



FACULTAD DE INGENIERÍA Y COMPUTACIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

COMPARACIÓN DEL USO DEL CONCRETO CON AGREGADO GRUESO RECICLADO Y NATURAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE VEREDAS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA

Autor: LUZELY DANIELA HUILLCA MERMA

CARMEN ROSA QUISPE MAMANI

Asesor: Mg. Ing. María Alejandra Marquina Cornejo

Tesis presentada a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil como parte
de los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

AREQUIPA - PERÚ

2023

Tesis Final

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%	11%	7%	5%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	SRK CONSULTING (PERU) S.A.. "DIA del Proyecto La Enlozada-IGA0001162", R.D. N° 383-2015-PRODUCE/DVMYPE-I/DIGGAM, 2020 Publicación	3%
2	Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante	1%
3	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	1%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
5	pt.scribd.com Fuente de Internet	1%
6	www.residuosprofesional.com Fuente de Internet	<1%
7	revistas.udistrital.edu.co Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%

DEDICATORIA

Carmen Quispe

Para Mario, Martha y Pamela por su continuo respaldo.

Luzely Huilca

Para mis padres, Adrián y Elia; y, a mis hermanas, Bhritley y Haida; por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A la Mg. Ing. María Alejandra Marquina, por el apoyo incondicional como docente durante la etapa universitaria y como asesora en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A la universidad Católica San Pablo por ser nuestra casa de estudios y por enseñarnos que antes de ser profesionales, somos buenas personas para la sociedad.

RESUMEN

En la actualidad, el medio ambiente es afectado por el desarrollo de la industria de la construcción porque es la causante de la explotación excesiva de materiales granulares en canteras y la generación de residuos de construcción y demolición (RCD). En tal sentido, la presente investigación propuso realizar la valoración de los RCD mediante el uso del agregado grueso reciclado (RCA) para la elaboración de un nuevo concreto, de esta forma se buscó reducir el volumen de extracción de material granular en canteras y la eliminación de los RCD.

La presente investigación es de enfoque cuantitativo, carácter descriptivo y diseño experimental; siendo el objeto de estudio el RCA, pues este insumo fue utilizado en proporciones de 30%, 50% y 100% en reemplazo del agregado grueso natural (NCA) para la elaboración del concreto con agregado grueso reciclado (RCAC) en la construcción de veredas, con resistencia de diseño 210kgf/cm². Seguidamente se evaluó la viabilidad del uso del RCAC al 100% comparando el costo de elaboración de este producto respecto al concreto convencional (NAC), finalmente se realizó la identificación y valoración de impactos ambientales de los componentes suelo y paisajístico dentro de los subprocesos de la elaboración del RCAC al 100% y del NAC, haciendo uso de la metodología propuesta por CONESA.

Como resultado se obtuvo que todos los diseños de mezcla cumplen con la resistencia, el costo para la construcción de veredas por m² con RCAC al 100% es 15.25% más caro que un NAC y el impacto ambiental (IA) en los componentes suelo y paisajístico que se genera por el uso del RCAC es menor en comparación del NAC, debido a que el volumen de explotación de material granular y de eliminación de los RCD se reducen en un 50%. Concluyéndose así que es posible elaborar RCAC en la construcción de veredas y reducir el IA en los componentes mencionados en la ciudad de Arequipa.

Palabras clave: Concreto con agregado grueso reciclado (RCAC), concreto convencional (NAC), impacto ambiental (IA) y residuos de construcción y demolición (RCD).

ABSTRACT

Currently, the environment is affected by the growth of the construction industry because it is the cause of the excessive exploitation of granular materials in quarries and the production of construction and demolition waste (CDW). In this sense, the present investigation proposed to carry out the evaluation of CDW through the use of recycled coarse aggregate (RCA) for the production of concrete, for that, it was sought to reduce the volume of extraction of granular material in quarries and the elimination of CDW.

The present study has a quantitative approach, descriptive character and experimental design; being the object of study the RCA, since this input was used in proportions of 30%, 50% and 100% in replacement of the natural coarse aggregate (NCA) for the preparation of concrete with recycled coarse aggregate (RCAC) in the construction of sidewalks, with design resistance 210kgf/cm². Next, the viability of the use of RCAC at 100% is evaluated, comparing the cost of elaboration of this product with respect to conventional concrete (NAC), finally the identification and assessment of environmental impacts of the soil and landscape components was carried out within the sub-processes of the elaboration of the 100% RCAC and the NAC, making use of the methodology proposed by CONESA.

As a result, it was obtained that all the designs of mixture comply with the resistance, the cost for the construction of sidewalks per m² with RCAC at 100% is 15.25% more expensive than a NAC and the environmental impact (IE) in the soil and landscape components that are generated by the use of the RCAC is lower compared to the NAC, due to the fact that the volume of exploitation of granular material and the elimination of RCD are reduced by 50%. Thus, concluding that it is possible to make use of the RCAC in the construction of sidewalks to reduce the AI in the mentioned components in the city of Arequipa.

Keywords: Concrete with recycled coarse aggregate (RCAC), conventional concrete (NAC), environmental impact (EI), and construction and demolition wastes (CDW).

