de Cusco, que son piezas clave para la composición de este lugar, porque representan una cualidad dentro de los espacios públicos modernos, que en la actualidad se encuentran deteriorados por causas de uso y efectos climatológicos (lluvia, sol, etc.).



Figura 8. Ovalo de los libertadores.
Fuente: Elaboración propia.



Asimismo, podemos encontrar estos elementos prefabricados (adoquín) en varios distritos de la ciudad del Cusco, prefabricados que proporciona más estética y unidad a sus calles peatonales debido a sus diferentes formatos, el cual brinda a los diseñadores una gama de posibilidades para ejecutar diseños, patrones específicos que se llegan a apreciar en las imágenes N°08 y N°09.



Figura 9. Av. de la Cultura - altura 3er paradero San Sebastián - Cusco.

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la innovación tecnológica y a los problemas de inclusión social, se deben producir adoquines en diversos formatos para brindar variedad de posibilidades. De igual forma la presentación de colores y diseños, debe permitir que estas piezas se adecuen y cumplan funciones como la señalización táctil reglamentaria para personas con limitaciones físicas o visuales. (Argos, 2019).

Añádase también que la innovación tecnológica según la (Secretaría Distrital de Planeación - Dirección del Taller del Espacio Público, 2018, págs. 26-36), nos menciona sobre el diseño de superficies podó táctiles, para la movilidad reducida, donde el usuario es una persona con limitaciones que le impiden tener un perfecto campo de visión, señales que funcionan de alerta, utilizadas para llamar la atención del peatón y que le indica una próxima alteración en su recorrido evitando obstáculos.



Figura 10. Superficie Podo táctil

Fuente: (Secretaría Distrital de Planeación - Dirección del Taller del Espacio Público, 2018)



Cuando mencionamos sobre la innovación tecnológica, nos referimos a un proceso científico y tecnológico, que ayuda a conseguir un nuevo producto o dar solución a una necesidad real a través de la invención, con la finalidad de alcanzar mayor competitividad o mejores resultados satisfaciendo la necesidad percibida (Valencia, 2019).

Es así que el Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDECYT), define a las actividades de ciencia y tecnología como aquellas actividades sistemáticas relacionadas a la producción, difusión, aplicación del conocimiento científico y técnico en todos los campos e incluyen actividades como la Investigación, desarrollo experimental e innovación (I+D +I). Por tanto, la investigación, el desarrollo experimental e innovación, abarcan trabajos creativos llevados a cabo de una forma sistemática, con la finalidad de aumentar el conocimiento en un determinado campo de estudios.

De tal manera, que la innovación tecnológica y las tendencias en materiales de construcción se pueden recordar, en como la arquitectura y la ingeniería han llegado a estar ligado para nuevos avances técnicos, desarrollando nuevos materiales y técnicas. Es así que cada cultura, sociedad ha expresado su identidad a través de grandes obras que reflejaban tecnología, poder político, economía, organización social los cuales estaban ligados a los materiales disponibles en el medio y las técnicas adecuadas (Structuralia, 2015).

En la actualidad se vienen desarrollando algunos materiales novedosos como el pavimento permeable, que consiste en un concreto de estructura vacía del 15% al 25%, lo cual permite el paso del agua de 120L/s a 300L/s, pavimento que se emplearía en zonas de inundación para que ayude a una evacuación rápida. Otro invento novedoso es el concreto autorreparable, que resulta de la incorporación de esporas bacterianas desarrolladas sintéticamente, que reparan las grietas cuando estas entran en contacto con el agua. Otro ejemplo (figura 11); es el concreto translúcido desarrollado en México, el cual posee características similares al concreto pero con la diferencia de que permite el paso de luz a través de su superficie, llegando a tener una resistencia más elevada (4500kg/cm²) que el concreto normal. (ArchDaily, 2009).



Figura 11: Concreto Translúcido
Fuente: (ArchDaily, 2009)



Entonces, la innovación tecnológica es el desarrollo de nuevos materiales, que deberían ser sostenibles, para que no ocasionen impactos ambientales porque al realizar una actividad constructora se consume, transforma y derrocha energía en la aplicación de dichos sistemas y técnicas. Es así que, el impacto producido por la construcción en primer lugar ordena la estructura social y económica, pero al mismo tiempo su producción y construcción genera desorden, dañando al medio ambiente (Antunez de Mayolo, 2008, pág. 24). Por lo tanto, la ejecución de un nuevo sistema, depende de los ecosistemas en su entorno para la producción de sus recursos y asimilación de sus residuos, pero, esta investigación se viene centrando en aprovechar un desecho minero producido por la extracción del cobre, almacenado en pasivos ambientales provenientes de la explotación y refinación del cobre, para que este nuevo sistema no estructural (adoquín con EFC) tenga la capacidad de asimilar el residuo, limitar la contaminación directa del medio circundante generando conciencia ambiental.

Es así, cuando nos referimos al cobre, sabemos que es un material demandado a nivel mundial porque tiene propiedades de conductividad eléctrica, según la figura Nro. 12 del año 2017 a nivel mundial, se estima que la producción del cobre es liderada por el país de Chile de acuerdo con la International Copper Study Group de este modo Chile aporta 5,330 millones de toneladas y Perú ocupa un segundo lugar con 2,390 millones de toneladas (oportimes.com, 2018).

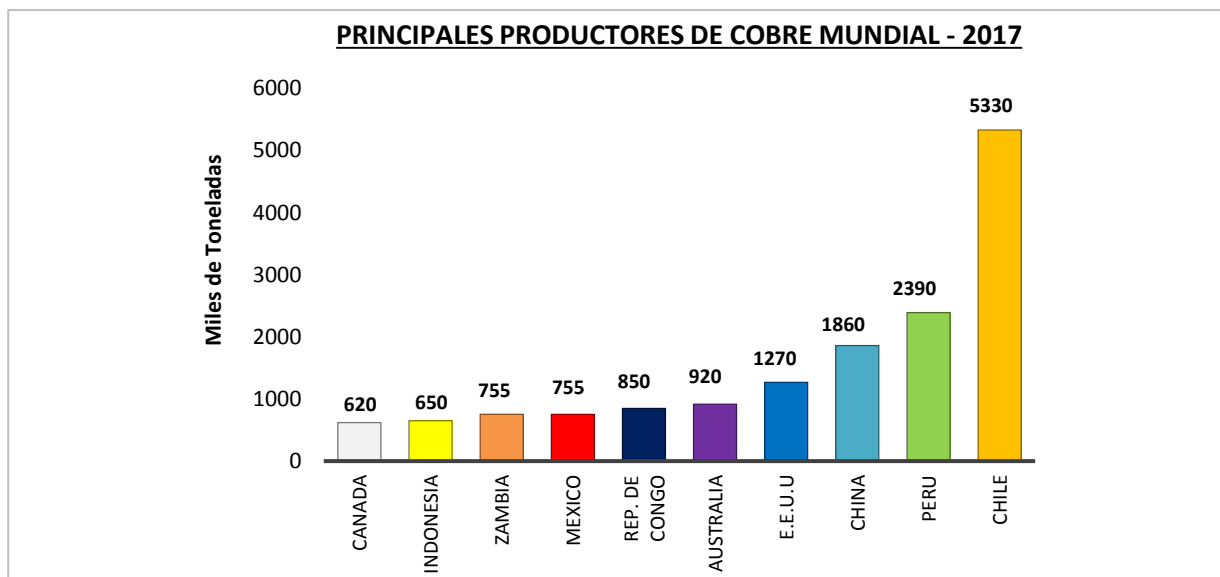


Figura 12. Principales productores de cobre mundial.

Fuente: (oportimes.com, 2018).



Se afirma también que, en la naturaleza raramente se encuentra cobre puro, llamado cobre nativo, mayormente este se encuentra asociado con otros elementos, que forman 02 tipos de depósitos, los sulfurados y oxidados; por otro lado la obtención del cobre a partir de minerales oxidados es a través de un proceso hidrometalúrgico, mientras que los sulfurados a través del proceso pirometalúrgico en las fundiciones primarias; que al realizar diversos procedimientos involucra emisiones de gases y vertido de residuos, donde se encuentra los residuos mineros, relaves y la escoria de fundición de cobre (EFC). (Nazer Varela, 2016, pág. 1).

Ahora, la EFC son residuos industriales generadas durante el proceso de producción de placas de cobre llamados ánodos, es un producto con un 99.9% de pureza y a nivel mundial la EFC es un producto poco estudiado. Actualmente fundiciones modernas las están utilizando en el sector construcción en remplazo del árido y entre otros (Nazer Varela, 2016, pág. 5). Tal como indica Gorai, et al., 2003 citado por (Valderrama, González, Santander, & Zazzali, 2018, pág. 41); *“determinó que para obtener 1,0 tonelada de Cu se generan entre 2,0 a 3,0 toneladas de escorias de fundición de cobre (EFC), estos varían según las propiedades de los concentrados de cobre y las condiciones de operación en el proceso pirometalúrgico”*.

Entonces como dice (Antonijeveca, et al., 2008) citado por (Valderrama, González, Santander, & Zazzali, 2018, pág. 41) una desventaja del proceso de transformación de las EFC, son que no se realizan de manera efectiva para recuperar las diversas especies contenidas en ellas, más al contrario estas producen graves daños al medio ambiente (MA) porque se encuentran almacenadas como pasivos ambientales, contaminando con metales pesados los suelos y cursos de agua circundantes.



Figura 13. Relave minero en Quebrada Honda – Tacna.

Fuente: (La Mula y Actualidad Ambiental de no alamina citado por (Ocmal, 2015).



En cuanto a la producción del cobre en el Perú, según (Acosta J. , Octubre-2013, pág. 3) el Perú cuenta con las operaciones de Cerro de Pasco en los '50 y Toquepala en los '60 que se establece en las tablas estadísticas de productores mundiales de cobre, desde entonces su producción ha venido en aumento cuando entraron en producción Cuajone, Cerro Verde, Tintaya y Antamina, tal como se muestra en la figura Nro. 14.

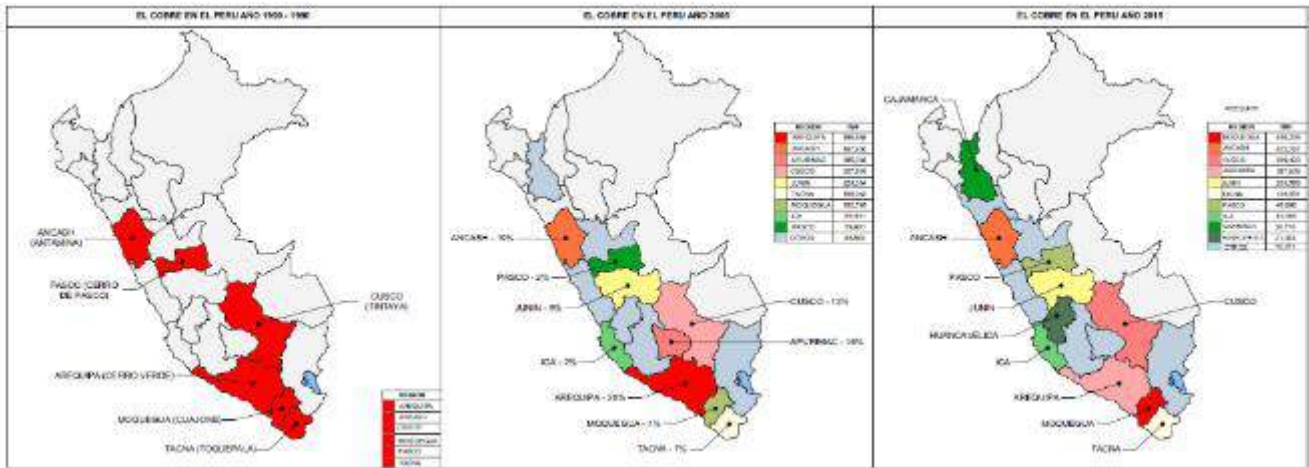


Figura 14. Productores de Cobre desde 1950 - 2015
Fuente: (Acosta J. , Octubre-2013).

Así el cobre en el Perú ha aumentado, desde 200,000 toneladas (t) en los '60 hasta 1,3 millones toneladas (Mt) en el 2012, por lo que superó a Estados Unidos en el 2006 y ocupó el segundo lugar en el ranking mundial (Acosta J. , Octubre-2013).



Figura 15. Fuentes de Producción en el Perú.
Fuente: (Acosta J. , Octubre-2013)

Otro de los problemas que se establecen en la extracción de cobre en el Perú desde 1950, es que no eran bien tratados, porque para ese año solo se creó el código de minería que trataba de la propiedad minera, más no de la contaminación al medio ambiente, es así que estos pasivos se almacenaron en lugares aledaños a las fuentes de extracción y refinación, el cual causa un



daño al medio ambiente. Teniendo en cuenta este riesgo que generaba la extracción de cobre, para el año de 1992 se crea el Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería, aprobado por D. S. N° 014-92-EM. en el decreto legislativo Nro. 708- título VI, que indica:

“Del medio ambiente y garantiza un adecuado entorno a la inversión minera y que las personas naturales o jurídicas que realicen o deseen realizar actividades de beneficio y explotación requieren de la aprobación de los proyectos de ubicación, diseño, funcionamiento de su actividad y se incluirá un estudio de impacto ambiental” (Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería, 1992).

Por otro lado, el crecimiento del cobre en el Perú según la figura Nro.16 y Nro. 17, viene en constante alza, donde se muestra la producción desde el año 2000 hasta el 2019; así se demuestra que el residuo de la EFC aumentó, por lo que el crecimiento de estos almacenes pasivos acrecentó y la contaminación ambiental incremento. Datos del (BCRPData Banco Central de Reserva del Perú , 1980-2019) y del Ministerio de Energía y Minas (MINEM).

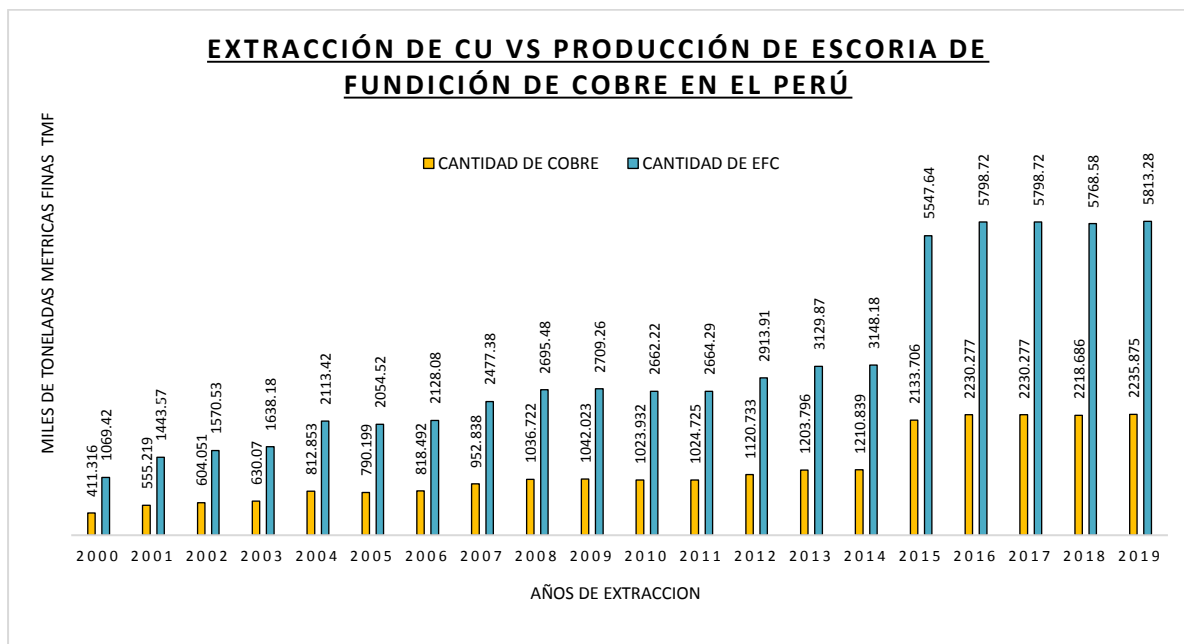


Figura 16. Extracción de Cu vs Producción de EFC en el Perú.

Fuente: (BCRPData Banco Central de Reserva del Perú , 1980-2019).

También los datos estadísticos del MINEM del año 2000 al año 2019, nos revelan el crecimiento de la extracción del cobre a lo largo del Perú, tal como se muestra en la siguiente tabla.

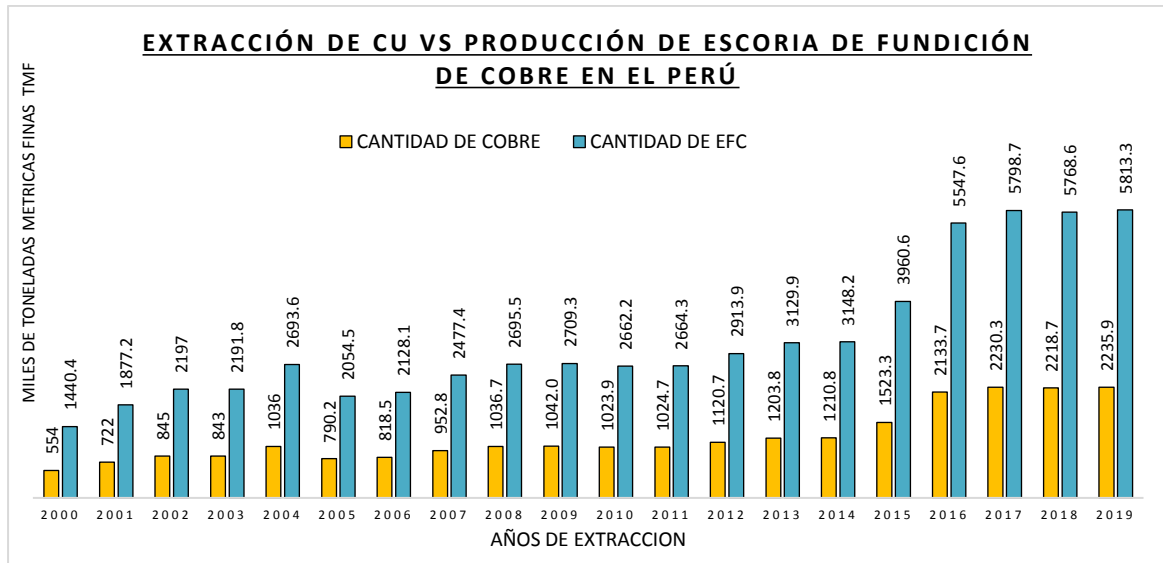


Figura 17. Producción de cobre en el Perú.

Fuente: Ministerio de Energía y Minas (MINEM).

Es así que se demuestra la producción de cobre en el Perú que se viene desarrollando de manera creciente y se aprecia a lo largo de los años en las figuras Nro. 16;17 y18 desde 1950 al año 2020. (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico- Sector Energía y Minas., 2013).

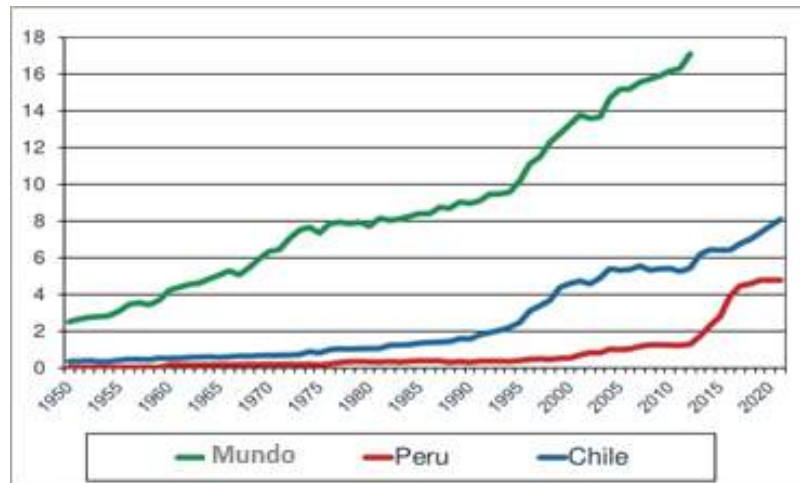


Figura 18. Principales Productores de Cobre de 1950 al 2020.

Fuente: (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico- Sector Energía y Minas., 2013)

Por lo tanto, la EFC es un material residual de la minería donde el principal problema de la industria es el almacenaje y la disposición adecuada, comúnmente ubicados en espacios naturales o áreas libres llamados pasivos ambientales, donde generan un impacto ambiental;



por otro lado, la ventaja de este material en el rubro de construcción no está siendo aprovechado, desperdiciando este material en dicho sector.

Asimismo, otro problema que existe en el ámbito nacional y local es el desconocimiento de la sustitución de la EFC por el CP tipo IP en proporción peso, a la hora de elaborar un adoquín de tipo peatonal y ver el resultado ante la trabajabilidad, resistencia, consistencia de la mezcla en el diseño de un adoquín no estructural, donde este elemento tenga que estar orientado a los ODS (objetivos de desarrollo sostenible) y la innovación tecnológica, para poder ser aplicado en un espacio público.

1.1.2 Formulación interrogativa del problema.

1.1.2.1 Formulación interrogativa del problema general

- ¿De qué manera se puede aprovechar la escoria de fundición de cobre (EFC) en la elaboración de adoquines de uso peatonal?

1.1.2.2 Formulación interrogativa de los problemas específicos.

- ¿Cuáles son las características físico-mecánicas comparativas entre el adoquín tradicional y el elaborado con el de escoria de fundición de cobre a los 7; 14 y 28 días?
- ¿Cuáles son las características de los componentes y la dosificación adecuada a la hora de elaborar el adoquín tradicional y el elaborado con EFC?
- ¿Cuál será la evaluación económica sobre costos de producción del adoquín tradicional y el prototipo propuesto?

1.2 Justificación e importancia de la investigación

1.2.1 Justificación técnica.

La venta de elementos prefabricados (adoquines) a nivel nacional, se encuentra en un gran aumento, empresas como la Unión de concreteras (UNICON); Distribuidora Pacasmayo; especialistas en prefabricados (Espresac), entre otros distribuyen al país estos elementos prefabricados para diversas aplicaciones en el sector construcción.

Según datos estadísticos de la figura Nro. 19, se observa aumento de la producción de estos elementos prefabricados (adoquines) tanto en el sector público como privado en la ciudad de Arequipa. (Chambi Hilaje, Molero Lovón, & Paucara Vilca, 2017, pág. 25).

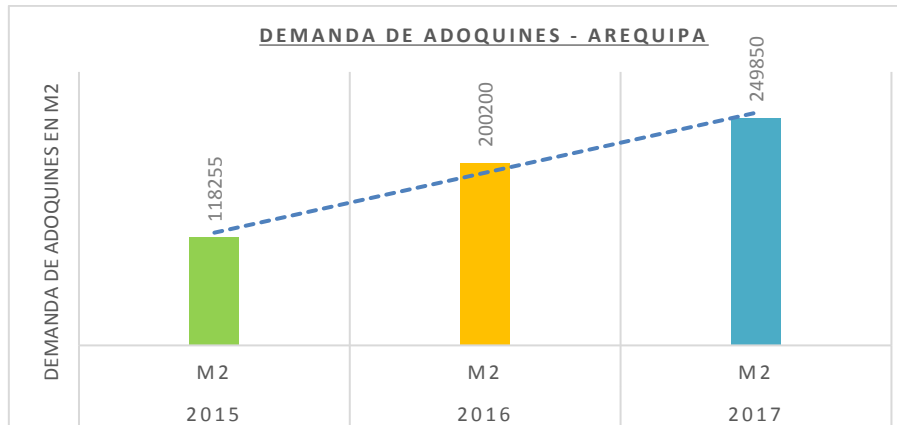


Figura 19. Demanda de adoquines de concreto en el Sector Público de Arequipa
Fuente: (Chambi Hilaje, Molero Lovón, & Paucara Vilca, 2017, pág. 25).

Ahora, la demanda creciente de adoquines que se da en los diferentes distritos de la ciudad del Cusco, se puede evidenciar en plazas, parques, avenidas, calles, etc.; viéndose el cambio de un pavimento rígido a un articulado con adoquines de concreto; estudio realizado en las fichas de registro del banco de proyectos en la fase de inversión, por viabilidad de proyectos ejecutados o en vías de ejecución desde el año 2007 al año 2019; esto nos demuestra la importancia tecnológica de los adoquines de concreto el cual se encuentra en la figura Nro. 21; tabla Nro. 01.

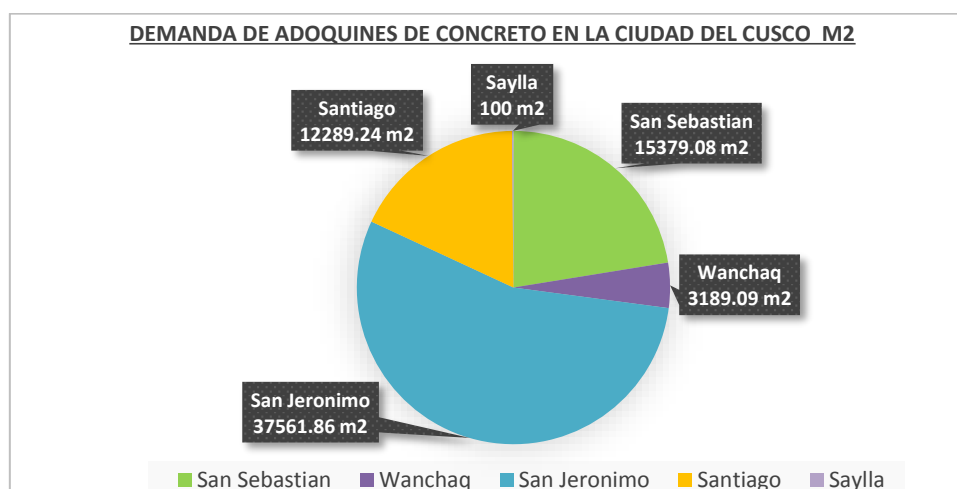


Figura 20. Demanda de Adoquines de Concreto en la ciudad del Cusco año 2007 – 2019
Fuente: Consulta Avanzada de Inversiones Consulta de Proyectos – Elaboración propia.



Tabla 1
Demanda de Adoquines de Concreto en la ciudad del Cusco.

DEMANDA DE ADOQUINES DE CONCRETO EN LA CIUDAD DEL CUSCO				
# Proyectos	Municipalidades	Área de Intervención	unidad	Total, Proyectos Viables
1		10740	m2	
2	San Sebastián	4376.28	m2	15379.08
3		262.8	m2	
4		2923.66	m2	
5	Wánchaq	252.72	m2	3188.09
6		11.71	m2	
7		10829.66	m2	
8		11839.5	m2	
9		1585.29	m2	
10		5422.07	m2	
11	San Jerónimo	751.96	m2	37561.86
12		751.66	m2	
13		3219.3	m2	
14		1146.26	m2	
15		1283.6	m2	
16		732.56	m2	
17		710.1	m2	
18		2195.65	m2	
19		2353.38	m2	
20		1351.8	m2	
21		1184	m2	
22	Santiago	600.18	m2	12289.24
23		957.97	m2	
24		118.45	m2	
25		1399.63	m2	
26		423.28	m2	
27		994.8	m2	
28	Saylla	100	m2	100

Fuente: Consulta Avanzada de Inversiones Consulta de Proyectos – Elaboración propia.

Al mismo tiempo, cuando se refiere de espacios públicos sustentables, el (Ministerio de Vivienda y Urbanismo - Minvu, 2017, pág. 26) nos menciona que para el año 2011 ONU – HABITAT, aprobó la primera resolución pública que reconoce la importancia de los espacios públicos destacando estos lugares como la “columna vertebral de las ciudades”, donde promueve espacios seguros accesibles para todos; fomenta la integración social, equidad mediante espacios de calidad y un equilibrio entre el patrimonio natural, histórico, artístico y cultural (Ministerio de Vivienda y Urbanismo - Minvu, 2017, pág. 27).



Por último, desde un ámbito local y nacional, la elaboración de adoquines prefabricados con agregados puzolánicos como la EFC no es utilizada, desperdiciando un componente abundante cuyas características reactivas son de buen comportamiento con el concreto, componente puzolánico, que se encuentra en los almacenes de las mineras extractoras y fundidoras de cobre del Perú.

En forma particular el remplazo del CP por EFC, beneficiaría en el área de tecnologías constructivas, por que ayudara a los profesionales de arquitectura e ingeniería en evaluar las propiedades resistivas del adoquín con porcentajes de sustitución respecto al tradicional.

1.2.2 Justificación social

La EFC en la actualidad, es el resultado de la explotación minera que a través de los años en su proceso pirometalúrgico o hidrometalúrgico va deteriorando el medio ambiente (flora-fauna), la calidad de vida de su población; donde la disposición, almacenaje de este componente, se encuentra en depósitos que han permanecido como vertederos abandonados desde el año de 1950; donde el marco legal ambiental sólo trataba de la propiedad minera, más no del cuidado al medio ambiente, por ende desde un punto de vista sustentable, el trabajo se situó en las fundaciones cercanas a los yacimientos del año de 1950 al 2000, aprovechando estos residuos que se produjeron sin un debido control ambiental. En la actualidad, sólo algunos de estos escoriales procesan estos desechos, lo recuperan comercialmente mediante molienda u otras técnicas, pero la mayor parte de estos vertederos no se recuperan quedando en condición de abandono por un tiempo indeterminado contaminando el medio ambiente.

Por otra parte, en el sector construcción podemos observar que el recurso más utilizado es el CP, material no renovable el cual perjudica al medio ambiente, en este sentido (Nazer Varela, 2016, pág. 2) menciona “que un concreto nunca sera sostenible, si este esta basado en recursos no renovables”. Asi el aprovechamiento de este residuo (EFC) es un componente de la sustentabilidad en el uso de adoquines peatonales.

Al mismo tiempo, en el sector construcción la utilización de la EFC como sustituto en proporciones peso considerables del CP, beneficiará a la sociedad económicamente ya que su producción de estos abaratará los costos comparado al producido en su totalidad con CP; respecto a la academia el estudiante – investigador tendrá más opciones de seguir explorando al concreto y las puzolanas que se encuentran en el medio circundante.



Respecto a la suspensión laboral que se generó en el transcurso del año 2020 a la fecha, el sector construcción perdió un 35% de sus empleos formales, en cifras es alrededor de 150 mil puestos. (Blanco Gómez, 2020). Por lo que un tipo de reactivación económica en el sector construcción será la de pavimentar espacios públicos con este nuevo adoquín de EFC permitirá generar más puestos de trabajos donde la mano de obra no sea calificada.

1.2.3 Justificación por viabilidad

La investigación perteneciente al conjunto de proyectos titulado “Nuevos materiales compuestos basados en diferentes matrices cementantes usando escorias de cobre, con partículas de caucho procedentes de neumáticos fuera de uso” es financiado por el Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (**FONDECYT**), por lo que las tareas que se desarrolló en la investigación de tesis titulada “Aprovechamiento de la escoria de fundición de cobre en la elaboración de adoquines de tránsito peatonal comparado con los tradicionales”. Se ejecutaron en el laboratorio de la facultad de Ingeniería y Arquitectura de la UAC. Por todo lo anterior la investigación es totalmente viable.

Para establecer la resistencia a la compresión se requirió realizar adoquines que fueron sometidos a una máquina de compresión axial; dimensionamiento de los adoquines, absorción, entre otros; el lugar donde se fabricó la mezcla y los ensayos de los agregados con equipos de tamices, tamizador digital, horno, balanza, máquina de abrasión (los Ángeles), etc.

1.2.4 Justificación por relevancia

Una de las justificaciones de este trabajo es que la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU) determinó que, a partir del año 2016, sea una tesis de investigación y este contribuya con el desarrollo sostenible (SUNEDU, 2020).

El residuo producto de la extracción del cobre nos permitirá aprovechar la EFC para la elaboración de adoquines peatonales con el fin de minimizar la contaminación ambiental producida por estos almacenes ambientales aledaños a las empresas fundidoras del cobre. Del mismo modo la investigación contribuye a fomentar una buena imagen urbana de la ciudad que permita la integración social y la equidad mediante estos espacios públicos.



Otra cualidad de la investigación radica en como la influencia de la EFC en sustitución al CP, contribuye en comprobar los beneficios de dicho material en la fabricación de adoquines. Por otro lado, este trabajo establece técnicas detalladas, que permitirán calcular las proporciones adecuadas de la EFC y otros materiales componentes del adoquín.

1.3 Limitaciones de la investigación

Las limitaciones del trabajo de investigación que se presentaron durante el proceso fueron:

- El uso de la EFC comprada a la empresa Alama S.A.C de la ciudad y región de PASCO, de proveedores minoristas.
- Poco acceso bibliográfico de la EFC ya que es de carácter especializado en el Perú y su respectiva recolección de datos estadísticos.
- Disponibilidad de los laboratorios durante un determinado periodo de tiempo.
- La cuarentena impidió desarrollar el trabajo experimental de la tesis por determinados meses lo cual perjudicó en la culminación del proyecto.
- Falta de conocimientos respecto a los ensayos realizados en los laboratorios, por ausencia de temas en la malla curricular de la Escuela Profesional de Arquitectura.



1.4 Objetivo de la investigación

1.4.1 Objetivo General

- Fabricar un prototipo de adoquín de cemento portland (CP) con puzolana reactiva de escoria de fundición de cobre (EFC) para uso peatonal aplicado en el espacio público.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar las características físico-mecánicas comparativas entre el adoquín tradicional y el elaborado con la EFC en proporciones del 0%, 10%, 15% y 20% a los 7; 14 y 28 días relación $a/c=0.50$ y 0.45 .
- Caracterizar los componentes del adoquín tradicional y determinar la dosificación adecuada en la elaboración del adoquín con la EFC (escoria de fundición de cobre), evaluando la incidencia de estos materiales en el medio ambiente.
- Comparar los costos de producción entre el adoquín tradicional y el adoquín con sustituciones de cemento portland tipo IP por la escoria de fundición de cobre.



2. CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes de la tesis

2.1.1 Antecedentes a nivel Nacional.

- **“Modelo de gestión del uso de escoria de cobre para disminuir el impacto ambiental en la región de Moquegua”**, realizado por el Ing. Jorge Erik Morón Lavado, de la Universidad privada de Tacna en el año 2018.

El objetivo de la investigación se realizó con el motivo de diseñar un modelo de gestión del uso de escorias de cobre (EC), ante la existencia de desechos mineros de la EC que genera un impacto ambiental en la región de Moquegua, donde se identifica los vertederos de EC, caracteriza y clasifica el tipo de EC y su retroalimentación.

En conclusión, esta investigación aborda el problema del impacto ambiental por ende la utilización de esta EC en el sector construcción generará la disminución de la contaminación ambiental.

- **“Mejoramiento de las características físico mecánicas de adoquines de cemento para pavimentación, adicionando escoria de horno eléctrico en su proceso de fabricación”** investigado por López Larrea Marvin Jairo y Pinedo Bustamante Marco Antonio de la Universidad Nacional del Santa para el año 2015.

Donde la siguiente investigación radica en el diseño y elaboración de adoquines de concreto vibrado, añadiendo escoria de horno eléctrico al 5%, 10, 15% y 20%; adoquines que son elementos modulares, pre moldeados y diseñados que serán utilizados en pavimentación de tránsito vehicular pesado con la utilización de una mesa vibratoria para que mejoren sus características físicas mecánicas.

Llegando a la conclusión que adicionando escoria de horno eléctrico vibro compactado en la fabricación del adoquín de cemento mejora sus características físico – mecánicas del cemento en un tiempo de curado de 28 días.



- **“Análisis comparativo de la influencia de la escoria de cobre como sustituto del agregado fino en porcentajes de peso, en la resistencia y consistencia de un concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cementos tipo IP y tipo V, mediante pruebas de esclerometría y compresión axial de testigos sometidos a curado por inmersión** ejecutado por Bravo Santos Miguel Ángel y Díaz Valencia Juan Carlos de la Universidad Andina del Cusco para el año 2018.

Donde el objetivo principal de este estudio desde un ámbito nacional, fue de la sustitución del agregado fino por la EFC, agregado fino que mejor reacciona en una proporción del 35% tanto para cemento tipo IP como tipo V el cual se comparó con un concreto patrón con cementos de tipo V e IP mediante ensayos de compresión axial e índice de rebote y así se llegó a obtener resultados donde aumenta la resistencia y mejora la consistencia de dicho concreto.

Entonces se concluye que, al agregar escoria de cobre al concreto sustituto del agregado fino, este aumenta su resistencia en porcentaje de peso según al tiempo de 7, 14 y 28 días por curado de inmersión en proporción del 35%.

2.1.2 Antecedentes a nivel Internacional.

- **“Caracterización y determinación de las propiedades cementantes de escorias de fundición de cobre del siglo XIX de la región de Atacama, Chile para su uso en construcción** realizado por el doctor Amin Nazer Varela de la Universidad Politécnica de Valencia para el año 2016.

Este trabajo de tesis doctoral trata de las fundiciones de cobre que existen en el país de Chile y que los desechos EFC, se encuentran almacenadas por largos periodos de tiempo sin que haya un uso para estos desechos mineros, depositados en lugares autorizados pero que por el gran volumen genera contaminación ambiental, por tal motivo este desecho se emplea como un sustituto parcial para la elaboración del concreto.

En conclusión, en este trabajo se realizan siete (07) diferentes estudios de EFC; cuatro (04) del siglo XIX procedentes de fundiciones abandonados y tres (03) de fundiciones modernas; las cuales pasan por diversas pruebas que llegan al resultado que todos los desechos mineros (EFC) presentan reactividad puzolánica en diversos grados y que pueden ser utilizados como materiales alternativos en mezclas de CP y cementos con activación alcalina es así que para



determinar la resistencia a la compresión del mortero se realizó sustituciones en diversos grados el cual tiene como más óptimo al 25% de sustitución de CP por escorias de cobre donde se obtuvo un promedio de 58Mpa a los 28 días de curado, en morteros activados alcalinamente se obtuvieron de 44 a 63Mpa lo cual sugiere que la escoria de cobre posee propiedades cementantes y puede ser utilizada en la construcción.

- **“Influencia de las escorias de cobre en la fabricación de hormigón** ejecutado por Oyarzun Kneer Ivan Alejandro de la Universidad Austral de Chile para el año 2013.

Donde investiga sobre la actividad minera en Chile y como las escorias de cobre llegan a perjudicar al medio ambiente donde se encuentran, problemas que se van acrecentando producto del desarrollo que está experimentando la industria cuprífera, por lo que el uso de la escoria de cobre es una forma de reducir el impacto ambiental y un tema ampliamente estudiado para la elaboración del hormigón.

En conclusión, la escoria de cobre al ser utilizado en la elaboración del hormigón, obtiene casos favorables comparados con el hormigón tradicional donde aumenta la densidad, ayuda a mejorar el comportamiento de elementos estructurales y también beneficia económicamente al proyecto respecto a los áridos tradicionales.

2.2 Aspectos Teóricos Pertinentes.

2.2.1 Contaminación ambiental de la Escoria de Fundición de Cobre.

2.2.1.1 Contaminación ambiental

A medida que el hombre va adquiriendo más tecnología, las posibilidades de empeorar la situación ambiental aumenta, por lo tanto, la contaminación ambiental es producida por la presencia de componentes nocivos para la naturaleza, estos pueden ser de origen químico, físico o biológico que a largo tiempo serán perjudiciosos para los seres vivos incluyéndose el ser humano (Cuidemos el planeta, 2018).

Las diversas causas de contaminación del medio ambiente generalmente son creadas por el hombre, donde la integridad del medio ambiente va disminuyendo a través de los años. Así la contaminación ambiental es generada por la presencia de agentes externos de origen químico y biológico que deterioran la integridad de la naturaleza. (Cuidemos el planeta, 2018).



2.2.1.2 Gestión ambiental





La gestión ambiental como proceso debe ser permanente, constituido por un conjunto estructurado de principios, actividades, técnicas orientados a administrar intereses, expectativas y recursos relacionados con los objetivos de la política ambiental, entonces así alcanzar mejor calidad, desarrollo integral de la población, desarrollo de actividades económicas y preservación del patrimonio ambiental natural del país. (Acosta M. , Ecología Verde, 2019).

Esto indica, que la gestión ambiental es una serie de estrategias que intentan encontrar soluciones a problemas suscitados en la sociedad y en la naturaleza, donde se emprende acciones en la sociedad y el territorio para la conservación del medio ambiente (Acosta M. , Ecología Verde, 2019).

2.2.1.3 Cobre

El cobre es un mineral metálico de color rojizo que en la naturaleza no se encuentra en estado de pureza, este mineral tiene entre sus propiedades la conductividad eléctrica, conductividad térmica, resistencia a la corrosión, reciclable entre otros y se compone de materiales como la cuprita, atacamita, antherita, brochantita y crisocola; entre estos minerales; Según (Oyarzun Kneer, 2013, pág. 10) en la ciudad de Chile los clasificó con nomenclaturas y porcentajes de cobre puro en la tabla N° 2.

Tabla 2
Minerales Sulfurados que contienen cobre.

	Nombre	Formula	% de Cu en Mineral Puro	Imagen
	Minerales de Sulfuro	Calcosina	Cu_2S	79.80%
Covelina		CuS	66.50%	
Bormita		Cu_3Sb^* $CuS*FeS$	63.30%	
Enargita		Cu_3*AsS_4	48.40%	
Calcopirita		$CuFeS_2$	34.50%	

Fuente: (Oyarzun Kneer, 2013, pág. 10).

Este mineral generalmente asociado a otros minerales se encuentra en estado de óxido de sulfuro, que son extraídos desde sus depósitos geológicos, así la obtención del cobre se produce a través de procesos piro- metalúrgicos que se llevan a cabo en fundiciones o a través del proceso de flotación. (Oyarzun Kneer, 2013, pág. 10).

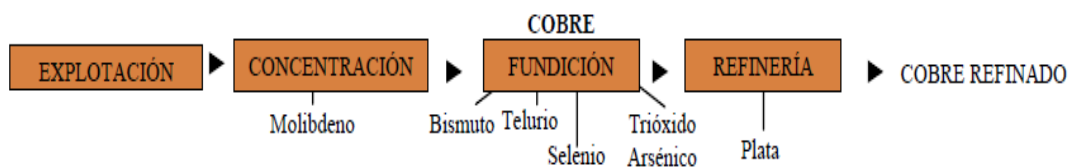


Figura 21. Etapas de la Actividad Minera por Producto

Fuente: A. Dammert como se citó en (Oyarzun Kneer, 2013, pág. 21)



La metalurgia según (Oyarzun Kneer, 2013, pág. 11) se divide en 04 procesos que se indican en la figura Nro. 22:

- **Conminucion**, Es un mecanismo de reducción de tamaño de rocas mineralizadas que se encuentran en yacimientos, triturándose con molinos y chancadoras.
- **Proceso de Concentración de minerales**, donde se separan los compuestos sulfurados de cobre mediante flotación
- **Procesos Piro metalúrgicos**, proceso donde se descomponen termoquímicamente los concentrados y se producen ánodos de cobre a 98% de pureza.
- **Proceso Electrometalúrgico**, en esta etapa se produce cátodos y ánodos de cobre con un 99,9 % de pureza a través de la electro- refinación.

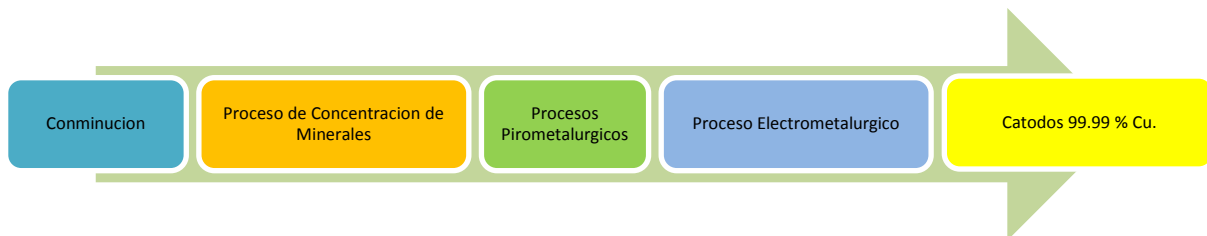


Figura 22. Procesos de Obtención del Cobre a partir de Minerales Sulfurados.
Fuente: (Oyarzun Kneer, 2013, pág. 10).

La EFC se genera en la etapa del proceso piro – metalúrgico y se puede dividir en fusión – conversión y conversión.

2.2.1.4 Fusión conversión

La descomposición fusión y oxidación se produce a temperaturas de (1150° a 1200° C) donde los sulfuros de cobre y hierro pasan a estado líquido y se mezclan dando una solución blanquecina, llamada metal blanco por su aspecto; los óxidos se combinan con la sílice para formar la EFC, esta escoria al poseer menor densidad se acumula en la zona superior del baño líquido; mientras el metal blanco posee una solución no mayor al 75% de concentración por lo que pasa a procesos de conversión. Por último, la escoria pasa al proceso de refinación ya que este posee un porcentaje de cobre recuperable. (Oyarzun Kneer, 2013, pág. 11).



2.2.1.5 Escoria de cobre

La EFC está definida como una sustancia vítrea, que queda de un proceso metalúrgico, sustancia inútil resultante de un proceso que involucra fundición, así la EFC es el resultado de un proceso industrial producto de los procesos piro metalúrgicos, hidrometalúrgicos y procesos mixtos; donde la mayor obtención de cobre es por los procesos pirometalúrgicos donde alcanza un 80% alrededor mundial. (Valderrama, González, Santander, & Zazzali, 2018, pág. 41).

Como (Oyarzun Kneer, 2013, pág. 15), declara que la escoria de cobre es un desecho resultado de la refinación del cobre el cual se realiza a través del proceso piro metalúrgico; este material sobrante a pesar de ser un desecho cumple cualidades importantes a la hora de la producción del metal rojizo ya que sus componentes se reducen al punto de fusión en los (1200 °C) lo cual es conveniente para su producción.

Según (Valderrama, González, Santander, & Zazzali, 2018, pág. 41), citado por Gorai, *et al.*, 2003); determinó: “ *que para obtener 1,0 tonelada de cobre se generan entre 2,0 a 3,0 toneladas de escorias de fundición de cobre (EFC), estos varían según las propiedades de los concentrados de cobre y las condiciones de operación en el proceso pirometalúrgico*”.

Durante su fundición del cobre se producen dos etapas importantes o fases liquidas uno con grandes dosis de cobre puro y el otro de desechos, la primera pasa por la etapa de refinación, mientras que la otra por un tratamiento de recuperación de cobre o en último caso se vierte en depósitos. (Lavado, 2018, pág. 20).

2.2.1.6 Composición química de la escoria de cobre

Cuando se quiere hablar de los componentes químicos de la escoria de cobre, se menciona que es una solución de óxidos fundidos como el óxido de hierro (FeO) producido por la oxidación del hierro (Fe), el óxido de silicio (SiO₂) proveniente de los flujos y óxidos de impurezas de los concentrados, frecuentemente se halla óxido ferroso (FeO), óxido férrico (Fe₂O₃), sílice (SiO₂), alúmina (Al₂O₃), cal (CaO) y magnesia (MgO) Davenport, King, Schlesinger, & Biswas, 2002, pág.59 citado por (Bravo Santos & Diaz Valencia, 2018, pág. 28).



Según las investigaciones ya realizadas a la escoria de cobre se llega a conocer los principales óxidos que lo componen y son:

Tabla 3

Porcentaje de Óxidos en las escorias de cobre

ITEM	DESCRIPCION DE OXIDOS	CONTENIDO DE %
1	Óxido de hierro (como Feo, Fe ₃ O ₄)	De 30 a 40%
2	Oxido de Sílice (SiO ₂)	De 35% a 40%
3	Oxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	Hasta 10%
4	Oxido de Calcio (CaO)	Hasta 10%

Fuente: Orizola S., Uso de Escoria de Cobre en cementos, pág. 12, 2006.

2.2.1.7 Composición Física de la escoria de cobre

En los componentes físicos se puede tener diferentes formaciones que se relacionan directamente con las fases vítreas y cristalinas, la fase vítrea por que se relaciona con el componente hidráulico activo en la escoria y la cristalina como la fase inerte; Puertas, 1993 citado por (Oyarzun Kneer, 2013, pág. 16). Según el autor Amaral (1999), este es un punto que favorece al aumento de la resistencia a compresión para fabricar hormigón con escorias.

2.2.1.8 Clasificación de la escoria de cobre

Las escorias de cobre se clasifican en dos tipos según (Oyarzun Kneer, 2013, pág. 19):

a.) Escorias por el grado de Silicatos

Según (Oyarzun Kneer, 2013, pág. 19) nos menciona que la EFC se obtiene principalmente en la etapa de fundición, formándose por la adición de SiO₂ y/o CaO como fundentes, formándose así escoria fallalítica (2FeO•SiO₂).

Entonces la combinación de sílice que tiene la EFC es de origen ácido, que también tiene la alúmina.

Tal como muestra (Oyarzun Kneer, 2013, pág. 20) el grado de índice de silicatación es igual a uno cuando la escoria es neutra, si es mayor a uno ácido y si es menor será básica.





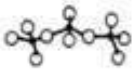
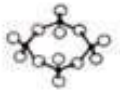
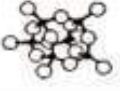
Tipo de Escoria	Grado de Silicato*	Ejemplos de Composiciones	Aniones Principales	Estructuras Moleculares
Básica	< 1	$3\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ $2\text{FeO} \cdot \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	O^{2-} , SiO_4^{4-}	 SiO_4^{4-}
Neutra	1	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ $\text{CaO} \cdot \text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$	SiO_2^{2-}	
		$4\text{CaO} \cdot 3\text{SiO}_2$ $2\text{CaO} \cdot 2\text{FeO} \cdot 3\text{SiO}_2$	Cadena de aniones de silicato	 $\text{Si}_3\text{O}_{10}^{6-}$
Ácida	> 1	$4(\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2)$	Anillo de aniones de silicatos	 $\text{Si}_4\text{O}_{12}^{8-}$
		$3(\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2)$	Anillos de aniones de silicato conectados	 $\text{Si}_6\text{O}_{18}^{12-}$

Figura 23. Tipos de Escoria según el grado de Silicatos.

Fuente: (Kneer, 2013, pág. 20, citado por López (2008))

b.) Escorias por el tiempo de enfriamiento.

Según (Oyarzun Kneer, 2013, pág. 21) se clasifican a la misma vez en tres:

- **Escorias granalladas o granuladas**, se obtienen a través de la aceleración de su proceso de enfriamiento con agua bruscamente, lo cual produce porosidad entonces mayor absorción de agua.



Figura 24. Escoria Granallada Fundición Paipote de ENAMI
Fuente: (Kneer, 2013, pág. 22, citado por Fundición Paipote de ENAMI).

- **Escorias de flotación**, se obtienen mediante un proceso de flotación de escorias con contenido remanente de cobre de un anterior proceso.
- **Escorias de botadero**, cuya obtención se realiza por el enfriamiento lento en los lugares de acopio, la absorción del agua es menor.



Figura 25. Escoria de Botadero de ENAMI
Fuente: (Kneer, 2013, pág. 22, citado por Oyarzun, I., 2013).



2.2.1.9 La escoria de cobre en la actualidad

La escoria de cobre en la actualidad proviene del proceso de fundición piro – metalúrgica, así las empresas en el Perú extraen enormes cantidades de cobre lo cual genera escoria de fundición de cobre, materia que está dispuesta en grandes extensiones naturales o áreas libres llamados pasivos ambientales masivos (*Bravo Santos & Diaz Valencia, 2018, pág. 30*).

“Uno de los beneficios de estas escorias de fundición de cobre, es la utilización y eliminación de residuos en la fundición del metal; asimismo ayuda al control de temperatura durante la fundición del mismo, etc. En la actualidad el 90% de la escoria es vendida a China y trasladada por los principales puertos, sin embargo, el 10% restante es comercializado por empresas pequeñas para diversos usos antes mencionados” (*Bravo Santos & Diaz Valencia, 2018, pág. 30*).

2.2.1.10 La escoria de cobre en la construcción

En este apartado se hace un análisis general de los usos que tiene la EFC en la construcción por ende según el autor (*Nazer Varela, 2016, pág. 23*) *“este material posee una triple ventaja de eliminar los costes de vertido, el coste de nuevos de materiales, y minimiza los problemas de contaminación”*; es así que su uso dependerá de la composición química y propiedad física, donde existe ejemplos extranjeros (Chile), que la EFC se utiliza en obras viales, drenajes, como agregado pétreo y como sustituto del cemento, etc.

Por otra parte, las regulaciones que permiten utilizar las EFC se dan en tres países como agregado pétreo que son Estados Unidos, Corea y Japón; en España se tiene antecedentes que permitieron el uso de este material como puzolana industrial (Norma UNE-ENV-197-1:1992) (*Varela, 2016, pág. 24*), es así que según las legislaciones chilenas, estadounidenses y europeas las EFC son clasificadas como residuos no peligrosos, pero que sin embargo estas pueden estar en el rango de peligrosidad debido a sus lixiviados (*Nazer Varela, 2016, pág. 18*).



2.2.2 Elaboración de Adoquines para Espacios Públicos Sostenibles de tipo Peatonal.

2.2.2.1 Sustentabilidad

La sustentabilidad como proceso tiene un objetivo, que es encontrar equilibrio entre el medio ambiente y uso de los recursos naturales; el hombre por el paso del planeta ha llegado a degradar recursos naturales de tal forma que en la actualidad es necesario procurar y concientizar el consumo de los mismos para garantizar la existencia de las generaciones futuras. (Acosta & Cilento Sarli, 2007, pág. 25).

Este concepto surgió en 1987 por la World Commission on Environment and Development de las Naciones Unidas donde publicó el informe “Our common future” (Nuestro futuro en común) que está centrado en la idea del desarrollo sostenible o sustentables; en otra conferencia sobre el medio ambiente y el desarrollo en Rio de Janeiro se acuerdan 27 principios relacionados de la sustentabilidad conocidos como la agenda 21.

Así el desarrollo sustentable es la capacidad de satisfacer las necesidades de las generaciones actuales sin comprometer a las generaciones futuras.

2.2.2.2 Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS)

Los ODS son metas que abarcan diferentes puntos en el desarrollo, desde el punto de vista económico, social y ambiental, el cual para nuestra investigación tomamos en cuenta los objetivos que son: Ciudades y comunidades sostenibles; producción, consumo responsable y acción por el clima; por lo que según las (Naciones Unidas, 2018) nos indica, “que no es posible no contaminar si no cambiamos rigurosamente la forma en que construimos”.

2.2.2.3 Espacios públicos sostenibles o sustentables

Ahora cuando se quiere hablar de espacios públicos sostenibles se debe mencionar la problemática ambiental que está presente en nuestros días, este es un caso que todos debemos solucionar; en el año 2011 ONU-HABITAT aprobó la primera resolución pública donde reconoce la importancia de las ciudades sustentables entonces la sustentabilidad del espacio público se relaciona con los beneficios, logros y cambios que trae la infraestructura de los elementos urbanos a lo largo del tiempo en un territorio determinado, donde el espacio público debe regirse de tres principales dimensiones, que son la Sustentabilidad económica, ambiental y social. (Ministerio de Vivienda y Urbanismo - Minvu, 2017, pág. 27).



En tanto Valenzuela et al. (2009) define “a un espacio público sustentable como aquel que tanto en su diseño, uso y construcción sean prácticas o procesos responsables, es decir que se hagan cargo en el presente de las consecuencias futuras” (p.193). De este modo, la mejor opción de enseñar a la sociedad sobre sustentabilidad, es que nuestros diseños y productos sean amigables con el medio ambiente; entonces este sería el punto de partida para generar conciencia y equidad social.

2.2.2.4 Los Adoquines

Los adoquines son elementos macizos, prefabricadas de espesor uniforme de forma prisma rectangular, o de formas variadas que al colocarlos encajan uno sobre otro de manera que solo exista un pequeño espacio entre ellos; entonces son piezas premoldeadas utilizadas en calles, avenidas, estacionamientos, etc. Su aplicación ofrece beneficios tanto para el tráfico de personas, vehículos livianos y pesados. (Cruz Garcia, 2019, pág. 25).

Otra de sus características es que tiene espacios homogéneos, uniformes, agradables y resistentes al clima o agentes agresivos; por lo tanto, la durabilidad y resistencia tienen que ser óptimos (Cruz Garcia, 2019, pág. 25).

Actualmente los adoquines de concreto son reconocidos en la prefabricación como un método de construcción notable con altos niveles de control que aseguran mayor calidad, mejor acabado y mejor precio a la hora que contrarresta en aquellos prefabricados insitu. (Cruz Garcia, 2019, pág. 25).

El autor López Vidal & Ordóñez Fernández (2015) afirma que “el crecimiento de la industria en estas últimas décadas es el resultado de la elaboración del adoquín prefabricado, donde su objetivo es de reducir el tiempo, el costo de construcción y asegurar la obra en construcción teniendo piezas que puedan ser desmontadas y reutilizadas”.

2.2.2.4.1 Situación de la Industria Adoquinera en Perú

En el Perú la industria adoquinera se rige con la Norma Técnica E -060 concreto armado, en donde establecen requisitos, exigencias mínimas, materiales, construcción, control de calidad e inspección de estructuras simples o armados.

Como lo hace notar (Seminario, Chorres , Rivas, Ruesta, & Sota, Diseño de una planta productora de adoquines con agregados de concha de abanico, 2018, pág. 21), menciona que



en el Perú la industria de elementos prefabricados está tomando importancia en los últimos años ya que se sabe sobre las ventajas que estos pueden generar al sector construcción.

Es así que el estado peruano comprueba estos elementos prefabricados teniendo en cuenta las condiciones de carga, restricciones, etc. desde la etapa inicial de fabricación hasta completar la estructura incluyendo desencofrado, almacenamiento, transporte y montaje (Norma Técnica de Edificación E-0.60 Concreto Armado, 2009, pág. 186).

2.2.2.4.2 Partes de su figura

- **Cara superior:** cara principal que tendrá contacto con el ambiente.
- **Cara inferior:** cara opuesta donde su superficie estará en contacto con la arena del suelo.
- **Caras laterales o paredes:** establecen el espesor
- **Aristas o bordes:** acá se empalman dos caras superior-lateral o inferior lateral
- **Bisel:** es un pequeño plano inclinado con un borde máximo de 1cm (mejora el aspecto)
- **Espesor:** son de tres tipos por lo general de 4cm; 6cm para tránsito peatonal y el de 8cm para tránsito medio y pesado.

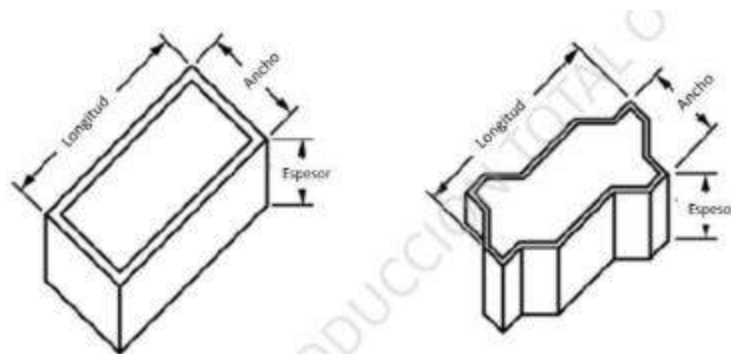


Figura 26. Tipos de Adoquines
Fuente: (NTP 399.611, 2017, pág. 7).

2.2.2.4.3 Importancia del adoquín en la pavimentación

Los adoquines en la pavimentación son importantes ya que la velocidad de estos acelera la ejecución, debido a la sencillez, proceso constructivo del pavimento entre otros; también se puede dar en periodos más cortos, por lo cual las obstaculizaciones o paralizaciones se pueden evitar minimizar gastos en equipos, materiales, costos financieros y sociales (Lopez Larrea &



Pinedo Bustamante, Mejoramiento de las características físico mecánicas de adoquines de cemento para pavimentación, adicionando escoria de horno eléctrico en su proceso de fabricación., 2015, pág. 28).

2.2.2.4.4 Ventajas de la pavimentación con adoquines

Las ventajas que tiene el adoquín son muchas, comparadas con el pavimento ya que la capa de rodadura es uno de los elementos más costosos, otro beneficio es que a la hora de querer instalar o reparar alguna red de servicio es indispensable destruir y retirar estas distintas capas de pavimento comparado con el adoquín, este sistema no estructural modular permite retirar el área a trabajar, almacenar y ordenadamente reutilizarlos. (Lopez Larrea & Pinedo Bustamante, Mejoramiento de las características físico mecánicas de adoquines de cemento para pavimentación, adicionando escoria de horno eléctrico en su proceso de fabricación., 2015, pág. 28).

- **Ventajas por apariencia**, los adoquines están conformados por muchas piezas iguales lo que genera un sentido y orden en la vía por ende se elimina la monotonía de la pavimentación continua de otro tipo. Por lo general la fabricación de estos adoquines pueden ser de distintas texturas, tonalidades, formas y colores que agrega un valor estético al pavimento.
- **Ventajas respecto al medio ambiente**, por lo general la elaboración de los adoquines generan menor impacto ambiental debido a que el producto es fácilmente reciclable tanto para su producción y puesto en obra no requiere mayor cantidad de energía.
- **Ventajas por seguridad**, respecto a la seguridad su rugosidad presenta un grado de frenado respecto a otros pavimentos.
- **Ventajas respecto a la durabilidad**, cuando se menciona la durabilidad el adoquín presenta una vida útil mínimo de 20 años, por lo que si se usa adecuadamente este se puede alargar.
- **Ventajas relativas al costo de construcción**, este método de construcción de pavimento si necesita mano de obra calificada en su fase inicial, pero en relación a su colocación no requiere mano de obra calificada.



2.2.2.4.5 Desventajas de la pavimentación con adoquines

- Una de las desventajas respecto a otros tipos de pavimentación, es que la estructura del pavimento se debe apartar del nivel freático del terreno.
- Los adoquines no deben ser colocados como canales colectores que soporten gran cantidad de caídas o corrientes voluminosas.
- Tampoco se deben someter a caídas de agua a presión, por lo que si se hace estos perderán su sello y estabilidad.

2.2.2.4.6 Fabricación de adoquines

La demanda de estos elementos prefabricados (**adoquines**) a nivel nacional hoy en día se encuentra en gran aumento, industrias como la empresa unión de concreteras (UNICON); Distribuidora Pacasmayo; Espresac, entre otros distribuyen al país estos elementos prefabricados para diversas aplicaciones en el sector construcción. (Seminario , Chorres, Rivas , Ruesta, & Sota, Diseño de una planta productora de Adoquines con agregados de Concha de Abanico, 2018, pág. 22).

Materia prima de los adoquines

- CP.
- Áridos (agregado fino – agregado grueso)
- Agua

2.2.2.4.7 Formas, Dimensiones - Propiedades físicas y mecánicas del adoquín según normas técnicas.

Estos elementos prefabricados no deben estar en malas condiciones, libres de defectos, no deberán interferir en la colocación de las unidades, ni perjudicar la resistencia a la construcción. (Seminario, Chorres , Rivas, Ruesta, & Sota, Diseño de una planta productora de adoquines con agregados de concha de abanico, 2018, pág. 44). El mercadeo del adoquín, necesita una estricta evaluación que posee el producto en la etapa final de su fabricación y son:



a) NTP 399.611: Unidades de albañilería, adoquines de concreto para pavimentos

La presente (NTP 399.611, 2017) especifica los requisitos mínimos para ser utilizados en la construcción de pavimentos, requisitos dirigidos para los adoquines en pavimentos peatonales, vehiculares, patios industriales o de contenedores. Según a la norma existen 3 tipos de adoquines.

Tabla 4
Tipos de adoquines

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

Fuente: RNE. CE 010 Pavimentos urbanos. 2010

Requisitos

DIMENSIONES: longitud, ancho y alto; varían según el tipo de forma.

Tabla 5
Dimensiones de los adoquines.

TIPO	DIMENSIONES (cm)		
	Longitud	Ancho	Alto
I	20	10	4
II	20	10	6
III	20	10	8

Fuente: NTP 399.611, 2017

- **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:** capacidad de un sólido para soportar un esfuerzo máximo a la compresión sin romperse. (NTP 399.611, 2017).



Tabla 6
Resistencia a la Compresión de los adoquines

TIPO	ESPESOR NOMINAL (mm)	RESISTENCIA A LA COMPRESION, MIN. Mpa (Kg/cm ²)	
		Promedio de 3 unidades	Unidad Individual
		I (Peatonal)	40 60
II (Vehicular ligero)	60 80 100	41(420) 37(380) 35(360)	37(380) 33(340) 32(325)
III	> = 80	55(561)	50(510)

Fuente: NTP 399.611, 2017

- **ABSORCION:** Tiene la capacidad de incorporar humedad en su interior. (NTP 399.611, 2017).

Tabla 7
Absorción Máxima

TIPO DE ADOQUIN	Absorción, Max. (%)	
	Promedio de 3 unidades	Unidad Individual
	I y II	6
III	5	7

Fuente: NTP 399.611, 2017.

- **TOLERANCIA DIMENSIONAL:** Es el rango que limita el incremento o reducción ya sea por el ancho, longitud, y que cumpla diversos requisitos.



Tabla 8
Tolerancia dimensional de los adoquines

TIPO	Tolerancia dimensional, Max. (mm)			
	Promedio de 3 unidades.	Longitud	Ancho	Espesor
I Y II	6			
III	5	±1.6	±1.6	±3.2

Fuente: NTP 399.611, 2010

b) NTP 399.604: Muestreo y ensayo de unidades de albañilería.

Método de muestreo donde las unidades de albañilería dimensiones de concreto, se podrán elaborar por un productor usando los mismos materiales, diseño de mezcla, proceso de fabricación y método de curado.

2.2.2.5 Cemento portland

El cemento es un material que tiene propiedades de adhesión y cohesión con la capacidad de aglomerar en una masa solida los diferentes agregados finos, gruesos y agua, otorgándole resistencia y durabilidad. (Castillo I. F., 1997, pág. 15).

Por otro lado, el CP es un Clinker finamente molido, procedente de la cocción a temperaturas altas y tiene mezclas de cal, alúmina hierro y sílice en proporciones adecuadas. Este es un conglomerante que cuando se mezcla con áridos y agua conforman una masa endurecida (Castillo I. F., 1997, pág. 15).

El material principal con que se fabrica el CP es: la piedra caliza y arcilla.

2.2.2.5.1 Fabricación del cemento Portland.

Materia finamente molida que se calienta hasta llegar a la temperatura de 1400 - 1450 °C, usualmente en grandes hornos; producto que al salir de los hornos se nombra como Clinker esferas pequeñas color gris negruzco, por lo que el CP es un Clinker enfriado finamente molido agregando yeso de 3 a 4% para regular su fraguado (Castillo I. F., 1997, pág. 15).

Entre los compuestos de formación y molienda del Clinker se encuentra muchos elementos y son:



Tabla 9

Compuestos de formación del Clinker.

Compuestos de formación del Clinker.		
Silicato Tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$)	C_3S	Define la resistencia inicial, tiene mucha importancia en el calor de hidratación.
Silicato di cálcico ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ - Belita)	C_2S	Determina la resistencia largo plazo, incidencia menor en el calor de hidratación.
Aluminato tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$)	C_3A	Con los silicatos condiciona el fraguado violento como catalizador, por lo que es necesario agregar yeso en el proceso.
Alumino ferrita tricálcica ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ - Celita)	C_4AF	Precisa la velocidad de hidratación.
Óxido de Magnesio (MgO)	(MgO)	Componente menor pues para contenidos mayores del 5% trae problemas de expansión en la pasta hidratada y endurecida.
Óxidos de Potasio y Sodio	($\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Na}_2\text{O}$ - Álcalis)	Funciona en casos especiales de reacciones químicas de ciertos agregados con los solubles en agua, contribuyen a producir eflorescencias con agregados calcáreos.
Óxidos de Manganeso y Titanio	($\text{Mn}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiO}_2$)	El óxido de manganeso le confiere coloración (marrón). El titanio influye en la resistencia reduciéndola para contenidos superiores a 5%

Fuente: (Castillo I. F., 1997, pág. 16)



2.2.2.5.2 Mecanismo de hidratación del cemento

Conjunto de reacciones químicas que se producen entre el agua y componentes del cemento el cual pasan de un estado plástico a uno resistente con las propiedades inherentes a sus componentes; es así que al momento de que reaccionan con el agua los componentes ya mencionados forman hidróxidos e hidratos de calcio complejos; además la velocidad de hidratación es directamente proporcional a la finura del cemento e inversamente al tiempo. (Bravo Santos & Diaz Valencia, 2018, pág. 13).

Cuando se produce el proceso de hidratación del cemento la reacción del agua ocasiona que cada partícula de cemento se disperse desapareciendo los elementos iniciales y esto se produce por un proceso exotérmico donde se genera flujos de calor hacia el exterior el cual se llama hidratación (Bravo Santos & Diaz Valencia, 2018, pág. 14).

2.2.2.5.3 Tipos de cemento

Según (Castillo I. F., 1997) en Perú la fabricación del CP está sujeta a una serie de normas legales nacionales e internacionales y se clasifica en:

- **Cemento tipo IP:**

Material de uso general, destinado a obras de concreto en general (componente de obras civiles en general).

- **Cemento tipo II:**

Su resistencia es moderada a los sulfatos y moderado calor de hidratación, su uso es recomendable en estructuras en ambientes agresivos (zonas cálidas).

- **Cemento tipo III:**

Cemento de alta resistencia que tiene la principal característica de desarrollar resistencia con elevado calor de hidratación, la utilización de este cemento es para zonas de clima frío.

- **Cemento tipo IV:**

Este cemento tiene baja propiedad de calor de hidratación por eso se usa en vaciados masivos, el clima usual para la utilización de este cemento es de zona cálida.

- **Cemento tipo V:**

Cemento recomendable para ser usado en ambientes muy agresivos por su alta resistencia de sulfatos, este es utilizado en concretos expuestos a la acción del sulfato, donde el suelo y el



agua subterránea tienen alta concentración de sulfatos. Su aplicación usual es en estructuras hidráulicas o expuestas a agua de mar.

2.2.2.6 Agregados

Denominados áridos, son materiales inertes que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal, etc.). formando los concretos y morteros. El valor del agregado radica en que forman el 75% en volumen de una mezcla típica de concreto; usualmente compuesto por minerales de arenisca, cuarzo, granito, o combinaciones de ella (Castillo I. F., 1997, pág. 23).

Una de las principales características físicas importantes del diseño de mezclas es el porcentaje de absorción, y su resistencia a la abrasión.

Estos se clasifican en:

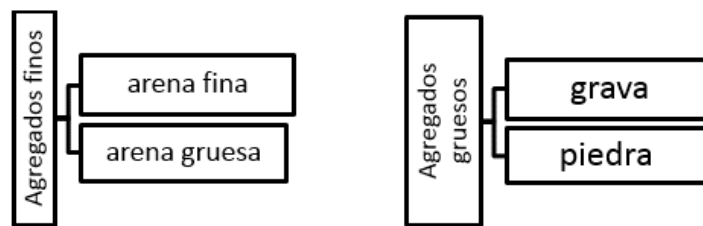


Figura 27. Agregados

Fuente: (Castillo I. F., 1997, pág. 23)

2.2.2.6.1 Agregado fino

Es un agregado fino la arena o piedra natural finamente triturado de dimensiones reducidas producto de la disgregación natural o artificial de las rocas que logra pasar la malla estándar de 3/8" de pulgada (9.5mm) según la norma ITINTEC 400.037 citado por (Castillo I. F., 1997, pág. 23).

2.2.2.6.2 Propiedades de las características físicas de los agregados.

2.2.2.6.2.1 Propiedades físicas

El agregado fino a utilizarse en la realización del concreto debe cumplir requisitos establecidos en las normas técnicas peruanas (NTP) y estándares de calidad según



especificaciones técnicas. Estas propiedades físicas nos permitirán conocer valores del material que se utilizaran para el diseño de mezcla, donde sus propiedades físicas son; peso específico, peso unitario, granulometría, módulo de finura, porcentaje de finos que pasa por la malla N° 200, contenido de humedad y absorción, las cuales se presentan y detallamos.

2.2.2.6.2.2 Peso específico - N.T.P. 400.022 - ASTM C 128

El peso específico es una característica de los agregados donde adquiere importancia el agregado, cuando se requiere que el concreto tenga un peso limite por otro lado, también es un indicador de calidad mientras los valores sean elevados tiene buen comportamiento, mientras que un peso bajo es indicador de que es débil y material absorbente por lo que si este es el caso se necesita realizar otras pruebas adicionales.

Por lo que el peso específico se refiere a la densidad de las partículas individuales y no a la masa del agregado como un todo.

Así el peso específico del agregado según especificaciones técnicas está en un rango de límites de 2.4 a 2.8 gr/cm³.

$$\text{Peso Específico Nominal} = \frac{A}{B+A+C}$$

2.2.2.6.2.3 Peso unitario - N.T.P. 400.017 - ASTM C 29

Es denominado como peso volumétrico o peso unitario del agregado al peso que alcanza un determinado volumen unitario establecido, considerando los vacíos de su interior estos expresados generalmente en kg/m³.

El peso unitario dependerá de ciertos valores como tamaño, forma y granulometría, así como el contenido de humedad, depende además de características externas como el grado de compactación, tamaño máximo del agregado en relación con el volumen del recipiente la forma de consolidación, etc.; este se expresa en dos formas el suelto y el compactado.

2.2.2.6.2.4 Contenido de humedad - ASTM D 2216

Este valor muestra el contenido de humedad que tiene el material agregado y se obtiene al determinar el contenido de agua que tiene una muestra al horno a 110 °C. y se obtiene:



% humedad	$(\text{Peso muestra en condiciones habituales} - \text{Peso muestra seca}) / \text{Peso muestra secas}$	x 100
-----------	--	-------

Los agregados comúnmente se consideran en un estado saturado y superficialmente seco es decir con todos sus poros abiertos o llenos de agua y libre de humedad superficial siendo ideal para un diseño de dosificación ya que los agregados no deberían agregar agua ni quitarle a la mezcla.

2.2.2.6.2.5 Absorción - N.T.P. 400.022 - ASTM C 128

La absorción se da cuando los agregados presentan poros internamente, donde se almacena agua sin requisitos de presión. Es así que este ensayo se comprueba por el incremento de peso de una muestra seca al horno luego de 24 horas de inmersión en agua y secada superficialmente condición que representa el agregado en una mezcla de concreto.

2.2.2.6.2.6 Granulometría o gradación - N.T.P. 400.012 - ASTM C 33

Se trata de la distribución por dimensiones de las partículas de arena, esta distribución de tamaño de partículas se determina por la separación de una serie de mallas normalizadas; las mallas para el agregado fino son: N° 4, 8, 16, 30, 50 y 100 (Castillo I. F., 1997, pág. 23).

Tabla 10
Granulometría de agregado fino.

Granulometría de agregado fino.		
Tamiz estándar	mm	% en peso del material que pasa el tamiz
3/8"	9.5 mm	100
#4	4.75 mm	95 a 100
#8	2.36 mm	80 a 100
#16	1.18 mm	50 a 85
#30	600µm	25 a 60
#50	300µm	10 a 30
#100	150µm	2 a 10

Fuente: (Norma Tecinca Peruana 400.037, 2018, pág. 8).



Requisitos de uso

Según (Castillo I. F., 1997, pág. 26):

- El agregado fino será arena natural, con partículas limpias de perfil preferentemente angular, duras, compactadas y resistentes.
- El agregado debe estar libre de cantidades perjudiciales de polvo terrones, partículas escamosas, materia orgánica entre otros
- Debe cumplir las normas de su granulometría.

Esta gradación del material define varias características del concreto e influye en su calidad. En donde la granulometría del agregado fino tiene mayor influencia ya que ocupa mayor superficie específica que el agregado grueso.

En esta gradación lo importante es que el material mantenga constante su curva granulométrica a través de los sucesivos despachos de material evitando así cambios bruscos en la mezcla.

La relación que tiene la densidad y la compacidad de los agregados componentes del concreto se define mediante la granulometría, para lo cual estos también inciden en la trabajabilidad que a la misma vez depende de la forma y textura de los granos. (Bravo Santos & Diaz Valencia, 2018, pág. 19).

2.2.2.6.2.7 Módulo de finura (MF) - N.T.P. 400.011 - ASTM C 125

Es el índice aproximado que representa el tamaño promedio de las partículas de la muestra de arena, se utiliza para la uniformidad del agregado. Según la Norma ASTM C 125 la arena debe tener un módulo de fineza (MF) no menor a 2.3 ni mayor que 3.1.

Es así que el árido con un MF inferior a 2.30 se considera muy fino el cual genera mayor consumo de CP por lo tanto mayor gasto económico, mientras si el MF es mayor a 3.10 los áridos son demasiado gruesos el cual son inadecuados ya que se producen mezclas asperozas.

Entonces el MF se allá con la suma de porcentajes acumulados en las mallas N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 dividido entre 100.



2.2.2.6.2.8 Porosidad

Son los espacios no ocupados por materia sólida en la partícula, siendo importante porque influye en otras propiedades como la estabilidad química, la resistencia mecánica, propiedad elástica, gravedad específica, absorción y permeabilidad.

2.2.2.6.2.9 Contenido de vacíos

El agregado contempla contenido de vacíos, donde estos espacios no ocupados que existen entre partículas conforman el material.

El peso unitario, compactación y contenido de humedad son propiedades que dependen directamente del contenido de vacíos.

También se considera como porcentaje de vacíos a la medida del volumen expresado en porcentaje a los espacios en las partículas del agregado.

2.2.2.7 Agua

El agua, elemento fundamental en la elaboración del concreto, relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido. (Castillo I. F., 1997, pág. 21).

Así el agua debe seguir con lo siguiente según (Castillo I. F., 1997, pág. 21):

- Para emplear el agua en la elaboración del concreto este debe cumplir con varios requisitos y debe estar libre de impurezas como aceites, ácidos, álcalis, sales, material orgánico, entre otras sustancias nocivas para el concreto.



Tabla 11

Sustancias químicas del agua.

SUSTANCIAS QUÍMICAS DEL AGUA	
	Valor máximo admisible
Cloruros	300ppm
Sulfatos	300ppm
Sales de magnesio	150ppm
Sales Solubles	1500ppm
P.H	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500ppm
Materia orgánica	10ppm

Fuente: (N.T.P 339.088, 2006).

2.2.2.8 Adiciones. (N.T.P 334.001, 2001)

Los adicionales que se pueden colocar a una determinada investigación son a criterio del fabricante, siempre y cuando que estos no causen ningún efecto nocivo en el concreto.

Las adiciones en las mezclas se realizan de dos maneras, “por remplazo” o “adición” teniendo en cuenta el porcentaje de peso de cemento al que sustituirá o que será adicionado al total de la mezcla según sea el caso. Por lo regular son materiales solidos como pigmentos, fibras, micro sílice, escorias, caliza, etc. Las que modifican las características del concreto.

Es así que para utilizar los valores que se encuentran en el rango del 10% al 20% de esta investigación se tomó como referentes los antecedentes previos ubicados en el capítulo II, en el punto 2.1.1 y 2.1.2; los cuales establecen un porcentaje de sustitución que varían según el criterio del fabricante siempre y cuando no dañen al concreto, cuyos resultados ayuden a generar discusiones en esta investigación.

2.2.2.9 Puzolanas

Las puzolanas son materiales cementicios que reaccionan a temperaturas ambiente en presencia de humedad y del hidróxido de calcio; antiguamente este era utilizado como un cemento, hasta la creación del CP en el siglo XIX; está compuesto de materiales silíceos o



alumino- silíceos hoy en día se considera como un eco material. También las puzolanas pueden ser de origen natural (rocas volcánicas, esquistos, tierras diatomáceas, arcillas, pizarras, etc.) o artificial (cenizas volantes y micro sílice). (Medina Correa, 2010, pág. 31)

Según la NTP 334.090 la puzolana puede contener poco o ningún valor cementicio pero que finamente dividido este puede llegar a reaccionar químicamente con el hidróxido de calcio con presencia de humedad y formar compuestos cementicios.

Las principales ventajas de la técnica de los cementos adicionados con puzolana se pueden mencionar según (Bravo Santos & Diaz Valencia, 2018, pág. 17):

- Menor necesidad de agua
- Reducción del costo del conglomerante.
- Aumento de la impermeabilidad por la reducción de grietas en el fraguado.
- Alta trabajabilidad, menor segregación y menor exudación.
- Menor calor durante la hidratación y fraguado, y una consiguiente menor tendencia a la fisuración (agrietamiento).
- Mayor resistencia a la compresión a edades avanzadas y mayor resistencia en general a largo plazo.

2.2.2.10 Concreto

El concreto se produce en la combinación de CP, agregado fino, agregado grueso, agua en determinadas proporciones (Castillo I. F., 1997, pág. 11).

CONCRETO = CEMENTO PORTLAND + AGREGADOS + AIRE + AGUA.

El cemento y el agua son sustancias que al unirse reaccionan químicamente formando un material heterogéneo, dependiendo al tipo de trabajo se agregan sustancias llamadas aditivos para mejorar algunas propiedades del concreto.

2.2.2.10.1 Características

Como caracteriza (Castillo I. F., 1997, pág. 11) y es que:



- Tiene una gran facilidad a la hora de colocarse, ya que se adapta a cualquier encofrado aun en estado plástico.
- Los altos grados de resistencia a la compresión lo convierte en útil para elementos sometidos a la compresión.
- También sus altas resistencias al fuego y a la penetración del agua son importantes.

Desventajas

- Cuando se trata de elaborar, casi siempre no hay un responsable a cargo por lo que su elaboración no tiene un buen control de calidad.
- El concreto presenta poca cualidad a tracción.

2.2.2.10.2 Materiales componentes del Concreto

a) Ligantes

CP y Agua

b) Agregados

Agregado fino = arena

Agregado Grueso = grava, piedra chancada, confitillo, escoria de hornos.

Observación

CP + AGUA = PASTA

AGREGADO FINO + AGREGADO GRUESO = HORMIGON.

Las etapas principales para una buena producción buena del concreto son:

1. Dosificación.
2. Mezclado.
3. Transporte.
4. Colocación.
5. Consolidación.
6. Curado.



2.2.2.10.3 Tipos de concreto

A) **Concreto Simple:** Es una mezcla de CP, agregado fino, grueso y agua.

$$\text{CONCRETO SIMPLE} = \text{CP} + \text{AGREGADOS} + \text{AGUA.}$$

B) **Concreto Armado:** Se nombra así al concreto simple con armadura de acero como refuerzo, con la finalidad de soportar esfuerzos de tracción o incrementar la resistencia a la compresión del concreto.

C) **Concreto Ciclópeo:** Es el concreto simple que esta complementado con piedras desplazadores de tamaño máximo de 10", cubriendo hasta el 30% como máximo, del volumen total.

2.2.2.10.4 Estados del concreto

Según (Seminario, Chorres , Rivas, Ruesta, & Sota, Diseño de una planta productora de adoquines con agregados de concha de abanico, 2018).

a) Estado plástico

Este estado se origina ni bien se mezcla el agua con el cemento, lo que genera una pasta moldeable, por ende, la mezcla será proporcional a la cantidad de agua que se le introduzca.

b) Fraguado inicial

Etapa que dura aproximadamente tres horas donde se activan las reacciones químicas en la pasta de cemento, inicia el endurecimiento y la pérdida de la plasticidad el cual se mide en términos de resistencia a la deformidad, en esta fase se ve más alto el proceso exotérmico donde se genera calor de hidratación.

c) Fraguado final

Etapa que sucede tras el fraguado inicial que está caracterizado por el endurecimiento apreciable y deformaciones permanentes.

d) Endurecimiento

El endurecimiento inicia con el fraguado inicial y acaba con el fraguado final, en este estado el concreto se endurece y las capacidades resistentes aumentan donde se produce inicialmente la hidratación permanente de los silicatos de calcio.



2.2.2.10.5 Procesos de elaboración

a) Dosificación

La dosificación es el primer paso para elaborar adoquines de concreto donde las proporciones específicas de la mezcla dependerán de los materiales disponibles los requisitos, textura y calidad en la pavimentación; es así que la relación agua-cemento usualmente entre 0,27 y 0,40 para producir concreto de alto rendimiento y durabilidad (Jr., 1996) citado por (Seminario , Chorres, Rivas , Ruesta, & Sota, Diseño de una planta productora de Adoquines con agregados de Concha de Abanico, 2018, pág. 43).

Las proporciones seleccionadas deben realizarse de tal modo que cumpla las propiedades adecuadas, que los materiales garanticen el producto y valor económico del producto final. La relación entre los materiales son una guía para acercarse a la dosificación óptima y esto se determinará respecto a las diferentes características que tienen los materiales y son:

- Tipo de cemento
- Humedad en el ambiente
- Granulometría en los agregados
- Absorción de los agregados
- Consistencia deseada del concreto.

2.2.2.10.6 Mezclado

La mezcla de los materiales que se realizan manualmente no garantizan que la mezcla sea uniforme por ende sus resistencias disminuyen hasta un 50% más bajas (Fierro, 2014) citado por (Seminario, Chorres , Rivas, Ruesta, & Sota, Diseño de una planta productora de adoquines con agregados de concha de abanico, 2018, pág. 43).

Es así que los agregados y el CP deben mezclarse en seco hasta obtener una composición uniforme, el cual se agrega agua y se concluye mezclando 4 minutos más (Fierro, 2014) citado por (Seminario, Chorres , Rivas, Ruesta, & Sota, Diseño de una planta productora de adoquines con agregados de concha de abanico, 2018, pág. 44).

Según la mezcla en masa del concreto esta debe ser compuesta por una parte de cemento; tres partes de arena normalizada y media parte de agua (relación agua / cemento 0.50) (UNE-EN-196-1, 2005, pág. 21)



Se inicia el mezclado, pesando el cemento y el agua en una balanza; cuando se añade agua este debe ser con una precisión de +/- 1mm, cada lote debe ser amasado mecánicamente; el procedimiento es el siguiente.

Tabla 12
Preparación del concreto.

Preparación del concreto.	
1	Se vierte el agua y cemento en un recipiente, evitando pérdidas
2	Ni bien está en contacto el agua y el cemento se empieza a mezclar por 30 segundos
3	Se mezcla por otros 30 segundos echando la arena y se continúa amasando por otros 30 segundos.
4	Se para la amasada durante 90 segundos (para remover la mezcla)
5	Se continua el amasado durante 60 segundos más

Fuente: (UNE-EN-196-1, 2005, pág. 21).

b) Moldeado

Para este proceso se debe tener moldes limpios el cual se llenará con la mezcla de concreto. Entonces los adoquines pasan por un proceso llamado vibro compactado, el cual provee al adoquín de características de compacidad, impermeabilidad, donde facilita al desmolde, resistencia a la abrasión, etc. (Fierro, 2014) citado por (Seminario, Chorres , Rivas, Ruesta, & Sota, Diseño de una planta productora de adoquines con agregados de concha de abanico, 2018, pág. 44).

c) Secado

Después del desmoldeado el adoquín pasa a un sitio de secado, donde estará protegido de aspectos climatológicos para que el agua no se evapore y termine su fraguado.

d) Curado

Este proceso consiste en regar periódicamente los adoquines así conservar la humedad del concreto y que la reacción química del cemento continúe hasta lograr la resistencia deseada (Fierro, 2014). (Seminario , Chorres, Rivas , Ruesta, & Sota, Diseño de una planta productora de Adoquines con agregados de Concha de Abanico, 2018, pág. 44).



Donde el curado inicia después del vaciado y finaliza el acabado cuando el concreto debe desarrollar la durabilidad y resistencia deseada (National Ready Mixed Concrete Association, 1998). Los adoquines de concreto normalmente se curan durante 24 horas. (Seminario, Chorres, Rivas, Ruesta, & Sota, Diseño de una planta productora de adoquines con agregados de concha de abanico, 2018, pág. 44).

La reacción química que tiene el agua con el cemento se produce durante los primeros 7 días de edad y cerca del 80% de resistencia se adquiere durante los 28 días, esto se cumple si tiene un buen curado.

e) Control de calidad

La producción de adoquines de concreto se realizan en plantas procesadoras el cual no todos salen iguales (dimensiones, apariencia o resistencia) y esto sucede por las variaciones de los materiales que componen el concreto, los moldes, las maquinas, el manejo de estas, el curado y transporte de los adoquines terminados (Seminario, Chorres, Rivas, Ruesta, & Sota, Diseño de una planta productora de Adoquines con agregados de Concha de Abanico, 2018, pág. 44). Es así que el control de calidad, en nuestro país, se referencia con la NTP 399.611. donde esta norma debe cumplir con el mínimo de 290kg/cm² resistencia a la compresión el cual pertenece a los adoquines de tipo tránsito peatonal.

2.2.2.11. Diseño de mezcla

A la hora de realizar las dosificaciones de los materiales integrantes de la mezcla del concreto conocido como diseño de mezcla, primero se hace un proceso de selección que sean más adecuados y de combinaciones más convenientes, por lo tanto, económicos, con el propósito de obtener un producto que en estado plástico pueda llegar a las propiedades deseadas que son: trabajabilidad, consistencia y una vez endurecidos estos lleguen a las propiedades deseadas por el diseñador.

2.2.2.11.1 Métodos de ensayo de cemento UNE-EN 196-1 – Norma Española

Este método de ensayo se utiliza por que las legislaciones que permiten su uso como residuo no peligroso son abaladas en la ciudad de Chile, Estados Unidos y Europa; por otro lado, el (Comité técnico AEN/CTN 80, 2005) describe el método para determinar la compresión, resistencias mecánicas, compresión a flexión del mortero de cemento, etc., métodos que se aplican para todo tipo de cementos. Esta norma describe la metodología, el equipo y



procedimientos referentes para la elaboración de morteros, donde toma de referencia normas EN 197 – 1; 196- 7; ISO 1302; ISO 7500 – 1; ISO – 565; ISO – 1101; ISO- 3310; ISO 4200. (UNE-EN-196-1, 2005).

En conclusión, esta norma plantea una metodología para la elaboración de concretos con cemento de acuerdo a varias legislaciones establecidas.