ÍNDICE

Página

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
ÍNDICE.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE TABLAS	xiv
CAPÍTULO 1:	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Motivación	1
1.2. Problemática	1
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivos Específicos	4
1.5. Hipótesis	5
1.6. Variables de la Investigación	5
1.6.1. Variables Independientes.....	5
1.6.2. Variables Dependientes	5

1.6.3. Operacionalización de Variables	6
1.7. Metodología de la Investigación.....	6
1.8. Estructura del trabajo de Investigación.....	10
CAPÍTULO 2:	11
MARCO TEÓRICO	11
2.1. Evaluación del impacto ambiental (EIA)	11
2.1.1. Objetivos de la Evaluación del Impacto ambiental	11
2.2. Metodología para la identificación y caracterización del impacto ambiental ...	12
2.2.1. Identificación de Impactos Ambientales	12
2.2.2. Métodos de identificación de impactos	21
2.2.3. Caracterización o evaluación de impactos ambientales.....	23
2.3. Desarrollo sostenible	24
2.3.1. Economía Circular en la construcción.....	25
2.4. Residuos de construcción y demolición (RCD).....	27
2.4.1. Ventajas del uso de los RCD	28
2.4.2. Gestión y manejo de los RCD	28
2.4.3. Concreto con agregado grueso reciclado (RCAC)	29
2.5. Marco Normativo.....	30
CAPÍTULO 3:	31
ESTADO DEL ARTE	31
3.1 Artículos de revista internacionales.....	31
3.2. Estudios nacionales precedentes.....	33

3.3. Normativas de referencia	34
3.4. Resumen del estado del arte	36
CAPÍTULO 4:	39
CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES	39
4.1. Origen de los materiales granulares.....	39
4.1.1. Agregado Natural.....	39
4.1.2. Agregado grueso reciclado (RCA)	39
4.2. Ensayos de laboratorio.....	41
4.2.1. Contenido de humedad	41
4.2.2. Gravedad específica y absorción	41
4.2.3. Peso unitario y vacío de los agregados	42
4.2.4. Abrasión de los Ángeles	44
4.2.5. Granulometría	45
4.2.6. Inalterabilidad por sulfatos de Magnesio.....	49
CAPÍTULO 5:	51
DISEÑOS DE MEZCLA DEL CONCRETO Y SUS PROPIEDADES	51
5.1. Diseño de mezcla.....	51
5.1.1. Procedimiento	51
5.2. Propiedades en estado fresco	58
5.3. Propiedades en estado endurecido	58
CAPÍTULO 6:	65
COSTO DEL CONCRETO	65

6.1. Análisis de precios unitarios	67
6.2. Presupuesto	76
CAPÍTULO 7:	78
IMPACTOS AMBIENTALES POTENCIALES	78
7.1. Procedimiento de evaluación del impacto ambiental.	78
7.2. Análisis general del proyecto.....	79
7.2.1. Descripción del proyecto	79
7.3. Descripción de zonas designadas para la identificación de impactos.....	80
7.3.1. Zona de extracción y preparación de agregados naturales y trituración de agregado grueso reciclado (RCA)	81
7.3.2. Zona de disposición final de RCD.....	87
7.4. Identificación de procesos y subprocesos del proyecto	90
7.4.1. Producción de concreto convencional (NAC)	93
7.4.2. Producción de concreto con 100% de RCA	94
7.5. Identificación de factores ambientales.....	95
7.5.1. Factores ambientales para la extracción y preparación de material en cantera	96
7.5.2. Factores ambientales para la disposición final de RCD en un DME autorizado	97
7.5.3. Trituración y preparación de agregado grueso reciclado.....	98
7.6. Identificación de impactos ambientales potenciales.....	99
7.7. Evaluación de impactos ambientales potenciales	99
7.7.1. Criterios ambientales	99

7.7.2. Cálculo de la importancia del impacto ambiental.....	104
7.8. Identificación y evaluación de impactos ambientales (IA) potenciales.....	104
7.8.1. Identificación de IA potenciales	104
7.8.2. Evaluación de IA potenciales	105
CAPÍTULO 8:	113
RESULTADOS Y ANÁLISIS	113
CONCLUSIONES	122
RECOMENDACIONES.....	124
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	125
ANEXOS	129
ANEXO 1	129
ANEXO 2	131
ANEXO 3	136
ANEXO 4	139

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Metodología de investigación	9
Figura 2. Esquema general para la identificación de Impactos Ambientales.....	12
Figura 3. Subfactores de la corteza terrestre.....	16
Figura 4. Diagrama resumen de funciones del suelo.....	17
Figura 5. Diagrama resumen de funciones del agua.....	18
Figura 6. Facetas para la identificación y valoración del paisaje.	19
Figura 7. Efectos comunes de los proyectos en la fauna.	20
Figura 8. Clasificación de los RCD.	27
Figura 9. Ventajas del uso de los RCD.....	28
Figura 10. Gestión y manejo de los RCD.....	29
Figura 11. Proceso de obtención del RCA.	40
Figura 12. Panel fotográfico del proceso de obtención del RCA.	40
Figura 13. Gradación del agregado grueso natural.....	46
Figura 14. Gradación del agregado grueso reciclado.	47
Figura 15. Gradación de la arena gruesa natural.	48
Figura 16. Curva de días de curado Vs resistencia del NAC.	59
Figura 17. Curva de días de curado Vs. resistencia del concreto con 30% de RCA.	61
Figura 18. Curva de días de curado Vs resistencia del concreto con 50% de RCA.....	62
Figura 19. Curva de días de curado Vs resistencia del concreto con 100% de RCA.....	64
Figura 20. Ubicación de cantera, chancadora y botadero.	65
Figura 21. Distancia entre la ubicación de cantera, chancadora, botadero y proyecto.....	66
Figura 22. Pasos a seguir para la evaluación de impacto ambiental.....	78
Figura 23. Ubicación del proyecto (caso de estudio).....	79
Figura 24. Ubicación de cantera La Poderosa - La Enlozada.....	81
Figura 25. Proceso de extracción de material en cantera	86
Figura 26. Procesamiento de agregados (chancado primario y secundario), para la obtención de agregado fino y grueso.....	86
Figura 27. Ubicación de DME autorizado.....	87
Figura 28. Zona designada para el acarreo de RCD.	88
Figura 29. Transporte de RCD a zona de acarreo de material.....	89
Figura 30. Compactación de material conforme al diseño del proyecto.	89