2.2.2.11.2 Secuencia de diseño

Para realizar el procedimiento de diseño se considera fundamental alcanzar las proporciones de la mezcla así lograr las propiedades deseadas del concreto. (Lopez Larrea & Pinedo Bustamante, Mejoramiento de las características físico mecánicas de adoquines de cemento para pavimentación, adicionando escoria de horno eléctrico en su proceso de fabricación., 2015, pág. 53) y son las siguientes.

- Analizar minuciosamente los requerimientos que señalen las especificaciones técnicas del proyecto a desarrollar.
- Seleccionar las características del elemento a diseñar, así obtener el tamaño nominal del agregado.
- Determinar la consistencia de la mezcla y expresarla en función del asentamiento.
- Determinar el porcentaje de aire total o parcial atrapado en el concreto normal o concretos que por razones de durabilidad se incorpore aire mediante el uso de un aditivo.
- Analizar y seleccionar la relación agua cemento para obtener la resistencia deseada del elemento estructural.
- Escoger la relación agua cemento necesario por condición de durabilidad.
- Optar la menor relación de agua cemento elegido por resistencia y durabilidad.
- Establecer el valor cemento por unidad cubica de concreto, en función del volumen de agua y la relación agua cemento.
- Analizar y determinar las proporciones relativas de los agregados finos y gruesos como también la EFC; esta selección de cada uno de los materiales debe ser en unidades cubicas de concreto, procedimiento condicionado del diseño seleccionado.
- Ajustar proporciones de acuerdo al ensayo y mezcla realizados.



2.2.2.12 Diseño de procesos del adoquín

En este apartado se define la información respecto a la planta procesadora de adoquines, donde la capacidad de elaboración de adoquines se explica con la tecnología que se va a utilizar, determinando sus características de la maquinaria y el proceso de producción del adoquín

2.2.2.12.1 Tecnología a utilizar en planta

En el mercado de empresas de prefabricados existen muchos tipos de diversificación de sus productos, para lograr abastecer el mercado en muchos casos se combinan el uso de maquinaria y mano de obra para ser competitivos, por tanto, lo usual de plantas adoquineras es la semiautomática (Seminario, Chorres , Rivas, Ruesta, & Sota, Diseño de una planta productora de adoquines con agregados de concha de abanico, 2018, pág. 101).

2.2.2.12.2 Maquinaria y herramientas

Entre las maquinarias para la elaboración de los adoquines tenemos según (Seminario , Chorres, Rivas , Ruesta, & Sota, Diseño de una planta productora de Adoquines con agregados de Concha de Abanico, 2018).

- Triturado o chancadora
- Bloquera: fuente consultada de Rometa de empresas españolas tipo de maquina semi automática, modelo 1010.30 (capacidad de 500 bloques por hora).
- Capacidad máxima de producción de maquina bloquera:
 - Unidad/ Ciclo: 8
 - Duración de ciclo: 35 segundos
 - Tiempo de producción: 25200 segundos
 - Capacidad máxima diaria: 5760 unidades

2.2.2.13 Análisis económico y financiero del adoquín

Costos y gastos de la operación según (Seminario , Chorres, Rivas , Ruesta, & Sota, Diseño de una planta productora de Adoquines con agregados de Concha de Abanico, 2018):

- Materia prima
- Transporte
- Alquiler



- Mantenimiento
- Servicios EE y agua
- Personal
- Otros.

Dosificación que se utilizara para calcular la materia prima del adoquín

Componentes

- Agua en kg /adoquín
- Cemento portland tipo IP en kg /adoquín
- Agregado fino en kg /adoquín
- EFC en kg /adoquín

Precio de materias primas año 2021 según (Seminario , Chorres, Rivas , Ruesta, & Sota, Diseño de una planta productora de Adoquines con agregados de Concha de Abanico, 2018):

- Cemento (soles/bolsa): S/ 22.60
- Agregado fino (soles m³): S/ 44.95
- Agua (soles/m³): S/ 1.85
- EFC (soles m³): S/ 0.00
- Costos de energía eléctrica: S/ 4.29 KW/h
- Maquinaria: S/ 26.23 H/h
- Personal: S/ 88.46 H/h



2.3 Hipótesis o supuestos

2.3.1 Hipótesis general

- El prototipo de adoquín de uso peatonal elaborado con escoria de fundición de cobre (EFC) contribuirá a la reducción de la contaminación del medio ambiente.

2.3.2 Hipótesis específicas

- Se optimizará el nivel de resistencia y absorción del adoquín con EFC a los tiempos de curado de 7; 14 y 28 días relación a/c= 0.50 y 0.45
- La dosificación para elaborar los adoquines con EFC se optimizará respecto al tradicional.
- El costo de producción del adoquín con sustitución del CP por la EFC es 49% más económico que el adoquín tradicional



2.4 Definición de Variables o Categorías

2.4.1 Variables independientes

Concreto con sustitución de CP por EFC en proporciones de peso.

Es el concreto fabricado para esta investigación, donde se reemplazó de manera progresiva el CP por la EFC en proporciones porcentuales de peso, para así analizar posteriormente su influencia en las propiedades resistentes y consistentes del concreto.

Indicadores.

- Cantidad de CP tipo IP en peso (kg).
- Cantidad de agregado fino en peso (kg).
- Cantidad de agua en volumen (litros).
- Cantidad de EFC en peso (kg).

2.4.1.1 Variables dependientes

Propiedades de resistencia del adoquín endurecido

Se trata del análisis de la incidencia de la sustitución del CP por la EFC sobre la resistencia del concreto endurecido.

Indicador:

- Resistencia a la compresión (kg/cm²), que depende de la fuerza (kg-f) y del área del adoquín (cm²).
- Absorción del adoquín, que depende del peso (kg) y determina la cantidad de agua absorbida.
- Dimensionamiento que depende del tamaño del adoquín.



CAPITULO III: METODOLOGIA

3.1 Metodología de la Tesis

3.1.1 Enfoque de la investigación

Dado que se busca comprobar la hipótesis, aplicando lógica deductiva, los objetivos previos y la teoría generada a partir de comparar la investigación previa con los resultados del estudio; este trabajo se considera con un enfoque de tipo cuantitativo (Hernandez Sampieri , Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2006, pág. 5). Por qué se busca cuantificar un fenómeno mediante valores numéricos asociados a la resistencia a la compresión axial del adoquín y probar teorías.

3.1.2 Nivel o alcance de la investigación

Según (Hernandez Sampieri , Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2006, pág. 105); la investigación es experimental, ya que se manipula las variables con las que se va a trabajar que es el grado de relación del CP tipo IP por la sustitución de la EFC, respecto a la compresión del concreto.

3.1.3 Método de investigación

La metodología de esta investigación es **lógica – deductiva** donde nos proponemos a seguir los ensayos y procedimientos con normas europeas (Norma Española UNE-EN 196-1, 2005), como normativas peruanas (NTP 399.611, 2017) los cuales verificaremos en el grado de sustitución del conglomerante CP por la EFC a la hora de realizar la mezcla, el cual ayudará a optimizar el nivel de resistencia y rugosidad del adoquín de tipo de tránsito peatonal a los 7; 14 y 28 días; también obtener la dosificación óptima para su respectiva elaboración, pues consideramos que esta metodología tiene buenos estándares de calidad.

Nuestro estudio entonces permitirá conocer la relación de CP, agregados, agua y EFC para la elaboración de adoquines de tipo peatonal, así aumentar la efectividad de la realización de estos elementos no estructurales modulares.



3.2 Diseño de la investigación

3.2.1 Diseño metodológico.

Este estudio presenta un tipo de diseño experimental, el cual a la hora de realizar la mezcla presentará EFC en sustitución del CP en proporción peso (patrón, 10%,15% y 20%) con una relación a/c=0.50 y 0.45, en el tiempo de 7,14 y 28 días y otro grupo que se obtendrá del mercado realizados convencionalmente (CP, agua y agregado fino), estos a la vez pasaron por certificados de calidad como la ISO 9001.

Es así que tanto los adoquines realizados con materiales convencionales (diseño de adoquín propio) y los adquiridos en mercado serán nuestra muestra de adoquines control a comparar respecto a los que tienen sustitución de CP por EFC; teniendo como finalidad el resultado de la sustitución de la EFC en diferentes proporciones respecto al CP tipo IP y así contrastar la resistencia del adoquín de tipo peatonal establecido en la (NTP 399.611, 2017).

Entonces este estudio de carácter experimental puro y analítico cuenta de dos partes:

El primero con un diseño post prueba donde un grupo de adoquines se realizarán con una mezcla de CP, agregados y agua (mezcla patrón) mientras que el otro grupo será realizado con sustitución del CP por la EFC en porcentajes de 10%, 15% y 20 y el otro grupo que será adquirido en el mercado los cuales pasaron por estándares de calidad (ISO-9001); presencia y ausencia de la EFC por lo que ha de ayudar a conocer la proporción apropiada de EFC que debe sustituir al agregado cemento y obtener una mezcla en el diseño del adoquín no estructural.

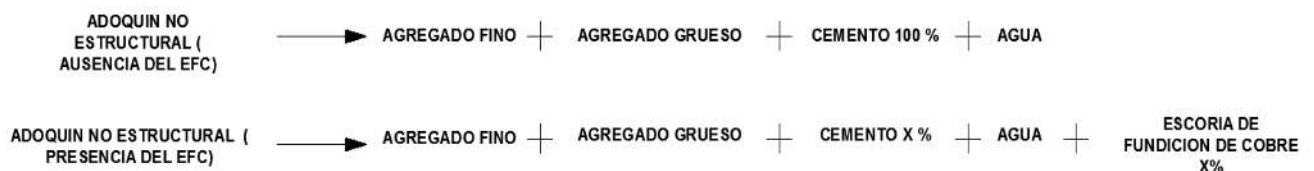


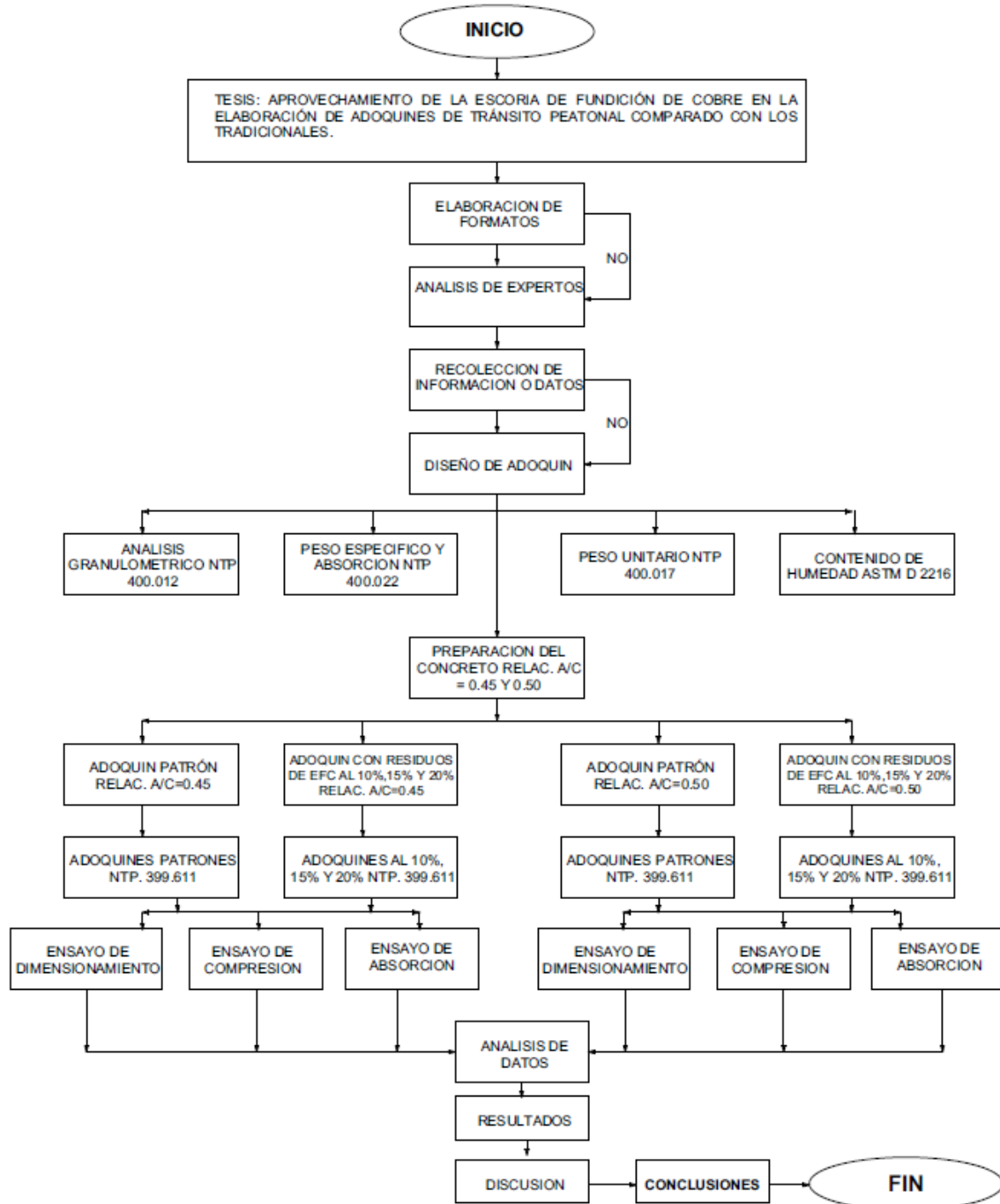
Figura 28. Diseño de la investigación post- prueba.

Fuente: propia



3.2.2 Diseño de Arquitectura.

Mapa conceptual que permite organizar y representar de manera gráfica el procedimiento de toda la investigación desde una etapa inicial hasta los resultados finales



Fuente: elaboración propia



3.3 Población y Muestra

3.3.1 Población

3.3.1.1 Descripción de la población

Población es el conjunto de objetos u cosas de los que se desea conocer sus características a las cuales está referida la investigación. (Lopez Pedro Luis, 2004).

La investigación considera como población a los adoquines de diseño propio, elaborados con EFC en sustitución del CP tipo IP en porcentajes de peso (patrón, 10%, 15% y 20%) con una relación a/c=0.45 y 0.50), con agregado fino y agua potable realizadas en la ciudad del Cusco, como también adoquines adquiridos en el mercado.

3.3.1.2 Cuantificación de la población

La cuantificación de la población son los adoquines de diseño propio, elaborados con la sustitución del CP tipo IP por la EFC en proporciones de peso (patrón, 10%, 15% y 20%) con relaciones a/c de 0.45 y 0.50 y los adquiridos en el mercado de la ciudad del Cusco.

3.3.2 Muestra

3.3.2.1 Descripción de la muestra.

Parte de la población seleccionada para el desarrollo de la investigación del cual se obtendrá información y medición de variables que serán objetos de estudio.

Es así que las muestras se realizaron con un prototipo de molde que se diseñó previamente (molde propio), de tal forma que este sea modular (anexo 1), los cuales fueron elaborados 3 unidades para cada edad (7,14 y 28 días) para 4 tipos de sustitución (patrón, al 10%,15% y 20%); el segundo adoquín se adquirió de mercado el cual se utilizó para hacer una comparación de sus características el cual se observa en el (anexo 2).

Es así que para esta investigación la muestra será de 108 testigos, los cuales un grupo serán elaborados con EFC sustituyendo al CP de tipo - IP en proporción peso (patrón, al 10%, 15% y 20%), los cuales serán comparadas con adoquines del mercado local de la ciudad de Cusco y el mismo patrón lo que permitirán analizar los resultados de las pruebas.



3.3.2.2 Cuantificación de la muestra.

- Para los diferentes ensayos se elaboró el nuevo diseño de adoquín (diseño propio), anexo 1 y se adquirió el adoquín de mercado (anexo 2).
- Para la prueba de compresión, se realizó un molde de 17cm x 12cm x 4cm, donde se elaboraron 3 unidades de adoquines para cada edad (7,14 y 28 días), para 4 tipos de porcentajes de sustitución de CP (patrón, 10%,15% y 20%) haciendo un total de 36 muestras para este ensayo en proporción agua cemento; $a/c= 0.45$ y otras 36 muestras en $a/c= 0.50$; todas estas unidades libres de desperfectos, no tener cangrejas y no presentar fisuras o grietas.
- Para la prueba de absorción, tolerancia dimensional y alabeo se realizó 24 unidades para 4 tipos de porcentajes de sustitución en adoquines (patrón, 10%,15% y 20%), que estén libre de desperfectos, no tener cangrejas y no presentar fisuras o grietas.
- Para la prueba de compresión de adoquines de mercado se realizó con 03 unidades estos con características libres de imperfecciones, superficies planas y que no presenten fisuras o grietas.
- Para la prueba de absorción y densidad aparente de muestras de mercado se realizó con 06 unidades con características libres de imperfecciones, superficies planas y que no presenten fisuras o grietas a la hora de ingresar al horno.

3.3.2.3 Método de muestreo.

Según (Hernandez Sampieri , Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2006, pág. 241), la investigación es de tipo de muestreo no probabilístico o muestreo dirigido, la población no depende de la probabilidad sino de las características de la investigación; debido a que las normas (UNE-EN-196-1, 2005), (NTP 399.611, 2017) establecen el número de pruebas como mínimo.

Por ende, la investigación manejó el método de muestreo “No probabilístico” ya que la selección de muestras no depende de la probabilidad sino de causas relacionadas con los componentes de la investigación y el criterio del investigador.



3.3.2.4 Criterios de Evaluación de muestra.

- La resistencia a la compresión se lleva a evaluar con la rotura de los adoquines, siempre y cuando estos posean un espesor de 4cm con algunas variaciones admisibles según la (NTP 399.611, 2017), también que la superficie de contacto esté libre de imperfecciones lo cual estas deben ser planas, sin cangrejas fisuras y grietas.
- Para evaluar y analizar la absorción, densidad aparente los adoquines se sacan de la posa de curado y se llevan al horno a una temperatura de 110°C, siempre y cuando estos tengan un espesor de 4cm con algunas variaciones admisibles según la (NTP 399.611, 2017), estos deben ser planas, sin cangrejas fisuras y grietas.
- Para analizar el dimensionamiento de los adoquines estos tienen que tener un espesor de 4cm con algunas variaciones admisibles según la (NTP 399.611, 2017), también que estos no presenten imperfecciones lo cual estas deben ser planas, sin cangrejas fisuras y grietas.

Tabla 13
Cantidad de especímenes por relación a/c

CANTIDAD DE MUESTRAS								
ENSAYO	MUESTRA	ADOQUIN A/C=0.45			ADOQUIN A/C=0.50			TOTAL
		7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS	
COMPRESION	10% EFC	3	3	3	3	3	3	18
	15% EFC	3	3	3	3	3	3	18
	20% EFC	3	3	3	3	3	3	18
	PATRÓN	3	3	3	3	3	3	18
	ADOQ. MERCADO			3			3	6
ABSORCION	10% EFC			3			3	6
	15% EFC			3			3	6
	20% EFC			3			3	6
	PATRÓN			3			3	6
	ADOQ. MERCADO			3			3	6
TOTAL								108

Fuente: Elaboración propia



3.3.3 Criterios de inclusión

- Los adoquines se fabricaron con agregado fino.
- Los adoquines se elaboraron con CP tipo IP (Yura).
- Los adoquines experimentales se elaboraron con residuos mineros llamados EFC de los almacenes pasivos ubicados en la ciudad y región de Pasco distrito de Pasco, con porcentajes de remplazo del CP, adoquín patrón al 10%, 15% y 20%.
- Estos especímenes fueron ensayados en los tiempos de 7,14 y 28 días de su producción.
- Se utilizó adoquines diseñados previamente para el ensayo de resistencia a la compresión con dos diferentes relaciones de agua cemento ($a/c = 0.45$ y $a/c = 0.50$).
- Los adoquines de mercado se adquirieron en la ciudad del Cusco.



3.4 Instrumentos

3.4.1 Instrumentos metodológicos o Instrumentos de recolección de datos.

Estos instrumentos tienen la finalidad de reunir datos para el análisis y procesamiento de resultados.

3.4.1.1 Material fino

Tabla 14

Ficha de recolección de datos para cantidad de arena fina

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA			ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA	
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 01		CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ DE 75 µm (N° 200) POR LAVADO (MTC E 202)				
TESIS: "APROVECHAMIENTO DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN DE COBRE EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE TRÁNSITO PEATONAL COMPARADO CON LOS TRADICIONALES"						
DATOS DE LA MUESTRA						
Cantera	VICHOR - SAN SALVADOR HUAMBUUTIO					
Material	ARENA FINA					
Fecha	16/11/2020					
Responsable	HANCO AGUILAR HAROLD ALDAIR					
DATOS DE LAVADO DE LA MUESTRA						
PRIMER ENSAYO		SEGUNDO ENSAYO				
Antes del lavado		Antes del lavado				
Peso de la muestra seca (gr):		gr		Peso de la muestra seca (gr):		
Después del lavado		Después del lavado				
Peso de la muestra seca (gr):		gr		Peso de la muestra seca (gr):		
Peso del residuo filtrado seco (gr):		gr		Peso del residuo filtrado seco (gr):		
TERCER ENSAYO						
Antes del lavado						
Peso de la muestra seca (gr):		gr				
Después del lavado						
Peso de la muestra seca (gr):		gr				
Peso del residuo filtrado seco (gr):		gr				
MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ DE 75 µm (N° 200)						
DESCRIPCIÓN		Primer Ensayo	Segundo Ensayo	Tercer Ensayo		
Material que pasa el tamiz N° 200		gr				
Porcentaje de material fino que pasa el tamiz N° 200		%				
Verificación		%				
% de Error en Peso		%				
Promedio:						
Fracciones Gruesa y Fina de la Muestra						
Fracción Fina (Pasa el Tamiz N° 200) =						
Fracción Gruesa (Retiene el Tamiz N° 200) =						
Total =						
OBSERVACIONES:						
Tabla 1		Tamaño Máximo Nominal = 4.75 mm (N°4)				
Cantidad mínima de muestra agregado		Peso mínimo de la muestra (g)				
4.75 mm (N° 4) ó menor		300				
9.5 mm (3/8")		1 000				
19.0 mm (3/4")		2 500				
37.5 mm (1 1/2") o mayor		5 000				
Fuente: Manual de ensayos de materiales del Ministerio de Transportes.-MTC E 20		ASTM C33 : Máximo 5 % de porcentaje del material fino para su aceptación				
ASTM		$A = \frac{B - C}{B} \times 100$ DONDE: A= Porcentaje del material fino que pasa el tamiz de 75 µm (N° 200) por lavado. B= Peso seco de la muestra original. C= Peso seco de la muestra después de lavar				

Fuente: Elaboración propia



3.4.1.2 Peso Unitario y vacíos

Tabla 15

Peso unitario y vacío de los agregados

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA					
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 02		PESO UNITARIO Y VACIOS DE LOS AGREGADOS (MTC E 203)			
TESIS: "APROVECHAMIENTO DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN DE COBRE EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE TRÁNSITO PEATONAL COMPARADO CON LOS TRADICIONALES"					
DATOS DE LA MUESTRA					
Cantera	VICHOR - SAN SALVADOR HUAMBUUTIO				
Material	ARENA FINA				
Fecha	19/11/2020				
Responsable	HANCO AGUILAR HAROLD ALDAIR				
PESO UNITARIO SUELTO DE LA ARENA SEMI GRUESA					
DATOS DEL ENSAYO		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
Número de Molde	#	PRC-003	PRC-003	PRC-003	PRC-003
Peso del Molde	gr				
Peso del Molde + Muestra Suelta	gr				
Peso de la Muestra Suelta	gr				
Altura del Molde	cm				
Diámetro del Molde	cm				
Volumen del Molde	cm ³				
Peso Unitario Suelto	gr/cm ³				
Peso Unitario Suelto	Kg/m ³				
PESO UNITARIO COMPACTADO DE LA ARENA SEMI GRUESA					
DATOS DEL ENSAYO		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
Número de Especimen	#				
Peso del Molde	gr				
Peso del Molde + Muestra Compactada	gr				
Peso de la Muestra Compactada	gr				
Altura del Molde	cm				
Diámetro del Molde	cm				
Volumen del Molde	cm ³				
Peso Unitario Compactado	gr/cm ³				
Peso Unitario Compactado	Kg/m ³				
RESULTADOS					
Peso Unitario Suelto :		Kg/m ³			
Peso Unitario Compactado :		Kg/m ³			
OBSERVACIONES:					
7.1.1. Peso unitario: calcular el peso unitario compactado o suelto, como sigue:					
$M = \frac{(G - T)}{V}$ (1)		Molde Utilizado: Proctor estándar compacto. Molde, 4" ID x 4,584" H con 2-1 / 2" collar desmontable			
$M = (G - T) \times F$ (2)					
Donde: M = Peso unitario del agregado en kg/m ³ (lb/pe ³) G = Peso del recipiente de medida más el agregado en kg (lb) T = Peso del recipiente de medida en kg (lb) V = Volumen del recipiente de medida en m ³ (pie ³), y F = Factor del recipiente de medida en m ⁻³ (pie ⁻³)					
Fuente: Manual de ensayos de materiales del Ministerio de Transportes - MTC E 202 Imagen: https://www.tumbolitejg.com/standard-proctor-compacto-molde.html					

Fuente: Elaboración propia



3.4.1.3 Análisis Granulométrico

Tabla 16

Análisis Granulométrico de agregados finos

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA																							
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 03		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS (MTC E 204)																									
TESIS: "APROVECHAMIENTO DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN DE COBRE EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE TRÁNSITO PEATONAL COMPARADO CON LOS TRADICIONALES"																											
DATOS DE LA MUESTRA																											
Cantera	VICHOR - SAN SALVADOR HUAMBUUTIO			N° 01																							
Material	ARENA FINA																										
Fecha	16/11/2020																										
Responsable	HANCO AGUILAR HAROLD ALDAIR																										
ANALISIS GRANULOMÉTRICO																											
Peso Muestra Inicial:		gr		Diferencia de pesos:		gr																					
Peso Muestra Final:		gr		Compensación:		gr																					
TAMIZ	Apertura del tamiz (mm)	Peso retenido (gr)	Peso retenido cmp (gr)	% Retenido	Peso retenido acumulado	% Retenido acumulado	% Que pasa																				
#4	4.75																										
#8	2.36																										
#16	1.18																										
#30	0.60																										
#50	0.300																										
#100	0.149																										
#200	0.074																										
Fondo	0.000																										
TOTAL:																											
Modulo de fineza = 1.50		Porcentaje de diferencia de pesos = 100.00%				cumple el numeral 6.6																					
CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA ENSAYADA																											
OBSERVACIONES:				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TABLE 1 Grading Requirements for Fine Aggregate</th> </tr> <tr> <th>Sieve (Specification E 11)</th> <th>Percent Passing</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8.5-mm (No. 20)</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>4.75-mm (No. 40)</td> <td>85 to 100</td> </tr> <tr> <td>2.50-mm (No. 60)</td> <td>60 to 100</td> </tr> <tr> <td>1.18-mm (No. 150)</td> <td>35 to 100</td> </tr> <tr> <td>600-µm (No. 300)</td> <td>25 to 60</td> </tr> <tr> <td>300-µm (No. 600)</td> <td>5 to 30</td> </tr> <tr> <td>150-µm (No. 1000)</td> <td>0 to 10</td> </tr> <tr> <td>75-µm (No. 200)</td> <td>0 to 5.0*</td> </tr> </tbody> </table>				TABLE 1 Grading Requirements for Fine Aggregate		Sieve (Specification E 11)	Percent Passing	8.5-mm (No. 20)	100	4.75-mm (No. 40)	85 to 100	2.50-mm (No. 60)	60 to 100	1.18-mm (No. 150)	35 to 100	600-µm (No. 300)	25 to 60	300-µm (No. 600)	5 to 30	150-µm (No. 1000)	0 to 10	75-µm (No. 200)	0 to 5.0*
TABLE 1 Grading Requirements for Fine Aggregate																											
Sieve (Specification E 11)	Percent Passing																										
8.5-mm (No. 20)	100																										
4.75-mm (No. 40)	85 to 100																										
2.50-mm (No. 60)	60 to 100																										
1.18-mm (No. 150)	35 to 100																										
600-µm (No. 300)	25 to 60																										
300-µm (No. 600)	5 to 30																										
150-µm (No. 1000)	0 to 10																										
75-µm (No. 200)	0 to 5.0*																										
<p>6.6 Determinar el peso de la muestra retenido en cada tamiz, con una balanza que cumpla lo exigido en el numeral 5.1.</p> <p>El peso total del material después del tamizado, debe ser verificado con el peso original de la muestra ensayada. Si la cantidad difiere en más del 0.2% del peso seco original de la muestra, el resultado no debe ser usado con fines de aceptación.</p> <p>Fuente: Manual de ensayos de materiales del Ministerio de Transportes -MTC E 204</p>				<p>Fuente: ASTM C 33-03a Especificaciones de Agregados para</p>																							

Fuente: Elaboración propia



3.4.1.4 Ensayo de dimensionamiento de adoquines.

Tabla 17

Ensayo de Dimensionamiento de los adoquines

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA																																																																																																																								
ENSAYO DE DIMENSIONAMIENTO DE ADOQUINES																																																																																																																									
HECHO POR : HAROLD ALDAIR HANCO AGUILAR MUESTRA : UBICACION: FECHA:																																																																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">Nro.</th> <th style="width: 15%;">MUESTRA</th> <th style="width: 20%;">ANCHO MINIMO (C - G)</th> <th style="width: 15%;">LARGO</th> <th style="width: 15%;">ANCHO MAXIMO (B - H)</th> <th style="width: 15%;">ESPESOR</th> <th style="width: 15%;"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>			Nro.	MUESTRA	ANCHO MINIMO (C - G)	LARGO	ANCHO MAXIMO (B - H)	ESPESOR		1							2							3							4							5							6							7							8							9							10							11							12							13																											
Nro.	MUESTRA	ANCHO MINIMO (C - G)	LARGO	ANCHO MAXIMO (B - H)	ESPESOR																																																																																																																				
1																																																																																																																									
2																																																																																																																									
3																																																																																																																									
4																																																																																																																									
5																																																																																																																									
6																																																																																																																									
7																																																																																																																									
8																																																																																																																									
9																																																																																																																									
10																																																																																																																									
11																																																																																																																									
12																																																																																																																									
13																																																																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%;">DIA</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> <tr> <td>MES</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>AÑO</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		DIA				MES				AÑO				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 70%;">RESPONSABLE</td> <td style="width: 10%;">DIA</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td>NOMBRE</td> <td>MES</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>AÑO</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">FIRMA</td> </tr> </table>		RESPONSABLE	DIA		NOMBRE	MES			AÑO		FIRMA																																																																																																
DIA																																																																																																																									
MES																																																																																																																									
AÑO																																																																																																																									
RESPONSABLE	DIA																																																																																																																								
NOMBRE	MES																																																																																																																								
	AÑO																																																																																																																								
FIRMA																																																																																																																									

Fuente: Elaboración propia



3.4.1.5 Ensayo de absorción de adoquines.

Tabla 18

Ensayo de Absorción de adoquines

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA																														
ENSAYO DE ABSORCION DE ADOQUINES																														
HECHO POR : HAROLD ALDAIR HANCO AGUILAR																														
MUESTRA :																														
UBICACION:																														
FECHA:																														
	N ^o .	MUESTRA	PESO SUMERGIDO	PESO SECO EN HORNO	PESO DEL AGUA ABSORBIDA	% DE ABSORCION	PROMEDIO																							
	1																													
	2																													
	3																													
	4																													
	5																													
	6																													
	7																													
	8																													
	9																													
	10																													
	11																													
	12																													
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; border: 1px solid black;">DIA</td> <td style="width: 10%; border: 1px solid black;"></td> <td style="width: 10%; border: 1px solid black;"></td> <td style="width: 10%; border: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">MES</td> <td style="border: 1px solid black;"></td> <td style="border: 1px solid black;"></td> <td style="border: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">AÑO</td> <td style="border: 1px solid black;"></td> <td style="border: 1px solid black;"></td> <td style="border: 1px solid black;"></td> </tr> </table>			DIA				MES				AÑO				<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 70%; border: 1px solid black;">RESPONSABLE</td> <td style="width: 10%; border: 1px solid black;">DIA</td> <td style="width: 10%; border: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">NOMBRE</td> <td style="border: 1px solid black;">MES</td> <td style="border: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;"></td> <td style="border: 1px solid black;">AÑO</td> <td style="border: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="border: 1px solid black; text-align: center; height: 40px;">FIRMA</td> </tr> </table>				RESPONSABLE	DIA		NOMBRE	MES			AÑO		FIRMA		
DIA																														
MES																														
AÑO																														
RESPONSABLE	DIA																													
NOMBRE	MES																													
	AÑO																													
FIRMA																														

Fuente: Elaboración propia



3.4.1.6 Ensayo de compresión de adoquines.

Tabla 19

Ensayo de compresión en adoquines

	<p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA</p>					
ENSAYO DE COMPRESION EN UNIDADES DE ADOQUINES						
<p>HECHO POR : HAROLD ALDAIR HANCO AGUILAR</p> <p>MUESTRA :</p> <p>UBICACION:</p> <p>FECHA:</p>						
MUESTRA	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (P Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION		
	cm ²	kgf	ksc	Mpa.		
F c promedio						
DIA				RESPONSABLE	DIA	
				NOMBRE	MES	
MES					AÑO	
AÑO				FIRMA		

Fuente: Elaboración propia



3.4.2 Instrumentos de Arquitectura.

3.4.2.1. Balanza de precisión.

La balanza de precisión es un instrumento donde su principal objetivo es determinar la masa de los cuerpos equilibrándolas con pesos llamados pesas; y estas varían con precisiones de 0.01 gramos hasta los 30kg.



Figura 29. Balanza de Precisión
Fuente: Elaboración propia

3.4.2.2 Moldes de adoquines

Los moldes que se elaboraron para los adoquines son nuevos diseños modulares (molde propio), con dimensiones que están en el rango de los adoquines según la NTP 399.611 cumpliendo un espesor de 4cm establecido en la NTP para zonas peatonales, el fin de este nuevo molde es que nos permitirá tener una nueva forma de distribución en los pavimentos.



Figura 30. Moldes de Adoquín
Fuente propia

3.4.2.3 Martillo de goma

Los martillos de goma tienen varios usos, pero el principal es para la compactación del concreto que es introducido en el nuevo molde, también nos permite desmoldar de una forma rápida, en donde se cuida al adoquín elaborado.



Figura 31. Martillo de Goma
Fuente propia



3.4.2.4 Pozas de Curado

La presente investigación utilizó los pozos de curado que tiene la Universidad Andina del Cusco los cuales son de forma rectangular.



Figura 32. Posa de Curado.
Fuente propia

3.4.2.5 Máquina de compresión axial.

La máquina de compresión axial es un instrumento de laboratorio que permite calcular el módulo de rigidez del elemento a ensayar que ejerce una fuerza sobre el pistón hidroneumático accionado por la electricidad sobre una probeta o testigo. Esta máquina determina de forma experimental la fuerza máxima necesaria antes de que este elemento falle o colapse.



Figura 33. Máquina de Compresión Axial marca Humboldt.
Fuente propia

3.4.2.6 Horno marca Humboldt

Esta máquina permite subir a temperatura de 100°C las muestras ya sea agregado o adoquines para verificar los diferentes ensayos según la norma NTP 399.611, NTP 400.012, etc.



Figura 34: Horno marca Humboldt
Fuente propia



3.4.2.7 Mesa vibradora

Máquina para vibrar los moldes o bloques de concreto (adoquín) el cual permite que la compactación del concreto sea uniforme y que estos moldes no presenten muchos vacíos los cuales debilitarían al elemento no estructural por ende es una máquina que garantiza la durabilidad de nuestro producto.



*Figura 35. Maquina Vibradora.
Fuente propia*

3.4.2.8 Tamizador digital

Esta máquina se utiliza para ensayos granulométricos de separación en vía seca, generalmente fabricadas de acero el cual cuenta con un reloj digital con regulación de potencia, control de tamizado, ajuste digital.



*Figura 36. Tamizador Digital
Fuente propia*



3.4.2.9 Juego de tamices

Este juego de tamices se utiliza para los ensayos granulométricos de los agregados donde se utiliza mallas con diferentes aberturas estandarizadas a la serie ASTM C 136. Además, los tamices deben cumplir con la NTP. 350. 001.



Figura 37. Juego de Tamices

Fuente propia

3.4.2.10 Mesa de flujo



Figura 38. Mesa de Flujo.

Fuente propia



3.4.2.11 Instrumentos breves de utilización en el laboratorio.

En el desarrollo de la tesis se utilizaron diversas máquinas y herramientas del laboratorio en algunas pruebas. En algunos casos se utilizaron herramientas cotidianas y en otros casos herramientas del laboratorio de uso especializado, que en este caso no, requieren una descripción detallada ni definiciones teóricas, porque son de uso común.



Figura 39. Wincha de mano
Fuente propia



Figura 40. Escobilla de acero
Fuente propia



Figura 41. Cucharon metálico
Fuente propia



Figura 42. Vernier
Fuente propia



Figura 43. Jarra con graduación en litros
Fuente propia



Figura 44. Baldes o depósitos de plástico
Fuente propia



Figura 45. Marcador de las probetas
Fuente propia



Figura 46. Carretilla tipo Boogie
Fuente propia



Figura 47. Boul pequeños
Fuente propia



Figura 48. Alicata y martillo universal
Fuente propia



Figura 49. Guantes de seguridad
Fuente propia



Figura 50. Equipo de seguridad
Fuente propia



Figura 51. Espátulas y badilejo



Figura 52. Boul o bandejas de mezcla.
Fuente propia



Figura 53. Escobilla
Fuente propia



Figura 54. Desarmadores
Fuente propia



Figura 55. Regla metálica
Fuente propia

3.5 Procedimientos de recolección de datos.

3.5.1 Procedimiento para la obtención de la Escoria de Fundición de cobre:

Se hizo el contacto con la empresa distribuidora de EFC “ALAMA SAC” y el traslado se realizó por transporte terrestre Wari Cargo – Palomino hasta el laboratorio de la Universidad Andina del Cusco; EFC que previamente paso por un proceso de molienda u homogenización donde se trituro de manera secuencial primero hasta llegar a el tamaño de granos homogéneos en una cantidad de 25kg por saco y la segunda fase fue hasta llegar a un tamaño de 17 μm ; la cantidad de muestras que se homogeneizo fue de alrededor de 2kg por muestra el cual fue almacenado en bolsas herméticas.

3.5.1.1 Equipos y Materiales

- Sacos
- Guantes
- Baldes
- Cascos



Figura 56. Carguío y transporte de la EFC.

Fuente propia



Figura 57: Residuos de la escoria de fundición de Cobre
Fuente

3.5.1.2 Propiedades químicas y composición granulométrica de la EFC. - tomada del proyecto de investigación “Nuevos materiales compuestos basados en diferentes matrices cementantes usando escoria de cobre, con partículas de caucho procedentes de neumáticos fuera de uso”.

Tabla 20: Composición química mediante fluorescencia X (FRX)

COMPOSICIÓN QUÍMICA MEDIANTE FLUORESCENCIA X (FRX)									
Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	MnO	P ₂ O ₅	Na ₂ O	SiO ₂	TiO ₂
6.18	8.32	24.33	1.12	1.83	0.92	0.35	0.8	36.35	0.3

Fuente: Nuevos materiales compuestos basados en diferentes matrices cementantes usando escoria de cobre, con partículas de caucho procedentes de neumáticos fuera de uso.

La procedencia de la EFC es de la ciudad de pasco y presenta una granulometría de diámetro medio de 17.197 μ m, el cual se llegó a obtener en un tiempo mayor a 40 minutos de molienda.

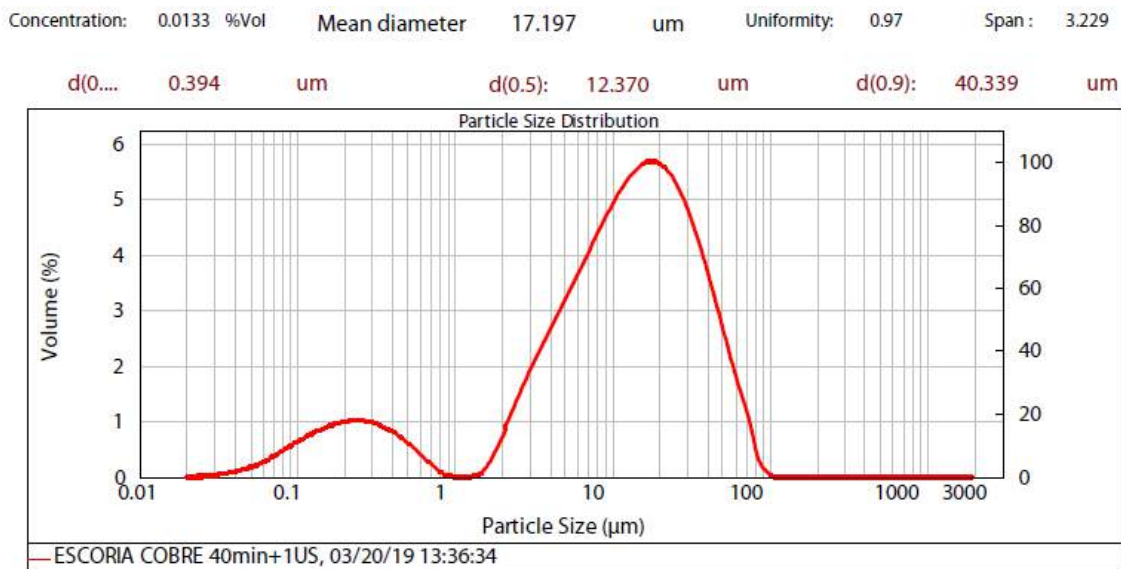


Figura 58: Granulometría de la EFC

Fuente: Nuevos materiales compuestos basados en diferentes matrices cementantes usando escoria de cobre, con partículas de caucho procedentes de neumáticos fuera de uso.

3.5.2 El agregado fino y sus propiedades físicas

- Granulometría y MF.
- Contenido de Humedad.
- Peso específico y absorción.
- Peso Unitario.



3.5.2.1 Ensayo de granulometría del agregado fino

Antecedentes Normativos (NTP 400.012, 2013).

3.5.2.1.1 Equipos y materiales

Se llevo a cabo esta prueba con los siguientes equipos y materiales:

- Tamices series normalizadas Nro. 4; Nro. 8; Nro. 16; Nro. 30; Nro. 50; Nro. 100 y Nro. 200
- 01 balanza de 0.001g
- 01 horno eléctrico con temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- 01 agitador mecánico de tamices.
- Herramientas manuales (Recipientes, brocha, cepillo metálico, bandeja).

3.5.2.1.2 Procedimiento

1. Se inicio el ensayo con el cuarteo del agregado para tener una muestra representativa.



Figura 59. Método de Cuarteo de los agregados.
Fuente propia

2. Se continuó lavando el agregado fino por la presencia de suciedad en la malla N° 200, después se colocó al horno en recipientes (boul) a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por un tiempo aproximado de 24 horas para su secado.



Figura 60. Lavado del agregado fino.
Fuente propia

3. Se retiro del horno después de las 24 horas de secado para empezar con el análisis granulométrico.



Figura 61. Retiro del agregado fino del horno
Fuente propia

4. El siguiente paso es tamizar el material agregado fino por separado en una determinada cantidad de 1000g en un tiempo de 7min, pasando este periodo las partículas descienden.



Figura 62. Tamizado de los agregados finos
Fuente propia

5. Se registro los pesos de cada tamiz, extrayendo cada partícula en cada recipiente con ayuda de un cepillo metálico.



Figura 63. Pesos retenidos por Tamiz
Fuente propia



3.5.2.1.3 Datos obtenidos

Tabla 21

Primer análisis granulométrico.

GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 01		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS (MTC E 204)																							
TESIS: "APROVECHAMIENTO DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN DE COBRE EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE TRÁNSITO PEATONAL COMPARADO CON LOS TRADICIONALES"																									
DATOS DE LA MUESTRA																									
Material	AGREGADO FINO																								
Fecha	16/11/2020																								
Responsable	HANCO AGUILAR HAROLD ALDAIR																								
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO																									
Peso Muestra Inicial:	474.10 gr	Diferencia de pesos:				13.90 gr																			
Peso Muestra Final:	460.20 gr	Compensación:				13.90 gr																			
TAMIZ	Apertura del tamiz (mm)	Peso retenido (gr)	Peso retenido cmp (gr)	% Retenido	Peso retenido acumulado	% Retenido acumulado	% Que pasa																		
#4	4.75	76.70	76.70	16.18	76.70	16.18	83.82																		
#8	2.36	110.30	110.30	23.27	187.0	39.45	60.55																		
#16	1.18	94.30	94.30	19.89	281.3	59.34	40.66																		
#30	0.60	72.70	72.70	15.33	354.0	74.67	25.33																		
#50	0.300	43.50	50.45	10.64	404.5	85.31	14.69																		
#100	0.149	33.90	40.85	8.62	445.3	93.93	6.07																		
#200	0.074	22.00	22.00	4.64	467.3	98.57	1.43																		
Fondo	0.000	6.80	6.80	1.43	474.10	100.00	0.00																		
TOTAL:		460.20	474.10	100.00																					
Modulo de fineza = 3.69		Porcentaje de diferencia de pesos = 2.93%				Cumple el numeral 6.8																			
CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA MUESTRA ENSAYADA																									
OBSERVACIONES:				TABLE 1 Grading Requirements for Fine Aggregate <table border="1"> <thead> <tr> <th>Sieve Specification (E11)</th> <th>Percent Passing</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.075mm (No. 200)</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>0.15mm (No. 100)</td> <td>95 to 100</td> </tr> <tr> <td>0.3mm (No. 60)</td> <td>80 to 100</td> </tr> <tr> <td>0.6mm (No. 30)</td> <td>50 to 100</td> </tr> <tr> <td>1.18mm (No. 150)</td> <td>25 to 100</td> </tr> <tr> <td>2.5mm (No. 60)</td> <td>10 to 100</td> </tr> <tr> <td>5.0mm (No. 30)</td> <td>0 to 100</td> </tr> <tr> <td>75µm (No. 200)</td> <td>0 to 5.0%</td> </tr> </tbody> </table>				Sieve Specification (E11)	Percent Passing	0.075mm (No. 200)	100	0.15mm (No. 100)	95 to 100	0.3mm (No. 60)	80 to 100	0.6mm (No. 30)	50 to 100	1.18mm (No. 150)	25 to 100	2.5mm (No. 60)	10 to 100	5.0mm (No. 30)	0 to 100	75µm (No. 200)	0 to 5.0%
Sieve Specification (E11)	Percent Passing																								
0.075mm (No. 200)	100																								
0.15mm (No. 100)	95 to 100																								
0.3mm (No. 60)	80 to 100																								
0.6mm (No. 30)	50 to 100																								
1.18mm (No. 150)	25 to 100																								
2.5mm (No. 60)	10 to 100																								
5.0mm (No. 30)	0 to 100																								
75µm (No. 200)	0 to 5.0%																								
6.8 Determinar el peso de la muestra retenido en cada tamiz, con una balanza que cumpla lo exigido en el numeral 5.1. El peso total del material después del tamizado, debe ser verificado con el peso original de la muestra ensayada. Si la cantidad difiere en más del 0.3% del peso seco original de la muestra, el resultado no debe ser usado con fines de aceptación. <small>Fuente: Manual de ensayos de materiales del Ministerio de Transportes-MTC E 204</small>				<small>Fuente: ASTM C 33-02a Especificaciones de Agregados para</small>																					

Fuente: Elaboración propia



Tabla 22
Segundo Análisis granulométrico

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA																									
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 01			ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS FINOS (NTP 400.011 Y MTC - E 204)																						
TESIS: "APROVECHAMIENTO DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN DE COBRE EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE TRÁNSITO PEATONAL COMPARADO CON LOS TRADICIONALES" DATOS DE LA MUESTRA																									
Material	AGREGADO FINO																								
Fecha	19/11/2020																								
Responsable	HANCO AGUILAR HAROLD ALDAIR																								
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO																									
Peso Muestra Inicial: 1080.80 gr			Diferencia de pesos: 1.40 gr																						
Peso Muestra Final: 1079.40 gr			Compensación: 1.40 gr																						
TAMIZ	Apertura del tamiz (mm)	Peso retenido (gr)	Peso retenido cmp (gr)	% Retenido	Peso retenido cmp (gr)	% Retenido acumulado	% Que pasa																		
#4	4.75	56.90	57.10	5.28	57.10	5.28	94.72																		
#8	2.36	131.00	131.20	12.14	188.30	17.42	82.58																		
#16	1.18	183.70	183.90	17.02	372.20	34.44	65.56																		
#30	0.60	156.60	156.80	14.51	529.00	48.95	51.05																		
#50	0.300	227.70	227.90	21.09	756.90	70.03	29.97																		
#100	0.149	226.10	226.30	20.94	983.20	90.97	9.03																		
#200	0.074	73.10	73.30	6.78	1056.50	97.75	2.25																		
Fondo	0.000	24.30	24.30	2.25	1080.80	100.00	0.00																		
TOTAL:		1079.40	1080.80	100.00																					
Modulo de fineza = 2.67			Porcentaje de diferencia de pesos = 0.13%			Cumple el numeral 5.8																			
CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA ENSAYADA																									
OBSERVACIONES:					TABLE 1 Grading Requirements for Fine Aggregate (Based on Specification 5.3)																				
5.8 Determinar el peso de la muestra retenido en cada tamiz, con una balanza que cumpla lo exigido en el numeral 5.1. el peso total del material después del tamizado, debe ser verificado con el peso original de la muestra ensayada. Si la cantidad difiere en más del 0.3% del peso seco original de la muestra, el resultado no debe ser usado con fines de aceptación.					<table border="1"> <thead> <tr> <th>Sieve Specification (mm)</th> <th>Percent Passing</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.5mm (No. 30)</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>4.75mm (No. 40)</td> <td>95 to 100</td> </tr> <tr> <td>0.075mm (No. 200)</td> <td>80 to 100</td> </tr> <tr> <td>0.15mm (No. 100)</td> <td>70 to 95</td> </tr> <tr> <td>0.3mm (No. 60)</td> <td>55 to 85</td> </tr> <tr> <td>0.6mm (No. 30)</td> <td>40 to 70</td> </tr> <tr> <td>1.18mm (No. 150)</td> <td>25 to 60</td> </tr> <tr> <td>2.5mm (No. 60)</td> <td>10 to 40</td> </tr> </tbody> </table>			Sieve Specification (mm)	Percent Passing	0.5mm (No. 30)	100	4.75mm (No. 40)	95 to 100	0.075mm (No. 200)	80 to 100	0.15mm (No. 100)	70 to 95	0.3mm (No. 60)	55 to 85	0.6mm (No. 30)	40 to 70	1.18mm (No. 150)	25 to 60	2.5mm (No. 60)	10 to 40
Sieve Specification (mm)	Percent Passing																								
0.5mm (No. 30)	100																								
4.75mm (No. 40)	95 to 100																								
0.075mm (No. 200)	80 to 100																								
0.15mm (No. 100)	70 to 95																								
0.3mm (No. 60)	55 to 85																								
0.6mm (No. 30)	40 to 70																								
1.18mm (No. 150)	25 to 60																								
2.5mm (No. 60)	10 to 40																								
Fuente: Manual de ensayos de materiales del Ministerio de Transportes-MTC E 204					Fuente: ASTM C 33-02a Especificaciones de Agregados para																				

Fuente: Elaboración propia



3.5.2.2 Ensayo de peso unitario de los agregados finos

Antecedentes Normativos (NTP 400.017 , 2011).

3.5.2.2.1 Equipos y materiales

Se llevo a cabo esta prueba con los siguientes equipos y materiales:

- 01 molde metálico.
- 01 barra compactadora de 5/8" de diámetro.
- 01 balanza de 50kg.
- Otras herramientas (Recipientes, brocha, cucharon metálico).

3.5.2.2.2 Procedimiento

1. Para iniciar este ensayo se realizó el cuarteo del agregado seco y limpio en donde se obtuvo una muestra representativa del agregado fino.



Figura 64. Cuarteo de agregado
Fuente propia

2. La muestra fue la requerida para ser manipulado evitando su segregación.

3. Se estableció las dimensiones de los moldes metálicos, así como la masa y el volumen.

4. Se lleno hasta la tercera parte del recipiente, donde se empezó a apisonar una capa del agregado mediante 25 golpes distribuidos uniformemente. Se siguió el procedimiento de rellenar hasta las dos terceras partes de la medida y de nuevo se compacto con 25 golpes.



Se continuo con el relleno hasta desbordar, golpeándolo otras 25 veces más con la barra compactadora, donde el agregado sobrante se separó.



Figura 65. Ensayo de peso específico
Fuente propia




5. Se continúa el ensayo conociendo el peso del recipiente con contenido para establecer el peso unitario compactado con una aproximación de 0.05kg operación que se efectúa tres veces.
6. Se prosiguió con el llenado del agregado hasta que esté lleno el recipiente sin compactar
7. Finalmente se determinó el peso del recipiente con el contenido, así determinar el peso unitario suelto; del mismo modo tres veces.



3.5.2.2.3 Datos obtenidos

Tabla 23

Peso unitario y vacíos de los agregados

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA					
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 02		PESO UNITARIO Y VACIOS DE LOS AGREGADOS (MTC E 203)			
TESIS: "APROVECHAMIENTO DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN DE COBRE EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE TRÁNSITO PEATONAL COMPARADO CON LOS TRADICIONALES"					
DATOS DE LA MUESTRA					
Material	AGREGADO FINO				
Fecha	19/11/2020				
Responsable	HANCO AGUILAR HAROLD ALDAIR				
PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO					
DATOS DEL ENSAYO		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
Número de Molde	#				
Peso del Molde	gr	4158.30	4158.30	4158.30	4158.30
Peso del Molde + Muestra Suelta	gr	5583.50	5592.20	5587.10	5581.60
Peso de la Muestra Suelta	gr	1425.20	1433.90	1428.80	1423.30
Altura del Molde	cm	11.70	11.70	11.70	11.70
Diámetro del Molde	cm	10.20	10.20	10.20	10.20
Volumen del Molde	cm ³	956.04	956.04	956.04	956.04
Peso Unitario Suelto	gr/cm ³	1.49	1.50	1.49	1.49
Peso Unitario Suelto	Kg/m ³	1490.73	1499.83	1494.50	1488.75
PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO					
DATOS DEL ENSAYO		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
Número de Especimen	#				
Peso del Molde	gr	4158.30	4158.30	4158.30	4158.30
Peso del Molde + Muestra Compactada	gr	5623.40	5635.10	5621.80	5628.60
Peso de la Muestra Compactada	gr	1465.10	1476.80	1463.50	1470.30
Altura del Molde	cm	11.67	11.67	11.67	11.67
Diámetro del Molde	cm	10.00	10.00	10.00	10.00
Volumen del Molde	cm ³	916.56	916.56	916.56	916.56
Peso Unitario Compactado	gr/cm ³	1.60	1.61	1.60	1.60
Peso Unitario Compactado	Kg/m ³	1598.48	1611.24	1596.73	1604.15
RESULTADOS					
Peso Unitario Suelto : 1494.00 Kg/m³					
Peso Unitario Compactado : 1603.00 Kg/m³					
OBSERVACIONES:		Molde Utilizado:			
7.1.1. -Peso unitario.- calcular el peso unitario compactado o suelto, como sigue: $M = \frac{(G - T)}{V} \quad (1)$ $M = (G - T) \times F \quad (2)$ Donde: M = Peso unitario del agregado en kg/m ³ (lb/pie ³) G = Peso del recipiente de medida más el agregado en kg (lb) T = Peso del recipiente de medida en kg (lb) V = Volumen del recipiente de medida en m ³ (pie ³), y F = Factor del recipiente de medida en m ³ (pie ³) Fuente: Manual de ensayos de materiales del Ministerio de Transportes -MTC E 202		Proctor estándar compacto, Molde, 4" 4" ID x 4,984" H con 2-1/2" collar desmontable $V = (\pi D^2/4)H$ 			
		<small>Imagen: https://www.humboldtmg.com/standard-proctor-compaction-mold.html</small>			

Fuente: Elaboración propia



3.5.2.3 Ensayo de peso específico y absorción de los agregados finos.

Antecedentes Normativos (NTP 400. 022, 2013).

3.5.2.3.1 Equipo y Materiales:

- 01 balanza de 0.001g
- 01 molde con forma de tronco cónico
- 01 horno capaz de mantener una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- 01 picnómetro
- 01 barra compactadora.
- Otras herramientas (recipientes, brocha, cucharón metálico).

3.5.2.3.2 Procedimiento

1. Se inicia tomando una muestra representativa de agregado fino para después cubrirlo con agua dejándola reposar durante 24 horas.
2. Pasada las 24 horas, extender en una superficie el agregado para que pierda humedad hasta que este saturado con superficie seca, de ahí se pasa a apisonar en un cono con 25 golpes, se retira el cono hasta que se deforme ligeramente.

3.5.2.3.3 Datos obtenidos



Tabla 24
Peso específico y absorción del agregado fino

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA					
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04		PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (MTC E 205)			
TESIS: "APROVECHAMIENTO DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN DE COBRE EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE TRÁNSITO PEATONAL COMPARADO CON LOS TRADICIONALES"					
DATOS DE LA MUESTRA					
Material	Agregado fino				
Fecha	19/11/2020				
Responsable	HANCO AGUILAR HAROLD ALDAIR				
PESO ESPECÍFICO DE LA ARENA GRUESA					
DATOS DEL ENSAYO		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
Número de Picnómetro	#	3A-21RC	3A-21RC	3A-21RC	3A-21RC
Volumen del Picnómetro	cm ³	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso del Material Saturado con Superficie Seca	gr	496.20	497.40	495.00	495.40
Peso Picnómetro + agua	gr	672.10	673.80	670.10	671.10
Peso Picnómetro + agua + muestra	gr	985.30	987.10	983.10	983.10
Peso del Material Seco al aire.	gr	489.80	491.00	488.90	489.00
Peso Específico de masa (Pe _m)	gr/cm ³	2.68	2.67	2.69	2.67
Peso Específico saturado con superficie seca (Pe _{sss})	gr/cm ³	2.71	2.70	2.72	2.70
Peso Específico Aparente (Pe _a)	gr/cm ³	2.77	2.76	2.78	2.76
Capacidad de Absorción	%	1.31%	1.30%	1.25%	1.31%
% DE ERROR		RESULTADOS			
PESO ESPECIFICO DE MASA: 0.75%		Peso Específico de masa (Pem)= 2680 Kg/m ³			
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN: 4.90%		Capacidad de Absorción = 1.3%			
OBSERVACIONES:					
7.1.1 Peso específico de masa (Pe _m):					
$Pe_m = \frac{W_0}{(V - V_a)} \times 100 \quad (1)$					
Donde:					
Pe _m = Peso específico de masa					
W ₀ = Peso en el aire de la muestra secada en el horno, g;					
V = Volumen del frasco en cm ³					
V _a = Peso en gramos o volumen en cm ³ de agua añadida al frasco.					
7.1.2 Peso específico de masa saturado con superficie seca (Pe _{sss})					
$Pe_{sss} = \frac{500}{(V - V_a)} \times 100 \quad (2)$					
7.1.3 Peso específico aparente (Pe _a)					
$Pe_a = \frac{W_0}{(V - V_a) - (500 - W_0)} \times 100 \quad (3)$					
7.1.4 Absorción (Ab)					
$A_b = \frac{500 - W_0}{W_0} \times 100 \quad (4)$					
Fuente: Manual de ensayos de materiales del Ministerio de Transportes.-MTC E 205					

Fuente: Elaboración propia



3.5.2.4 Ensayo de contenido de humedad de los agregados finos.

Antecedentes Normativos (NTP 339.185, 2013).

El contenido de humedad se calculó con lo siguiente:

$$\%P = \frac{(W - D)}{D} \times 100$$

Donde:

P%: Contenido total de la humedad evaporable de la muestra (%).

W: Masa de la muestra humedad original en granos, (gr).

D: Masa de la muestra seca en gramos, (gr).

3.5.2.4.1 Equipo y Materiales

- 01 balanza 0.0001g sensible a 0.1g.
- 01 horno con temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Otras herramientas (Recipientes, brochas, cucharon metálico, etc.).

3.5.2.4.2 Procedimiento.

1. Se toma una muestra representativa de agregado donde el primer paso es pesar cada muestra, luego se coloca al horno a temperatura constante de 110°C .



Figura 66. Secado de material

Fuente: Elaboración propia

2. Pasada las 24 horas las muestras se extraen del horno y se determina el peso de cada muestra.



3.5.2.4.3 Datos obtenidos

Tabla 25
Análisis de la humedad del primer agregado fino

Símbolo	Descripción	Unidad	Valor
W	Peso inicial	gr	496.2
D	Peso seco final	gr	489.8
T	Peso del recipiente	gr	despreciable
Humedad	1.32%		

Fuente: Elaboración propia

3.5.3. Propiedades y ensayos del concreto

3.5.3.1 Diseño de mezclas del adoquín

Se trabaja con la norma española (UNE-EN-196-1, 2005) y la (NTP 399.611, 2017).

Especificaciones

- La resistencia de compresión de diseño de mezclas es de 290 kg/cm² (28 Mpa) unidad individual y 320 kg/cm² (31 Mpa) en un promedio de tres unidades al tiempo de 28 días.
- Tolerancias dimensionales (A= ±1.6; L= ±1.6; E=±3.2).
- Absorción máxima de 7.5%

3.5.3.1.1 Materiales

EFC	Cemento Yura tipo IP	Agregado fino	Agua potable
-----	----------------------	---------------	--------------

3.5.3.1.2 Procedimiento

1. Se inicio calculando el material para la elaboración de los adoquines teniendo como base la norma (UNE-EN-196-1, 2005), en donde establece una proporción de relación $a/c = 0.50$ y $a/c=0.45$; la cantidad de arena, cemento y agua está establecido para la elaboración de probetas de tamaño de 40mm x 40mm x 160mm por lo que se hizo un cálculo para el nuevo prototipo de adoquín teniendo las siguientes proporciones:



Tabla 26
Diseño del Adoquín patrón

Adoquín patrón a/c = 0.50 y a/c = 0.45				
Proporciones				
Cemento	Agregado		Agua	
1	3		0.5 y 0.45	
Cantidades				
Cemento	320 gr.	a/c = 0.5	320 gr.	a/c=0.45
Arena	960 gr.	a/c = 0.5	960 gr.	a/c=0.45
Agua	160gr.	a/c = 0.5	144 gr	a/c=0.45

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27
Diseño del Adoquín experimental con 10% de EFC

Adoquín con 10% de EFC relación a/c = 0.50 y a/c = 0.45				
Proporciones				
Cemento	Agregado		Agua	
1	3		0.5 y 0.45	
Cantidades				
Cemento	288 gr.	a/c=0.5	288 gr.	a/c=0.45
Arena	960 gr.	a/c=0.5	960 gr.	a/c=0.45
Agua	160gr.	a/c=0.5	144gr.	a/c=0.45
EFC	32gr	a/c=0.5	32gr	a/c=0.45

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28
Diseño del Adoquín experimental con 15% de EFC

Adoquín con 15% de EFC relación a/c = 0.50 y a/c = 0.45				
Proporciones				
Cemento	Agregado		Agua	
1	3		0.5 y 0.45	
Cantidades				
Cemento	272 gr.	a/c=0.5	272 gr.	a/c=0.45
Arena	960 gr.	a/c=0.5	960 gr.	a/c=0.45
Agua	160gr.	a/c=0.5	144gr.	a/c=0.45
EFC	48gr	a/c=0.5	48gr	a/c=0.45

Fuente: Elaboración propia



Tabla 29
Diseño del Adoquín experimental con 20% de EFC

Adoquín con 20% de EFC relación a/c = 0.50 y a/c = 0.45				
Proporciones				
Cemento	Agregado		Agua	
1	3		0.5 y 0.45	
Cantidades				
Cemento	256 gr.	a/c=0.5	256 gr.	a/c=0.45
Arena	960 gr.	a/c=0.5	960 gr.	a/c=0.45
Agua	160gr.	a/c=0.5	144gr.	a/c=0.45
EFC	64gr	a/c=0.5	64gr	a/c=0.45

Fuente: Elaboración propia

3.5.3.2 Ensayo de resistencia a la compresión

3.5.3.2.1 Objetivo

Establecer la resistencia a la compresión de los adoquines patrones y experimentales fabricados con sustitución en peso al 10%, 15% y 20% del CP por las EFC.

3.5.3.2.2 Equipo y Materiales

- Moldes de forma pre – diseñada de 12 cm x 17cm.
- Badilejo
- Espátulas
- Mesa Vibradora
- Brocha
- Recipientes (boul)
- Bolsas de separación de material
- Martillo de goma
- Máquina de compresión

3.5.3.2.3 Muestra

Mezcla del adoquín: La mezcla fue fabricada con CP tipo IP, agregado fino, EFC y agua.



EFC: La EFC fue homogeneizada a la textura del CP para usarla en el adoquín en sustitución en proporción peso del CP en porcentajes de 10%, 15% y 20%.

3.5.3.2.4 Procedimiento

1. Se pesa los diversos materiales (CP, EFC, ARIDO, AGUA)



Figura 67. Pesaje de los materiales

2. Se mezcla el CP con el árido dentro de un recipiente.



Figura 68. Mezclado de materiales

3. Se mezcla el CP con la EFC dependiendo el porcentaje de sustitución en el concreto.



Figura 69. Proceso de mezcla de los agregados y el EFC

4. Ambas mezclas se realizaron manualmente por 60 s.
5. Se añade agua regularmente durante otros 60 s.



Figura 70. Proceso de agregado de agua

6. Se preparan los moldes para los adoquines con desmoldante.
7. Inmediatamente después de la preparación de la mezcla se introduce en dos tandas al molde vibrando por un tiempo de 60 s. entre tanda y tanda (mesa vibradora).



Figura 71. Proceso de verter la mezcla al molde.

8. Se retira los excesos de la mezcla con una regla plana y se enrasa la superficie.



Figura 72. Retiro de la mezcla excedente

9. Al término se etiquetan y se marcan los moldes para identificarlos.
10. Pasada 24 horas se desmolda el adoquín, identificándolo con un código y se pasa al proceso de curado.



Figura 73. Curado de adoquines

11. Teniendo un determinado tiempo de curado se toman medidas con ayuda de un vernier y ensayar la tolerancia dimensional.

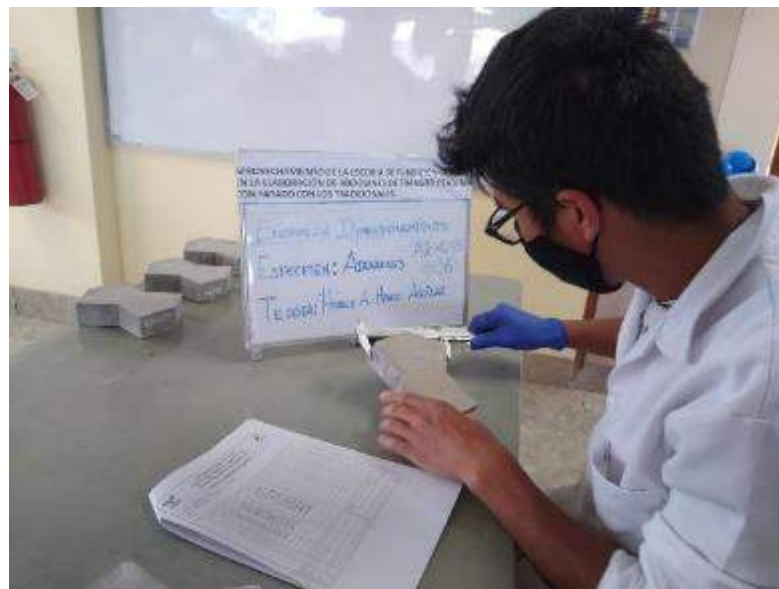


Figura 74. Características físicas de los adoquines

12. Finalmente se prosiguió con el ensayo a resistencia a compresión en la maquina Humboldt.



Figura 75. Máquina de compresión- rotura de pruebas



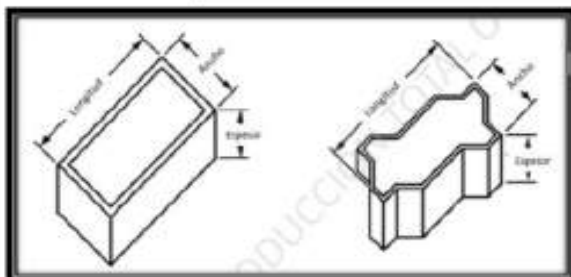
Figura 76. Adoquines ensayados en la máquina de compresión.



Tabla 30

Ensayo de compresión de 07 días relación a/c= 0.50

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																																																																					
	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA																																																																																					
	ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA																																																																																					
	FICHA DE LABORATORIO																																																																																					
TESIS: APROVECHAMIENTO DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN DE COBRE EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE TRÁNSITO PEATONAL COMPARADO CON LOS TRADICIONALES																																																																																						
ENSAYO DE COMPRESION EN UNIDADES DE ADOQUINES																																																																																						
MUESTRA: Adoquines de A/C = 0.50 - PERIODO DE CURADO 07DIAS																																																																																						
REFERENCIA NORMATIVA: NTP 399.611- 2017																																																																																						
ELABORADO POR: Bach. Harold Aldair Hanco Aguilar																																																																																						
LUGAR: Laboratorio de suelos, materiales, concreto y pavimentos de la UAC.																																																																																						
FECHA: 23/12/2020																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">MUESTRA</th> <th rowspan="2">PROPORCIÓN</th> <th>AREA NETA PROMEDIO</th> <th>CARGA DE ROTURA</th> <th>ESFUERZO DE ROTURA (P Max.)</th> <th>RESISTENCIA A LA COMPRESION</th> <th>PROMEDIO</th> </tr> <tr> <th>cm²</th> <th>kgf</th> <th>kgc</th> <th>Mpa.</th> <th>Mpa.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 MP-1-A'1</td> <td rowspan="3">PATRON</td> <td>140.000</td> <td>53580.00</td> <td>382.76</td> <td>37.54</td> <td rowspan="3">38.14</td> </tr> <tr> <td>2 MP-2-A'2</td> <td>140.000</td> <td>53660.00</td> <td>383.25</td> <td>37.58</td> </tr> <tr> <td>3 MP-3-A'3</td> <td>140.000</td> <td>56090.00</td> <td>400.61</td> <td>39.29</td> </tr> <tr> <td>4 MP-1-A'4</td> <td rowspan="3">10% DE EFC</td> <td>140.000</td> <td>55960.00</td> <td>399.70</td> <td>39.20</td> <td rowspan="3">35.91</td> </tr> <tr> <td>5 MP-2-A'5</td> <td>140.000</td> <td>48880.00</td> <td>349.15</td> <td>34.24</td> </tr> <tr> <td>6 MP-3-A'6</td> <td>140.000</td> <td>48940.00</td> <td>349.57</td> <td>34.28</td> </tr> <tr> <td>7 MP-1-A'7</td> <td rowspan="3">15% DE EFC</td> <td>140.000</td> <td>46840.00</td> <td>334.53</td> <td>32.81</td> <td rowspan="3">34.41</td> </tr> <tr> <td>8 MP-2-A'8</td> <td>140.000</td> <td>48810.00</td> <td>348.59</td> <td>34.19</td> </tr> <tr> <td>9 MP-3-A'9</td> <td>140.000</td> <td>51750.00</td> <td>369.61</td> <td>36.25</td> </tr> <tr> <td>10 MP-1-A'10</td> <td rowspan="3">20% DE EFC</td> <td>140.000</td> <td>48980.00</td> <td>349.85</td> <td>34.31</td> <td rowspan="3">34.23</td> </tr> <tr> <td>11 MP-2-A'11</td> <td>140.000</td> <td>48750.00</td> <td>348.24</td> <td>34.15</td> </tr> <tr> <td>12 MP-3-A'12</td> <td>140.000</td> <td>48865.00</td> <td>349.06</td> <td>34.23</td> </tr> </tbody> </table>							MUESTRA	PROPORCIÓN	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (P Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION	PROMEDIO	cm ²	kgf	kgc	Mpa.	Mpa.	1 MP-1-A'1	PATRON	140.000	53580.00	382.76	37.54	38.14	2 MP-2-A'2	140.000	53660.00	383.25	37.58	3 MP-3-A'3	140.000	56090.00	400.61	39.29	4 MP-1-A'4	10% DE EFC	140.000	55960.00	399.70	39.20	35.91	5 MP-2-A'5	140.000	48880.00	349.15	34.24	6 MP-3-A'6	140.000	48940.00	349.57	34.28	7 MP-1-A'7	15% DE EFC	140.000	46840.00	334.53	32.81	34.41	8 MP-2-A'8	140.000	48810.00	348.59	34.19	9 MP-3-A'9	140.000	51750.00	369.61	36.25	10 MP-1-A'10	20% DE EFC	140.000	48980.00	349.85	34.31	34.23	11 MP-2-A'11	140.000	48750.00	348.24	34.15	12 MP-3-A'12	140.000	48865.00	349.06	34.23
MUESTRA	PROPORCIÓN	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (P Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION	PROMEDIO																																																																																
		cm ²	kgf	kgc	Mpa.	Mpa.																																																																																
1 MP-1-A'1	PATRON	140.000	53580.00	382.76	37.54	38.14																																																																																
2 MP-2-A'2		140.000	53660.00	383.25	37.58																																																																																	
3 MP-3-A'3		140.000	56090.00	400.61	39.29																																																																																	
4 MP-1-A'4	10% DE EFC	140.000	55960.00	399.70	39.20	35.91																																																																																
5 MP-2-A'5		140.000	48880.00	349.15	34.24																																																																																	
6 MP-3-A'6		140.000	48940.00	349.57	34.28																																																																																	
7 MP-1-A'7	15% DE EFC	140.000	46840.00	334.53	32.81	34.41																																																																																
8 MP-2-A'8		140.000	48810.00	348.59	34.19																																																																																	
9 MP-3-A'9		140.000	51750.00	369.61	36.25																																																																																	
10 MP-1-A'10	20% DE EFC	140.000	48980.00	349.85	34.31	34.23																																																																																
11 MP-2-A'11		140.000	48750.00	348.24	34.15																																																																																	
12 MP-3-A'12		140.000	48865.00	349.06	34.23																																																																																	
MUESTRAS DE A/C = 0.50 CURADA DE 07 DIAS																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tipo</th> <th rowspan="2">Espesor nominal (mm)</th> <th colspan="2">Resistencia a la compresión, mín. MPa (kg/cm²)</th> </tr> <tr> <th>Promedio de 3 unidades</th> <th>Unidad individual</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">I (Peatonal)</td> <td>40</td> <td>31 (320)</td> <td>28 (290)</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>31 (320)</td> <td>28 (290)</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">II (Vehicular ligero)</td> <td>60</td> <td>41 (420)</td> <td>37 (380)</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td>37 (380)</td> <td>33 (340)</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>35 (360)</td> <td>32 (325)</td> </tr> <tr> <td>III (Vehicular pesado, patios industriales o de contenedores)</td> <td>≥ 80</td> <td>55 (561)</td> <td>50 (510)</td> </tr> </tbody> </table>							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)																																																					
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)																																																																																			
*Véase Norma T1010 del Reglamento Nacional de Edificaciones																																																																																						



Fuente elaboración propia



Tabla 31
Ensayo de Compresión de 14 días relación a/c = 0.50

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA					
		ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA					
		FICHA DE LABORATORIO					
TESIS: APROVECHAMIENTO DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN DE COBRE EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE TRÁNSITO PEATONAL COMPARADO CON LOS TRADICIONALES							
ENSAYO DE COMPRESION EN UNIDADES DE ADOQUINES							
MUESTRA: Adoquines de A/C = 0.50 - PERIODO DE CURADO 14 DIAS							
REFERENCIA NORMATIVA: NTP 399.611- 2017							
ELABORADO POR: Bach. Harold Aldair Hanco Aguilar							
LUGAR: Laboratorio de suelos, materiales, concreto y pavimentos de la UAC.							
FECHA: 23/12/2020							
MUESTRA	PROPORCIÓN	ÁREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (P Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION	PROMEDIO	
		cm ²	kgf	ksc	Mpa.	Mpa.	
1	MP - 1 - A'1	140.000	85400.00	611.39	59.96	59.66	
2	MP - 2 - A'2		83180.00	594.11	58.26		
3	MP - 3 - A'3		86750.00	619.60	60.76		
4	MP - 1 - A'4	140.000	84080.00	600.54	58.89	58.18	
5	MP - 2 - A'5		82800.00	591.39	58.00		
6	MP - 3 - A'6		82300.00	587.82	57.65		
7	MP - 1 - A'7	140.000	85700.00	612.11	60.09	59.22	
8	MP - 2 - A'8		80760.00	576.82	56.57		
9	MP - 3 - A'9		87180.00	622.68	61.06		
10	MP - 1 - A'10	140.000	81150.00	579.61	56.84	57.91	
11	MP - 2 - A'11		81250.00	580.32	56.91		
12	MP - 3 - A'12		85650.00	611.75	59.99		
MUESTRAS DE A/C = 0.50 CURADA DE 14 DIAS							
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)				

*Véase Norma T1010 del Reglamento Nacional de Edificaciones

Fuente elaboración propia



Tabla 32
Ensayo de Compresión de 28 días relación a/c = 0.50

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																																																																					
	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA																																																																																					
	ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA																																																																																					
	FICHA DE LABORATORIO																																																																																					
TESIS: APROVECHAMIENTO DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN DE COBRE EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE TRÁNSITO PEATONAL COMPARADO CON LOS TRADICIONALES																																																																																						
ENSAYO DE COMPRESION EN UNIDADES DE ADOQUINES																																																																																						
MUESTRA: Adoquines de A/C = 0.50 - PERIODO DE CURADO 28 DIAS																																																																																						
REFERENCIA NORMATIVA: NTP 399.611- 2017																																																																																						
ELABORADO POR: Bach. Harold Aldair Hanco Aguilar																																																																																						
LUGAR: Laboratorio de suelos, materiales, concreto y pavimentos de la UAC.																																																																																						
FECHA: 23/12/2020																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">MUESTRA</th> <th rowspan="2">PROPORCIÓN</th> <th>AREA NETA PROMEDIO</th> <th>CARGA DE ROTURA</th> <th>ESFUERZO DE ROTURA (P Max.)</th> <th>RESISTENCIA A LA COMPRESION</th> <th>PROMEDIO</th> </tr> <tr> <th>cm²</th> <th>kgf</th> <th>kg/cm²</th> <th>Mpa.</th> <th>Mpa.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>MP-1-A'1</td> <td rowspan="3">140.000</td> <td>111580.00</td> <td>797.01</td> <td>78.16</td> <td rowspan="3">77.83</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>MP-2-A'2</td> <td>112940.00</td> <td>806.71</td> <td>79.11</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>MP-3-A'3</td> <td>108810.00</td> <td>777.18</td> <td>76.22</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>MP-1-A'4</td> <td rowspan="3">10% DE EFC</td> <td>107080.00</td> <td>764.88</td> <td>75.01</td> <td rowspan="3">74.98</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>MP-2-A'5</td> <td>114430.00</td> <td>817.33</td> <td>80.15</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>MP-3-A'6</td> <td>99620.00</td> <td>711.52</td> <td>69.78</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>MP-1-A'7</td> <td rowspan="3">15% DE EFC</td> <td>110550.00</td> <td>789.63</td> <td>77.44</td> <td rowspan="3">76.77</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>MP-2-A'8</td> <td>106300.00</td> <td>759.33</td> <td>74.46</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>MP-3-A'9</td> <td>111950.00</td> <td>799.68</td> <td>78.42</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>MP-1-A'10</td> <td rowspan="3">20% DE EFC</td> <td>10080.00</td> <td>714.89</td> <td>70.11</td> <td rowspan="3">72.27</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>MP-2-A'11</td> <td>94590.00</td> <td>675.66</td> <td>66.26</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>MP-3-A'12</td> <td>114850.00</td> <td>820.35</td> <td>80.45</td> </tr> </tbody> </table>							MUESTRA	PROPORCIÓN	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (P Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION	PROMEDIO	cm ²	kgf	kg/cm ²	Mpa.	Mpa.	1	MP-1-A'1	140.000	111580.00	797.01	78.16	77.83	2	MP-2-A'2	112940.00	806.71	79.11	3	MP-3-A'3	108810.00	777.18	76.22	4	MP-1-A'4	10% DE EFC	107080.00	764.88	75.01	74.98	5	MP-2-A'5	114430.00	817.33	80.15	6	MP-3-A'6	99620.00	711.52	69.78	7	MP-1-A'7	15% DE EFC	110550.00	789.63	77.44	76.77	8	MP-2-A'8	106300.00	759.33	74.46	9	MP-3-A'9	111950.00	799.68	78.42	10	MP-1-A'10	20% DE EFC	10080.00	714.89	70.11	72.27	11	MP-2-A'11	94590.00	675.66	66.26	12	MP-3-A'12	114850.00	820.35	80.45
MUESTRA	PROPORCIÓN	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (P Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION	PROMEDIO																																																																																
		cm ²	kgf	kg/cm ²	Mpa.	Mpa.																																																																																
1	MP-1-A'1	140.000	111580.00	797.01	78.16	77.83																																																																																
2	MP-2-A'2		112940.00	806.71	79.11																																																																																	
3	MP-3-A'3		108810.00	777.18	76.22																																																																																	
4	MP-1-A'4	10% DE EFC	107080.00	764.88	75.01	74.98																																																																																
5	MP-2-A'5		114430.00	817.33	80.15																																																																																	
6	MP-3-A'6		99620.00	711.52	69.78																																																																																	
7	MP-1-A'7	15% DE EFC	110550.00	789.63	77.44	76.77																																																																																
8	MP-2-A'8		106300.00	759.33	74.46																																																																																	
9	MP-3-A'9		111950.00	799.68	78.42																																																																																	
10	MP-1-A'10	20% DE EFC	10080.00	714.89	70.11	72.27																																																																																
11	MP-2-A'11		94590.00	675.66	66.26																																																																																	
12	MP-3-A'12		114850.00	820.35	80.45																																																																																	
MUESTRAS DE A/C = 0.50 CURADA DE 28 DIAS																																																																																						
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> </div> <div style="text-align: center;"> </div> </div>																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tipo</th> <th rowspan="2">Espesor nominal (mm)</th> <th colspan="2">Resistencia a la compresión, mín. MPa (kg/cm²)</th> </tr> <tr> <th>Promedio de 3 unidades</th> <th>Unidad individual</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">I (Peatonal)</td> <td>40</td> <td>31 (320)</td> <td>28 (290)</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>31 (320)</td> <td>28 (290)</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">II (Vehicular ligero)</td> <td>60</td> <td>41 (420)</td> <td>37 (380)</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td>37 (380)</td> <td>33 (340)</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>35 (360)</td> <td>32 (325)</td> </tr> <tr> <td>III (Vehicular pesado, patios industriales o de contenedores)</td> <td>≥ 80</td> <td>55 (561)</td> <td>50 (510)</td> </tr> </tbody> </table> <p style="font-size: small; text-align: center;">*Véase Norma T1010 del Reglamento Nacional de Edificaciones</p>							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)																																																					
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)																																																																																			

Fuente elaboración propia



Tabla 33

Ensayo de Compresión de 07 días relación a/c = 0.45

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA					
		ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA					
		FICHA DE LABORATORIO					
TESIS: APROVECHAMIENTO DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN DE COBRE EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE TRÁNSITO PEATONAL COMPARADO CON LOS TRADICIONALES							
ENSAYO DE COMPRESION EN UNIDADES DE ADOQUINES							
MUESTRA: Adoquines de A/C = 0.45 - PERIODO DE CURADO 07DIAS							
REFERENCIA NORMATIVA: NTP 399.611- 2017							
ELABORADO POR: Bach. Harold Aldair Hanco Aguilar							
LUGAR: Laboratorio de suelos, materiales, concreto y pavimentos de la UAC.							
FECHA: 23/12/2020							
MUESTRA	PROPORCIÓN	AREA NETA	CARGA DE	ESFUERZO DE	RESISTENCIA A LA	PROMEDIO	
		cm ²	ROTURA	ROTURA	COMPRESION	Mpa.	
			kgf	kg/cm ²	Mpa.	Mpa.	
1	MP - 1 - A1	140.000	52750.00	376.78	36.95	38.09	
2	MP - 2 - A2		54710.00	390.84	38.33		
3	MP - 3 - A3		55690.00	397.73	39.00		
4	MP - 1 - A4	140.000	54110.00	386.48	37.90	35.42	
5	MP - 2 - A5		44420.00	317.23	31.11		
6	MP - 3 - A6		53190.00	379.94	37.26		
7	MP - 1 - A7	140.000	55050.00	393.16	38.56	35.32	
8	MP - 2 - A8		49030.00	350.20	34.34		
9	MP - 3 - A9		47180.00	336.99	33.05		
10	MP - 1 - A10	140.000	56870.00	406.17	39.83	35.62	
11	MP - 2 - A11		49400.00	352.88	34.61		
12	MP - 3 - A12		46290.00	330.66	32.43		
MUESTRAS DE A/C = 0,45 CURADA DE 07 DIAS							
							Tipo
I (Peatonal)		40	31 (320)	28 (290)	Promedio de 3 unidades		
		60	31 (320)	28 (290)			Unidad individual
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)			
<small>*Véase Norma T18910 del Reglamento Nacional de Edificaciones</small>							

Fuente elaboración propia



Tabla 34

Ensayo de Compresión de 14 días relación a/c = 0.45

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																																																																																								
	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA																																																																																																								
	ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA																																																																																																								
	FICHA DE LABORATORIO																																																																																																								
<p>TESIS: APROVECHAMIENTO DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN DE COBRE EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE TRÁNSITO PEATONAL COMPARADO CON LOS TRADICIONALES</p>																																																																																																									
ENSAYO DE COMPRESION EN UNIDADES DE ADOQUINES																																																																																																									
MUESTRA: Aduques de A/C = 0.45 - PERIODO DE CURADO 14 DIAS																																																																																																									
REFERENCIA NORMATIVA: NTP 399.611- 2017																																																																																																									
ELABORADO POR: Bach. Harold Aldair Hanco Aguilar																																																																																																									
LUGAR: Laboratorio de suelos, materiales, concreto y pavimentos de la UAC.																																																																																																									
FECHA: 23/12/2020																																																																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">MUESTRA</th> <th rowspan="2">PROPORCIÓN</th> <th>AREA NETA PROMEDIO</th> <th>CARGA DE ROTURA</th> <th>ESFUERZO DE ROTURA (F Max.)</th> <th>RESISTENCIA A LA COMPRESION</th> <th>PROMEDIO</th> </tr> <tr> <th>cm2</th> <th>kgf</th> <th>kgc</th> <th>Mpa.</th> <th>Mpa.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>MP - 1 - A1</td> <td rowspan="3">PATRON</td> <td>140.000</td> <td>89830.00</td> <td>641.63</td> <td>62.92</td> <td rowspan="3">62.00</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>MP - 2 - A2</td> <td>140.000</td> <td>89030.00</td> <td>635.94</td> <td>62.36</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>MP - 3 - A3</td> <td>140.000</td> <td>86680.00</td> <td>619.13</td> <td>60.72</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>MP - 1 - A4</td> <td rowspan="3">10% DE EFC</td> <td>140.000</td> <td>75720.00</td> <td>540.88</td> <td>53.04</td> <td rowspan="3">57.64</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>MP - 2 - A5</td> <td>140.000</td> <td>82560.00</td> <td>589.67</td> <td>57.83</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>MP - 3 - A6</td> <td>140.000</td> <td>88600.00</td> <td>632.84</td> <td>62.06</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>MP - 1 - A7</td> <td rowspan="3">15% DE EFC</td> <td>140.000</td> <td>83880.00</td> <td>599.16</td> <td>58.76</td> <td rowspan="3">58.77</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>MP - 2 - A8</td> <td>140.000</td> <td>81520.00</td> <td>582.29</td> <td>57.10</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>MP - 3 - A9</td> <td>140.000</td> <td>86310.00</td> <td>616.46</td> <td>60.45</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>MP - 1 - A10</td> <td rowspan="3">20% DE EFC</td> <td>140.000</td> <td>80080.00</td> <td>571.96</td> <td>56.09</td> <td rowspan="3">57.50</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>MP - 2 - A11</td> <td>140.000</td> <td>85100.00</td> <td>607.88</td> <td>59.61</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>MP - 3 - A12</td> <td>140.000</td> <td>81070.00</td> <td>579.06</td> <td>56.79</td> </tr> <tr> <td colspan="7" style="text-align: center;">MUESTRAS DE A/C = 0.45 CURADA DE 14 DIAS</td> </tr> </tbody> </table>							MUESTRA	PROPORCIÓN	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (F Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION	PROMEDIO	cm2	kgf	kgc	Mpa.	Mpa.	1	MP - 1 - A1	PATRON	140.000	89830.00	641.63	62.92	62.00	2	MP - 2 - A2	140.000	89030.00	635.94	62.36	3	MP - 3 - A3	140.000	86680.00	619.13	60.72	4	MP - 1 - A4	10% DE EFC	140.000	75720.00	540.88	53.04	57.64	5	MP - 2 - A5	140.000	82560.00	589.67	57.83	6	MP - 3 - A6	140.000	88600.00	632.84	62.06	7	MP - 1 - A7	15% DE EFC	140.000	83880.00	599.16	58.76	58.77	8	MP - 2 - A8	140.000	81520.00	582.29	57.10	9	MP - 3 - A9	140.000	86310.00	616.46	60.45	10	MP - 1 - A10	20% DE EFC	140.000	80080.00	571.96	56.09	57.50	11	MP - 2 - A11	140.000	85100.00	607.88	59.61	12	MP - 3 - A12	140.000	81070.00	579.06	56.79	MUESTRAS DE A/C = 0.45 CURADA DE 14 DIAS						
MUESTRA	PROPORCIÓN	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (F Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION	PROMEDIO																																																																																																			
		cm2	kgf	kgc	Mpa.	Mpa.																																																																																																			
1	MP - 1 - A1	PATRON	140.000	89830.00	641.63	62.92	62.00																																																																																																		
2	MP - 2 - A2		140.000	89030.00	635.94	62.36																																																																																																			
3	MP - 3 - A3		140.000	86680.00	619.13	60.72																																																																																																			
4	MP - 1 - A4	10% DE EFC	140.000	75720.00	540.88	53.04	57.64																																																																																																		
5	MP - 2 - A5		140.000	82560.00	589.67	57.83																																																																																																			
6	MP - 3 - A6		140.000	88600.00	632.84	62.06																																																																																																			
7	MP - 1 - A7	15% DE EFC	140.000	83880.00	599.16	58.76	58.77																																																																																																		
8	MP - 2 - A8		140.000	81520.00	582.29	57.10																																																																																																			
9	MP - 3 - A9		140.000	86310.00	616.46	60.45																																																																																																			
10	MP - 1 - A10	20% DE EFC	140.000	80080.00	571.96	56.09	57.50																																																																																																		
11	MP - 2 - A11		140.000	85100.00	607.88	59.61																																																																																																			
12	MP - 3 - A12		140.000	81070.00	579.06	56.79																																																																																																			
MUESTRAS DE A/C = 0.45 CURADA DE 14 DIAS																																																																																																									
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> </div> <div style="text-align: center;"> </div> </div>																																																																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tipo</th> <th rowspan="2">Espesor nominal (mm)</th> <th colspan="2">Resistencia a la compresión, mín. MPa (kg/cm²)</th> </tr> <tr> <th>Promedio de 3 unidades</th> <th>Unidad individual</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">I (Peatonal)</td> <td>40</td> <td>31 (320)</td> <td>28 (290)</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>31 (320)</td> <td>28 (290)</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">II (Vehicular ligero)</td> <td>60</td> <td>41 (420)</td> <td>37 (380)</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td>37 (380)</td> <td>33 (340)</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>35 (360)</td> <td>32 (325)</td> </tr> <tr> <td>III (Vehicular pesado, patios industriales o de contenedores)</td> <td>≥ 80</td> <td>55 (561)</td> <td>50 (510)</td> </tr> </tbody> </table> <p style="font-size: small; text-align: center;">*Véase Norma T1010 del Reglamento Nacional de Edificaciones</p>							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)																																																																								
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)																																																																																																						