Figura 31. Diagrama de procesos y subprocesos para la elaboración del NAC y con 100% de agregado grueso reciclado.	91
Figura 32. Subprocesos correspondientes a la elaboración de NAC.	92
Figura 33. Subprocesos correspondientes a la elaboración de concreto al 100% de RCA. ...	92
Figura 34. Lista de verificación para la identificación de factores ambientales en el subproceso de extracción y preparación de material en cantera.	96
Figura 35. Lista de verificación para la identificación de factores ambientales en el subproceso para la disposición final de RCD.	97
Figura 36. Se muestra el listado de afectaciones producidas por la explotación de material en el ambiente.	98
Figura 37. Resistencia del concreto con 0%, 30%, 50% y 100% de RCA.	115
Figura 38. Cuadro comparativo de la resistencia del concreto con 0%, 30%, 50% y 100% de RCA.	116
Figura 39. Tipo de proyecto de infraestructura	131
Figura 40. El expediente técnico cuenta con un botadero para los RCD	132
Figura 41. Existe subcontrato para la eliminación de los RCD.	132
Figura 42. Conocen la disposición final de los RCD	133
Figura 43. Tienen conocimiento del Decreto Supremo N°002-2022-Vivienda	134
Figura 44. Los RCD en la actualidad	134
Figura 45. Paradero final de los RCD	135
Figura 46. Peso unitario del agregado	139
Figura 47. Elaboración de briquetas	139
Figura 48. Testigos de concreto.	139
Figura 49. Desmolde de testigos	140
Figura 50. Rotura de testigos	140

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de Variables de investigación.....	6
Tabla 2. Componentes ambientales en relación al medio dónde se generan.....	14
Tabla 3. Métodos de identificación de impactos	22
Tabla 4. Barreras de los RCD para una economía circular	25
Tabla 5. Contenido de humedad de los agregados	41
Tabla 6. Peso específico del agregado grueso natural.....	41
Tabla 7. Peso específico del agregado grueso reciclado	42
Tabla 8. Peso específico de la arena.....	42
Tabla 9. Peso unitario del agregado grueso natural.....	43
Tabla 10. Peso unitario del agregado grueso reciclado	43
Tabla 11. Peso unitario de la arena natural.....	43
Tabla 12. Desgaste por abrasión del agregado grueso natural	44
Tabla 13. Desgaste por abrasión del agregado grueso reciclado.....	44
Tabla 14. Inalterabilidad del agregado grueso natural	49
Tabla 15. Inalterabilidad del agregado grueso reciclado.....	49
Tabla 16. Inalterabilidad de la arena natural	50
Tabla 17. Asentamiento permitido en el concreto.....	51
Tabla 18. Elección del TMN.....	52
Tabla 19. Estimación del contenido de aire.....	52
Tabla 20. Estimación de la cantidad de agua de mezclado.....	53
Tabla 21. Relación a/c.....	53
Tabla 22. Volumen del agregado grueso en relación al TMN.....	54
Tabla 23. Corrección por humedad y absorción del NAC	56
Tabla 24. Corrección por humedad y absorción del concreto con 30% de RCA.....	57
Tabla 25. Corrección por humedad y absorción del concreto con 50% de RCA.....	57
Tabla 26. Corrección por humedad y absorción del concreto con 100% de RCA.....	57
Tabla 27. Propiedades del concreto en estado fresco.....	58
Tabla 28. Resistencia del NAC a los 07 días.....	58
Tabla 29. Resistencia del NAC a los 14 días.....	59
Tabla 30. Resistencia del NAC a los 28 días.....	59
Tabla 31. Resistencia del concreto con 30% de RCA a los 07 días.....	60

Tabla 32. Resistencia del concreto con 30% de RCA a los 14 días.....	60
Tabla 33. Resistencia del concreto con 30% de RCA a los 28 días.....	60
Tabla 34. Resistencia del concreto con 50% de RCA a los 07 días.....	61
Tabla 35. Resistencia del concreto con 50% de RCA a los 14 días.....	61
Tabla 36. Resistencia del concreto con 50% de RCA a los 28 días.....	62
Tabla 37. Resistencia del concreto con 100% de RCA a los 07 días.....	63
Tabla 38. Resistencia del concreto con 100% de RCA a los 14 días.....	63
Tabla 39. Resistencia del concreto con 100% de RCA a los 28 días.....	63
Tabla 40. APU Demolición de veredas existente	67
Tabla 41. APU Acarreo de material excedente	68
Tabla 42. APU Eliminación del material excedente.....	68
Tabla 43. APU Veredas de NAC	69
Tabla 44. APU demolición de veredas.....	71
Tabla 45. APU Selección y clasificación de RCD.....	71
Tabla 46. APU Acarreo y carguío de material excedente de demolición	72
Tabla 47. APU Eliminación de material excedente DM= 9.5 KM.....	72
Tabla 48. APU Eliminación de material excedente DM=23 KM.....	73
Tabla 49. APU Transporte del RCD a la chancadora.....	73
Tabla 50. APU del Chancado del RCD.....	74
Tabla 51. APU Transporte de RCA a obra DM=16.6KM.....	74
Tabla 52. APU Veredas de concreto con 100% RCA.....	75
Tabla 53. Presupuesto de construcción de veredas con NAC.....	76
Tabla 54. Presupuesto de construcción de veredas con 100% de RCA	77
Tabla 55. Resumen para la toma de decisiones.	80
Tabla 56. Descripción de las características del entorno para aspectos físicos.....	83
Tabla 57. Descripción de las características del entorno para aspectos biológicos.....	84
Tabla 58. Descripción de las características del entorno para aspectos socioeconómicos. .	85
Tabla 59. Llista de actividades previstas dentro de cada subproceso correspondiente a la elaboración de NAC.	93
Tabla 60. Lista de actividades previstas dentro de cada subproceso correspondiente a la elaboración de concreto al 100% de RCA.	94
Tabla 61. Cuadro de lista de factores ambientales.....	95

Tabla 62. Rango de valoración de criterio de Intensidad	100
Tabla 63. Rango de valoración de criterio de Extensión.....	100
Tabla 64. Rango de valoración de criterio de Momento	100
Tabla 65. Rango de valoración de criterio de Persistencia.....	101
Tabla 66. Rango de valoración de criterio de Reversibilidad	101
Tabla 67. Rango de valoración.de criterio de Recuperabilidad.....	102
Tabla 68. Rango de valoración de criterio de Sinergia.....	102
Tabla 69. Rango de valoración de criterio de Acumulación	102
Tabla 70. Rango de valoración de criterio de Tipo	103
Tabla 71. Rango de valoración de criterio de Periodicidad.....	103
Tabla 72. Denominación de la importancia del impacto	104
Tabla 73. Resumen de producción de material en cantera para los dos tipos de concreto propuestos.....	105
Tabla 74. Resumen de RCD reusado y RCD eliminado para los dos tipos de concreto.	105
Tabla 75. Matriz de identificación de impactos ambientales	106
Tabla 76. Matriz de valoración de impactos para el Subproceso de Extracción y preparación de agregado grueso y fino natural - Elaboración de NAC.....	107
Tabla 77. Matriz de valoración de impactos para el Sub proceso de Eliminación de RCD al 100% - Elaboración de NAC.....	108
Tabla 78. Matriz de valoración de impactos para el Sub proceso de Extracción y preparación de agregado fino natural - Elaboración de concreto con 100% de RCA.....	109
Tabla 79. Matriz de valoración de impactos para el Subproceso de preparación de RCA - Elaboración de concreto con 100% de RCA	110
Tabla 80. Matriz de valoración de impactos paracel Subproceso de Eliminación de RCD al 50% - Elaboración de concreto con 100% de RCA.....	111
Tabla 81. Matriz resumen de valoración de impactos para los procesos de elaboración de NAC y elaboración del concreto con 100% de RCA	112
Tabla 82. Resumen de las propiedades de los agregados	113
Tabla 83. Resumen de las Características de los diseños de mezclas	114
Tabla 84. Resumen de Diseños de mezclas de concretos.....	114
Tabla 85. Resumen para la valoración de impactos de la elaboración de NAC y RCAC por cada medio.....	117

Tabla 86. Cuadro resumen de valoración de impactos para el componente paisaje	118
Tabla 87. Cuadro resumen de valoración de impactos para el componente suelo	119
Tabla 88. Tipo de proyecto de infraestructura.....	131
Tabla 89. El expediente técnico cuenta con un botadero para los RCD.....	131
Tabla 90. Existe subcontrato para la eliminación de los RCD	132
Tabla 91. Conocen la disposición final de los RCD.....	133
Tabla 92. Tienen conocimiento del Decreto Supremo N°002-2022-Vivienda	133
Tabla 93. Los RCD en la actualidad.....	134
Tabla 94. Paradero final de los RCD.....	135

CAPÍTULO 1:

INTRODUCCIÓN

1.1. Motivación

Hoy en día en el sector construcción, el producto más utilizado es el concreto y para su elaboración se necesitan de agregados naturales; como resultado, en los últimos años su consumo se ha incrementado de manera desproporcional; ocasionando un gran impacto negativo en el medio ambiente y provocando escases de recursos naturales.

Por otro lado, el Estado y sector privado no prestan la atención debida a este tema, es así que al término del ciclo de vida del concreto se obtienen los residuos de construcción y demolición (RCD) y por la falta de manejo adecuado son trasladados a lugares deshabitados lo que genera la contaminación en el medio ambiente.

En la ciudad de Arequipa los RCD son un problema, pero si se hace un adecuado manejo de estos, son una alternativa de solución para controlar la explotación desmedida de canteras y además pueden ser transformados en un nuevo producto a través de su valoración.

En conclusión, es importante realizar investigaciones dónde se proponga el uso de materiales reciclados en la industria de la construcción a fin de mitigar el impacto ambiental.

1.2. Problemática

La industria de la construcción en el mundo está en constante aumento. Según el informe de Robinson et al. (2021) para la Transnacional Marsh, el crecimiento económico de esta industria alcanzó el 6.6% en el año 2022 y el PBI global de la construcción, el 4.5% aproximadamente entre los años 2020 y 2025.

El Perú presentó un crecimiento del Producto Bruto Interno (PBI) de 1.7% en el primer semestre del 2022 y en los últimos cuatro trimestres 3.8% (INEI, 2021) debido a la mayor ejecución de obras en el sector privado y público. Asimismo, hubo un incremento promedio anual de su población de 1.25% (INEI, 2021). Según Glinka et al. (2006) esta variable es importante porque genera una mayor demanda de recursos naturales para poder satisfacer las necesidades de infraestructura. Este desarrollo trae consigo la generación de residuos de

construcción y demolición (RCD) por causa de la estrecha diferencia que existe entre el progreso económico y la cantidad de residuos que se genera anualmente. Dentro de este grupo se encuentran los residuos de hormigón que representan el 60% del total de RCD que se producen en proyectos de remodelación y construcción (Park et al., 2019).