Fuente elaboración propia



Tabla 35
Ensayo de Compresión de 28 días relación a/c = 0.45

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA					
		ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA					
		FICHA DE LABORATORIO					
TESIS: APROVECHAMIENTO DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN DE COBRE EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE TRÁNSITO PEATONAL COMPARADO CON LOS TRADICIONALES							
ENSAYO DE COMPRESION EN UNIDADES DE ADOQUINES							
MUESTRA: Aduques de A/C = 0.45 - PERIODO DE CURADO 28 DIAS							
REFERENCIA NORMATIVA: NTP 399.611- 2017							
ELABORADO POR: Bach. Harold Aldair Hanco Aguilar							
LUGAR: Laboratorio de suelos, materiales, concreto y pavimentos de la UAC.							
FECHA: 23/12/2020							
MUESTRA	PROPORCIÓN	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (P.Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION	PROMEDIO	
		cm ²	kgf	kg/cm ²	Mpa.	Mpa.	
1	MP - 1 - A1	140.000	102310.00	730.78	71.67	72.83	
2	MP - 2 - A2		103980.00	742.70	72.83		
3	MP - 3 - A3		105630.00	754.55	74.00		
4	MP - 1 - A4	140.000	105060.00	750.47	73.60	74.38	
5	MP - 2 - A5		107380.00	766.99	75.22		
6	MP - 3 - A6		106100.00	757.85	74.32		
7	MP - 1 - A7	140.000	101420.00	724.38	71.04	71.61	
8	MP - 2 - A8		96230.00	687.40	67.41		
9	MP - 3 - A9		109020.00	778.73	76.37		
10	MP - 1 - A10	140.000	107750.00	769.59	75.47	75.00	
11	MP - 2 - A11		104660.00	747.58	73.31		
12	MP - 3 - A12		108790.00	777.04	76.20		
MUESTRAS DE A/C = 0.45 CURADA DE 28 DIAS							
							Tipo
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)		
*Véase Norma T1010 del Reglamento Nacional de Edificaciones							



Tabla 36
Ensayo de Compresión en adoquines de mercado

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																																																																																																					
	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA																																																																																																																					
	ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA																																																																																																																					
	FICHA DE LABORATORIO																																																																																																																					
TESIS: APROVECHAMIENTO DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN DE COBRE EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE TRÁNSITO PEATONAL COMPARADO CON LOS TRADICIONALES																																																																																																																						
ENSAYO DE COMPRESION EN UNIDADES DE ADOQUINES																																																																																																																						
MUESTRA: Adoquines de mercado																																																																																																																						
REFERENCIA NORMATIVA: NTP 399.611- 2017																																																																																																																						
ELABORADO POR: Bach. Harold Aldair Hanco Aguilar																																																																																																																						
LUGAR: Laboratorio de suelos, materiales, concreto y pavimentos de la UAC.																																																																																																																						
FECHA: 23/12/2020																																																																																																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2">MUESTRA</th> <th rowspan="2">PROPORCIÓN</th> <th>AREA NETA PROMEDIO</th> <th>CARGA DE ROTURA</th> <th>ESFUERZO DE ROTURA (F Max.)</th> <th>RESISTENCIA A LA COMPRESION</th> <th>PROMEDIO</th> </tr> <tr> <th>cm²</th> <th>kgf</th> <th>kg/cm²</th> <th>Mpa.</th> <th>Mpa.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>MP - 1 - A1</td> <td rowspan="3" style="text-align: center;">ADOQUIN DE MERCADO</td> <td>200.000</td> <td>97870.00</td> <td>489.34</td> <td>47.99</td> <td rowspan="3" style="text-align: center;">50.24</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>MP - 2 - A2</td> <td>200.000</td> <td>107060.00</td> <td>535.33</td> <td>52.50</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>MP - 3 - A3</td> <td>200.000</td> <td>102465.00</td> <td>512.35</td> <td>50.24</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td colspan="7" style="text-align: center;">MUESTRAS DE MERCADO</td> </tr> </tbody> </table>							MUESTRA		PROPORCIÓN	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (F Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION	PROMEDIO	cm ²	kgf	kg/cm ²	Mpa.	Mpa.	1	MP - 1 - A1	ADOQUIN DE MERCADO	200.000	97870.00	489.34	47.99	50.24	2	MP - 2 - A2	200.000	107060.00	535.33	52.50	3	MP - 3 - A3	200.000	102465.00	512.35	50.24																																																																									MUESTRAS DE MERCADO						
MUESTRA		PROPORCIÓN	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (F Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION				PROMEDIO																																																																																																												
			cm ²	kgf	kg/cm ²	Mpa.	Mpa.																																																																																																															
1	MP - 1 - A1	ADOQUIN DE MERCADO	200.000	97870.00	489.34	47.99	50.24																																																																																																															
2	MP - 2 - A2		200.000	107060.00	535.33	52.50																																																																																																																
3	MP - 3 - A3		200.000	102465.00	512.35	50.24																																																																																																																
MUESTRAS DE MERCADO																																																																																																																						
			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tipo</th> <th rowspan="2">Espesor nominal (mm)</th> <th colspan="2">Resistencia a la compresión, mín. MPa (kg/cm²)</th> </tr> <tr> <th>Promedio de 3 unidades</th> <th>Unidad individual</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">I (Peatonal)</td> <td>40</td> <td>31 (320)</td> <td>28 (290)</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>31 (320)</td> <td>28 (290)</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">II (Vehicular ligero)</td> <td>60</td> <td>41 (420)</td> <td>37 (380)</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td>37 (380)</td> <td>33 (340)</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>35 (360)</td> <td>32 (325)</td> </tr> <tr> <td>III (Vehicular pesado, patios industriales o de contenedores)</td> <td>≥ 80</td> <td>55 (561)</td> <td>50 (510)</td> </tr> </tbody> </table>				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)																																																																																					
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)																																																																																																																			

Fuente elaboración propia



3.5.3.3 Ensayo de absorción y densidad aparente

La densidad aparente en seco (Dap) y la absorción (en porcentaje) (abs) se especifican con las siguientes formulas respectivamente, eso tras establecer la masa seca (Pd) y saturada en agua (Ps) del ejemplar. Donde (Vpa) es el volumen interior de las probetas que en nuestro caso es 560 cm³ y Pd masa obtenida tras secar las probetas en estufa a 110°C +/- 5°C.

$$Dap = \frac{Pd}{Vpa}$$

$$Abs (\%) = \frac{Ps - Pd}{Pd} \times 100$$

3.5.3.3.1 Objetivo

Determinar el grado de absorción, la densidad aparente del adoquín patrón y los experimentales fabricados con la sustitución en peso del 10%, 15% y 20% del CP por las EFC.

3.5.3.3.2 Equipo y Materiales:

- Espátulas
- Brocha
- Martillo de goma
- Horno Humboldt
- Balanza

3.5.3.3.3 Muestra

Adoquín: las muestras se fabricaron con CP tipo IP, agregado fino, porcentajes de EFC y agua.

3.5.3.3.4 Procedimiento

1. Se deja curando 24 horas antes los adoquines a ensayar.
2. Se pesa los adoquines tanto el patrón como los de sustitución en peso del 10%, 15% y 20% después de haberlos sacado del curado por 24 horas.



Figura 77. Pesaje de adoquines sumergidos 24 horas antes.

3. Se retira del horno los adoquines para luego hallar su peso en estado seco en la balanza de precisión.



Figura 78. Pesaje de adoquines después del secado en horno.



Tabla 37
Ensayo de absorción de adoquines relación a/c= 0.50

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA					
		ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA					
		FICHA DE LABORATORIO					
TESIS: APROVECHAMIENTO DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN DE COBRE EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE TRÁNSITO PEATONAL COMPARADO CON LOS TRADICIONALES							
ENSAYO DE ABSORCIÓN DE ADOQUINES							
MUESTRA: Adoquines de A/C = 0.50							
REFERENCIA NORMATIVA: NTP 399.611- 2017							
ELABORADO POR: Bach. Harold Aldair Hanco Aguilar							
LUGAR: Laboratorio de suelos, materiales, concreto y pavimentos de la UAC.							
FECHA: 23/12/2020							
Nro.	MUESTRA	PROPORCIÓN	PESO SATURADO (Ps)	PESO SECO (Pd)	(Ps - Pd)	% DE ABSC $\frac{(Ps - Pd) \times 100}{Pd}$	PROMEDIO (%)
1	MP - 1 - A'1	PATRON	1266.0	1206.6	59.40	4.69	4.76
2	MP - 2 - A'2		1280.0	1221.3	58.70	4.59	
3	MP - 3 - A'3		1283.0	1218.8	64.20	5.00	
4	MP - 1 - A'4	10% DE EFC	1273.5	1215.5	58.00	4.55	4.35
5	MP - 2 - A'5		1285.6	1230.2	55.40	4.31	
6	MP - 3 - A'6		1267.2	1214.2	53.00	4.18	
7	MP - 1 - A'7	15% DE EFC	1294.2	1237.7	56.50	4.37	4.15
8	MP - 2 - A'8		1269.6	1215.1	54.50	4.29	
9	MP - 3 - A'9		1280.1	1231.5	48.60	3.80	
10	MP - 1 - A'10	20% DE EFC	1274.6	1210.7	63.90	5.01	5.32
11	MP - 2 - A'11		1272.9	1203.1	69.80	5.48	
12	MP - 3 - A'12		1329.2	1256.5	72.70	5.47	

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

Fuente elaboración propia



Tabla 38
Ensayo de absorción de adoquines relación a/c=0.45

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																																																																														
	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA																																																																																														
	ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA																																																																																														
	FICHA DE LABORATORIO																																																																																														
TESIS: APROVECHAMIENTO DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN DE COBRE EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE TRÁNSITO PEATONAL COMPARADO CON LOS TRADICIONALES																																																																																															
ENSAYO DE ABSORCIÓN DE ADOQUINES																																																																																															
MUESTRA: Adoquines de A/C = 0.45																																																																																															
REFERENCIA NORMATIVA: NTP 399.611- 2017																																																																																															
ELABORADO POR: Bach. Harold Aldair Hanco Aguilar																																																																																															
LUGAR: Laboratorio de suelos, materiales, concreto y pavimentos de la UAC.																																																																																															
FECHA: 23/12/2020																																																																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nro.</th> <th>MUESTRA</th> <th>PROPORCIÓN</th> <th>PESO SATURADO (Ps)</th> <th>PESO SECO (Pd)</th> <th>(Ps - Pd)</th> <th>% DE ABSC (Ps - Pd) x 100 Pd</th> <th>PROMEDIO (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>MP - 1 - A1</td> <td rowspan="3">PATRON</td> <td>1274.5</td> <td>1224.8</td> <td>49.70</td> <td>3.90</td> <td rowspan="3">4.09</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>MP - 2 - A2</td> <td>1269.5</td> <td>1219.9</td> <td>49.60</td> <td>3.91</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>MP - 3 - A3</td> <td>1274.3</td> <td>1217.5</td> <td>56.80</td> <td>4.46</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>MP - 1 - A4</td> <td rowspan="3">10% DE EFC</td> <td>1275.2</td> <td>1216.5</td> <td>58.70</td> <td>4.60</td> <td rowspan="3">4.72</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>MP - 2 - A5</td> <td>1272.6</td> <td>1208.1</td> <td>64.50</td> <td>5.07</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>MP - 3 - A6</td> <td>1298.8</td> <td>1235.6</td> <td>58.20</td> <td>4.50</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>MP - 1 - A7</td> <td rowspan="3">15% DE EFC</td> <td>1295.0</td> <td>1236.3</td> <td>58.70</td> <td>4.53</td> <td rowspan="3">4.40</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>MP - 2 - A8</td> <td>1288.6</td> <td>1233.1</td> <td>55.50</td> <td>4.31</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>MP - 3 - A9</td> <td>1337.6</td> <td>1279.1</td> <td>58.50</td> <td>4.37</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>MP - 1 - A10</td> <td rowspan="3">20% DE EFC</td> <td>1276.7</td> <td>1212.3</td> <td>64.40</td> <td>5.04</td> <td rowspan="3">4.63</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>MP - 2 - A11</td> <td>1289.7</td> <td>1231.9</td> <td>57.80</td> <td>4.48</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>MP - 3 - A12</td> <td>1304.5</td> <td>1247.4</td> <td>57.10</td> <td>4.38</td> </tr> </tbody> </table>								Nro.	MUESTRA	PROPORCIÓN	PESO SATURADO (Ps)	PESO SECO (Pd)	(Ps - Pd)	% DE ABSC (Ps - Pd) x 100 Pd	PROMEDIO (%)	1	MP - 1 - A1	PATRON	1274.5	1224.8	49.70	3.90	4.09	2	MP - 2 - A2	1269.5	1219.9	49.60	3.91	3	MP - 3 - A3	1274.3	1217.5	56.80	4.46	4	MP - 1 - A4	10% DE EFC	1275.2	1216.5	58.70	4.60	4.72	5	MP - 2 - A5	1272.6	1208.1	64.50	5.07	6	MP - 3 - A6	1298.8	1235.6	58.20	4.50	7	MP - 1 - A7	15% DE EFC	1295.0	1236.3	58.70	4.53	4.40	8	MP - 2 - A8	1288.6	1233.1	55.50	4.31	9	MP - 3 - A9	1337.6	1279.1	58.50	4.37	10	MP - 1 - A10	20% DE EFC	1276.7	1212.3	64.40	5.04	4.63	11	MP - 2 - A11	1289.7	1231.9	57.80	4.48	12	MP - 3 - A12	1304.5	1247.4	57.10	4.38
Nro.	MUESTRA	PROPORCIÓN	PESO SATURADO (Ps)	PESO SECO (Pd)	(Ps - Pd)	% DE ABSC (Ps - Pd) x 100 Pd	PROMEDIO (%)																																																																																								
1	MP - 1 - A1	PATRON	1274.5	1224.8	49.70	3.90	4.09																																																																																								
2	MP - 2 - A2		1269.5	1219.9	49.60	3.91																																																																																									
3	MP - 3 - A3		1274.3	1217.5	56.80	4.46																																																																																									
4	MP - 1 - A4	10% DE EFC	1275.2	1216.5	58.70	4.60	4.72																																																																																								
5	MP - 2 - A5		1272.6	1208.1	64.50	5.07																																																																																									
6	MP - 3 - A6		1298.8	1235.6	58.20	4.50																																																																																									
7	MP - 1 - A7	15% DE EFC	1295.0	1236.3	58.70	4.53	4.40																																																																																								
8	MP - 2 - A8		1288.6	1233.1	55.50	4.31																																																																																									
9	MP - 3 - A9		1337.6	1279.1	58.50	4.37																																																																																									
10	MP - 1 - A10	20% DE EFC	1276.7	1212.3	64.40	5.04	4.63																																																																																								
11	MP - 2 - A11		1289.7	1231.9	57.80	4.48																																																																																									
12	MP - 3 - A12		1304.5	1247.4	57.10	4.38																																																																																									
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 20px;"> </div> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tipo de Adoquín</th> <th colspan="2">Absorción, máx. (%)</th> </tr> <tr> <th>Promedio de 3 unidades</th> <th>Unidad individual</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I y II</td> <td>6</td> <td>7,5</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>5</td> <td>7</td> </tr> </tbody> </table> </div>								Tipo de Adoquín	Absorción, máx. (%)		Promedio de 3 unidades	Unidad individual	I y II	6	7,5	III	5	7																																																																													
Tipo de Adoquín	Absorción, máx. (%)																																																																																														
	Promedio de 3 unidades	Unidad individual																																																																																													
I y II	6	7,5																																																																																													
III	5	7																																																																																													

Fuente elaboración propia



Tabla 39:
Ensayo de absorción de adoquines de mercado

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA		FICHA DE LABORATORIO	
				TESIS: APROVECHAMIENTO DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN DE COBRE EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE TRÁNSITO PEATONAL COMPARADO CON LOS TRADICIONALES			
				ENSAYO DE ABSORCION DE ADOQUINES			
				MUESTRA: Adoquines de mercado			
				REFERENCIA NORMATIVA: NTP 399.611- 2017			
ELABORADO POR: Bach. Harold Aldair Hanco Aguilar							
LUGAR: Laboratorio de suelos, materiales, concreto y pavimentos de la UAC.							
FECHA: 23/12/2020							
Nro.	MUESTRA	PROPORCIÓN	PESO SATURADO (Ps)	PESO SECO (Pd)	(Ps - Pd)	% DE ABSC $\frac{(Ps - Pd)}{Pd} \times 100$	PROMEDIO (%)
1	MP - 1 - A'1	PATRON	1618.2	1508.7	109.50	6.77	6.77
2	MP - 2 - A'2		1608.3	1498.7	109.60	6.81	
3	MP - 3 - A'3		1625.0	1515.7	109.30	6.73	

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

Fuente elaboración propia




Tabla 40
Ensayo de Densidad $a/c = 0.50$

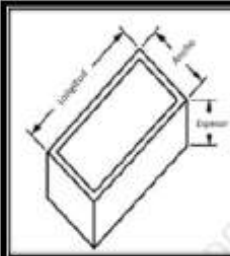
	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																
	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA																
	ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA																
	FICHA DE LABORATORIO																
TESIS: APROVECHAMIENTO DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN DE COBRE EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE TRÁNSITO PEATONAL COMPARADO CON LOS TRADICIONALES																	
ENSAYO DE DENSIDAD $A/C = 0.50$ ADOQUINES																	
MUESTRA: Adoquines de $A/C = 0.50$																	
REFERENCIA NORMATIVA: NTP 399.611- 2017																	
ELABORADO POR: Bach. Harold Aldair Hanco Aguilar																	
LUGAR: Laboratorio de suelos, materiales, concreto y pavimentos de la UAC.																	
FECHA: 23/12/2020																	
Nro.	MUESTRA	PROPORCIÓN	PESO SECO (Pd)	VOLUMEN DE LA PROBETA (Vpa)	DENSIDAD APARENTE (Ed) Vpa	PROMEDIO (%)											
1	MP - 1 - A'1	PATRON	1206.6	560.0	2.15	2.17											
2	MP - 2 - A'2		1221.3	560.0	2.18												
3	MP - 3 - A'3		1218.8	560.0	2.18												
4	MP - 1 - A'4	10% DE EFC	1215.5	560.0	2.17	2.18											
5	MP - 2 - A'5		1230.2	560.0	2.20												
6	MP - 3 - A'6		1214.2	560.0	2.17												
7	MP - 1 - A'7	15% DE EFC	1237.7	560.0	2.21	2.19											
8	MP - 2 - A'8		1215.1	560.0	2.17												
9	MP - 3 - A'9		1231.5	560.0	2.20												
10	MP - 1 - A'10	20% DE EFC	1210.7	560.0	2.16	2.18											
11	MP - 2 - A'11		1208.1	560.0	2.15												
12	MP - 3 - A'12		1256.5	560.0	2.24												
				<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tipo de Adoquín</th> <th colspan="2">Absorción, máx. (%)</th> </tr> <tr> <th>Promedio de 3 unidades</th> <th>Unidad individual</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I y II</td> <td>6</td> <td>7,5</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>5</td> <td>7</td> </tr> </tbody> </table>			Tipo de Adoquín	Absorción, máx. (%)		Promedio de 3 unidades	Unidad individual	I y II	6	7,5	III	5	7
Tipo de Adoquín	Absorción, máx. (%)																
	Promedio de 3 unidades	Unidad individual															
I y II	6	7,5															
III	5	7															

Fuente elaboración propia



Tabla 41
Ensayo de Densidad $a/c = 0.45$

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA		FICHA DE LABORATORIO	
<p>TESIS: APROVECHAMIENTO DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN DE COBRE EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE TRÁNSITO PEATONAL COMPARADO CON LOS TRADICIONALES</p>							
<p>ENSAYO DE DENSIDAD $A/C = 0.45$ ADOQUINES</p> <p>MUESTRA: Adoquines de $A/C = 0.45$</p> <p>REFERENCIA NORMATIVA: NTP 399.611- 2017</p> <p>ELABORADO POR: Bach. Harold Aldair Hanco Aguilar</p> <p>LUGAR: Laboratorio de suelos, materiales, concreto y pavimentos de la UAC.</p> <p>FECHA: 23/12/2020</p>							
Nro.	MUESTRA	PROPORCIÓN	PESO SECO (Pd)	VOLUMEN DE LA PROBETA (V _{pa})	DENSIDAD APARENTE (P _d / V _{pa})	PROMEDIO	
1	MP - 1 - A1	PATRON	1224.8	560.0	2.19	2.18	
2	MP - 2 - A2		1219.9	560.0	2.18		
3	MP - 3 - A3		1217.5	560.0	2.17		
4	MP - 1 - A4	10% DE EFC	1216.5	560.0	2.17	2.18	
5	MP - 2 - A5		1208.1	560.0	2.16		
6	MP - 3 - A6		1235.6	560.0	2.21		
7	MP - 1 - A7	15% DE EFC	1296.3	560.0	2.21	2.23	
8	MP - 2 - A8		1233.1	560.0	2.20		
9	MP - 3 - A9		1279.1	560.0	2.28		
10	MP - 1 - A10	20% DE EFC	1212.3	560.0	2.16	2.20	
11	MP - 2 - A11		1231.9	560.0	2.20		
12	MP - 3 - A12		1247.4	560.0	2.23		

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

Fuente elaboración propia

Tabla 42
Ensayo de Densidad adoquín de mercado

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA		FICHA DE LABORATORIO	
<p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</p> <p>ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA</p> <p>FICHA DE LABORATORIO</p>							
<p>TESIS: APROVECHAMIENTO DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN DE COBRE EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE TRÁNSITO PEATONAL COMPARADO CON LOS TRADICIONALES</p>							
<p>ENSAYO DE DENSIDAD APARENTE DE ADOQUINES</p> <p>MUESTRA: Adoquines de mercado</p> <p>REFERENCIA NORMATIVA: NTP 399.611- 2017</p> <p>ELABORADO POR: Bach. Harold Aldair Hanco Aguilar</p> <p>LUGAR: Laboratorio de suelos, materiales, concreto y pavimentos de la UAC.</p> <p>FECHA: 23/12/2020</p>							
Nro.	MUESTRA	PROPORCIÓN	PESO SECO (Pd)	VOLUMEN DE LA PROBETA (Vpa)	DENSIDAD APARENTE (Pd / Vpa)	PROMEDIO	
1	MP - 1 - A'1	PATRON	1308.7	800.0	1.89	1.88	
2	MP - 2 - A'2		1488.7	800.0	1.87		
3	MP - 3 - A'3		1313.7	800.0	1.89		

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

Fuente elaboración propia



3.5.3.4 Ensayo de dimensionamiento

3.5.3.4.1 Objetivo

Determinar las medidas permisibles de los adoquines patrones y experimentales fabricados con la sustitución en peso del 10%, 15% y 20% del CP por las EFC.

3.5.3.4.2 Equipo y Materiales:

- Martillo de goma
- Vernier
- Regla metálica

3.5.3.4.3 Muestra

Adoquín: las muestras se fabricaron con CP tipo IP, agregado fino, porcentajes de EFC y agua.

3.5.3.4.4 Procedimiento

1. Se mide cada unidad de adoquín, teniendo en cuenta las tolerancias dimensionales de la (NTP 399.611, 2017).

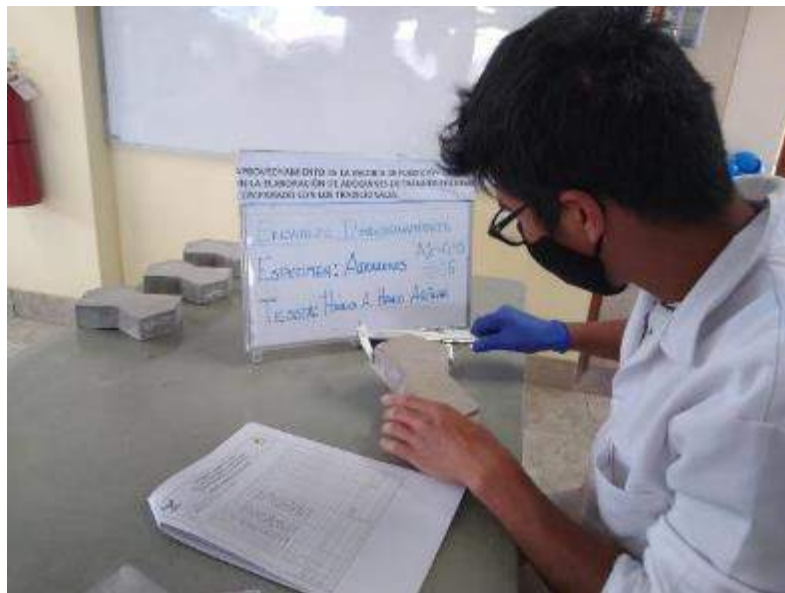


Figura 79. Dimensionamiento de adoquines.



Tabla 43

Ensayo de dimensionamiento de adoquines de 07 días a/c=0.50

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA		FICHA DE LABORATORIO											
TESIS: APROVECHAMIENTO DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN DE COBRE EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE TRÁNSITO PEATONAL COMPARADO CON LOS TRADICIONALES																	
ENSAYO DE DIMENSIONAMIENTO DE ADOQUINES																	
MUESTRA: Adoquines de 07 días A/C = 0.50																	
REFERENCIA NORMATIVA: NTP 399.611- 2017																	
ELABORADO POR: Bach. Harold Aldair Hanco Aguilar																	
LUGAR: Laboratorio de suelos, materiales, concreto y pavimentos de la UAC.																	
FECHA: 23/12/2020																	
ENSAYO DE DIMENSIONAMIENTO DE ADOQUINES																	
MUESTRA	PREPARACIÓN	ANCHO MÍNIMO (C-G)			LARGO (A-E)			ANCHO MÁXIMO (B-H)			ESPESOR						
		D.NOMINAL (C-Gmm)	D.REAL (C-Gmm)	VARIAción EN MM	% VARIAción	D.NOMINAL (A-Emm)	D.REAL (A-Emm)	VARIAción EN MM	% VARIAción	D.NOMINAL (B-Hmm)	D.REAL (B-Hmm)	VARIAción EN MM	% VARIAción	D.NOMINAL (mm)	D.REAL (mm)	VARIAción EN MM	% VARIAción
1	MP-1-A11	70.0	69.4	0.6	0.86	170.0	167.5	2.5	1.47	120.0	119.80	0.20	0.167	40.0	39.70	0.30	0.75
2	MP-2-A3	70.0	69.5	0.5	0.71	170.0	167.8	2.2	1.29	120.0	117.50	2.70	2.250	40.0	39.85	0.15	0.37
3	MP-3-A5	70.0	68.8	1.2	1.71	170.0	167.4	2.6	1.53	120.0	117.40	2.60	2.167	40.0	39.70	0.30	0.75
4	MP-4-A5	70.0	69.7	0.3	0.43	170.0	167.7	2.3	1.38	120.0	118.70	1.30	1.083	40.0	39.60	0.40	1.00
5	MP-5-A5	70.0	69.7	0.3	0.43	170.0	167.7	2.3	1.35	120.0	118.30	1.70	1.417	40.0	39.80	0.20	0.50
6	MP-6-A5	70.0	69.6	0.4	0.57	170.0	167.2	2.8	1.65	120.0	117.80	2.20	1.833	40.0	39.80	0.20	0.50
7	MP-7-A7	70.0	69.5	0.5	0.71	170.0	168.1	1.9	1.12	120.0	118.60	1.40	1.167	40.0	39.60	0.40	1.00
8	MP-8-A8	70.0	68.3	1.7	2.43	170.0	167.6	2.4	1.41	120.0	118.65	1.35	1.125	40.0	39.65	0.35	0.88
9	MP-9-A6	70.0	69.3	0.7	1.00	170.0	167.2	2.8	1.65	120.0	117.55	2.45	2.042	40.0	39.45	0.55	1.37
10	MP-10-A10	70.0	69.6	0.4	0.57	170.0	167.6	2.4	1.41	120.0	118.35	1.65	1.375	40.0	39.65	0.35	0.88
11	MP-11-A11	70.0	69.2	0.8	1.14	170.0	167.9	2.1	1.24	120.0	117.80	2.20	1.833	40.0	39.8	0.20	0.50
12	MP-12-A12	70.0	68.4	1.65	2.36	170.0	167.1	2.9	1.71	120.0	118.15	1.85	1.542	40.0	39.7	0.30	0.75

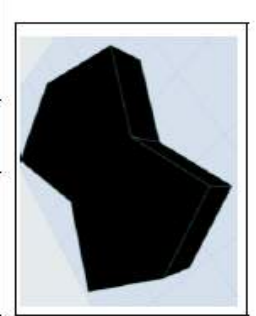
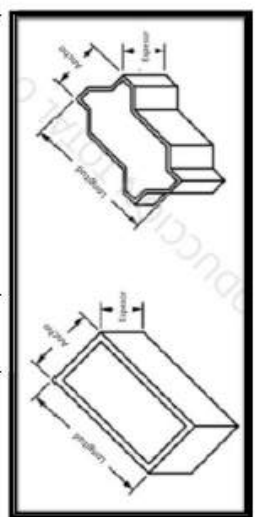


TABLA 2 - Tolerancia dimensional

Tolerancia dimensional, máx. (mm)	
Longitud	± 1.6
Ancho	± 1.6
Especcor	± 3.2

*Se aplica a todos los tipos



Tabla 44

Ensayo de dimensionamiento de adoquines de 14 días a/c=0.50

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA		FICHA DE LABORATORIO											
TESIS: APROVECHAMIENTO DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN DE COBRE EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE TRÁNSITO PEATONAL COMPARADO CON LOS TRADICIONALES																	
ENSAYO DE DIMENSIONAMIENTO DE ADOQUINES																	
MUESTRA: Adoquines de 14 días A/C = 0.50																	
REFERENCIA NORMATIVA: NTP 399.611- 2017																	
ELABORADO POR: Bach. Harold Aldair Hanco Aguilar																	
LUGAR: Laboratorio de suelos, materiales, concreto y pavimentos de la UAC.																	
FECHA: 23/12/2020																	
MUESTRA	PROFUNDIDAD DE FORTALECIMIENTO	ANCHO MINIMO (C-G)			LARGO (A-E)			ANCHO MAXIMO (B-H)			ESPESOR						
		D. NOMINAL (C-Gmm)	D. REAL (C-Gmm)	% VARIACION	Desviación	D. REAL (A-Emm)	D. REAL (A-Emm)	% VARIACION	Desviación	D. REAL (B-Hmm)	D. REAL (B-Hmm)	% VARIACION	Desviación	D. REAL (A-Emm)	D. REAL (A-Emm)	% VARIACION	Desviación
1	MP-1-A1	70.0	68.8	1.2	1.71	170.0	168.4	1.6	0.94	130.0	118.40	1.60	1.333	40.0	39.60	0.40	1.00
2	MP-2-A2	70.0	69.3	0.7	1.00	170.0	168.3	1.7	1.00	130.0	117.50	2.50	2.083	40.0	39.40	0.60	1.50
3	MP-3-A3	70.0	68.8	1.2	1.71	170.0	168.7	1.3	0.76	130.0	118.40	1.60	1.333	40.0	39.90	0.10	0.25
4	MP-1-A4	70.0	69.7	0.3	0.43	170.0	168.4	1.6	0.94	130.0	118.30	1.70	1.417	40.0	39.60	0.40	1.00
5	MP-2-A5	70.0	69.2	0.8	1.14	170.0	167.6	2.4	1.41	130.0	118.40	1.60	1.333	40.0	39.50	0.50	1.25
6	MP-3-A6	70.0	68.8	1.2	1.71	170.0	167.5	2.5	1.47	130.0	117.60	2.40	2.000	40.0	39.90	0.10	0.25
7	MP-1-A7	70.0	68.8	1.2	1.71	170.0	168.3	1.8	1.03	130.0	118.20	1.80	1.500	40.0	39.40	0.60	1.50
8	MP-2-A8	70.0	69.0	1.06	1.50	170.0	167.7	2.3	1.35	130.0	117.90	2.10	1.750	40.0	39.50	0.50	1.25
9	MP-3-A9	70.0	69.1	0.9	1.29	170.0	168.2	1.8	1.06	130.0	118.30	1.70	1.417	40.0	39.1	0.90	2.25
10	MP-1-A10	70.0	68.9	1.1	1.57	170.0	167.3	2.7	1.59	130.0	117.90	2.10	1.750	40.0	39.1	0.90	2.25
11	MP-2-A11	70.0	69.0	1.06	1.50	170.0	168.0	2.1	1.21	130.0	118.80	1.20	1.000	40.0	39.5	0.50	1.25
12	MP-3-A12	70.0	68.8	1.2	1.71	170.0	167.8	2.2	1.29	130.0	118.10	1.90	1.583	40.0	39.6	0.40	1.00

ENSAYO DE DIMENSIONAMIENTO DE ADOQUINES

TABLA 2 - Tolerancia dimensional

Tolerancia dimensional, máx. (mm)	
Longitud	± 1.6
Ancho	± 1.6
Espeor	± 3.2

*Se aplica a todos los tipos

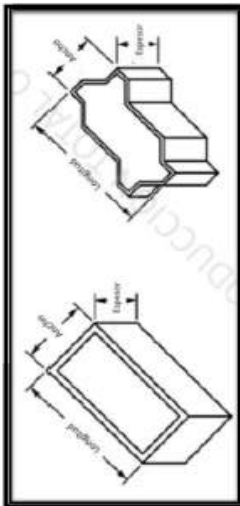




Tabla 45

Ensayo de dimensionamiento de adoquines de 28 días $a/c=0.50$

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA	
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		FICHA DE LABORATORIO	
ENSAYO DE DIMENSIONAMIENTO DE ADOQUINES		TOLERANCIA DIMENSIONAL	
MUESTRA: Adoquines de 28 días $a/c = 0.50$		TOLERANCIA DIMENSIONAL MÁX.	
REFERENCIA NORMATIVA: NTP 399.611- 2017		Longitud $\pm 1,6$	
ELABORADO POR: Bach. Harold Aldair Hanco Aguilar		Ancho $\pm 1,6$	
LUGAR: Laboratorio de suelos, materiales, concreto y pavimentos de la UAC.		Espesor $\pm 3,2$	
FECHA: 23/12/2020		*Se aplica a todos los tipos	

MUESTRA	PROPORCIÓN	ANCHO (MÍNIMO) (C-G)				LARGO (A-E)				ESPESOR (B-F)							
		D. REAL (C-Dmm)	VARIACION EN MM	% VARIACION	PROMEDIO	D. REAL (A-Dmm)	VARIACION EN MM	% VARIACION	PROMEDIO	D. REAL (B-Emm)	VARIACION EN MM %	PROMEDIO					
1	MP-1-A1	70.0	68.7	1.3	1.66	170.0	168.3	1.5	0.88	120.0	118.10	1.90	1.583	40.0	39.10	0.90	-0.23
2	PATRON	70.0	69.4	0.6	0.86	170.0	168.4	1.6	0.94	120.0	118.40	1.60	1.333	40.0	39.30	0.70	1.25
3	MP-2-A3	70.0	68.8	1.2	1.71	170.0	168.5	1.5	0.91	120.0	118.30	1.70	1.417	40.0	39.80	0.20	0.30
4	MP-3-A4	70.0	68.8	1.2	1.71	170.0	168.6	1.4	0.82	120.0	118.10	1.90	1.583	40.0	39.70	0.30	0.75
5	10% DE EFC	70.0	68.7	1.3	1.86	170.0	168.3	1.7	1.00	120.0	118.40	1.60	1.333	40.0	39.80	0.20	0.30
6	MP-3-A5	70.0	68.5	0.5	0.71	170.0	168.2	1.8	1.06	120.0	118.60	1.40	1.167	40.0	39.80	0.20	0.30
7	MP-1-A7	70.0	68.7	1.3	1.86	170.0	168.5	1.5	0.88	120.0	118.30	1.70	1.417	40.0	39.40	0.60	1.50
8	15% DE EFC	70.0	68.7	1.3	1.86	170.0	168.5	1.5	0.88	120.0	118.30	1.50	1.250	40.0	39.30	0.70	1.25
9	MP-3-A9	70.0	68.3	0.7	1.00	170.0	168.3	1.6	0.91	120.0	118.10	1.90	1.583	40.0	39.3	0.70	1.75
10	MP-1-A10	70.0	68.6	0.4	0.57	170.0	168.7	1.3	0.76	120.0	118.10	1.90	1.583	40.0	39.2	0.80	2.00
11	20% DE EFC	70.0	68.9	1.1	1.57	170.0	168.3	1.7	1.00	120.0	118.40	1.60	1.333	40.0	39.3	0.70	1.71
12	MP-3-A12	70.0	68.8	1.2	1.71	170.0	168.8	1.2	0.71	120.0	118.30	1.50	1.250	40.0	39.25	0.75	1.88

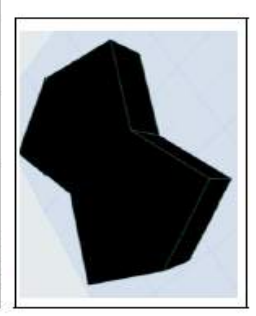
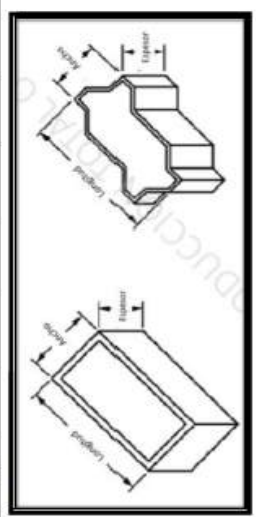


TABLA 2 - Tolerancia dimensional

Tolerancia dimensional, máx. (mm)	
Longitud	$\pm 1,6$
Ancho	$\pm 1,6$
Espesor	$\pm 3,2$

*Se aplica a todos los tipos



Tabla 46

Ensayo de dimensionamiento de adoquines de 07 días a/c=0.45

MUESTRA		ANCHO MINIMO (C - G)		LARGO (A - E)		ANCHO MAXIMO (B - H)		ESPESOR							
		D. REAL (C-Opm)	VARIAION EN MM	% VARIACION	D. REAL (A-Opm)	VARIAION EN MM	% VARIACION	D. REAL (B-Opm)	VARIAION EN MM	% VARIACION					
1	MP-1-K1	70.0	69.5	0.55	0.79	170.0	167.8	2.2	1.29	120.0	119.40	0.60	0.50	0.20	0.50
2	MP-2-K1	70.0	69.8	0.2	0.29	170.0	168.2	1.8	1.06	120.0	118.45	1.55	1.292	0.50	1.25
3	MP-3-K1	70.0	68.8	1.2	1.71	170.0	168.4	1.6	0.94	120.0	118.50	1.70	1.417	0.50	0.75
4	MP-1-K4	70.0	69.7	0.3	0.43	170.0	168.5	1.5	0.88	120.0	118.65	1.35	1.125	0.20	0.50
5	MP-2-K5	70.0	68.9	1.1	1.57	170.0	168.4	1.6	0.94	120.0	118.45	1.55	1.292	0.50	0.83
6	MP-3-K6	70.0	68.8	1.2	1.71	170.0	168.3	1.7	1.00	120.0	118.50	1.70	1.417	0.30	0.75
7	MP-1-K7	70.0	68.9	1.1	1.57	170.0	168.4	1.6	0.94	120.0	118.90	1.10	0.917	0.25	0.63
8	MP-2-K8	70.0	69.4	0.6	0.86	170.0	169.4	0.6	0.35	120.0	119.20	0.80	0.667	0.20	0.50
9	MP-1-K9	70.0	68.7	1.35	1.93	170.0	169.3	0.7	0.41	120.0	119.50	0.50	0.417	0.35	0.88
10	MP-1-K10	70.0	69.5	0.5	0.71	170.0	167.8	2.2	1.29	120.0	118.55	1.45	1.208	0.15	0.37
11	MP-2-K11	70.0	69.4	0.6	0.86	170.0	168.3	1.7	1.00	120.0	117.80	2.20	1.833	0.20	0.50
12	MP-3-K12	70.0	69.2	0.8	1.14	170.0	168.5	1.5	0.88	120.0	118.90	1.10	0.917	0.60	1.50

ENSAYO DE DIMENSIONAMIENTO DE ADOQUINES

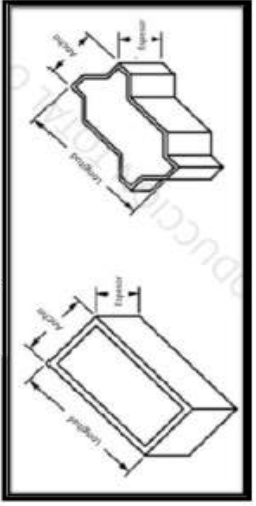


TABLA 2 - Tolerancia dimensional

Tolerancia dimensional, máx. (mm)	
Longitud	± 1.6
Ancho	± 1.6
Espesor	± 3.2

*Se aplica a todos los tipos



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA
FICHA DE LABORATORIO

TESIS: APROVECHAMIENTO DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN DE COBRE EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE TRÁNSITO PEATONAL COMPARADO CON LOS TRADICIONALES

ENSAYO DE DIMENSIONAMIENTO DE ADOQUINES
MUESTRA: Adoquines de 07 días A/C = 0.45
REFERENCIA NORMATIVA: NTP 399.611- 2017
ELABORADO POR: Bach. Harold Aldair Hanco Aguilar
LUGAR: Laboratorio de suelos, materiales, concreto y pavimentos de la UAC.
FECHA: 23/12/2020



Tabla 47

Ensayo de dimensionamiento de adoquines de 14 días $a/c=0.45$

MUESTRA		ANCHO MINIMO (C-G)		LARGO (A-E)		ANCHO MAXIMO (B-H)		ESPESOR									
		D. REAL (C-Gmm)	VARIACION MM	% VARIACION	KOMISO	D. REAL (A-Emm)	VARIACION MM	% VARIACION	KOMISO	D. REAL (B-Hmm)	VARIACION MM	% VARIACION	KOMISO	D. REAL (Espmm)	VARIACION MM	% VARIACION	KOMISO
1	MP-1-A1	70.0	68.7	1.3	1.86	170.0	168.3	1.7	1.00	120.0	118.70	1.30	1.083	40.0	39.55	0.45	1.13
2	MP-2-A2	70.0	68.9	1.15	1.64	170.0	168.4	1.6	0.94	120.0	118.50	1.50	1.250	40.0	39.50	0.50	1.25
3	MP-3-A3	70.0	69.5	0.5	0.71	170.0	168.5	1.5	0.88	120.0	118.40	1.60	1.333	40.0	39.60	0.40	1.00
4	MP-1-A4	70.0	68.7	1.3	1.86	170.0	168.3	1.7	1.00	120.0	118.20	1.80	1.500	40.0	39.50	0.50	1.25
5	MP-2-A5	70.0	69.5	0.5	0.71	170.0	168.5	1.5	0.88	120.0	118.40	1.60	1.333	40.0	39.70	0.30	0.75
6	MP-3-A6	70.0	68.7	1.3	1.86	170.0	168.8	1.2	0.71	120.0	118.20	1.80	1.500	40.0	39.35	0.65	1.63
7	MP-1-A7	70.0	69.2	0.8	1.14	170.0	169.1	0.9	0.56	120.0	118.70	1.30	1.083	40.0	39.70	0.30	0.75
8	MP-2-A8	70.0	69.1	0.9	1.29	170.0	168.8	1.2	0.71	120.0	118.75	1.25	1.042	40.0	39.40	0.60	1.50
9	MP-3-A9	70.0	69.3	0.7	1.00	170.0	168.9	1.1	0.65	120.0	118.90	1.10	0.917	40.0	39.7	0.30	0.75
10	MP-1-A10	70.0	68.6	1.4	2.00	170.0	168.7	1.3	0.76	120.0	118.30	1.70	1.417	40.0	39.4	0.60	1.50
11	MP-2-A11	70.0	69.3	0.7	1.00	170.0	168.7	1.3	0.76	120.0	118.60	1.40	1.167	40.0	39.35	0.65	1.63
12	MP-3-A12	70.0	69.8	0.2	0.29	170.0	168.6	1.4	0.82	120.0	118.50	1.50	1.250	40.0	39.6	0.40	1.00



ENSAYO DE DIMENSIONAMIENTO DE ADOQUINES

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA
FICHA DE LABORATORIO

TESIS: APROVECHAMIENTO DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN DE COBRE EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE TRÁNSITO PEATONAL COMPARADO CON LOS TRADICIONALES

ENSAYO DE DIMENSIONAMIENTO DE ADOQUINES

MUESTRA: Adoquines de 14 días $A/C = 0.45$

REFERENCIA NORMATIVA: NTP 399.6111- 2017

ELABORADO POR: Bach. Harold Aldair Hanco Aguilar

LUGAR: Laboratorio de suelos, materiales, concreto y pavimentos de la UAC.