La extracción desmedida de agregados en yacimientos naturales y la inadecuada disposición de los RCD son los principales problemas que generan un alto impacto ambiental (Makul, 2020). Esto significa la destrucción del área de explotación, porque las canteras no cuentan con un sistema de control ante estos eventos (Miranda et al., 2014). En tal sentido, la dimensión del problema es tan grave que en algunos países se han realizado estudios ambientales y han llegado a la conclusión que los recursos que se deberían consumir en un año se están agotando en menos tiempo, y si se continúa consumiendo los agregados naturales al nivel actual (con una tasa de 30 millones de toneladas por año) sin promover el uso adecuado de agregados reciclados, estos se agotarían en los próximos 20 años (Ministry of Environment. Sejong-Si, 2012).

El inapropiado manejo de los RCD originan problemas de sostenibilidad debido a que generalmente los residuos se eliminan en áreas deshabitadas, lugares públicos, a orillas de los ríos, etc.; afectando así a la población con recursos limitados (Thongkamsuk et al., 2017) y generando un impacto negativo en el medio ambiente. En la presente investigación se realizó un cuestionario a 24 proyectos de construcción para conocer más a fondo la situación de los RCD en sus proyectos; como resultado se obtuvo que el 41.18% de los RCD tienen como paradero final áreas o espacios libres cerca al lugar del proyecto, el 29.41% son utilizados como relleno de terreno en viviendas, el 23.53% como relleno en caminos vecinales y solo el 5.88% son depositados en botaderos municipales (Ver anexo 2). Estos resultados reflejan la realidad del problema debido al inadecuado tratamiento de los RCD, que contribuyen a la contaminación del medio ambiente. Además, el 54.17% de los proyectos encuestados no cuentan con un botadero designado en su expediente técnico, lo cual refleja la realidad que la mayoría de los RCD en los proyectos terminan en áreas deshabitadas.

Las principales consecuencias del impacto ambiental de los RCD son la contaminación del aire, suelo, agua, fauna, flora y el deterioro paisajístico del planeta. A nivel nacional se cuenta con un total de 65 rellenos sanitarios formales y ninguno de ellos se dedica exclusivamente a la recolección de los RCD (MINAM, 2021). Por lo tanto, el Ministerio de

Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS) debe promover la construcción de escombreras debidamente autorizadas para realizar operaciones para la valorización de los RCD (reutilización) dentro del marco normativo como es el Reglamento de la Gestión y Manejo de los Residuos Sólidos de la Construcción y Demolición aprobado por el Decreto Supremo N°002-2022-Vivienda y la ley N°28611 (Ley General del Ambiente), estas medidas aprobadas por el Gobierno Central tienen como objetivo la reducción del impacto ambiental ocasionado por estos residuos.

Xuan et al. (2017) menciona que países como Alemania, Dinamarca, Suecia, Estados Unidos, Tailandia y otros; proponen el uso del concreto elaborado con agregado grueso reciclado (RCAC) para frenar la contaminación que producen los RCD. El uso del RCAC está reemplazando gradualmente al concreto con agregado natural (NAC), permitiendo la conservación de las canteras, gracias a esta buena práctica se está fomentando el reciclaje en el lugar del proyecto y promoviendo el desarrollo sostenible (Bui et al., 2018; Wu et al., 2018).

Pregunta de Investigación:

¿Qué ventajas trae el uso del concreto con agregado grueso reciclado en la construcción de veredas en la ciudad de Arequipa?

1.3. Justificación

El concreto es el insumo más manejado en la industria de la construcción y se consume alrededor de 17.500 millones de toneladas al año en todo el mundo. Para la elaboración de este producto se realiza una explotación desmedida de recursos naturales, aproximadamente 13.000 millones de toneladas de áridos (T. U. Mohammed et al., 2014); en efecto, en este sector se llega a consumir alrededor del 40% de la extracción anual mundial de piedra, arena y grava (Sharma y Kumar, 2022). El empleo de escombros de concreto triturado como agregado reciclado es considerado una de las formas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente dado que reduce el uso de agregados naturales (Pin et al., 2018).

En la actualidad, según la experiencia de países europeos en relación al manejo adecuado de los RCD, indican que son económicamente viables sólo si estos se integran con incentivos económicos; es decir, para tener éxito en el Perú, primero se debe tener en cuenta el mercado disponible e incentivos para la utilización de los RCD. Es así, en el artículo N°48

del Decreto Supremo N°002-2022, se menciona que el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS) promueve el uso de los RCD tanto en el desarrollo y cierre de las actividades de los proyectos.

Es responsabilidad de los agentes de la industria de la construcción y el estado a tomar conciencia ambiental para mitigar los impactos ambientales que dañan el planeta, es por esto que el empleo de los RCD en la producción de un nuevo concreto es una alternativa potencial, que va a generar grandes beneficios ambientales y tecnológicos. En tal sentido, la utilización del RCAC surge como una alternativa de solución por el aprovechamiento del RCD dentro de su composición y genera menor impacto ambiental contribuyendo así al desarrollo sostenible, por la reducción del uso de recursos naturales (explotación de canteras), la generación de residuos y la demanda de construcción de escombreras. Es así, que en estos tiempos las investigaciones relacionadas al uso de materiales eco amigables son de interés común y permiten mantener a la población informada sobre estos temas.

Finalmente, la presente investigación busca obtener resultados favorables que aporten conocimientos sólidos a través de la investigación y experimentación empleando el RCA en la elaboración de un nuevo concreto para la construcción de veredas en un caso de estudio; contribuyendo de esta manera a la mitigación, restauración y compensación de los impactos ambientales.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Comparar el uso del concreto con agregado grueso reciclado y natural en la construcción de veredas en la ciudad de Arequipa.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas del agregado grueso reciclado (RCA) y agregado natural (NA).
- Elaborar diseños de mezclas para los concretos con 30%, 50% y 100% de agregado grueso reciclado y concreto convencional (NAC).
- Determinar el costo directo para la construcción de veredas con agregado grueso reciclado y natural.

- Identificar y evaluar los impactos ambientales de los componentes suelo y paisaje dentro del proceso de elaboración del concreto convencional y concreto con 100% de agregado grueso reciclado (RCA).

1.5. Hipótesis

Hi: El uso del concreto con agregado grueso reciclado (RCA) en la construcción de veredas tiene mayores ventajas que el concreto con agregado natural.

Ho: El uso del concreto con agregado grueso reciclado (RCA) en la construcción de veredas tiene menores ventajas que el concreto con agregado natural.

1.6. Variables de la Investigación

1.6.1. Variables Independientes

- Concreto convencional (NAC)
- Concreto con agregado grueso reciclado (RCAC)

1.6.2. Variables Dependientes

- Impacto ambiental

1.6.3. Operacionalización de Variables

En la tabla 1 se presentan las variables utilizadas en la presente investigación; la identificación de estas son importante porque permiten obtener información para el desarrollo de la investigación (Arias et al., 2022).

Tabla 1. *Operacionalización de Variables de investigación*

Variable	Tipo	Indicador	Herramienta	Descripción conceptual
Concreto Convencional (NAC)	Independiente	Propiedades físicas y mecánicas	Ensayos de laboratorio	Mezcla de cemento Portland u otro material cementoso, agregado fino, agregado grueso y agua con o sin aditivo (ACI Committee 318, 2019).
Concreto con agregado grueso reciclado (RCAC)	Independiente	Propiedades físicas y mecánicas	Ensayos de laboratorio	Concreto en el cual el agregado natural es reemplazado por otro obtenido a través de un concreto demolido y triturado (Katiyar y Singh, 2019).
Impacto ambiental	Dependiente	Valoración de criterios ambientales	<ul style="list-style-type: none"> - Declaración de impacto ambiental (DIA) - Metodología CONESA 	Cambio negativo o positivo de uno o más de los componentes del ambiente ocasionado por la acción de un proyecto. Además, toda referencia al impacto ambiental en el marco del SEIA incorpora los impactos sociales (MINAM, 2018).

Fuente: Elaboración propia

1.7. Metodología de la Investigación

La investigación es de enfoque cuantitativo y carácter descriptivo porque existe la necesidad de medir y estimar magnitudes, para ello se realizará la recopilación de datos, los cuales serán estudiados, analizados y posteriormente interpretados (Hernández Sampieri, 2014). Asimismo, se considera como objeto de estudio el agregado grueso reciclado (RCA) porque con este se elaborará un nuevo concreto para poder comparar las ventajas de este a

comparación del concreto con agregado natural en la construcción de veredas. Además, la investigación tiene un diseño experimental, porque se analizarán las propiedades de los componentes de los distintos tipos de concreto y respectivamente la resistencia ($f'c$) a los 28 días de curado.

Para poder cumplir con los objetivos del trabajo de investigación se realizó el siguiente procedimiento:

- En primer lugar, se efectuó la búsqueda de información bibliográfica de investigaciones recientes, reglamentos, normas, guías, estudios de impacto ambiental, entre otros; los cuales están relacionado al objeto de estudio. También, se revisaron metodologías de diseño de mezcla del concreto y para la evaluación del impacto ambiental (EIA).
- Luego, se elaboró un cuestionario haciendo uso de la herramienta digital Google Forms para poder conocer la situación real de los RCD en 24 proyectos de construcción en la ciudad de Arequipa.
- Después de haber identificado las metodologías a utilizar, se buscó y seleccionó un expediente técnico de la ciudad de Arequipa para ser utilizado como caso de estudio. Este proyecto contiene las partidas de demolición y construcción de veredas; para esta investigación se propone utilizar el concreto de demolición como material granular de construcción de veredas con $f'c$: 210 kg/cm².
- Posteriormente, se ejecutaron los siguientes ensayos: contenido de humedad, gravedad específica y absorción, peso unitario y vacío de los agregados, abrasión de los Ángeles, granulometría e inalterabilidad por sulfatos de magnesio para caracterizar los agregados (natural y reciclado), a fin de que estos puedan cumplir con los valores mínimos de calidad establecidos en las normativas ASTM (American Society for Testing and Materials).
- Obtenido los resultados de la caracterización de los materiales (ensayos de laboratorio), se realizaron diseños de mezclas de los concretos (reciclado y convencional), variando los porcentajes del volumen del agregado grueso natural (NCA) para luego ser reemplazado por el RCA en proporciones 30%, 50% y 100%. Con estos diseños se elaboraron briquetas para poder evaluar la resistencia de cada uno de ellos.

- Por otro lado, se elaboró un presupuesto para la construcción de veredas considerando RCAC y NAC.
- Asimismo, para la valoración de los impactos ambientales (IA) se realizó la recopilación de información de las declaraciones de impacto ambiental (DIA). Para ello se tomó en cuenta los datos anteriores y la información necesaria de las zonas dónde se evaluó el impacto ambiental de los componentes suelo y paisaje. Luego, se realizó la selección de procesos y subprocesos en la elaboración de los concretos; asimismo, se realizó la identificación de los factores ambientales susceptibles al impacto.
- Posteriormente, se realizó la identificación y valoración de los IA haciendo uso de la metodología propuesta por Conesa Fernández.
- Finalmente, se realizó la recopilación, el procesamiento y análisis de los resultados obtenidos y su posterior interpretación.