FECHA: 23/12/2020

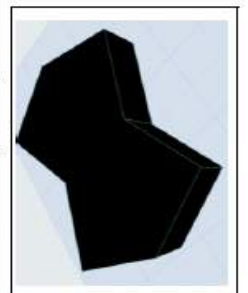
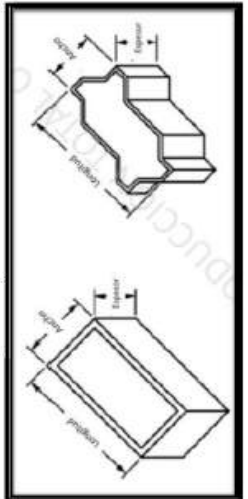


TABLA 2 - Tolerancia dimensional

Tolerancia dimensional, máx. (mm)	
Longitud	± 1.6
Ancho	± 1.6
Espesor	± 3.2

*Se aplica a todos los tipos



Tabla 48

Ensayo de dimensionamiento de adoquines de 28 días $a/c=0.45$

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA		FICHA DE LABORATORIO									
TESIS: APROVECHAMIENTO DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN DE COBRE EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE TRÁNSITO PEATONAL COMPARADO CON LOS TRADICIONALES																	
ENSAYO DE DIMENSIONAMIENTO DE ADOQUINES																	
MUESTRA: Adoquines de 28 días $A/C = 0.45$																	
REFERENCIA NORMATIVA: NTP 399.611- 2017																	
ELABORADO POR: Bach. Harold Aidair Hanco Aguilar																	
LUGAR: Laboratorio de suelos, materiales, concreto y pavimentos de la UAC.																	
FECHA: 23/12/2020																	
ENSAYO DE DIMENSIONAMIENTO DE ADOQUINES																	
MUESTRA	PROPORCIÓN	ANCHO MINIMO (C- G)			LARGO (A- E)			ANCHO MAXIMO (B- F)			ESPESOR						
		D. REAL (C- G)mm	N. VARIACION	PROBADO	D. REAL (A- E)mm	N. VARIACION	PROBADO	D. REAL (B- F)mm	N. VARIACION	PROBADO	D. REAL (A- Espm)	N. VARIACION	PROBADO				
1	MP-1-A1	70.0	68.7	1.3	1.86	170.0	168.3	1.7	1.00	120.0	118.70	1.30	1.083	40.0	39.55	0.45	1.13
2	MP-2-A2	70.0	68.9	1.15	1.64	170.0	168.4	1.6	0.94	120.0	118.50	1.50	1.250	40.0	39.50	0.50	1.25
3	MP-3-A3	70.0	69.5	0.5	0.71	170.0	168.5	1.5	0.88	120.0	118.40	1.60	1.333	40.0	39.60	0.40	1.00
4	MP-1-A4	70.0	68.9	1.1	1.57	170.0	168.3	1.7	1.00	120.0	118.20	1.80	1.500	40.0	39.50	0.50	1.25
5	MP-2-A5	70.0	68.9	1.15	1.64	170.0	168.5	1.5	0.88	120.0	118.40	1.60	1.333	40.0	39.70	0.30	0.75
6	MP-3-A6	70.0	68.9	1.1	1.57	170.0	168.8	1.2	0.71	120.0	118.20	1.80	1.500	40.0	39.40	0.60	1.50
7	MP-1-A7	70.0	69.2	0.8	1.14	170.0	169.1	0.9	0.56	120.0	118.70	1.30	1.083	40.0	39.70	0.30	0.75
8	MP-2-A8	70.0	69.1	0.9	1.29	170.0	168.8	1.2	0.71	120.0	117.75	2.25	1.875	40.0	39.40	0.60	1.50
9	MP-3-A9	70.0	69.3	0.7	1.00	170.0	168.9	1.1	0.65	120.0	117.90	2.10	1.750	40.0	39.7	0.30	0.75
10	MP-1-A10	70.0	68.6	1.4	2.00	170.0	168.7	1.3	0.76	120.0	118.30	1.70	1.417	40.0	39.4	0.60	1.50
11	MP-2-A11	70.0	69.3	0.7	1.00	170.0	167.7	2.3	1.35	120.0	117.60	2.40	2.000	40.0	39.35	0.65	1.63
12	MP-3-A12	70.0	69.8	0.2	0.29	170.0	168.6	1.4	0.82	120.0	118.50	1.50	1.250	40.0	39.6	0.40	1.00

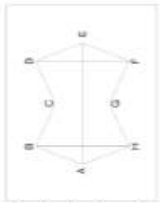
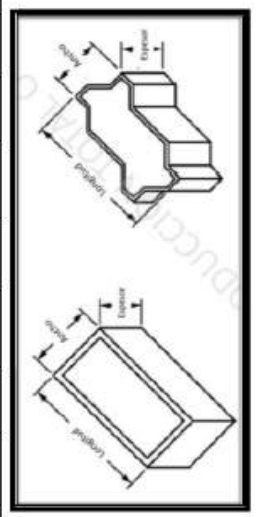


TABLA 2 - Tolerancia dimensional

Tolerancia dimensional. máx.	
Longitud	Ancho
$\pm 1,6$	$\pm 1,6$
Espesor	
$\pm 3,2$	

*Se aplica a todos los tipos





3.6 Procedimientos de análisis de datos.

3.6.1 Ensayos del agregado fino

3.6.1.1 Ensayo de granulometría y MF

a) Procedimiento y cálculo

- Después del tamizaje del agregado fino, se registra los pesos retenidos en cada malla y se procesan los cálculos.

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso retenido} \times 100}{\text{Peso total}}$$

- Lo siguiente es determinar el % retenido acumulado.
- Se halla el % pasante en cada tamiz con lo siguiente:
- Finalizando se dedujo el MF con lo siguiente:

$$\text{MF} = \frac{\sum \% \text{s Retenidos Acumulados (Nro. 4 + Nro. 8 + Nro16 + Nro. 30 + Nro50 + Nro. 100)}}{100}$$

Donde:

MF: Modulo de fineza

b) Tabla de procedimiento de resultados

- Agregado fino.

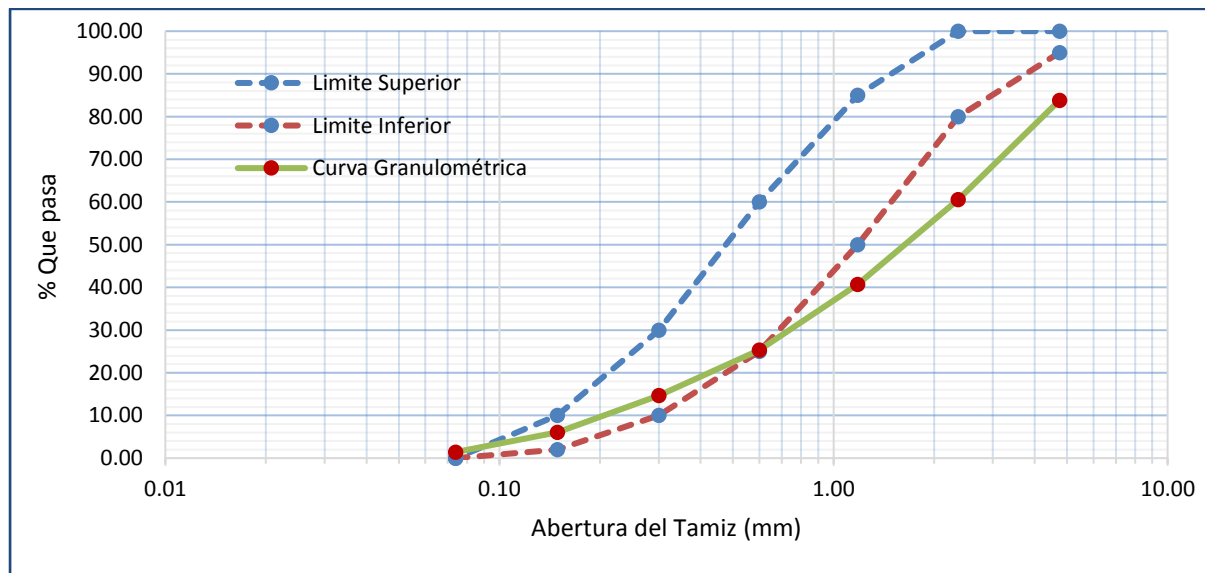


Tabla 49
Primer Análisis granulométrico

ANALISIS GRANULOMETRICO							
Peso Muestra Inicial:	474.10	gr	Diferencia de pesos:		13.90		
Peso Muestra Final:	460.20	gr	Compensación:		13.90		
TAMIZ	Apertura del tamiz (mm)	Peso retenido (gr)	Peso retenido cmp (gr)	% Retenido	Peso retenido acumulado cmp (gr)	% Retenido acumulado	% Que pasa
#4	4.75	76.70	76.70	16.18	76.70	16.18	83.82
#8	2.36	110.30	110.30	23.27	187.0	39.45	60.55
#16	1.18	94.30	94.30	19.89	281.3	59.34	40.66
#30	0.60	72.70	72.70	15.33	354.0	74.67	25.33
#50	0.300	43.50	50.45	10.64	404.5	85.31	14.69
#100	0.149	33.90	40.85	8.62	445.3	93.93	6.07
#200	0.074	22.00	22.00	4.64	467.3	98.57	1.43
Fondo	0.000	6.80	6.80	1.43	474.10	100.00	0.00
TOTAL:		460.20	474.10	100.00			
Módulo de fineza =		3.69	Porcentaje de diferencia de pesos		2.93%	cumple el numeral 6.8	

Fuente elaboración propia

Figura 80:Primera curva granulométrica



Fuente elaboración propia



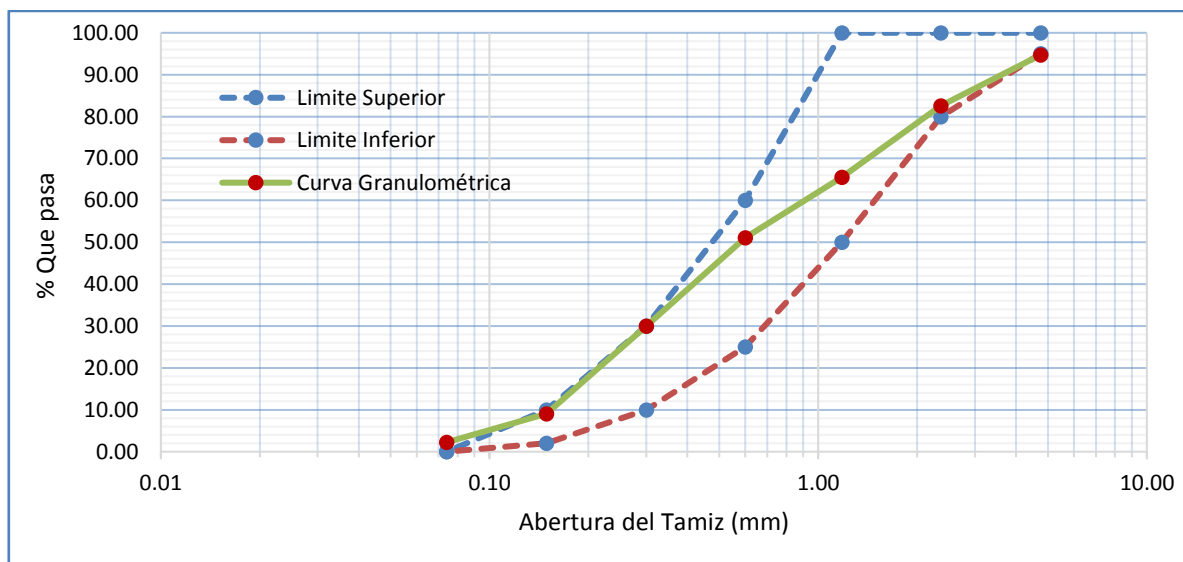
- Segundo ensayo de Agregado fino

Tabla 50
Segundo análisis granulométrico.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO							
Peso Muestra Inicial:	1080.80	gr			Diferencia de pesos:	1.40	
Peso Muestra Final:	1079.40	gr			Compensación:	1.40	
TAMIZ	Apertura del tamiz (mm)	Peso retenido (gr)	Peso retenido cmp (gr)	% Retenido	Peso retenido cmp (gr)	% Retenido acumulado	% Que pasa
#4	4.75	56.90	57.10	5.28	57.10	5.28	94.72
#8	2.36	131.00	131.20	12.14	188.30	17.42	82.58
#16	1.18	183.70	183.90	17.02	372.20	34.44	65.56
#30	0.60	156.60	156.80	14.51	529.00	48.95	51.05
#50	0.300	227.70	227.90	21.09	756.90	70.03	29.97
#100	0.149	226.10	226.30	20.94	983.20	90.97	9.03
#200	0.074	73.10	73.30	6.78	1056.50	97.75	2.25
Fondo	0.000	24.30	24.30	2.25	1080.80	100.00	0.00
TOTAL:		1079.40	1080.80	100.00			
Módulo de finesa =		2.67	Porcentaje de diferencia de pesos			0.13%	

Fuente elaboración propia

Figura 81. Segundo análisis granulométrico



Fuente elaboración propia



c) Análisis de la prueba

Los análisis granulométricos del primer ensayo de agregado fino no cumplen con las normas E. 070 albañilería y NTP 400. 012; donde la granulometría del agregado fino para unidades de albañilería debe tener mayor tendencia a las partículas finas y estar en relación a la norma ASTM C 33, otra característica que se evidencia es el MF que no sea menor a 2.3 ni mayor a 3.1, ni que varíe en más de 0.2 del valor típico de la fuente de abastecimiento.

Por esta razón se analizó una nueva cantera, donde el primer paso fue separar las partículas que estaban arriba de la malla N°4 y trabajar con las partículas más finas es decir con las mallas N°8 + N°16 + N°30 + N°50 y N°100 el cual está dentro del límite o parámetro exigido por la norma técnica.

3.6.1.2 Ensayo de Peso Unitario

a) Cálculo del ensayo

Se calculo el peso unitario suelto y compactado con lo siguiente:

$$M_s = \frac{(G_s - T)}{V}$$

$$M_c = \frac{(G_c - T)}{V}$$

Donde:

M_s = Peso unitario del agregado suelto (kg/m³).

M_c = Peso unitario del agregado compactado (kg/ m³).

G_s = Peso del recipiente más el agregado suelto (kg).

G_c = Peso del recipiente más el agregado compactado (kg).

T = Peso del recipiente (kg).

V = Volumen del recipiente (m³).

Datos del recipiente:



Tabla 51
Medidas del molde – ancho

Medida	Diámetro del molde (m)
1	10.20
2	10.20
3	10.20
promedio	10.20

Fuente elaboración propia

Tabla 52
Medidas del molde – altura

Medida	Altura del molde (m)
1	11.70
2	11.70
3	11.70
promedio	11.70

Fuente elaboración propia

b) Tabla de procedimiento de resultados

Tabla 53
Análisis del peso unitario suelto del segundo agregado

Símbolo	Descripción	Unidad	Valor
T	Masa del recipiente	gr.	4158.30
Gs	Masa del recip. + agregado suelto	gr.	5583.50
V	Volumen del recipiente	Cm ³	956.04
D	Diámetro del molde	m	10.20
H	Altura del molde	m	11.70
	$Ms = \frac{(Gs - T)}{V}$	Gr/cm ³	1.49
	Ms	Kg/ m ³	1490.73

Fuente elaboración propia



Tabla 54
Análisis del peso unitario compactado del segundo agregado fino

Símbolo	Descripción	Unidad	Valor
T	Masa del recipiente	gr.	4158.30
Gc	Masa del recip. + agregado compactado	gr.	5623.40
V	Volumen del recipiente	Cm3	916.56
D	Diámetro del molde	m	10
H	Altura del molde	m	11.67
	$Ms = \frac{(Gc - T) \cdot V}{V}$	Gr/cm3	1.60
	Ms	Kg/ m3	1598.47

Fuente elaboración propia

c) Análisis de la prueba

Se concluye que este ensayo del peso unitario es una propiedad física de mucha importancia en la dosificación de los agregados dentro del hormigón.

3.6.1.3 Ensayo de Peso Específico y absorción

a) Procesamiento o cálculo de la prueba

Se realizo los cálculos con lo siguiente:



Tabla 55

Cálculos para el peso específico o absorción.

Cálculos para el peso específico o absorción.	
Densidad relativa (gravedad específica) (OD)	$\frac{A}{(B + C - S)}$
Densidad relativa (gravedad específica) (SSD)	$\frac{S}{(B + S - C)}$
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	$\frac{A}{(B + A - C)}$
Densidad (OD), Kg / M ³	$\frac{997.5 A}{(B + S - C)}$
Densidad (SSD), Kg / M ³	$\frac{997.5 S}{(B + S - C)}$
Densidad aparente (SSD), Kg / M ³	$\frac{997.5 S}{(B + A - C)}$
Absorción, %	$100 \left[\frac{(S - A)}{A} \right]$

Fuente elaboración propia

Donde:

A = Masa de la muestra seca al horno, gr.

B = Masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración, gr.

C = Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración, gr.

S = Masa de a muestra de saturado superficialmente seca, gr.

OD = Seca al horno

SSD = Saturada superficialmente seca.

b) Tabla de procedimiento de resultados

- Peso específico y absorción del agregado fino.



Tabla 56

Análisis de datos del peso específico y absorción del primer agregado fino.

Símbolo	Descripción	Unidad	Valor
A	Masa de la muestra seca al horno	gr	496.20
B	Masa del picnómetro llenado de agua	gr	672.10
C	Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua	gr	985.30
V	Volumen de la fiola	gr	500
S	Masa de la muestra de saturado superficialmente seca	gr	489.80

Fuente elaboración propia

Tabla 57

Procesamiento de datos del peso específico y absorción

Procesamiento de datos del peso específico y absorción	
Densidad relativa (gravedad específica) (OD)	0.42
$\frac{A}{(B + C - S)}$	
Densidad relativa (gravedad específica) (SSD)	2.77
$\frac{S}{(B + S - C)}$	
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	2.71
$\frac{A}{(B + A - C)}$	
Densidad (OD), Kg / M ³	2802.72
$\frac{997.5 A}{(B + S - C)}$	
Densidad (SSD), Kg / M ³	2766.57
$\frac{997.5 S}{(B + S - C)}$	
Densidad aparente (SSD), Kg / M ³	2669.81
$\frac{997.5 S}{(B + A - C)}$	
Absorción, %	1.29
$100 \left[\frac{(S - A)}{A} \right]$	

Fuente elaboración propia.



3.6.1.4 Ensayo de Contenido de Humedad

a) Procesamiento o cálculo de la prueba

El contenido de humedad se determina con lo siguiente:

$$\%P = \frac{(W - D)}{D} \cdot x 100$$

Donde:

P % = Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje, (%).

W = Masa de la muestra húmeda original en gramos, (gr).

D = Masa de la muestra seca en gramos (gr).

b) Tabla de procesamiento de datos

Tabla 58

Análisis de la humedad del primer agregado fino

Símbolo	Descripción	Unidad	Valor
W	Peso inicial	gr	496.2
D	Peso seco final	gr	489.8
T	Peso del recipiente	gr	despreciable
Humedad, %			1.32%

Fuente elaboración propia

3.6.2 Ensayos para el adoquín de concreto

3.6.2.1 Ensayo de Resistencia a la compresión

a) Procesamiento o cálculo del ensayo

Se realizaron 36 pruebas con relación a/c = 0.50; otras 36 pruebas con relación a/c = 0.45 para los ensayos de compresión en distintos días de curado (7, 14 y 28 días) y diversos porcentajes de remplazo de CP por la EFC (patrón, 10%, 15% y 20%), como también se ensayaron adoquines de mercado lo cual se muestra en las siguientes tablas:

Donde:

Fm = Resistencia a compresión en “Mpa”.



P máx. = Carga máxima total en “N”

Kgf = Kilogramo fuerza.

Mpa = Mega Pascales.

b) Tabla de procesamiento de datos

- Procesamiento de resistencia a la compresión de adoquines en tiempos de curado de 7, 14 y 28 días con relación a/c=0.50

Tabla 59

Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín patrón en un tiempo de 07 días en relación a/c=0.50

MUESTRA	PROPORCIÓN	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (P Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION	PROMEDIO
		cm2	Kgf	ksc	Mpa.	pa.
1 MP - 1 - A`1	PATRON	140.000	53580.00	382.76	37.54	38.14
2 MP - 2 - A`2		140.000	53660.00	383.25	37.58	
3 MP - 3 - A`3		140.000	56090.00	400.61	39.29	

Fuente elaboración propia

Tabla 60

Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín patrón en un tiempo de 14 días en relación a/c=0.50

MUESTRA	PROPORCIÓN	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (P Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION	PROMEDIO
		cm2	Kgf	ksc	Mpa.	Mpa.
1 MP - 1 - A`1	PATRON	140.000	85600.00	611.39	59.96	59.66
2 MP - 2 - A`2		140.000	83180.00	594.11	58.26	
3 MP - 3 - A`3		140.000	86750.00	619.60	60.76	

Fuente elaboración propia



Tabla 61

Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín patrón en un tiempo de 28 días en relación $a/c=0.50$

MUESTRA	PROPORCIÓN	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (P Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION	PROMEDIO
		cm2	Kgf	ksc	Mpa.	Mpa.
1	MP - 1 - A`1	140.000	111580.00	797.01	78.16	
2	MP - 2 - A`2	140.000	112940.00	806.71	79.11	77.83
3	MP - 3 - A`3	140.000	108810.00	777.18	76.22	

Fuente elaboración propia

Tabla 62

Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín al 10% en un tiempo de 07 días en relación $a/c=0.50$

MUESTRA	PROPORCIÓN	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (P Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION	PROMEDIO
		cm2	Kgf	ksc	Mpa.	Mpa.
4	MP - 1 - A`4	140.000	55960.00	399.70	39.20	
5	MP - 2 - A`5	140.000	48880.00	349.15	34.24	35.91
6	MP - 3 - A`6	140.000	48940.00	349.57	34.28	

Fuente elaboración propia

Tabla 63

Análisis de resistencia a compresión del adoquín al 10% en un tiempo de 14 días $a/c=0.50$.

MUESTRA	PROPORCIÓN	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (P Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION	PROMEDIO
		cm2	Kgf	ksc	Mpa.	Mpa.
4	MP - 1 - A`4	140.000	84080.00	600.54	58.89	
5	MP - 2 - A`5	140.000	82800.00	591.39	58.00	58.18
6	MP - 3 - A`6	140.000	82300.00	587.82	57.65	

Fuente elaboración propia



Tabla 64

Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín al 10% en un tiempo de 28 días $a/c=0.50$.

MUESTRA	PROPORCIÓN	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (P Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION	PROMEDIO
		cm2	Kgf	ksc	Mpa.	Mpa.
4	MP- 1 - A´4	140.000	107080.00	764.88	75.01	
5	MP- 2 - A´5	10% DE EFC	140.000	114430.00	817.33	74.98
6	MP- 3 - A´6	140.000	99620.00	711.52	69.78	

Fuente elaboración propia

Tabla 65

Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín al 15% en un tiempo de 07 días $a/c=0.50$.

MUESTRA	PROPORCIÓN	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (P Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION	PROMEDIO
		cm2	Kgf	ksc	Mpa.	Mpa.
7	MP - 1 - A´7	140.000	46840.00	334.53	32.81	
8	MP - 2 - A´8	15% DE EFC	140.000	48810.00	348.59	34.41
9	MP - 3 - A´9	140.000	51750.00	369.61	36.25	

Fuente elaboración propia

Tabla 66

Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín al 15% en un tiempo de 14 días en relación $a/c=0.50$.

MUESTRA	PROPORCIÓN	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (P Max.)	RESISTENCIA A La COMPRESIÓN	PROMEDIO
		cm2	Kgf	ksc	Mpa.	Mpa.
7	MP - 1 - A´7	140.000	85700.00	612.11	60.03	
8	MP - 2 - A´8	15% DE EFC	140.000	80760.00	576.82	59.22
9	MP - 3 - A´9	140.000	87180.00	622.68	61.06	

Fuente elaboración propia



Tabla 67

Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín al 15% en un tiempo de 28 días en relación $a/c=0.50$.

MUESTRA	PROPORCIÓN	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (P Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION	PROMEDIO
		cm2	Kgf	ksc	Mpa.	Mpa.
7	MP-1 - A'7	140.000	110550.00	789.63	77.44	
8	MP-2 - A'8	140.000	106300.00	759.33	74.46	76.77
9	MP-3 - A'9	140.000	111950.00	799.68	78.42	

Fuente elaboración propia

Tabla 68

Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín al 20% en un tiempo de 07 días en relación $a/c=0.50$.

MUESTRA	PROPORCIÓN	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (P Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION	PROMEDIO
		cm2	Kgf	ksc	Mpa.	Mpa.
10	MP-1- '10	140.000	48980.00	349.85	34.31	
11	MP-2- '11	140.000	48750.00	348.24	34.15	34.23
12	MP-3- '12	140.000	48865.00	349.06	34.23	

Fuente elaboración propia

Tabla 69

Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín al 20% en un tiempo de 14 días en relación $a/c=0.50$

MUESTRA	PROPORCIÓN	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (P Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION	PROMEDIO
		cm2	Kgf	ksc	Mpa.	Mpa.
10	MP-1- '10	140.000	81150.00	579.61	56.84	
11	MP-2- '11	140.000	81250.00	580.32	56.91	57.91
12	MP-3- '12	140.000	85650.00	611.75	59.99	

Fuente elaboración propia



Tabla 70

Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín al 20% en un tiempo de 28 días en relación a/c=0.50

MUESTRA	PROPORCIÓN	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (P Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION	PROMEDIO
		cm2	Kgf	ksc	Mpa.	Mpa.
10 MP-1- '10		140.000	10080.00	714.89	70.11	
11 MP-2- '11	20% DE EFC	140.000	94590.00	675.66	66.26	72.27
12 MP-3- '12		140.000	114850.00	820.35	80.45	

Fuente elaboración propia

c) Análisis de la prueba

En los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los adoquines según la (NTP 399.611, 2017), se observa que la relación a/c= 0.50 para los diversos porcentajes de remplazo de CP por EFC (patrón, 10%, 15% y 20%) superan los mínimos requeridos equivalentes a los 29Mpa prueba individual y 31Mpa promedio de 3 pruebas de resistencia a la compresión.

Por ende, la comparación de estos adoquines de diversos porcentajes de remplazo de CP por EFC al 10%, 15% y 20%, se realizaron con el adoquín patrón elaborado en el laboratorio; el cual proporciona resultados donde el adoquín patrón y el adoquín con porcentaje de remplazo del 15% alcanzan resistencias similares en los periodos de curado de 7,14 y 28 días.

Por otro lado, la comparación del adoquín con porcentaje de remplazo al 10% de CP por EFC y el adoquín patrón es muy baja en todos los tiempos de curado.

Se observa también que el adoquín con porcentaje de remplazo del 20% de CP por EFC es muy inferior en todos los tiempos de curado, el más bajo en resistencia frente al adoquín patrón y a las sustituciones de remplazo del 10% y 15%.



- Procesamiento de resistencia a la compresión de adoquines en tiempos de curado de 7, 14 y 28 días con relación $a/c=0.45$

Tabla 71

Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín patrón en un tiempo de 07 días en relación $a/c=0.45$

MUESTRA	PROPORCIÓN	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (P Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION	PROMEDIO
		cm2	Kgf	ksc	Mpa.	Mpa.
1 MP - 1 - A1	PATRON	140.00	52750.00	376.78	36.95	38.09
2 MP - 2 - A2		140.00	54710.00	390.84	38.33	
3 MP - 3 - A3		140.00	55690.00	397.73	39.00	

Fuente elaboración propia

Tabla 72

Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín patrón en un tiempo de 14 días en relación $a/c=0.45$

MUESTRA	PROPORCIÓN	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (P Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION	PROMEDIO
		cm2	Kgf	ksc	Mpa.	Mpa.
1 MP - 1 - A1	PATRON	140.00	89830.00	641.63	62.92	62.00
2 MP - 2 - A2		140.00	89030.00	635.94	62.36	
3 MP - 3 - A3		140.00	86680.00	619.13	60.72	

Fuente elaboración propia

Tabla 73

Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín patrón en un tiempo de 28 días en relación $a/c=0.45$

MUESTRA	PROPORCIÓN	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (P Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION	PROMEDIO
		cm2	Kgf	ksc	Mpa.	Mpa.
1 MP - 1 - A1	PATRON	140.00	102310.00	730.78	71.67	72.83
2 MP - 2 - A2		140.00	103980.00	742.70	72.83	
3 MP - 3 - A3		140.00	105630.00	754.55	74.00	

Fuente elaboración propia



Tabla 74

Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín al 10% en un tiempo de 07 días en relación a/c=0.45

MUESTRA	PROPORCIÓN	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (P Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION	PROMEDIO
		cm2	Kgf	ksc	Mpa.	Mpa.
4 MP - 1 - A4	10% DE EFC	140.00	54110.00	386.48	37.90	35.42
5 MP - 2 - A5		140.00	44420.00	317.23	31.11	
6 MP - 3 - A6		140.00	53190.00	379.94	37.26	

Fuente elaboración propia

Tabla 75

Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín al 10% en un tiempo de 14 días en relación a/c=0.45

MUESTRA	PROPORCIÓN	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (P Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION	PROMEDIO
		cm2	Kgf	ksc	Mpa.	Mpa.
4 MP - 1 - A4	10% DE EFC	140.00	75720.00	540.88	53.04	57.64
5 MP - 2 - A5		140.00	82560.00	589.67	57.83	
6 MP - 3 - A6		140.00	88600.00	632.84	62.06	

Fuente elaboración propia

Tabla 76

Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín al 10% en un tiempo de 28 días en relación a/c=0.45

MUESTRA	PROPORCIÓN	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (P Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION	PROMEDIO
		cm2	Kgf	ksc	Mpa.	Mpa.
4 MP - 1 - A4	10% DE EFC	140.00	105060.00	750.47	73.60	74.38
5 MP - 2 - A5		140.00	107380.00	766.99	75.22	
6 MP - 3 - A6		140.00	106100.00	757.85	74.32	

Fuente elaboración propia



Tabla 77

Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín al 15% en un tiempo de 07 días en relación a/c=0.45

MUESTRA	PROPORCIÓN	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (P Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION	PROMEDIO
		cm2	Kgf	ksc	Mpa.	Mpa.
7 MP - 1 - A7		140.00	55050.00	393.16	38.56	
8 MP - 2- A8	15% DE EFC	140.00	49030.00	350.20	34.34	35.32
9 MP - 3 - A9		140.00	47180.00	336.99	33.05	

Fuente elaboración propia

Tabla 78

Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín al 15% en un tiempo de 14 días en relación a/c=0.45

MUESTRA	PROPORCIÓN	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (P Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION	PROMEDIO
		cm2	Kgf	ksc	Mpa.	Mpa.
7 MP - 1 - A7		140.00	83880.00	599.16	58.76	
8 MP - 2- A8	15% DE EFC	140.00	81520.00	582.29	57.10	58.77
9 MP - 3 - A9		140.00	86310.00	616.46	60.45	

Fuente elaboración propia

Tabla 79

Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín al 15% en un tiempo de 28 días en relación a/c=0.45

MUESTRA	PROPORCIÓN	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (P Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION	PROMEDIO
		cm2	Kgf	ksc	Mpa.	Mpa.
7 MP - 1 - A7		140.00	101420.00	724.38	71.04	
8 MP - 2- A8	15% DE EFC	140.00	96230.00	687.40	67.41	71.61
9 MP - 3 - A9		140.00	109020.00	778.73	76.37	

Fuente elaboración propia



Tabla 80

Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín al 20% en un tiempo de 07 días en relación a/c=0.45

MUESTRA	PROPORCIÓN	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (P Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION	PROMEDIO
		cm2	Kgf	ksc	Mpa.	Mpa.
10 MP-1 - A10	20% DE EFC	140.00	56870.00	406.17	39.83	35.62
11 MP- 2- A11		140.00	49400.00	352.88	34.61	
12 MP-3 - A12		140.00	46290.00	330.66	32.43	

Fuente elaboración propia

Tabla 81

Análisis de la resistencia a la compresión del adoquín al 20% en un tiempo de 14 días en relación a/c=0.45

MUESTRA	PROPORCIÓN	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (P Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION	PROMEDIO
		cm2	Kgf	ksc	Mpa.	Mpa.
10 MP-1 - A10	20% DE EFC	140.00	80080.00	571.96	56.09	57.50
11 MP- 2- A11		140.00	85100.00	607.88	59.61	
12 MP-3 - A12		140.00	81070.00	579.06	56.79	

Fuente elaboración propia

Tabla 82

Análisis de la resistencia a la compresión en un tiempo de 28 días en relación a/c=0.45

MUESTRA	PROPORCIÓN	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (P Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION	PROMEDIO
		cm2	Kgf	ksc	Mpa.	Mpa.
10 MP-1 - A10	20% DE EFC	140.00	107750.00	769.59	75.47	75.00
11 MP- 2- A11		140.00	104660.00	747.58	73.31	
12 MP-3 - A12		140.00	108790.00	777.04	76.20	

Fuente elaboración propia



d) Análisis de la prueba

Se analiza que la relación agua cemento ($a/c=0.45$) de los adoquines tanto patrón como los de diferente porcentaje de remplazo (10%, 15% y 20%), supera los valores mínimos que establece el reglamento nacional, el cual debe estar entre los 29 Mpa. a 31 Mpa.

Por lo tanto, la comparación de los adoquines se analizará con el adoquín patrón frente a los de porcentajes de remplazo del 10%,15%, y 20%.

Se demuestra que si la relación agua cemento ($a/c=0.45$) disminuye, el adoquín con mayor porcentaje de sustitución (20%) aumenta en resistencia en el tiempo de curado de 28 días.

También se puede observar que el adoquín patrón tiene la menor resistencia comparado con los adoquines de sustitución del 10%,15% y 20% en un tiempo de curado de 28 días.

El otro adoquín a analizar es el de 10% de sustitución que llego a ser el segundo en mejor reaccionar; finalmente la resistencia más baja en el tiempo de curado de 7, 14 y 28 días es el de porcentaje de sustitución de CP por EFC de 15%.

- Procesamiento de resistencia a la compresión de adoquines de mercado en tiempos de curado máximos de curado.

Tabla 83

Análisis de la resistencia a la compresión de adoquines de mercado.

MUESTRA	PROPORCIÓN	AREA NETA PROMEDIO	CARGA DE ROTURA	ESFUERZO DE ROTURA (P Max.)	RESISTENCIA A LA COMPRESION	PROMEDIO
		cm2	Kgf	ksc	Mpa.	Mpa.
1 MP - 1 - A1	ADOQUIN DE MERCADO	200.00	97870.00	489.34	47.99	50.24
2 MP - 2 - A2		200.00	107060.00	535.33	52.50	
3 MP - 3 - A3		200.00	102465.00	512.35	50.24	

Fuente elaboración propia

e) Análisis de la prueba

Se observa que los resultados obtenidos del adoquín de mercado realizados con CP superan la resistencia a compresión establecida en la (NTP 399.611, 2017), más no a los adoquines con relación agua cemento de $a/c=0.50$ y 0.45 elaborados en esta investigación, donde así se



demuestra que nuestros adoquines son mucho más eficaces en ensayos a la resistencia a la compresión.

3.6.2.2 Ensayo de Absorción

a) Procesamiento o cálculo del ensayo

Se realizaron 12 pruebas con relación $a/c = 0.50$; también otras 12 pruebas con relación $a/c = 0.45$ para los ensayos de absorción en el tiempo de 28 días de curado y en diversos porcentajes de remplazo de CP por la EFC (10%, 15% y 20%), de igual forma a los adoquines (03 unidades) de mercado lo cual se muestra en las siguientes tablas:

b) Tabla de procesamiento de datos

Tabla 84

Análisis de absorción de adoquines en un tiempo de 28 días con relación $a/c = 0.50$

Nro.	MUESTRA	PROPORCIÓN	PESO SUMERGIDO gr	PESO SECO EN HORNO gr	PESO DEL AGUA ABSORBIDA gr	% DE ABSORCION	PROMEDIO
1	MP - 1 - A´1		1266.0	1206.6	59.40	4.69	
2	MP - 2 - A´2	PATRON	1280.0	1221.3	58.70	4.59	4.76
3	MP - 3 - A´3		1283.0	1218.8	64.20	5.00	
4	MP - 1 - A´4		1273.5	1215.5	58.00	4.55	
5	MP - 2 - A´5	10% DE EFC	1285.6	1230.2	55.40	4.31	4.35
6	MP - 3 - A´6		1267.2	1214.2	53.00	4.18	
7	MP - 1 - A´7		1294.2	1237.7	56.50	4.37	
8	MP - 2 - A´8	15% DE EFC	1269.6	1215.1	54.50	4.29	4.15
9	MP - 3 - A´9		1280.1	1231.5	48.60	3.80	
10	MP - 1 - A´10		1274.6	1210.7	63.90	5.01	
11	MP - 2 - A´11	20% DE EFC	1272.9	1203.1	69.80	5.48	5.32
12	MP - 3 - A´12		1329.2	1256.5	72.70	5.47	

Fuente elaboración propia



Tabla 85

Análisis de absorción de adoquines en un tiempo de 28 días con relación a/c= 0.45

Nro.	MUESTRA	PROPORCIÓN	PESO SUMERGIDO	PESO SECO EN HORNO	PESO DEL AGUA ABSORBIDA	% DE ABSORCION	PROMEDIO
1	MP - 1 - A1	PATRON	1274.5	1224.8	49.70	3.90	4.09
2	MP - 2 - A2		1269.5	1219.9	49.60	3.91	
3	MP - 3 - A3		1274.3	1217.5	56.80	4.46	
4	MP - 1 - A4	10% DE EFC	1275.2	1216.5	58.70	4.60	4.72
5	MP - 2 - A5		1272.6	1208.1	64.50	5.07	
6	MP - 3 - A6		1293.8	1235.6	58.20	4.50	
7	MP - 1 - A7	15% DE EFC	1295.0	1236.3	58.70	4.53	4.40
8	MP - 2 - A8		1288.6	1233.1	55.50	4.31	
9	MP - 3 - A9		1337.6	1279.1	58.50	4.37	
10	MP - 1 - A10	20% DE EFC	1276.7	1212.3	64.40	5.04	4.63
11	MP - 2 - A11		1289.7	1231.9	57.80	4.48	
12	MP - 3 - A12		1304.5	1247.4	57.10	4.38	

Fuente elaboración propia

Tabla 86

Análisis de absorción de adoquines de mercado

Nro.	MUESTRA	PROPORCIÓN	PESO SUMERGIDO	PESO SECO EN HORNO	PESO DEL AGUA ABSORBIDA	% DE ABSORCION	PROMEDIO
1	MP - 1 - A'1	PATRON	1618.2	1508.7	109.50	6.77	6.77
2	MP - 2 - A'2		1608.3	1498.7	109.60	6.81	
3	MP - 3 - A'3		1625.0	1515.7	109.30	6.73	

Fuente elaboración propia

c) Análisis de la prueba

Los resultados de absorción de adoquines tipo I y II, establecen un requisito mínimo de 3 unidades promedio, el cual deben estar en un rango máximo de absorción de un 6%; es así que se observa que los adoquines con relación agua cemento ($a/c = 0.50$ y 0.45) cumplen lo establecido en la (NTP 399.611, 2017); Sin embargo, los resultados del adoquín de mercado (UNICON) de tipo I sobrepasan el valor máximo de absorción.



3.6.2.3 Ensayo de densidad

a) Procesamiento o cálculo del ensayo

Se realizó el ensayo de densidad seguidamente del ensayo de absorción del adoquín tanto para pruebas relación a/c = 0.50 y relación a/c = 0.45 en los diferentes porcentajes de sustitución.

$$\text{Densidad aparente} = \left[\frac{P_d}{V_{pa}} \right]$$

Donde:

Pd = Peso seco (gr).

Vpa = Volumen de la probeta.

b) Tabla de procesamiento de datos

Tabla 87

Densidad del adoquín a/c=0.50

Nro.	MUESTRA	PROPORCIÓN	PESO SECO (Pd)	VOLUMEN DE LA PROBETA (Vpa)	DENSIDAD APARENTE ($\frac{Pd}{Vpa}$)	PROMEDIO
1	MP - 1 - A'1		1206.6	560.0	2.15	
2	MP - 2 - A'2	PATRON	1221.3	560.0	2.18	2.17
3	MP - 3 - A'3		1218.8	560.0	2.18	
4	MP - 1 - A'4		1215.5	560.0	2.17	
5	MP - 2 - A'5	10% DE EFC	1230.2	560.0	2.20	2.18
6	MP - 3 - A'6		1214.2	560.0	2.17	
7	MP - 1 - A'7		1237.7	560.0	2.21	
8	MP - 2 - A'8	15% DE EFC	1215.1	560.0	2.17	2.19
9	MP - 3 - A'9		1231.5	560.0	2.20	
10	MP-1- A'10		1210.7	560.0	2.16	
11	MP-2- A'11	20% DE EFC	1203.1	560.0	2.15	2.18
12	MP-3- A'12		1256.5	560.0	2.24	

Fuente elaboración propia



Tabla 88
Densidad adoquines $a/c=0.45$

Nro.	MUESTRA	PROPORCIÓN	PESO SECO (Pd)	VOLUMEN DE LA PROBETA (Vpa)	DENSIDAD APARENTE ($\frac{Pd}{Vpa}$)	PROMEDIO
1	MP - 1 - A'1		1206.6	560.0	2.19	
2	MP - 2 - A'2	PATRON	1221.3	560.0	2.18	2.18
3	MP - 3 - A'3		1218.8	560.0	2.17	
4	MP - 1 - A'4		1215.5	560.0	2.17	
5	MP - 2 - A'5	10% DE EFC	1230.2	560.0	2.16	2.18
6	MP - 3 - A'6		1214.2	560.0	2.21	
7	MP - 1 - A'7		1237.7	560.0	2.21	
8	MP - 2 - A'8	15% DE EFC	1215.1	560.0	2.20	2.23
9	MP - 3 - A'9		1231.5	560.0	2.28	
10	MP-1- A'10		1210.7	560.0	2.16	
11	MP-2- A'11	20% DE EFC	1203.1	560.0	2.20	2.20
12	MP-3- A'12		1256.5	560.0	2.23	

Fuente elaboración propia

Tabla 89
Densidad adoquines de mercado

Nro.	MUESTRA	PROPORCIÓN	PESO SECO (Pd)	VOLUMEN DE LA PROBETA (Vpa)	DENSIDAD APARENTE ($\frac{Pd}{Vpa}$)	PROMEDIO
1	MP - 1 - A'1		1508.7	800.0	1.89	
2	MP - 2 - A'2	PATRON	1498.7	800.0	1.87	1.88
3	MP - 3 - A'3		1515.7	800.0	1.89	

Fuente elaboración propia.

3.6.2.4 Ensayo de dimensionamiento

c) Procesamiento o cálculo del ensayo

Se realizaron 36 pruebas con relación $a/c = 0.50$; también otras 36 con relación $a/c = 0.45$ para los ensayos de dimensionamiento en el tiempo de 7, 14 y 28 días de curado y en diversos porcentajes de remplazo de CP por la EFC (10%, 15% y 20%), lo cual se muestra en las siguientes tablas:

d) Tabla de procesamiento de datos



Tabla 90

Análisis de dimensionamiento de adoquines en un tiempo de 07 días con relación a/c= 0.50

MUESTRA	PROPORCIÓN	ANCHO MININMO (C - G)					LARGO (A - E)					ANCHO MAXIMO (B-H)					ESPESOR				
		D. NOMIN. (C - G) mm	D. REAL (C - G) mm	VARIAC. EN MM	% VARIAC.	PROMEDIO	D. NOMIN. (A - E)	D. REAL (A - E)	VARIAC. EN MM	% VARIAC.	PROMEDIO	D. NOMIN. (A - E)	D. REAL (A - E)	VARIAC. EN MM	% VARIACION	PROMEDIO	D. NOMIN. (A - E)	D. REAL (A - E) mm	VARIAC. EN MM	% VARIAC.	PROMEDIO
1	MP-1 - A'1	70.0	69.4	0.6	0.86		170.0	167.5	2.5	1.47		120.0	119.80	0.20	0.167		40.0	39.70	0.30	0.75	
2	MP-2 - A'2	70.0	69.5	0.5	0.71	1.10	170.0	167.8	2.2	1.29	1.431	120.0	117.30	2.70	2.250	1.528	40.0	39.85	0.15	0.37	0.62
3	MP-3 - A'3	70.0	68.8	1.2	1.71		170.0	167.4	2.6	1.53		120.0	117.40	2.60	2.167		40.0	39.70	0.30	0.75	
4	MP-1 - A'4	70.0	69.7	0.3	0.43		170.0	167.7	2.3	1.38		120.0	118.70	1.30	1.083		40.0	39.60	0.40	1.00	
5	MP-2 - A'5	70.0	69.7	0.3	0.43	0.48	170.0	167.7	2.3	1.35	1.461	120.0	118.30	1.70	1.417	1.444	40.0	39.80	0.20	0.50	0.67
6	MP-3 - A'6	70.0	69.6	0.4	0.57		170.0	167.2	2.8	1.65		120.0	117.80	2.20	1.833		40.0	39.80	0.20	0.50	
7	MP-1 - A'7	70.0	69.5	0.5	0.71		170.0	168.1	1.9	1.12		120.0	118.60	1.40	1.167		40.0	39.60	0.40	1.00	
8	MP-2 - A'8	70.0	68.3	1.7	2.43	1.38	170.0	167.6	2.4	1.41	1.392	120.0	118.65	1.35	1.125	1.444	40.0	39.65	0.35	0.88	1.08
9	MP-3 - A'9	70.0	69.3	0.7	1.00		170.0	167.2	2.8	1.65		120.0	117.55	2.45	2.042		40.0	39.45	0.55	1.37	
10	MP-1-A'10	70.0	69.6	0.4	0.57		170.0	167.6	2.4	1.41		120.0	118.35	1.65	1.375		40.0	39.65	0.35	0.88	
11	MP-2-A'11	70.0	69.2	0.8	1.14	1.36	170.0	167.9	2.1	1.24	1.451	120.0	117.80	2.20	1.833	1.583	40.0	39.8	0.20	0.50	0.71
12	MP-3-A'12	70.0	68.4	1.65	2.36		170.0	167.1	2.9	1.71		120.0	118.15	1.85	1.542		40.0	39.7	0.30	0.75	

Fuente elaboración propia



Tabla 91

Análisis de dimensionamiento de adoquines en un tiempo de 14 días con relación $a/c= 0.50$

MUESTRA	PROPORCIÓN	ANCHO MININMO (C - G)					LARGO (A - E)					ANCHO MAXIMO (B-H)					ESPESOR					
		D. NOMIN. (C - G) mm	D. REAL (C - G) mm	VARIAC. EN mm	% VARIAC.	PROMEDIO	D. NOMIN. (A - E) mm	D. REAL (A - E) mm	VARIAC. EN MM	% VARIAC.	PROMEDIO	D. NOMIN. (A - E) mm	D. REAL (A - E) mm	VARIAC. EN MM	% VARIAC.	PROMEDIO	D. NOMIN. (A - E) mm	D. REAL (A - E) mm	VARIAC. MM	% VARIAC.	PROMEDIO	
1	MP - 1 - A'1	PATRON	70.0	68.8	1.2	1.71		170.0	168.4	1.6	0.94		120.0	118.40	1.60	1.333		40.0	39.60	0.40	1.00	
2	MP - 2 - A'2		70.0	69.3	0.7	1.00	1.48	170.0	168.3	1.7	1.00	0.902	120.0	117.50	2.50	2.083	1.583	40.0	39.40	0.60	1.50	0.92
3	MP - 3 - A'3		70.0	68.8	1.2	1.71		170.0	168.7	1.3	0.76		120.0	118.40	1.60	1.333		40.0	39.90	0.10	0.25	
4	MP - 1 - A'4	10% DE EFC	70.0	69.7	0.3	0.43		170.0	168.4	1.6	0.94		120.0	118.30	1.70	1.417		40.0	39.60	0.40	1.00	
5	MP - 2 - A'5		70.0	69.2	0.8	1.14	1.10	170.0	167.6	2.4	1.41	1.275	120.0	118.40	1.60	1.333	1.583	40.0	39.50	0.50	1.25	0.83
6	MP - 3 - A'6		70.0	68.8	1.2	1.71		170.0	167.5	2.5	1.47		120.0	117.60	2.40	2.000		40.0	39.90	0.10	0.25	
7	MP - 1 - A'7	15% DE EFC	70.0	68.8	1.2	1.71		170.0	168.3	1.8	1.03		120.0	118.20	1.80	1.500		40.0	39.40	0.60	1.50	
8	MP - 2 - A'8		70.0	69.0	1.05	1.50	1.50	170.0	167.7	2.3	1.35	1.147	120.0	117.90	2.10	1.750	1.556	40.0	39.50	0.50	1.25	1.67
9	MP - 3 - A'9		70.0	69.1	0.9	1.29		170.0	168.2	1.8	1.06		120.0	118.30	1.70	1.417		40.0	39.1	0.90	2.25	
10	MP - 1 - A'10	20% DE EFC	70.0	68.9	1.1	1.57		170.0	167.3	2.7	1.59		120.0	117.90	2.10	1.750		40.0	39.1	0.90	2.25	
11	MP - 2 - A'11		70.0	69.0	1.05	1.50	1.60	170.0	168.0	2.1	1.21	1.363	120.0	118.80	1.20	1.000	1.444	40.0	39.5	0.50	1.25	1.50
12	MP - 3 - A'12		70.0	68.8	1.2	1.71		170.0	167.8	2.2	1.29		120.0	118.10	1.90	1.583		40.0	39.6	0.40	1.00	

Fuente elaboración propia



Tabla 92

Análisis de dimensionamiento de adoquines en un tiempo de 28 días con relación a/c= 0.50

MUESTRA	PROPORCIÓN	ANCHO MININMO (C - G)					LARGO (A - E)					ANCHO MAXIMO (B-H)					ESPESOR				
		D. NOMIN. (C - G) mm	D. REAL (C - G) mm	VARI AC. EN MM	% VARIAC.	PROMEDIO	D. NOMIN. (A - E) mm	D. REAL (A - E) mm	VARIA C. EN MM	% VARIAC.	PROMEDIO	D. NOMIN. (A - E) mm	D. REAL (A - E) mm	VARIAC. EN mm	% VARIAC.	PROMEDIO	D. NOMIN. (A - E) mm	D. REAL (A - E) mm	VARIAC. EN MM	% VARIAC.	PROMEDIO
1	MP - 1 - A'1	70.0	68.7	1.3	1.86		170.0	168.5	1.5	0.88		120.0	118.10	1.90	1.583		40.0	40.10	-0.10	-0.25	
2	MP - 2 - A'2	70.0	69.4	0.6	0.86	1.48	170.0	168.4	1.6	0.94	0.912	120.0	118.40	1.60	1.333	1.444	40.0	39.50	0.50	1.25	0.50
3	MP - 3 - A'3	70.0	68.8	1.2	1.71		170.0	168.5	1.6	0.91		120.0	118.30	1.70	1.417		40.0	39.80	0.20	0.50	
4	MP - 1 - A'4	70.0	68.8	1.2	1.71		170.0	168.6	1.4	0.82		120.0	118.10	1.90	1.583		40.0	39.70	0.30	0.75	
5	MP - 2 - A'5	70.0	68.7	1.3	1.86	1.43	170.0	168.3	1.7	1.00	0.961	120.0	118.40	1.60	1.333	1.361	40.0	39.80	0.20	0.50	0.58
6	MP - 3 - A'6	70.0	69.5	0.5	0.71		170.0	168.2	1.8	1.06		120.0	118.60	1.40	1.167		40.0	39.80	0.20	0.50	
7	MP - 1 - A'7	70.0	68.7	1.3	1.86		170.0	168.5	1.5	0.88		120.0	118.30	1.70	1.417		40.0	39.40	0.60	1.50	
8	MP - 2 - A'8	70.0	68.7	1.3	1.86	1.57	170.0	168.5	1.5	0.88	0.892	120.0	118.50	1.50	1.250	1.417	40.0	39.50	0.50	1.25	1.50
9	MP - 3 - A'9	70.0	69.3	0.7	1.00		170.0	168.5	1.6	0.91		120.0	118.10	1.90	1.583		40.0	39.3	0.70	1.75	
10	MP - 1 - A'10	70.0	69.6	0.4	0.57		170.0	168.7	1.3	0.76		120.0	118.10	1.90	1.583		40.0	39.2	0.80	2.00	
11	MP - 2 - A'11	70.0	68.9	1.1	1.57	1.29	170.0	168.3	1.7	1.00	0.824	120.0	118.40	1.60	1.333	1.389	40.0	39.3	0.70	1.75	1.88
12	MP - 3 - A'12	70.0	68.8	1.2	1.71		170.0	168.8	1.2	0.71		120.0	118.50	1.50	1.250		40.0	39.25	0.75	1.88	

Fuente elaboración propia



Tabla 93

Análisis de dimensionamiento de adoquines en un tiempo de 07 días con relación a/c= 0.45

MUESTRA	PROPORCIÓN	ANCHO MININMO (C - G)					LARGO (A - E)					ANCHO MAXIMO (B-H)					ESPESOR					
		D.NOMIN. (C - G) mm	D. REAL (C - G) mm	VARIAC. EN MM	% VARIAC.	PROMEDIO	D.NOMIN. (A - E) mm	D. REAL (A - E) mm	VARIAC. EN MM	% VARIAC.	PROMEDIO	D.NOMIN. (A - E) mm	D. REAL (A - E) mm	VARIAC. EN MM	% VARIAC.	PROMEDIO	D.NOMIN. (A - E) mm	D. REAL (A - E) mm	VARIAC. EN MM	% VARIAC.	PROMEDIO	
1	MP - 1 - A'1	PATRON	70.0	69.5	0.55	0.79		170.0	167.8	2.2	1.29		120.0	119.40	0.60	0.500		40.0	39.80	0.20	0.50	
2	MP - 2 - A'2		70.0	69.8	0.2	0.29	0.93	170.0	168.2	1.8	1.06	1.098	120.0	118.45	1.55	1.292	1.069	40.0	39.50	0.50	1.25	0.83
3	MP - 3 - A'3		70.0	68.8	1.2	1.71		170.0	168.4	1.6	0.94		120.0	118.30	1.70	1.417		40.0	39.70	0.30	0.75	
4	MP - 1 - A'4	10% DE EFC	70.0	69.7	0.3	0.43		170.0	168.5	1.5	0.88		120.0	118.65	1.35	1.125		40.0	39.80	0.20	0.50	
5	MP - 2 - A'5		70.0	68.9	1.1	1.57	1.24	170.0	168.4	1.6	0.94	0.941	120.0	118.45	1.55	1.292	1.278	40.0	39.50	0.50	1.25	0.83
6	MP - 3 - A'6		70.0	68.8	1.2	1.71		170.0	168.3	1.7	1.00		120.0	118.30	1.70	1.417		40.0	39.70	0.30	0.75	
7	MP - 1 - A'7	15% DE EFC	70.0	68.9	1.1	1.57		170.0	168.4	1.6	0.94		120.0	118.90	1.10	0.917		40.0	39.75	0.25	0.63	
8	MP - 2 - A'8		70.0	69.4	0.6	0.86	1.45	170.0	169.4	0.6	0.35	0.569	120.0	119.20	0.80	0.667	0.667	40.0	39.80	0.20	0.50	0.67
9	MP - 3 - A'9		70.0	68.7	1.35	1.93		170.0	169.3	0.7	0.41		120.0	119.50	0.50	0.417		40.0	39.65	0.35	0.88	
10	MP-1 - A'10	20% DE EFC	70.0	69.5	0.5	0.71		170.0	167.8	2.2	1.29		120.0	118.55	1.45	1.208		40.0	39.85	0.15	0.37	
11	MP-2 - A'11		70.0	69.4	0.6	0.86	0.90	170.0	168.3	1.7	1.00	1.059	120.0	117.80	2.20	1.833	1.319	40.0	39.8	0.20	0.50	0.79
12	MP-3 - A'12		70.0	69.2	0.8	1.14		170.0	168.5	1.5	0.88		120.0	118.90	1.10	0.917		40.0	39.4	0.60	1.50	

Fuente elaboración propia



Tabla 94

Análisis de dimensionamiento de adoquines en un tiempo de 14 días con relación $a/c = 0.45$

MUESTRA	PROPORCIÓN	ANCHO MININMO (C - G)					LARGO (A - E)					ANCHO MAXIMO (B-H)					ESPESOR					
		D.NOMIN. (C - G) mm	D. REAL (C - G) mm	VARIAC. EN MM	% VARIAC.	PROMEDIO	D.NOMIN. (A - E) mm	D. REAL (A - E) mm	VARIAC. EN MM	% VARIAC.	PROMEDIO	D.NOMIN. (A - E) mm	D. REAL (A - E) mm	VARIAC. MM	% VARIAC.	PROMEDIO	D.NOMIN. (A - E) mm	D. REAL (A - E) mm	VARIAC. EN MM	% VARIAC.	PROMEDIO	
1	MP - 1 - A1	PATRON	70.0	68.7	1.3	1.86		170.0	168.3	1.7	1.00		120.0	118.70	1.30	1.083		40.0	39.55	0.45	1.13	
2	MP - 2 - A2		70.0	68.9	1.15	1.64	1.40	170.0	168.4	1.6	0.94	0.941	120.0	118.50	1.50	1.250	1.222	40.0	39.50	0.50	1.25	1.13
3	MP - 3 - A3		70.0	69.5	0.5	0.71		170.0	168.5	1.5	0.88		120.0	118.40	1.60	1.333		40.0	39.60	0.40	1.00	
4	MP - 1 - A4	DE EFC	70.0	68.7	1.3	1.86		170.0	168.3	1.7	1.00		120.0	118.20	1.80	1.500		40.0	39.50	0.50	1.25	
5	MP - 2 - A5		70.0	69.5	0.5	0.71	1.48	170.0	168.5	1.5	0.88	0.863	120.0	118.40	1.60	1.333	1.444	40.0	39.70	0.30	0.75	1.21
6	MP - 3 - A6	10%	70.0	68.7	1.3	1.86		170.0	168.8	1.2	0.71		120.0	118.20	1.80	1.500		40.0	39.35	0.65	1.63	
7	MP - 1 - A7	DE EFC	70.0	69.2	0.8	1.14		170.0	169.1	0.9	0.56		120.0	118.70	1.30	1.083		40.0	39.70	0.30	0.75	
8	MP - 2 - A8		70.0	69.1	0.9	1.29	1.14	170.0	168.8	1.2	0.71	0.637	120.0	118.75	1.25	1.042	1.014	40.0	39.40	0.60	1.50	1.00
9	MP - 3 - A9		15%	70.0	69.3	0.7	1.00		170.0	168.9	1.1	0.65		120.0	118.90	1.10	0.917		40.0	39.7	0.30	0.75
10	MP - 1 - A10	20% DE EFC	70.0	68.6	1.4	2.00		170.0	168.7	1.3	0.76		120.0	118.30	1.70	1.417		40.0	39.4	0.60	1.50	
11	MP - 2 - A11		70.0	69.3	0.7	1.00	1.10	170.0	168.7	1.3	0.76	0.784	120.0	118.60	1.40	1.167	1.278	40.0	39.35	0.65	1.63	1.38
12	MP - 3 - A12		70.0	69.8	0.2	0.29		170.0	168.6	1.4	0.82		120.0	118.50	1.50	1.250		40.0	39.6	0.40	1.00	

Fuente elaboración propia



Tabla 95

Análisis de dimensionamiento de adoquines en un tiempo de 28 días con relación $a/c= 0.45$

MUESTRA	PROPORCIÓN	ANCHO MININMO (C - G)					LARGO (A - E)					ANCHO MAXIMO (B-H)					ESPESOR					
		D.NOMIN. (C - G) mm	D.REAL. (C - G) mm	VARIAC. EN MM	% VARIAC.	PROMEDIO	D.NOMIN. (A - E) mm	D.REAL. (A - E) mm	VARIAC. EN MM	% VARIAC.	PROMEDIO	D.NOMIN. (A - E) mm	D.REAL. (A - E) mm	VARIAC. EN MM	% VARIAC.	PROMEDIO	D.NOMIN. (A - E) mm	D.REAL. (A - E) mm	VARIAC. EN MM	% VARIAC.	PROMEDIO	
1	MP - 1 - A1	PATRON	70.0	68.7	1.3	1.86		170.0	168.3	1.7	1.00		120.0	118.70	1.30	1.083		40.0	39.55	0.45	1.13	
2	MP - 2 - A2		70.0	68.9	1.15	1.64	1.40	170.0	168.4	1.6	0.94	0.941	120.0	118.50	1.50	1.250	1.222	40.0	39.50	0.50	1.25	1.13
3	MP - 3 - A3		70.0	69.5	0.5	0.71		170.0	168.5	1.5	0.88		120.0	118.40	1.60	1.333		40.0	39.60	0.40	1.00	
4	MP - 1 - A4	10% DE EFC	70.0	68.9	1.1	1.57		170.0	168.3	1.7	1.00		120.0	118.20	1.80	1.500		40.0	39.50	0.50	1.25	
5	MP - 2 - A5		70.0	68.9	1.15	1.64	1.60	170.0	168.5	1.5	0.88	0.863	120.0	118.40	1.60	1.333	1.444	40.0	39.70	0.30	0.75	1.17
6	MP - 3 - A6		70.0	68.9	1.1	1.57		170.0	168.8	1.2	0.71		120.0	118.20	1.80	1.500		40.0	39.40	0.60	1.50	
7	MP - 1 - A7	15% DE EFC	70.0	69.2	0.8	1.14		170.0	169.1	0.9	0.56		120.0	118.70	1.30	1.083		40.0	39.70	0.30	0.75	
8	MP - 2 - A8		70.0	69.1	0.9	1.29	1.14	170.0	168.8	1.2	0.71	0.637	120.0	117.75	2.25	1.875	1.569	40.0	39.40	0.60	1.50	1.00
9	MP - 3 - A9		70.0	69.3	0.7	1.00		170.0	168.9	1.1	0.65		120.0	117.90	2.10	1.750		40.0	39.7	0.30	0.75	
10	MP - 1 - A10	20% DE EFC	70.0	68.6	1.4	2.00		170.0	168.7	1.3	0.76		120.0	118.30	1.70	1.417		40.0	39.4	0.60	1.50	
11	MP - 2 - A11		70.0	69.3	0.7	1.00	1.10	170.0	167.7	2.3	1.35	0.980	120.0	117.60	2.40	2.000	1.556	40.0	39.35	0.65	1.63	1.38
12	MP - 3 - A12		70.0	69.8	0.2	0.29		170.0	168.6	1.4	0.82		120.0	118.50	1.50	1.250		40.0	39.6	0.40	1.00	

Fuente elaboración propia



e) **Análisis de la prueba**

Los resultados del dimensionamiento de los adoquines tanto patrones como los de porcentajes de remplazo al 10%, 15% y 20%, cumplen con las tolerancias dimensionales establecidas en la (NTP 399.611, 2017), tanto en longitud, ancho y espesor.



Capítulo IV: Resultados.

4.1 Resultados de las propiedades físicas de los agregados

Seguidamente de analizar el primer y segundo ensayo del peso específico, granulometría, MF, absorción, peso unitario y contenido de humedad, se concluye que el segundo agregado es el más óptimo para trabajar una dosificación.

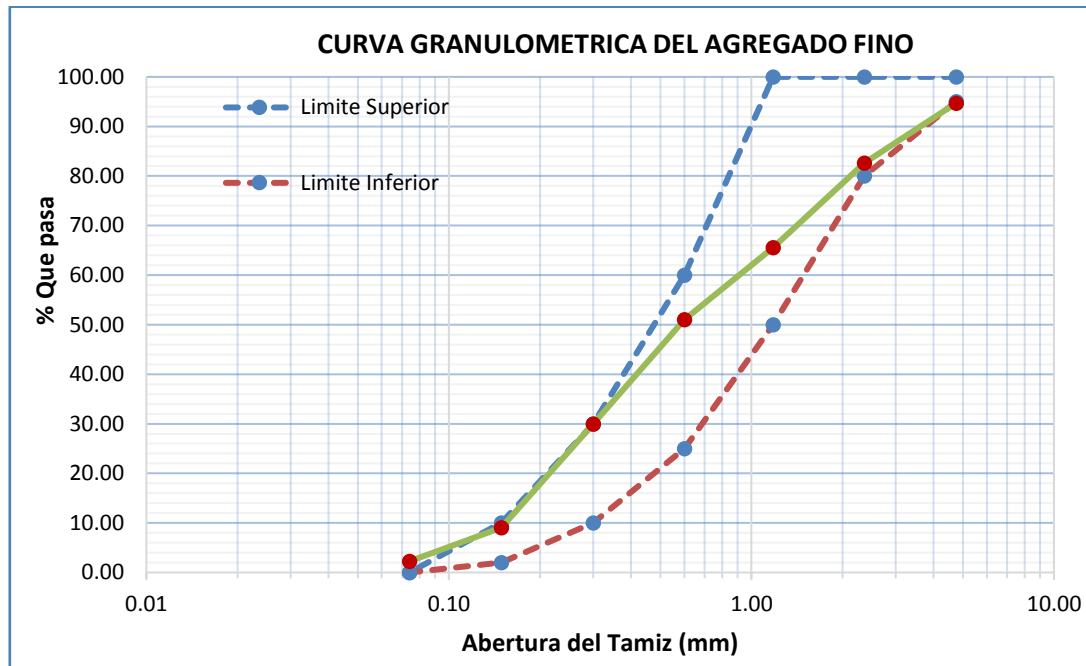


Figura 82. Curva granulométrica del agregado fino

Tabla 96

Resultados de las propiedades físicas del agregado

ENSAYO		UND.	RESULTADO
Granulometría			Ver figura
Módulo de fineza			2.67
Contenido de humedad		%	1.32
Peso unitario	Suelto	Kg/m ³	1490.73
	Compactado	Kg/m ³	1598.47
Peso específico		gr/m ³	2.77
Absorción		%	1.29

Fuente: Elaboración propia



4.2 Resultados de las propiedades físicas – mecánicas del adoquín

4.2.1 Resultados de la resistencia a compresión del adoquín con relación agua cemento (a/c = 0.50).

Tabla 97

Resultados del ensayo de la resistencia a la compresión del adoquín relación a/c = 0.50

RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL ADOQUIN RELACION A/C = 0.50				
Edad	Adoquín patrón	Adoquín al 10% de EFC.	Adoquín al 15% de EFC.	Adoquín al 20% de EFC.
7	38.14	35.91	34.41	34.23
14	59.66	58.18	59.22	57.91
28	77.83	74.98	76.77	72.27

Fuente elaboración propia

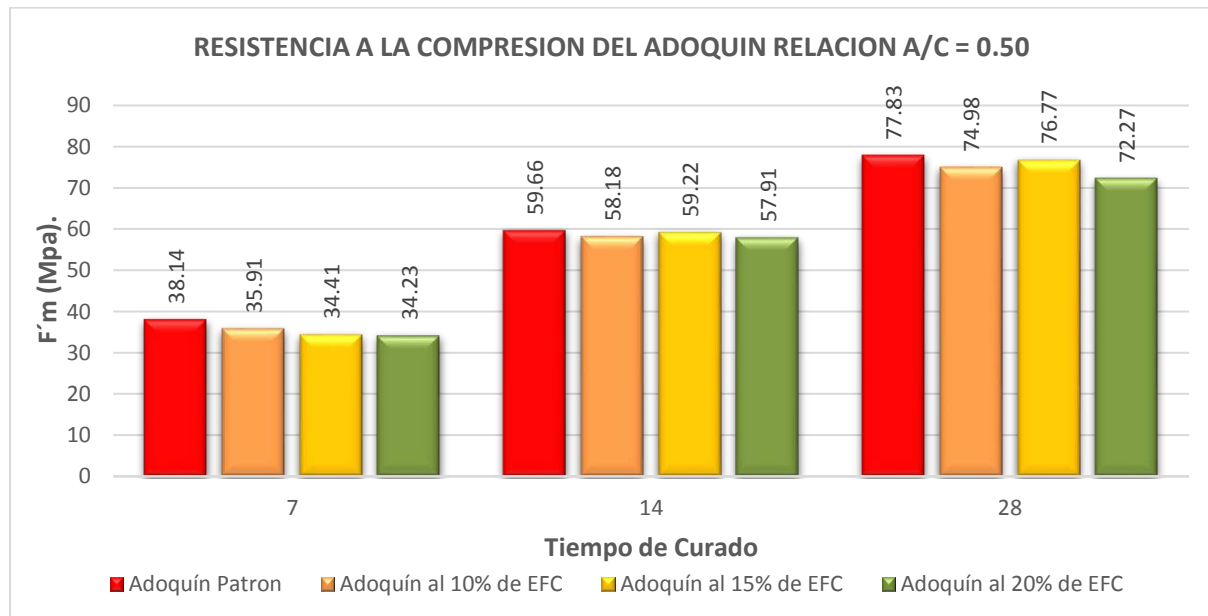


Figura 83. Comparación de la Resistencia a compresión del adoquín a/c=0.50 a los 7, 14 y 28 días.



4.2.2 Resultados de la resistencia a compresión del adoquín con relación agua cemento ($a/c = 0.45$).

Tabla 98

Resultados del ensayo de la resistencia a la compresión del adoquín relación $a/c = 0.45$

RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL ADOQUIN RELACION A/C = 0.45				
Edad	Adoquín patrón	Adoquín al 10% de EFC.	Adoquín al 15% de EFC.	Adoquín al 20% de EFC.
7	38.09	35.42	35.32	35.62
14	62.0	57.64	58.77	57.5
28	72.83	74.38	71.61	75.0

Fuente elaboración propia

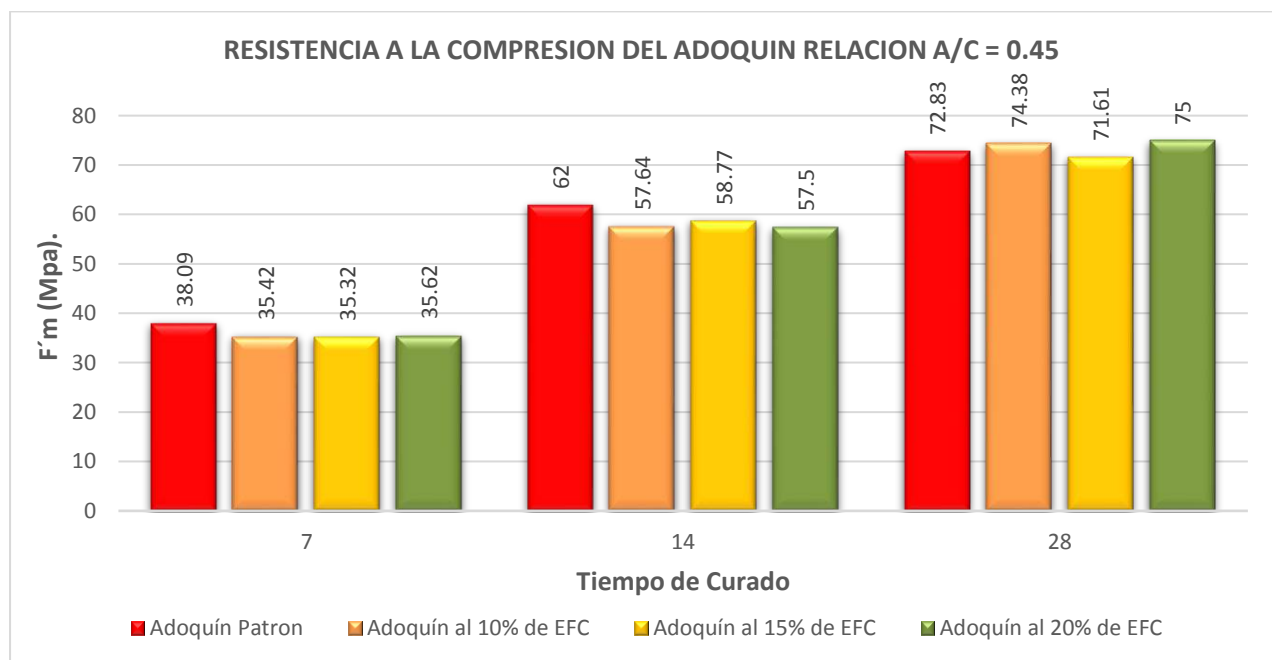


Figura 84. Comparación de la Resistencia a compresión del adoquín $a/c=0.45$ a los 7, 14 y 28 días.



4.2.3 Resultados de resistencia a compresión del adoquín con relación a/c = 0.50; a/c = 0.45 y adoquín de mercado (UNICON) en un tiempo de mayor grado de curado.

Tabla 99

Resultados del ensayo de resistencia a la compresión del adoquín relación a/c = 0.50; a/c = 0.45 y el adoquín de mercado(UNICON) a mayor grado de curado.

RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL ADOQUIN RELACION A/C = 0.50; A/C =0.45 y ADOQUIN DE MERCADO (UNICON).						
Relación	Edad	Adoquín patrón	Adoquín al 10% de EFC.	Adoquín al 15% de EFC.	Adoquín al 20% de EFC.	Adoquín de mercado
a/c - 0.50	28	77.83	74.98	76.77	72.27	50.24
a/c - 0.45	días	72.83	74.38	71.61	75.00	

Fuente elaboración propia

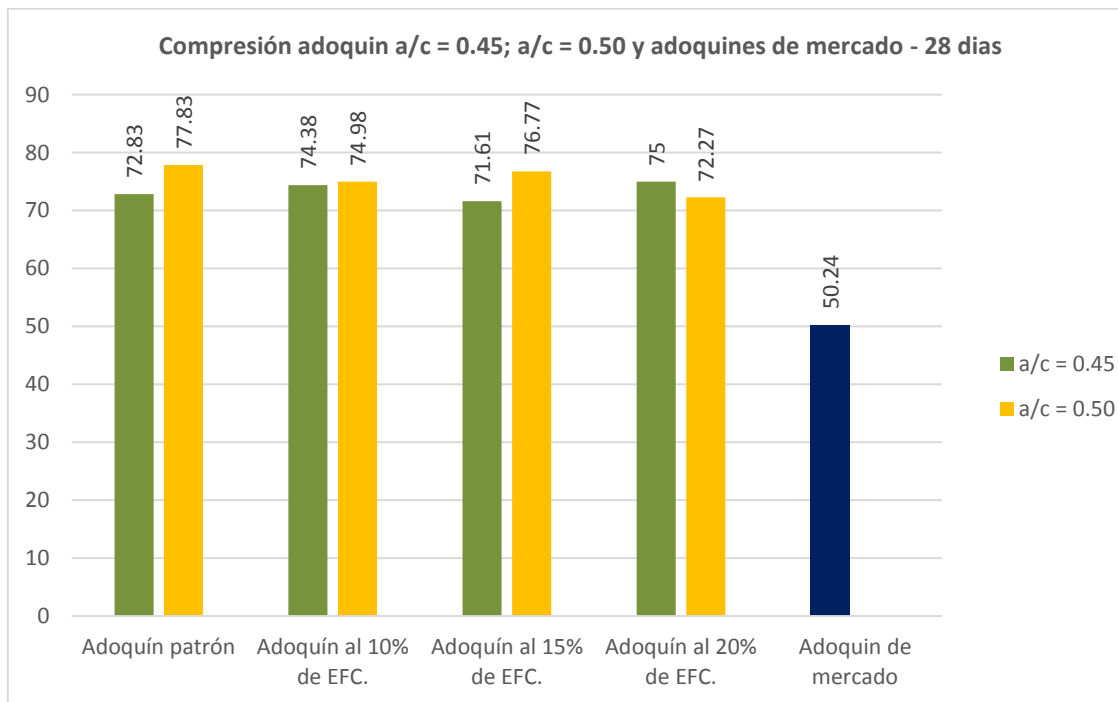


Figura 85. Comparación de la Resistencia a compresión del adoquín relación a/c = 0.50; a/c = 0.45 y el adoquín de mercado (UNICON) mayor tiempo de curado.



4.2.4 Resultados de absorción del adoquín con relación agua cemento $a/c = 0.50$ VS el adoquín de mercado.

Tabla 100

Ensayo de absorción relación A/C= 0.50 VS adoquín de mercado

ENSAYO DE ABSORCIÓN RELACIÓN A/C = 0.50 VS ADOQUÍN DE MERCADO					
Edad	Adoquín patrón	Adoquín al 10% de EFC.	Adoquín al 15% de EFC.	Adoquín al 20% de EFC.	Adoquín de mercado
% de absorción	4.76	4.35	4.15	5.32	6.77

Fuente elaboración propia

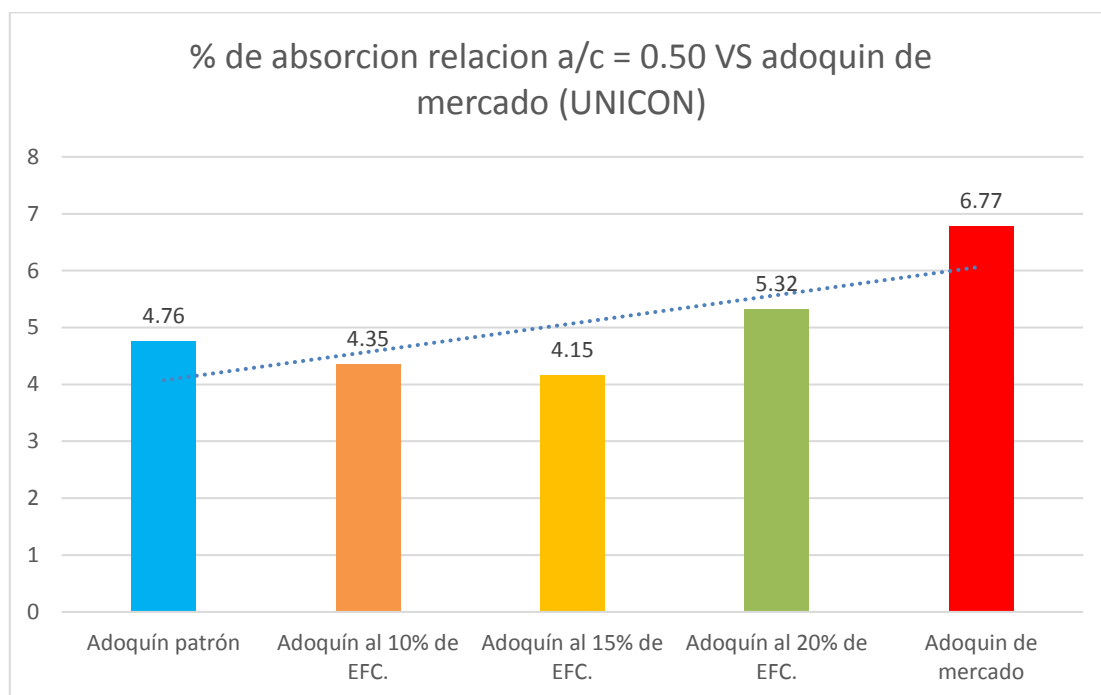


Figura 86. Ensayo de absorción relación $a/c = 0.50$ vs adoquín de mercado

Tabla 101

Ensayo de absorción relación a/c = 0.45 VS adoquín de mercado

ENSAYO DE ABSORCION RELACION A/C = 0.45 VS ADOQUIN DE MERCADO					
Edad	Adoquín patrón	Adoquín al 10% de EFC.	Adoquín al 15% de EFC.	Adoquín al 20% de EFC.	Adoquín de mercado
% de absorción	4.09	4.72	4.4	4.63	6.77

Fuente elaboración propia

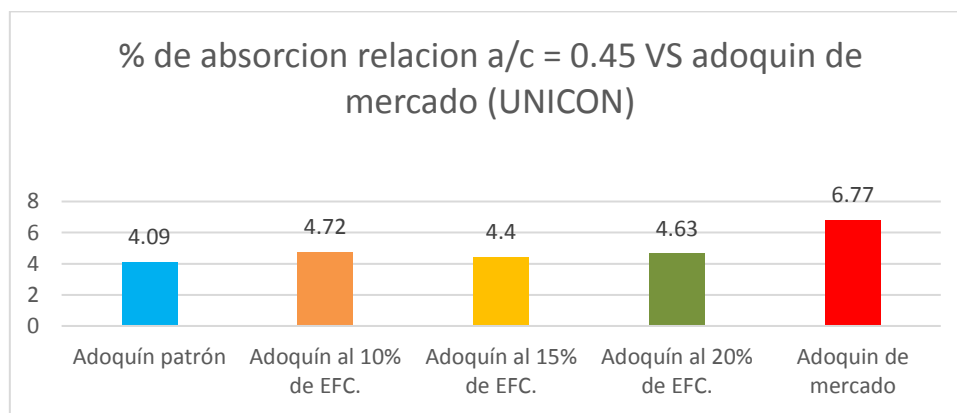


Figura 86. Ensayo de absorción relación a/c = 0.45 vs adoquín de mercado

4.2.5 Resultados de absorción del adoquín con relación agua cemento a/c = 0.50 y a/c = 0.45 VS el porcentaje de sustitución

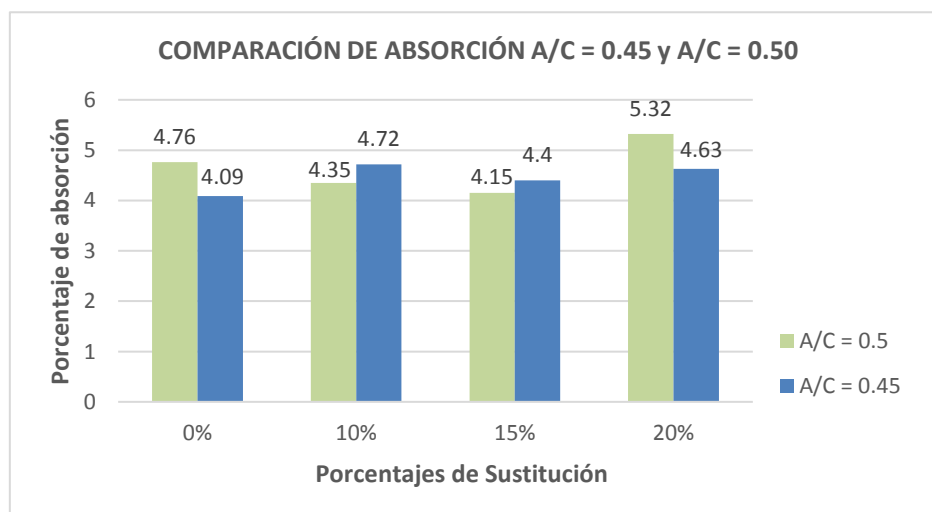


Figura 88. Comparación del adoquín a/c=0.45 y a/c=0.50



4.2.6 Resultados de densidad del adoquín con relación agua cemento $a/c = 0.50$ y $a/c = 0.45$ VS el porcentaje de sustitución

Tabla 102

Ensayo de Densidad $a/c=0.45$; $a/c=0.50$ VS Porcentaje de sustitución

ENSAYO DE DENSIDAD VS PORCENTAJE DE SUSTITUCION			
% SUSTITUCION	DENSIDAD	% SUSTITUCION	DENSIDAD
0%	2.18	0%	2.17
10%	2.18	10%	2.18
15%	2.23	15%	2.19
20%	2.2	20%	2.18
0.45		0.5	
Densidad del adoquín de mercado		1.88	

Fuente elaboración propia

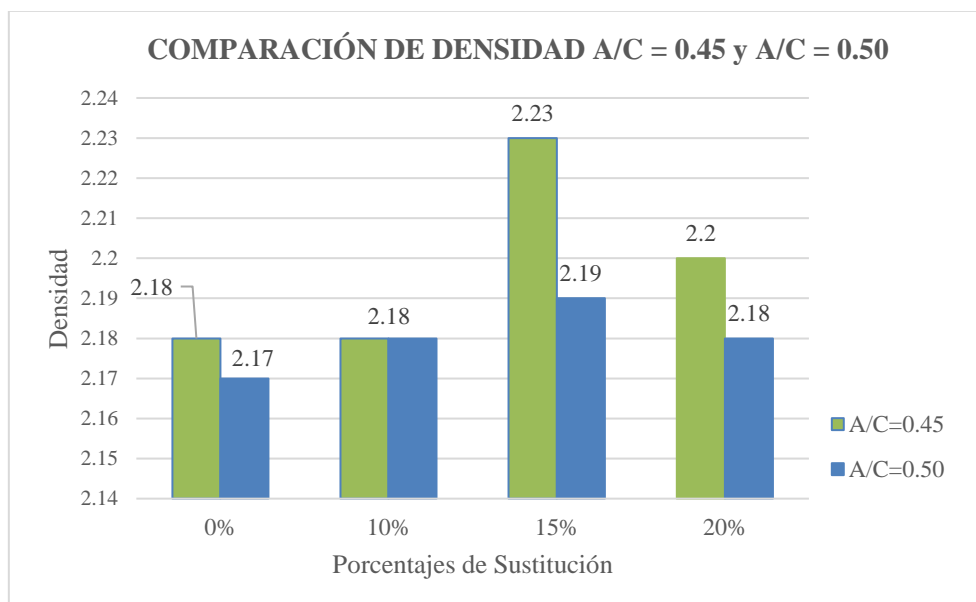


Figura 87. Comparación densidad adoquín $a/c=0.45$ y $a/c =0.50$



Tabla 103: Resistencia a la compresión vs densidad $a/c=0.45$ y $a/c=0.50$

RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL ADOQUIN RELACION $A/C = 0.50$ - $A/C = 0.45$ Y DENSIDAD				
Edad 28 días	Adoquín patrón	Adoquín al 10% de EFC.	Adoquín al 15% de EFC.	Adoquín al 20% de EFC.
a/c = 0.50	77.83	74.98	76.77	72.27
densidad a/c = 0.50	2.17	2.18	2.19	2.18
a/c = 0.45	72.83	74.38	71.61	75
densidad a/c = 0.45	2.18	2.18	2.23	2.2

Fuente elaboración propia

4.2.7 Resultados de Costos del adoquín tradicional VS el adoquín de prototipo de diseño replazo del 20% $a/c=0.45$

Tabla 104: Costo total del adoquín de mercado tipo I

ELEMENTOS	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
Adoquín de mercado de 4cm de espesor	Und.	s/ 1.40	s/ 1.40

Fuente elaboración propia



Tabla 105: Costos del adoquín por unidad de diseño propio

COSTOS DEL ADOQUIN POR UNIDAD ELABORADO DE DISEÑO PROPIO							
Costos generales de materiales				ELEMENTOS DE ADOQUINES EN gr.			
ELEMENTOS	COSTOS	UND.	TOTAL	CANT.	UND.	COSTO TOTAL	
Cemento Portland tipo IP (bolsas)	S/. 22.60	kg	42.5	0.256	kg	S/.	0.1361
Agregado	S/. 44.95	M3	1410.91	0.96	kg	S/.	0.0306
Agua	S/. 1.85	M3	1000.00	0.144	kg	S/.	0.0003
EFC	S/. -	kg	-----	-----	kg	S/.	-
Maquinaria y equipo	S/. 26.23	h/h	-----	und. adoquin	Seg.	S/.	0.0319
Personal	S/. 88.46	h/h	-----	und. adoquin	und. adoquin	S/.	0.092
Energía eléctrica (kW/h)	S/. 4.29	h/m		tanda	Seg.	S/.	0.005
Costo del adoquín							S/. 0.2962
Impuestos			48%			S/.	0.1422
Transporte						S/.	0.1000
Costo directo							S/. 0.5384
Utilidad			30%			S/.	0.1615
TOTAL						S/.	0.6999

Fuente elaboración propia

Nota: En cada tanda se elaboran 8 unidades de adoquines en un tiempo de 35 segundos en la maquinaria bloquetera semi automática, modelo 1010.30.



Capítulo V: Discusión.

Discusión N°1

¿Importa la granulometría de los agregados en la resistencia a la compresión del adoquín?

Si importa y se puede observar en la tabla Nro. 97, donde los agregados determinan las propiedades físicas de este, teniendo en cuenta las normas técnicas peruanas; así se evidencia en la figura Nro. 82 la curva granulometría donde se encuentra en el rango pre establecido según la (NTP 400.012, 2013). Además, cuando se realiza los adoquines se evidencia que los especímenes alcanzaron valores máximos de resistencia acordes a la (NTP 399.611, 2017); resultados que fueron obtenidos mediante el ensayo de compresión, lo cual confirma que la granulometría influye sobre dicho parámetro.

Discusión N°2

¿De nuestra investigación que relación de agua/cemento ($a/c=0.50$ o 0.45) es más óptimo para realizar los adoquines con sustituciones de CP por EFC en tiempos máximos de curado?