En el siguiente Diagrama de flujo se observa la metodología utilizada en la presente investigación.

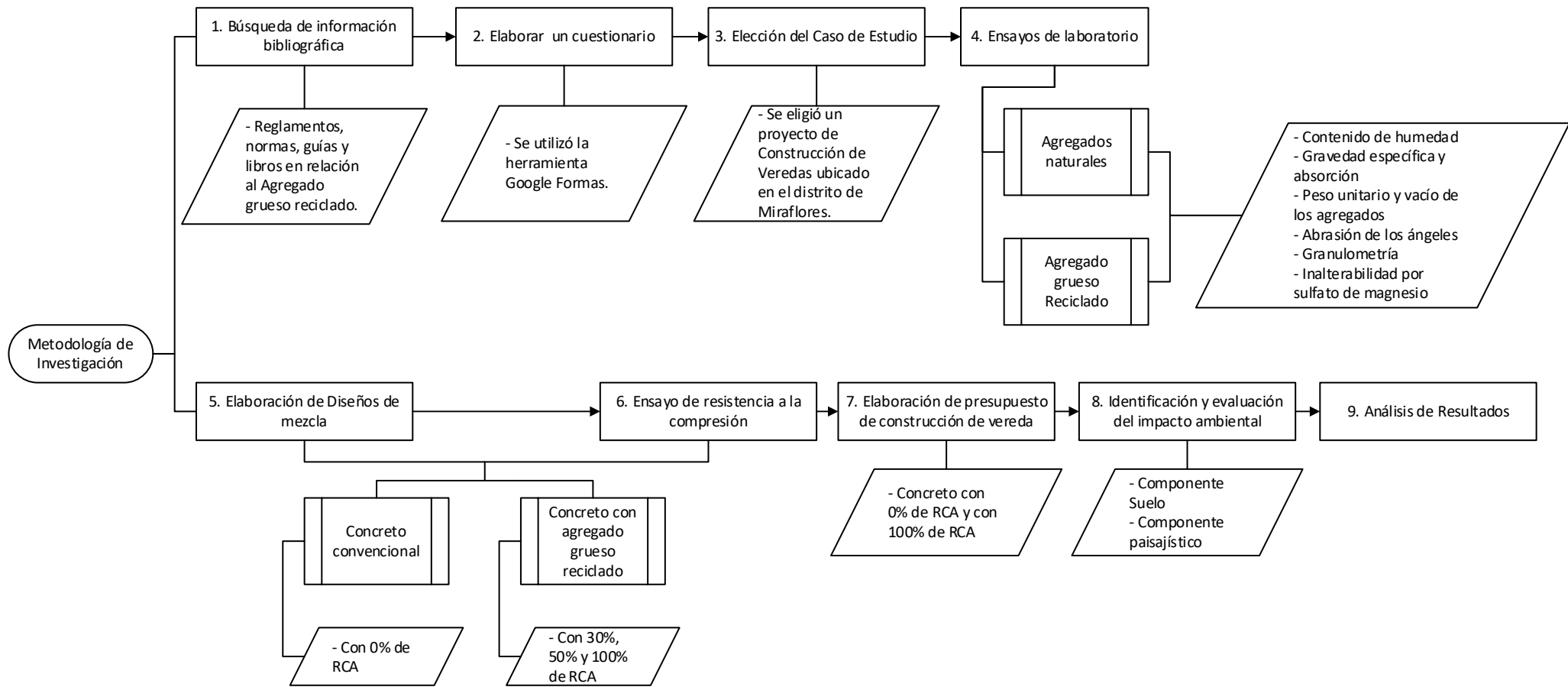


Figura 1. Metodología de investigación

Fuente: Elaboración propia

1.8. Estructura del trabajo de Investigación

La investigación consta de 8 capítulos; en el primero se encuentra la introducción, en el cual se presentan los objetivos, hipótesis y metodología; el segundo corresponde al marco teórico, donde se muestran los conceptos más importantes que fueron utilizados en el desarrollo de la investigación; el tercer capítulo habla de los antecedentes, en este se realiza una breve descripción de las investigaciones más recientes que hicieron aporte al presente trabajo; en los capítulos 4, 5, 6 y 7 se encuentra el desarrollo de los objetivos específicos de la tesis; finalmente en el capítulo 8, se presentan los resultados y análisis de estos. Todos los capítulos mencionados son fundamentales, pues están relacionados entre sí; por consiguiente, permitieron llegar a las conclusión y recomendaciones.

CAPÍTULO 2:

MARCO TEÓRICO

2.1. Evaluación del impacto ambiental (EIA)

En 1972, se realiza la declaración de Estocolmo por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), en esta se establecen 29 principios sobre el medio ambiente y desarrollo, considerando al medio ambiente como factor fundamental para el desarrollo, ya que se preveía un empeoramiento de los problemas ambientales en todo el planeta. Es aquí donde la EIA se origina como una herramienta de protección ambiental.

La EIA viene a ser un proceso participativo y técnico-administrativo, que busca prevenir, corregir, minimizar, mitigar e informar acerca de los impactos ambientales (IA) potenciales negativos que son consecuencias de programas, planes, políticas, planes y proyectos de inversión; asimismo, busca intensificar sus impactos positivos (MINAM, 2018).