La diferencia que existe entre ambas relaciones es la cantidad de agua a utilizar, donde la relación $a/c = 0.45$ es más efectiva en un tiempo de curado de 28 días con porcentajes de sustitución del 20% ya que este adoquín logra superar al adoquín patrón en un 102.98% de resistencia a la compresión. Ahora si analizamos la relación $a/c=0.50$, la sustitución del adoquín más óptima es la del 15% de CP por EFC a la edad de 28 días, el cual la cantidad de agua aumenta en un 11.11% pero iguala al patrón en la resistencia a la compresión en un 98.64%

Tabla 106

Porcentajes de sustitución más óptimos - relación $a/c=0.45$ y $a/c = 0.5$

ADOQUINES SEGÚN EL GRADO DE RESISTENCIA.			
20%	102.98%	Adoquín patrón	100%
10%	102.13%	15%	98.64%
Adoquín patrón	100%	10%	96.33%
15%	98.32%	20%	92.86
a/c = 0.45		a/c = 0.50	



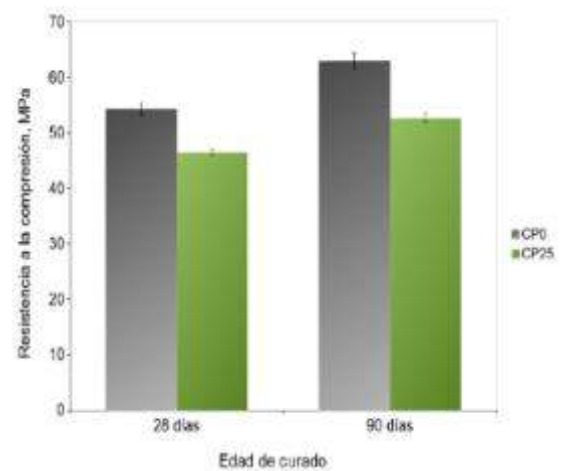
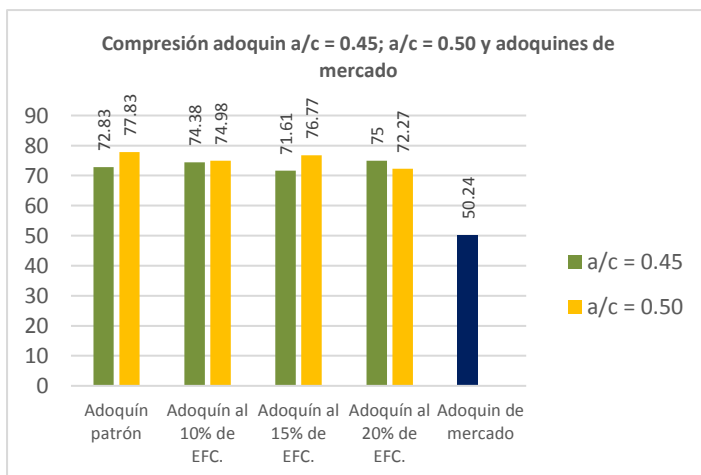
Tabla 107
Comparación entre el adoquín con 20% de EFC y el tradicional

Comparación de la elaboración de un adoquín con 20% de sustitución de CP por EFC relación a/c= 0.45 VS adoquín tradicional sin remplazo			
Adoquines con 20% de sustitución		Adoquines tradicionales	
Cemento	256 gr	Cemento	320 gr
Árido	960 gr	Árido	960 gr
Agua	144 gr	Agua	144 gr
EFC	64 gr	EFC	0 gr

Fuente elaboración propia

Es así que los adoquines con porcentaje de remplazo del 20% de CP por EFC relación a/c=0.45 son más efectivos ya que reducen la cantidad de CP y se reutiliza un residuo minero que se tiene en grandes cantidades en el Perú.

Además, en la investigación realizada por (Varela, 2016, pág. 208) nos indica que un hecho que le sucede al concreto, es que a medida que haya más sustitución de CP por EFC la trabajabilidad aumenta mejorando sus resistencias mecánicas por lo que guarda relación su investigación con la nuestra. Es así que los concretos trabajados consiguieron resistencias alrededor de los 48Mpa a los 28 días, aumentando de 52 a 60Mpa en 90 días relación a/c= 0.35, porcentaje de sustitución de 35% de CP por EFC.





Discusión N°3

¿Por qué se eligió la EFC como sustituyente del CP para este trabajo de investigación?

La escoria de fundición de cobre (EFC) se utilizó en esta investigación por que el Perú es un país minero en donde la contaminación ambiental que produce este residuo es de prioridad, este componente puzolánico lo podemos obtener en grandes cantidades en los almacenes aledaños a las refinerías que existen en el Perú desde los años 50' hasta la actualidad.

Otra de las cualidades es que esta investigación pertenece a un grupo de investigaciones llamadas “Nuevos materiales compuestos basados en diferentes matrices cementantes usando escorias de cobre, con partículas de caucho procedentes de neumáticos fuera de uso” y es financiado por el Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (**FONDECYT**) por su grado de importancia.

También el aprovechamiento de este componente contribuirá al cuidado del medio ambiente; en el sector construcción la sustitución de la EFC por el CP, reducirá la contaminación que causa este al ser elaborado y que otro beneficio de este residuo minero es que incentiva de gran manera al tema del reciclaje y la reutilización.

Otra característica de la escoria de fundición de cobre (EFC) es que su composición (alúmina sílice) reacciona con el cemento portland (CP) formando buenos concretos porque tienen propiedades conglomerantes.

Discusión N°4

¿Existe relación entre los ensayos de absorción, densidad vs la resistencia a la compresión de los adoquines relación (a/c= 0.5); (a/c= 0.45) tanto el patrón, 10%, 15% y 20% comparado con el mercado?

Los resultados demuestran que los adoquines ejecutados en el laboratorio de la UAC cumplen con la (NTP 399.611, 2017), ya que se encuentran en el promedio de absorción; a diferencia de los adoquines de mercado que absorben mayor cantidad de agua y no cumplen la norma técnica establecida.



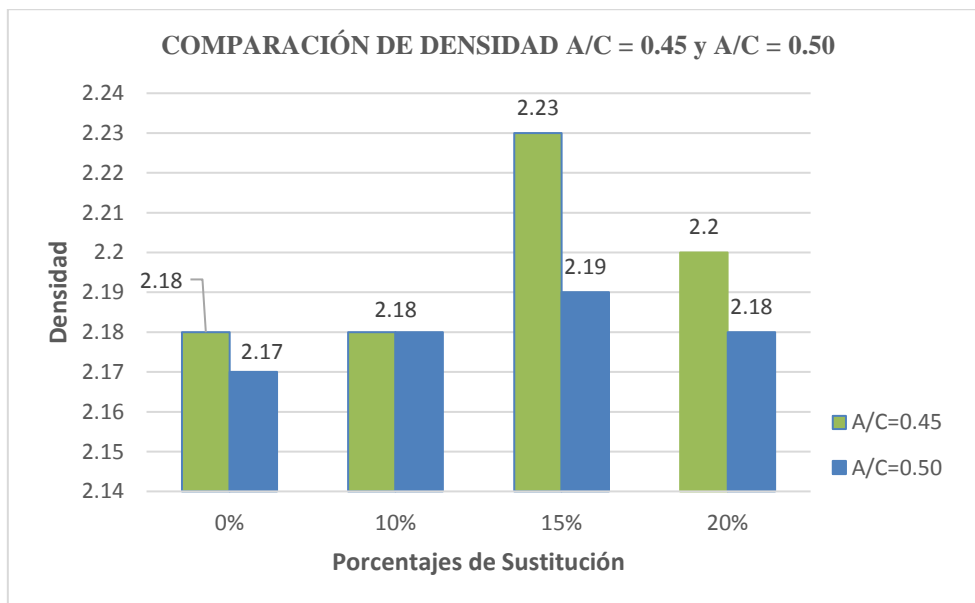
Es así que se demuestra que tanto el ensayo de absorción y densidad está en relación con la resistencia a la compresión, ya que a mayor densidad se evidencia mayor resistencia a la compresión en los diferentes tipos de sustitución (patrón, 10%, 15% y 20%), por lo que la densidad del adoquín de mercado es de un valor inferior a las dos relaciones como se muestra en la tabla en 1.88 lo que genera también que la compresión relación $a/c=0.50$ tenga un valor de 64.55% y la relación $a/c=0.45$ el valor de 68.98%.

Tabla 108

Ensayo de Densidad adoquines $a/c=0.45$; $a/c=0.50$ y mercado

ENSAYO DE DENSIDAD VS PORCENTAJE DE SUSTITUCION			
% SUSTITUCION	DENSIDAD	% SUSTITUCION	DENSIDAD
0%	2.18	0%	2.17
10%	2.18	10%	2.18
15%	2.23	15%	2.19
20%	2.2	20%	2.18
0.45		0.5	
Densidad del adoquín de mercado		1.88	

Fuente elaboración propia



Fuente elaboración propia



Discusión N°5

¿Qué aporte surgiría de esta investigación?

Esta investigación ha contribuido con la valorización de este residuo minero llamado EFC en el sector construcción el cual minimizara la contaminación ambiental, residuos que se encuentran presentes en los masivos ambientales que no solo perjudican al medio ambiente sino a la flora y fauna circundante.

También se está demostrando que la incorporación de la EFC como sustituto del CP en la elaboración de la mezcla, para la producción del adoquín produce un similar resultado en el punto óptimo de un 15% (98.64%) de EFC relación agua cemento ($a/c=0.50$) respecto a la mezcla elaborada para realizar el adoquín patrón, el cual se puede verificar en la tabla Nro. 96 en el tiempo de 28 días de curados en el ensayo de compresión; así mismo la producción del adoquín de relación ($a/c=0.45$) en la elaboración de la mezcla para el adoquín alcanza una resistencia superior a los de diferentes porcentajes de sustitución (patrón, 10% y 15%) en el tiempo de 28 días el cual se encuentra en porcentaje de sustitución del 20% (102.98%) de EFC por el CP como se puede observar en la tabla nro. 97, en el ensayo de compresión.



Glosario

Agua: Componente del concreto que hidrata las partículas de cemento en la mezcla para que desarrolle sus propiedades aglutinantes.

Agregado fino: Se refiere a la parte del árido inerte que interviene en la composición del concreto; se puede denominar como el material pasante de la malla N°4 y retenido en la malla N°200.

Adiciones: Son elementos cuya incorporación se añade al concreto en proporciones mayores al 5% del conglomerante, con la finalidad de que este reaccione y modifique sus características tanto en estado fresco como endurecido.

Adoquín: Es un bloque labrado en piedra o en CP de diferentes formas para la pavimentación de calles u otros usos.

Cemento portland (CP): El CP es un conglomerante que al mezclarlo con áridos y agua produce una masa pétreo compuesto por la pulverización del Clinker.

Curado: Proceso que tiene la finalidad de lograr la saturación del concreto hasta que los productos de hidratación del cemento se formen durante el fraguado o endurecimiento.

Cobre: El cobre es un metal de color rojizo metálico y se caracteriza por la conductividad eléctrica, ductilidad y se ha convertido en el material más utilizado para fabricar cables eléctricos.

Concreto Vibrado: Procedimiento de construcción que busca eliminar el aire o vacíos existentes dentro de la mezcla de cemento con la finalidad de lograr una mayor compactación.

Densidad aparente: Es la relación entre el peso y el volumen de las partículas del material incluidos todos los poros saturados y no saturados.

Dosificación: Es la combinación más práctica y económica para los agregados, con el fin de producir una mezcla con un grado requerido de manejabilidad que al endurecer adquiere las características de resistencia.



Escoria de fundición de cobre (EFC): Es el material residual que resulta de un proceso pirometalúrgico o de refinación del cobre, sus componentes principales son óxidos de hierro y sílices.

Espacio público: El espacio público es aquel territorio de la ciudad donde cualquier persona tiene derecho a estar, o circular libremente.

Fraguado: Proceso inicial de endurecimiento donde la pasta empieza a perder su plasticidad hasta llegar a un concreto endurecido.

Granulometría: La granulometría es la distribución por tamaños de las partículas de un árido.

Módulo de fineza (MF): Es un índice que sirve para clasificar los agregados en función a su granulometría.

Puzolana: Las puzolanas son materiales aluminosilíceos que históricamente se utilizaban para fabricar cementos.

Peso específico: Se obtiene de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas.

Peso unitario: Se obtiene de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos.

Prefabricado: Es un sistema de construcción basado en elaborar en serie un determinado producto.

Resistencia a la compresión: Es la capacidad de un determinado elemento de concreto en soportar esfuerzos externos de compresión.

Relación agua cemento (a/c): Se determina como la cantidad de agua en masa sobre la cantidad de cemento en masa para determinar una mezcla de concreto.



Conclusiones

Conclusión N°01

Se demuestra la hipótesis general

Se determinó que la sustitución del CP tipo IP por la EFC en la fabricación de adoquines, mejora notablemente las características físico mecánicas de los adoquines y que el aprovechamiento de la EFC reduce la contaminación ambiental, ya que a menor uso del CP, menor gasto de energía en la fabricación de este; por lo tanto menos CO₂ al medio ambiente; otra característica significativa es que reduce la contaminación ambiental que existe en los almacenes pasivos gracias al aprovechamiento de la EFC, es así que reduciendo 1 tonelada de CP por EFC, se reduce 900kg de CO₂ al medio ambiente por lo que la hipótesis se da por aceptada.

Conclusión N°02

Se demuestra la sub hipótesis N° 1

Tras analizar y valorar la resistencia de los adoquines (patrón, 10%, 15% y 20%) y los adquiridos en el mercado actual, se demuestra que los adoquines con relación a/c = 0.45 al 20% de sustitución alcanzan resistencias superiores en un 2.98% respecto al adoquín patrón elaborado con CP tipo IP.

Seguidamente se observa que los adoquines con relación a/c = 0.50 al 15% de sustitución alcanzan resistencias mínimas en 1.36% respecto al adoquín patrón realizado con CP tipo IP el cual presenta un 100% de efectividad.

Finalmente, se realizó una comparación entre los adoquines con sustitución del 20% relación a/c= 0.45 y los adquiridos del mercado actual donde el adoquín con un 20% de sustitución es superior en un 49.28% respecto al adoquín del mercado actual en cuanto a la resistencia de compresión.

Igualmente se realizó una comparación entre el adoquín con 15% de sustitución de CP por EFC relación a/c = 0.50 respecto a los adquiridos de mercado, llegando a la conclusión que el adoquín de 15% de remplazo es superior en 43.84% respecto al adquirido en el mercado.



Respecto a la absorción y dimensionamiento se evidencia que tanto los adoquines con relación $a/c=0.45$ y 0.50 cumplen con la absorción, dimensionamiento según la (Norma Técnica Peruana 399.611, 2017), mientras que los comprados en mercado no cumplen la absorción, pero si cumplen la compresión.

Conclusión N°03

Se demuestra la sub hipótesis N° 2

Se puede concluir que las proporciones de mezcla halladas en nuestro diseño nos permite optimizar de mejor manera los componentes del adoquín de concreto, teniendo una relación $0.8:3:0.2$ (CP, árido, EFC) relación agua / cemento 0.5 que nos permite alcanzar la resistencia óptima en un 15% de sustitución; al igual la relación $0.8:3:0.2$ (CP, árido, EFC) relación agua / cemento 0.45 nos establece una dosificación óptima al 20% de sustitución de CP por EFC que ayuda a que los materiales tanto el CP como el agua se reduzcan de manera significativa respecto al realizado con CP tipo IP tradicional lo cual está dentro del reglamento (NTP 399.611, 2017). Es así que se evidencia que la dosificación más adecuada para la realización de adoquines es la de relación agua/cemento ($a/c=0.45$) con un porcentaje de sustitución del 20% de CP por EFC.

Conclusión N°04

Se demuestra la sub hipótesis N° 3

Se concluye que las proporciones de mezcla y los diversos elementos utilizados para la elaboración del adoquín con EFC de diseño propio, fueron cotizados directamente a las empresas de producción; los cuales su recolección y producción reducen los costos del adoquín con sustitución en 20% de CP por EFC en 49.99% respecto al adoquín de mercado, por ende nuestro prototipo de adoquín con sustitución del CP por la EFC al 20% relación $a/c=0.45$ sale económicamente rentable.



Recomendaciones

Recomendación N°01

Se debe considerar que a partir de estos resultados el Estado puede emitir normas legales para la fabricación de adoquines con EFC.

Recomendación N°02

Se debe evaluar la resistencia a compresión en edades mayores a los 28 días, en adoquines de concreto con sustitución de CP por la EFC al (10%, 15% y 20%), para determinar el desarrollo de la resistencia a largo plazo.

Recomendación N°03

Se recomienda fomentar el uso de residuos mineros llamados EFC ya que estos se hallan en grandes almacenes pasivos ambientales en el Perú, componente de origen cementicio mejorará la calidad de las construcciones reduciendo la contaminación ambiental.

Recomendación N°04

Se recomienda que para realizar investigaciones sobre el residuo EFC se efectúen pruebas de la composición química y propiedades físicas ya que estos varían según el lugar y la forma de cómo se encuentra la EFC.

Recomendación N°05

Para que los adoquines adquieran buena resistencia, se recomienda que estos estén constantemente humedecidos por lo menos durante 7 días.



Bibliografía

- Acosta , D., & Cilento Sarli, A. (Febrero de 2007). Edificaciones sostenibles: estrategias de Investigación y desarrollo. *Tecnología y Construcción*, 21, 25.
- Acosta, J. (Octubre-2013). Cobre en el Peru: Hechos y retos hacia el futuro. *Researchgate*, 4.
- Acosta, M. (31 de Mayo de 2019). *Ecología Verde*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-gestion-ambiental-2035.html>
- Acosta., G. A. (2010). *Estudio experimental del empleo de materiales de desecho de procesos mineros en aplicaciones prácticas con productos cementicios*. Lima: Pontifica Universidad Catolica del Perú.
- Antunez de Mayolo, S. B. (2008). *Logicas y Estrategias Proyectuales para la Arquitectura Sostenible*. Lima: Pontifica Universidad Catolica del Perú .
- ArchDaily. (05 de 01 de 2009). *ArchDaily*. Obtenido de <https://www.archdaily.pe/pe/02-13920/concreto-translucido-desarrollado-en-mexico>
- Arévalo, V., Ávalos, A., Garavito, K., López, C., Raymond, J., & Torres, I. (2015). *Diseño y localiazcion de planta de produccion de bloques y adoquines de concreto a partir de garbancillo residual*. Piura: Universidad de Piura.
- Argos. (03 de Noviembre de 2019). *Argos*. Obtenido de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/adoquines-de-concreto>
- Arias Davila, T. O. (2012). *Uso, Apropiacion e Inversión en Espacios Públicos Urbanos de Barrios Populares*. Lima: Universidad Nacional de Ingenieria.
- BCRPData Banco Central de Reserva del Perú . (1980-2019). *Banco Central de Reserva del Peru* . Obtenido de <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/anuales/resultados/PM05435BA/html>



- Blanco Gómez, D. (30 de Julio de 2020). *Infobae*. Obtenido de <https://www.infobae.com/economia/2020/07/30/el-sector-de-la-construccion-perdio-el-35-de-sus-empleos-formales-en-el-ultimo-ano/>
- Borja, J., & Muxi, Z. (2000). El espacio público, ciudad y ciudadanía. En J. B.–Z. Muxí, *El espacio público, ciudad y ciudadanía* (págs. 7-8). Barcelona: Electa.
- Bravo Santos, M., & Diaz Valencia, J. C. (2018). *Análisis comparativo de la influencia de la escoria de cobre como sustituto del agregado fino en porcentaje de peso, en la resistencia y consistencia de un concreto $f'c=210$ kg/cm² elaborado con cemento tipo IP y tipo V, mediante pruebas de esclerometría y*. Cusco: Universidad Andina de Cusco.
- Castillo, F. A. (14 de 02 de 2009). *Studocu*. Obtenido de Tecnología del Concreto: <https://www.studocu.com/es/document/universidad-catolica-san-pablo/mecanica/otros/356721507-306087568-tecnologia-del-concreto-flavio-abanto-pdf/4282817/view>
- Castillo, I. F. (1997). *Tecnología del Concreto*. Lima: San Marcos E.I.R.L.
- Chambi Hilaje, R., Molero Lovón, S., & Paucara Vilca, P. (2017). *Plan de negocios para la implementación de una fábrica de adoquines de concreto en la ciudad de Arequipa*. Arequipa: Universidad ESAN.
- Comite tecnico AEN/CTN 80. (Noviembre de 2005). Metodos de Ensayo de Cementos. *Norma Española*, pág. 35.
- Cruz Garcia, H. (2019). *Influencia de cenizas de ladrillos artesanales en la resistencia a la compresion de adoquines de concreto*. Trujillo: Universidad Privada del Norte.
- Cuidemos el planeta. (04 de 2018). *Cuidemos el planeta*. Obtenido de <https://cuidemoselplaneta.org/contaminacion-ambiental/>
- Del Castillo Paisig, C. E., & Garibotto Saldaña , G. G. (2017). *Regeneracion de espacios públicos bajo un enfoque de movilidad sostenible en el distrito de San Miguel*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.



Desarrollo, A. E. (2012). *Proyectos Peru 1990 - 2011*. Lima: ORUS S.A.C.

economiadehoy.es. (22 de Noviembre de 2017). *El 70% de la población mundial vivirá en ciudades de aquí a 2030 y un 60% de estos asentamientos urbanos aún no han sido edificados*. Obtenido de economiadehoy.es: <https://www.economiadehoy.es/noticia/24489/internacional/el-70-de-la-poblacion-mundial-vivira-en-ciudades-de-aqui-a-2030-y-un-60-de-estos-asentamientos-urbanos-aun-no-han-sido-edificados.html>

Gehl, J. (2014). *Ciudades para la gente*. Buenos Aires: Infinito.

Hernandez Sampieri , R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la Investigacion*. Mexico: Miembro de la Camara Naeional de la Industria Editorial Mexicana.

Instituto de Ingenieros de Minas del Perú. (s.f.). *Instituto de Ingenieros de Minas del Perú*. Obtenido de <http://www.iimp.org.pe/actualidad/produccion-de-cobre-en-peru-crecio-97-en-periodo-2008-2019>

Instituto de la Construcción y Gerencia. (2006). Concreto Armado. *El peruano*, 55.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico- Sector Energía y Minas. (noviembre de 2013). Cobre en el Perú: Hechos y retos. *INGEMMET*(22), 56.

Lavado, B. J. (2018). *Estudio de modelo de gestion del uso de escoria de cobre para disminuir el impacto ambiental en la region Moquegua*. Moquegua: Universidad Privada de Tacna.

Lopez Larrea , M., & Pinedo Bustamante, M. (2015). *Mejoramiento de las características físico mecánicas de adoquines de cemento para pavimentacion, adicionando escoria de horno electrico en su proceso de fabricación*. Nuevo Chimbote: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA.

Lopez Larrea, M., & Pinedo Bustamante, M. (2015). *MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS DE ADOQUINES DE CEMENTO PARA PAVIMENTACION, ADICIONANDO ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICO EN SU*



PROCESO DE FABRICACIÓN. Nuevo Chimbote: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA.

Lopez Pedro Luis. (2004). Población Muestra y Muestreo. *Scielo*, 4.

Madanipour, A. (2003). *Public and Private Spaces of the City*. Nueva York: Routledge.

Medina Correa, A. M. (2010). *Evaluacion del desempeño del cemento Portland tipo III Adicionado con Nanoparticulas de Hierro*. Medellin: Universidad Nacional de Colombia.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo - Minvu. (2017). *Manual de Elementos Urbanos Sustentables - Tomo I - Sustentabilidad en el espacio publico y recomendaciones para Chile*. (D. T. Ditec, Ed.) Chile: División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional - Ditec.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2009). *Norma Tecnica de Edificacion E-060 Concreto Armado*. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

N.T.P 334.001. (2001). Cementos. Definiciones y nomenclatura. *El Peruano*, 1-19.

N.T.P 339.088. (2006). Hormigon(Concreto). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento portland. .

Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible : Una oportunidad para america Latina y el Caribe*. Santiago: Naciones Unidas.

Nazer Varela, A. (2016). *Caracterización y determinación de las propiedades cementantes de escorias de fundición de cobre del siglo XIX de la Region de Atacama, Chile para su uso en construcción*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Norma Española UNE-EN 196-1. (2005). Metodos de ensayo de Cemento. *Asociación Española de Normalizacion y Certificación*, 35.

Norma Tecinca Peruana 400.037. (2018). Agregados. Agregados para Concreto. Requisitos. *INACAL*, 28.



Norma Técnica de Edificación E-0.60 Concreto Armado. (2009). Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. *El Peruano*, 1-201.

Norma Técnica Peruana 399.611. (27 de 12 de 2017). Unidades de albañilería. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos. *INACAL*, 11.

NTP 339.185. (2013). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. *Norma Técnica Peruana*, 1-15.

NTP 400. 022. (2013). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. *Norma Técnica Peruana*, 1-25.

NTP 400.012. (2013). AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. *Norma técnica Peruana*, 1-14.

NTP 400.017 . (2011). AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso. *Norma Técnica Peruana*, 1-14.

Ocmal. (02 de Julio de 2015). *Southern Copper dice que cuida el medio ambiente pero informes oficiales señalan lo contrario*. Obtenido de <https://www.ocmal.org/southern-copper-dice-que-cuida-el-medio-ambiente-pero-informes-oficiales-senalan-lo-contrario/>

ocmal.org. (03 de JULIO de 2015). *OCMAL*. Obtenido de <https://www.ocmal.org/southern-copper-dice-que-cuida-el-medio-ambiente-pero-informes-oficiales-senalan-lo-contrario/>

opportimes.com. (31 de Julio de 2018). *Los 10 Mayores Productores De Cobre Del Mundo*. Obtenido de Opportimes: <https://www.opportimes.com/>

Oyarzun Kneer, I. A. (2013). *Influencia de las escorias de cobre en la fabricación de hormigón*. Chile: Universidad Austral de Chile.

pedro. (s.f.).

Pedro Luis Lopez. (s.f.).



Pérez Pérez , M. (28 de Diciembre de 2016). Espacios Publicos Sostenibles en Centros Urbanos. Caso Ecuador. *Conama*, 1-11.

RED DE DESARROLLO SOSTENIBLE. (31 de Mayo de 2019). *Ecologia Verde*. Obtenido de Ecologia Verde: <https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-gestion-ambiental-2035.html>

Rodriguez, E. R. (2017). *Utilizacion de residuos de neumaticos fuera de uso en conglomerantes con base cemento portland y de activacion alcalina para uso en prefabricados de bajo coste economico y medioambiental*. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia.

Secretaria Distrital de Planeacion - Direccion del Taller del Espacio Publico. (2018). *Cartilla de Andenes Bogota D.C*. Bogota: Secretaria Distrital de Planeacion de Bogota.

Seminario , R., Chorres , K., Rivas, R., Ruesta , G., & Sota, D. (2018). *DISEÑO DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE ADOQUINES CON AGREGADOS DE CONCHA DE ABANICO*. Piura: PIRHUA – Universidad de Piura.

Seminario , R., Chorres, K., Rivas , R., Ruesta, G., & Sota, D. (2018). *Diseño de una planta productora de Adoquines con agregados de Concha de Abanico*. Piura.: Universidad de Piura.

Seminario, R., Chorres , K., Rivas, R., Ruesta, G., & Sota, D. (2018). *Diseño de una planta productora de adoquines con agregados de concha de abanico*. Piura: Universidad de Piura.

Structuralia. (29 de 01 de 2015). *Structuralia*. Obtenido de <https://blog.structuralia.com/innovacion-tecnologica-las-ultimas-tendencias-en-materiales-de-construccion>

SUNEDU. (26 de Mayo de 2020). *Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria*. Obtenido de <https://www.sunedu.gob.pe/sunedu-establece-disposiciones-para-licenciamiento-nuevas-universidades/>

Takano, G., & tokeshi , j. (2007). *ESPACIO PUBLICO EN LA CIUDAD POPULAR*. LIMA: Cinco editores.



Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería, a. D.-9.-E. (03 de junio de 1992). *Ley de Promoción de Inversiones en el Sector Minero*. Obtenido de [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con3_uibd.nsf/89E200B65DCF6DE9052578C30077AC47/\\$FILE/DS_014-92-EM.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con3_uibd.nsf/89E200B65DCF6DE9052578C30077AC47/$FILE/DS_014-92-EM.pdf)

UNE-EN-196-1. (Noviembre de 2005). Metodos de ensayo de cementos. *Asociación Española de Normalizacion y Certificacion*, 35.

Valderrama, L., González, M., Santander, M., & Zazzali, B. (2018). RECUPERACIÓN DE COBRE CONTENIDO EN ESCORIA DE COBRE MEDIANTE FLOTACIÓN. *HOLOS*, 05(34), 1-50. doi:10.15628/holos.2018.7118

Valencia, U. I. (09 de 05 de 2019). *Univesidad Internacional de valencia*. Obtenido de <https://www.universidadviu.com/el-significado-de-la-innovacion-tecnologica/>

Varela, A. N. (2016). *Caracterizacion y determinacion de las propiedades cementantes de escorias de fundicion de cobre del siglo XIX de la region de Atacama, Chile para su uso en construcción*. Atacama: Universidad Politecnica de Valencia.



Anexos

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
TÍTULO : APROVECHAMIENTO DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN DE COBRE EN LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE TRÁNSITO PEATONAL COMPARADO CON LOS TRADICIONALES				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	
GENERAL	GENERAL	GENERAL	INDEPENDIENTE	
¿De qué manera se puede aprovechar la escoria de fundición de cobre (EFC) en la elaboración de adoquines de uso peatonal?	Fabricar un prototipo de adoquín de cemento portland (CP) con puzolana reactiva de escoria de fundición de cobre (EFC) para uso peatonal aplicado en el espacio público.	El prototipo de adoquín de uso peatonal elaborado con escoria de fundición de cobre (EFC) contribuirá a la reducción de la contaminación del medio ambiente.	Concreto con sustitución de CP por EFC en proporciones de peso.	Indicadores. <ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de CP tipo IP en peso (kg). • Cantidad de agregado fino en peso (kg). • Cantidad de agua en peso (kg). • Cantidad de EFC en peso (kg).
ESPECIFICOS	ESPECIFICOS	ESPECIFICOS	DEPENDIENTE	
¿Cuáles son las características físico-mecánicas comparativas entre el adoquín tradicional y el elaborado con el de escoria de fundición de cobre a los 7; 14 y 28 días?	Determinar las características físico-mecánicas comparativas entre el adoquín tradicional y el elaborado con la EFC en proporciones del 0%, 10%, 15% y 20% a los 7; 14 y 28 días relación a/c=0.50 y 0.45.	Se optimizará el nivel de resistencia y absorción del adoquín con EFC a los tiempos de curado de 7; 14 y 28 días relación a/c= 0.50 y 0.45	Propiedades de resistencia del adoquín endurecido Trata del análisis de la incidencia de la sustitución del CP por la EFC sobre la resistencia del concreto endurecido.	Indicadores. <ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a la compresión (kg/cm²) • Absorción del adoquín, • Dimensionamiento
¿Cuáles son las características de los componentes y la dosificación adecuada a la hora de elaborar el adoquín tradicional y el elaborado con EFC?	Caracterizar los componentes del adoquín tradicional y determinar la dosificación adecuada en la elaboración del adoquín con la EFC (escoria de fundición de cobre), evaluando la incidencia de estos materiales en el medio ambiente.	La dosificación para elaborar los adoquines con EFC se optimizará respecto al tradicional.		



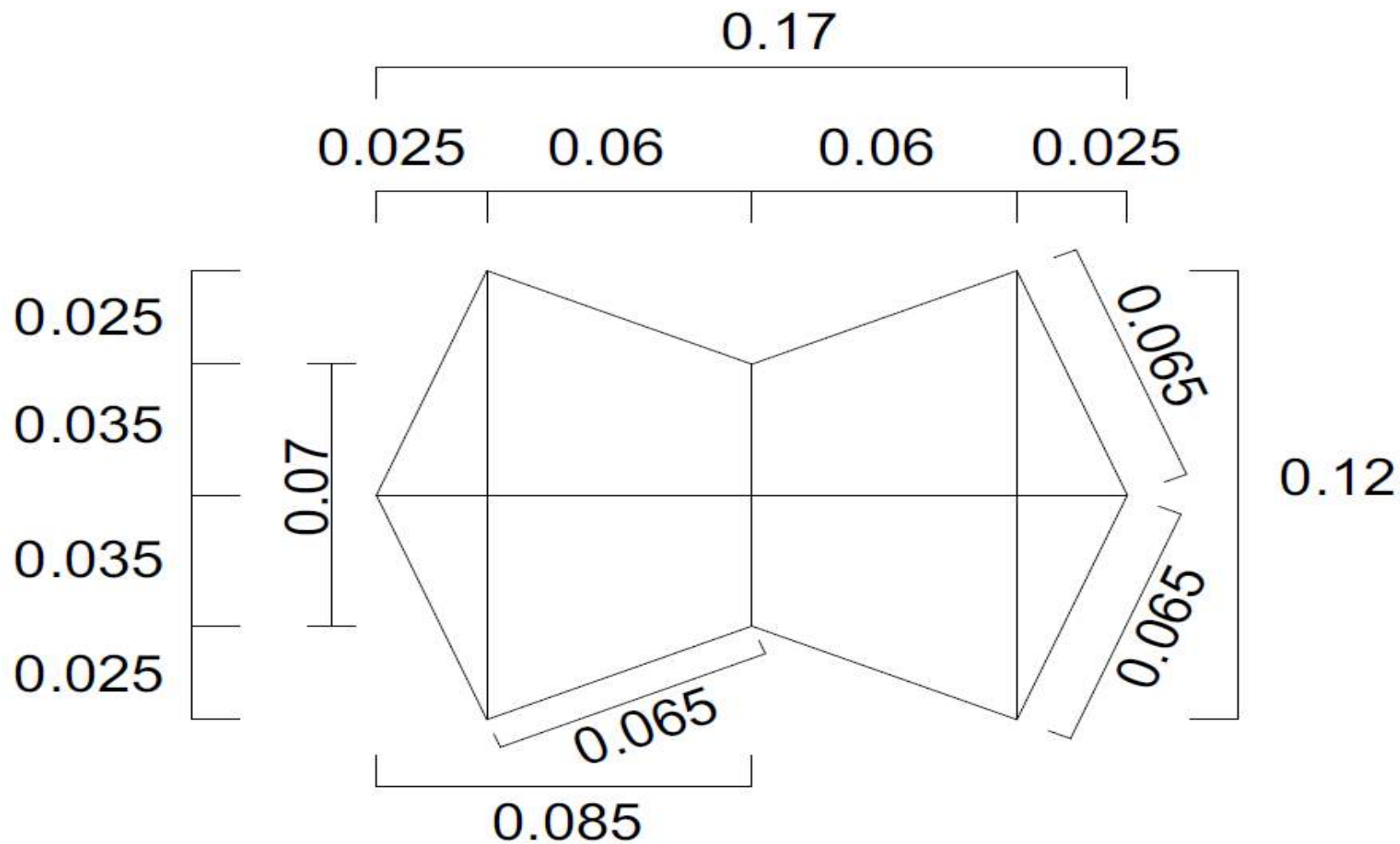
Cuadro de operacionalización

TIPO	VARIABLE	NIVEL	INDICADOR	INSTRUMENTO
INDEPENDIENTE	MORTERO CON SUSTITUCION DE CP POR EFC EN PROPORCION PESO	CEMENTO TIPO IP (Kg)	CANTIDAD DE CEMENTO TIPO IP (Kg)	GUIAS DE OBSERVACION DE LABORATORIO
		AGREGADO FINO (Kg)	CANTIDAD DE AGREGADO FINO (Kg)	FORMATOS DE EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL AGREGADO
		AGUA (Kg)	CANTIDAD DE AGUA (Kg)	
		EFC (Kg)	CANTIDAD DE EFC (Kg)	FORMATOS DE EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA EFC
DEPENDIENTE		RESISTENCIA A LOS 7 DIAS	RESISTENCIA A LA COMRPESION DEL MORTERO KG/CM2	GUIAS DE OBSERVACION DE LABORATORIO
Y1	PROPIEDADES DEL MORTERO ENDURECIDO	RESISTENCIA A LOS 14 DIAS		FORMATOS DE EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL MORTERO
		RESISTENCIA A LOS 28 DIAS		

Elaboración fuente propia

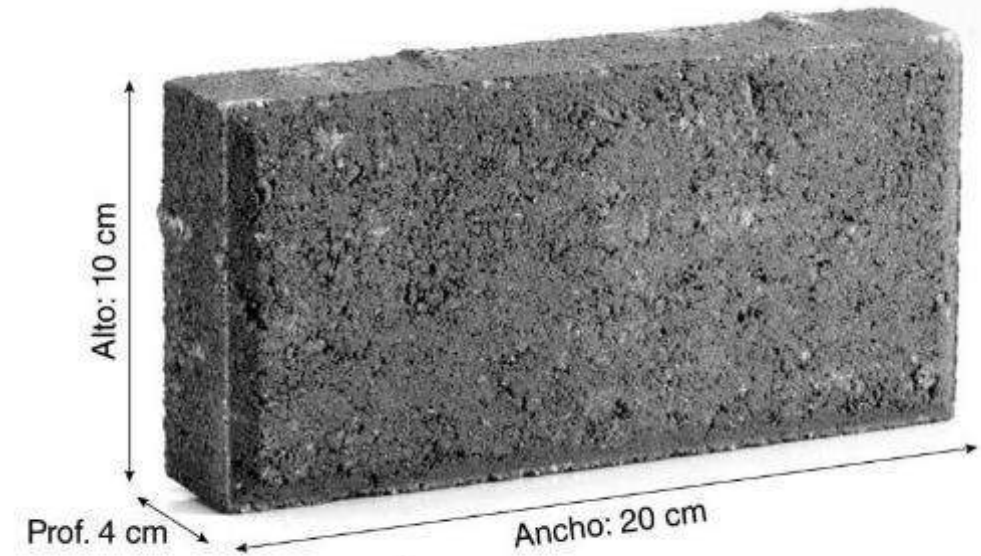
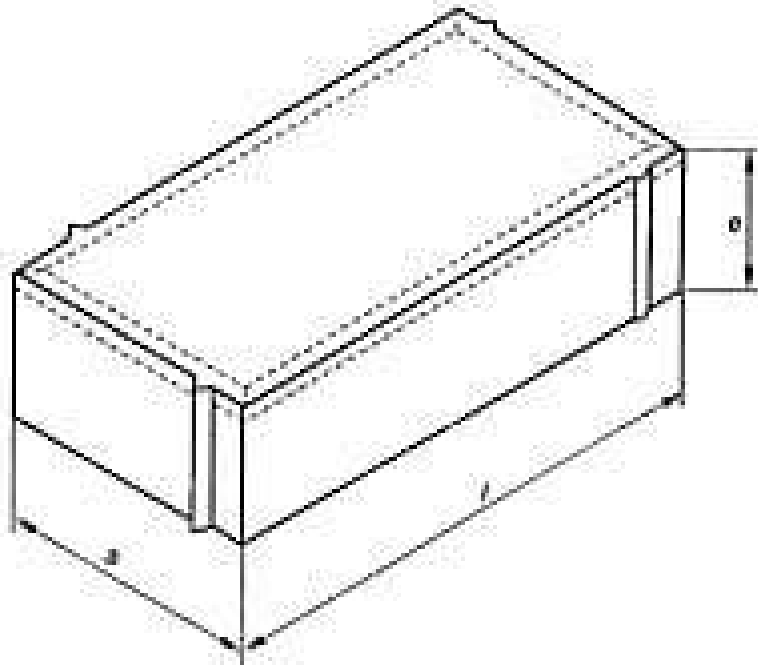


Anexo 1: Prototipo de adoquín de fuente propia





Anexo 2: Adoquín adquirido en mercado





Marco Legal

Norma E-060: Concreto estructural simple. – Capitulo que proporciona requisitos mínimos para la construcción y diseño de elementos de concreto simple estructural, vaciados en sitio o prefabricados.

Norma CE.010 - Anexo “F”- Pavimentos Urbanos - Método sugerido para el diseño estructural de pavimentos urbanos de adoquines Inter trabados de concreto

Norma CE.010 - Anexo “G”- Pavimentos Urbanos - Método sugerido para el diseño estructural de pavimentos urbanos de adoquines Inter trabados de concreto

Norma GH 0.20: Componentes de diseño Urbano. – Capitulo del diseño de vías en una habilitación urbana donde se integra al Plan de Desarrollo Urbano.

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS: Dirección de Asuntos Ambientales Mineros. Donde su principal función es proponer políticas y normas legales relacionadas con la conservación del medio ambiente en el sector de minería, evaluar, calificar y aprobar a las instituciones autorizadas a realizar el EIA (*), DIA (*) y PAMA (*); así como evaluar los EIA y PAMA del sector Minero.

MINISTERIO DEL AMBIENTE: Ente rector del sector ambiental nacional, creado el 14 de mayo del 2008, en donde su coordinación es en los niveles de gobierno local, regional y nacional.

CONAM: Institución adscrita a la Presidencia del Consejo de Ministros, cuya función es definir la Política Nacional del Ambiente, articular y reforzar la gestión ambiental en los diversos sectores e instituciones de la administración pública.

MINISTERIO DE SALUD: Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA). Órgano de línea técnico-normativo a nivel nacional, encargado de normar, supervisar, controlar, evaluar y concertar con los gobiernos regionales, locales y demás 32 componentes del Sistema Nacional de Salud los aspectos de protección del ambiente, saneamiento básico, la salud ocupacional, higiene alimentaria, zoonosis y protección del medio ambiente.

DIA: Declaración de Impacto Ambiental



EIA: Estudio de Impacto Ambiental

PAMA: Programa de Adecuación y Manejo Ambiental

Ley general del ambiente, ley 28611

Artículo I.-Derecho y deber fundamental de toda persona, donde cada uno tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, por ende el deber de contribuir a una buena gestión ambiental protección ambiental, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país.

Artículo VIII.- Del principio de internalización de costos; donde toda persona natural o jurídica, pública o privada debe asumir costo de los riesgos o daños que genere sobre el ambiente.

Ley General de Minería, aprobado por Decreto Supremo N° 014-92-EM, y normas reglamentarias, complementarias y conexas

Ley N° 26615, Ley del Catastro Minero Nacional, y su Reglamento de Organización y Funciones, aprobado por Decreto Supremo N° 035-2007-EM.

Decreto Supremo N° 035-2007-EM, el INGEMMET

Estándar de calidad ambiental – eca ley general del ambiente, ley 28611

Reglamento de la Ley N° 27447 del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (Ministerio de Ambiente, 2012).

Publicada el 25 de setiembre del 2009

Publicación del reglamento del SEIA que conllevará a que las entidades sectoriales adecuen o establezcan nuevas normas en materia de evaluación de impacto ambiental a fin de adecuarse a los recientes alcances del mismo; y mientras no ocurra esto seguirán aplicándose las normas sectoriales, regionales y locales que estén vigentes y de manera supletoria las del reglamento



del SINIA, así como los dispositivos que establezca el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental –OEFA- en ejercicio de sus competencias.

Entre los diversos y amplios aspectos que regula ésta amplia norma se destaca:

1.- Toda persona natural o jurídica que pretenda desarrollar un proyecto de inversión susceptible de generar impactos ambientales negativos de carácter significativos que estén relacionados con los criterios de protección ambiental establecidos en el Anexo V del reglamento y alcances señalados en el mismo debe gestionar una certificación ambiental ante la autoridad competente que corresponda.

2.- El SEIA es un órgano orientado a la evaluación de los proyectos de inversión pública privados o de capital mixto que pueda generar impactos ambientales negativos de carácter significativo aun cuando no haya posibilidad prevista de que estos generen impactos significativos por encontrarse en fase de prospección, exploración investigación u otros tales casos estarán sujetos a las modalidades de evaluación de impacto ambiental para las categorías I y II según corresponda de acuerdo a la legislación sectorial regional o local aplicable.

3.- No podrán otorgarse licencias, derechos, autorizaciones ni cualquier otro título habilitante para el inicio de la ejecución de proyectos de inversión sujetos al SEIA sin contar con la certificación ambiental expedida.

La Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) Nro. 27446, de 2001 modificada por el DL 1078 (en 2008), establece que el SEIA es un sistema único y coordinado de identificación, prevención, supervisión, control y corrección anticipada de los impactos ambientales negativos. (Ministerio de Ambiente, 2012).

Dentro del ámbito de aplicación comprende las políticas, planes y programas de nivel nacional, regional y local que puedan originar implicancias ambientales significativas, así como los proyectos de inversión pública, privada y de capital mixto que pueden causar impactos ambientales negativos significativos.

El administrador del SEIA es la Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental (DGPNIGA). De acuerdo a la Ley del SEIA no podrá iniciar la ejecución



de proyectos de inversión pública y privados si no cuentan con la Certificación Ambiental, por ende, se establece una categorización y es la siguiente.

La categorización de los proyectos de acuerdo al riesgo ambiental es tres:

Categoría I. Declaración de Impacto Ambiental. Aquellos proyectos cuya ejecución no origina impactos ambientales negativos significativos.

Categoría II. Estudios de Impacto Ambiental semi detallado. Son proyectos cuya ejecución puede originar impactos ambientales negativos moderados.

Categoría III. Estudio de Impacto Ambiental detallado. Son aquellos proyectos cuyas características, envergadura y/o localización pueden producir impactos ambientales negativos significativos.