Para la valoración de un IA es necesario tener criterios establecidos para determinar el carácter del impacto. Por lo tanto, la EIA es una herramienta que ayudará a determinar acciones o medidas a implementar para el Plan de Manejo Ambiental (PMA). Para poder garantizar el cumplimiento de la calidad ambiental es necesario realizar este proceso, los límites máximos permisibles, requerimientos aprobados de acuerdo a la legislación ambiental vigente y otros parámetros.

2.1.1. Objetivos de la Evaluación del Impacto ambiental

El principal objetivo de la EIA es poder lograr que las consecuencias del desarrollo del proyecto, se den antes de que este se materialice y las actividades que se proponen puedan ser ventajosas ambientalmente, según se detalla:

- Es considerada como una herramienta de planificación, permitiendo que se pueda incorporar la variable ambiental en los procesos de planeamiento, ejecución y marcha del proyecto.
- Fundamental como medio de apoyo para la toma de decisiones.
- Cuando se realiza la planificación y gestión ambiental dentro de los proyectos, el EIA viene a ser la principal fuente de información a tomar en cuenta.

- Facilita la gestión de los proyectos a fin que puedan avanzar sus trámites ante distintas entidades.

La EIA viene a ser una comparación entre el ambiente y el proyecto, obteniéndose como resultado los IA, a fin de que estos puedan ser evaluados e identificando su significancia para posteriormente plantear una medida de manejo que reduzca o elimine los resultados ocasionados por el cambio generado por el proyecto estudiado.

2.2. Metodología para la identificación y caracterización del impacto ambiental

2.2.1. Identificación de Impactos Ambientales

El IA de un proyecto vendría a ser la diferencia entre el estado futuro del ambiente modificado con la ejecución de un proyecto y la realidad del ambiente futuro evolucionado normalmente; es decir, la alteración neta negativa o positiva de la calidad de vida o calidad ambiental como resultado de la actividad (CONESA, 2010).

La identificación del IA analiza la interacción que existe entre dos agentes; los factores ambientales y los aspectos ambientales de un proyecto. La secuencia para la identificación del IA se muestra en la figura 2.

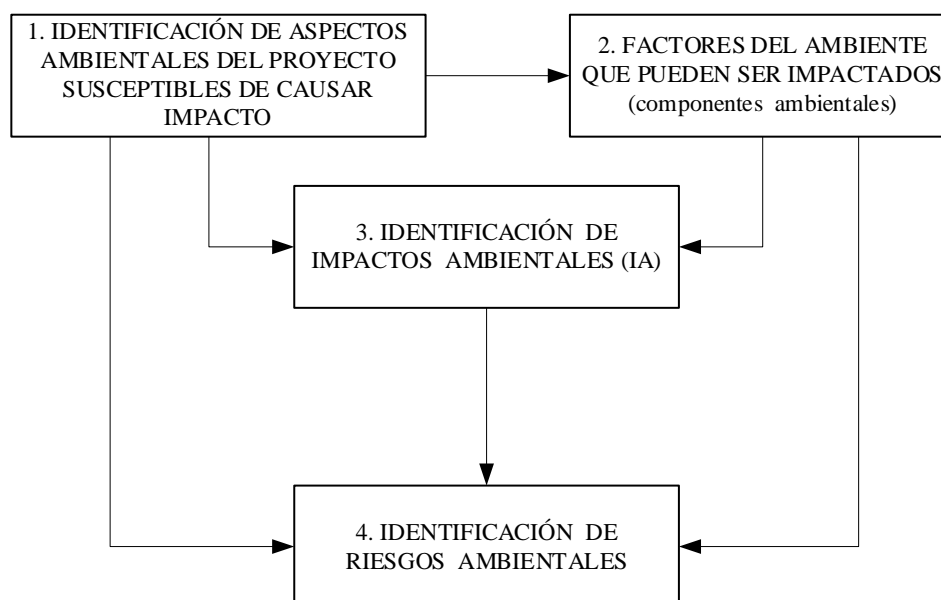


Figura 2. Esquema general para la identificación de Impactos Ambientales
Adaptado de: Guía para la identificación y caracterización de impactos ambientales en el marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental, por MINAM, 2018

2.2.1.1. Descripción del proyecto

En esta etapa se realiza la descripción detallada del proyecto, considerando la información necesaria para poder identificar cualquier acción que determine el impacto. La información del proyecto debe ser estudiado desde un panorama de afectación al IA; es decir se debe describir los componentes del proyecto y sus actividades, el uso de recursos naturales y servicios ecosistémicos y los efluentes, las emisiones y los residuos del proyecto. Por lo que, se recomienda que en la descripción del proyecto se debe considerar el nivel de detalle necesario para identificar y caracterizar los impactos de componentes, diseño, actividades, tiempo de vida, procesos, servicios, requerimientos y entre otros (MINAM, 2018).

Se debe incluir los siguientes aspectos:

- Etapas del proyecto
- Componentes del proyecto
- Actividades del proyecto
- Aspectos ambientales

2.2.1.2. Componentes ambientales del proyecto

Son los receptores del impacto y se describen de acuerdo al medio en el que se manifiesta ya sea físico, biológico y social. Un componente ambiental posee uno o más factores ambientales o elementos, los mismos que tendrán repercusión en el medio social como económico y socio-económico. En la tabla 2 se observa los componentes ambientales respecto al medio en el que se generan, listando los factores que se encuentran incluidos dentro de estos.

Tabla 2. Componentes ambientales en relación al medio dónde se generan

Medio	Componente ambiental	Factores ambientales
Físico	Fisiografía	Geomorfología
		Geología
	Aire	Geoquímica
		Sismo tectónico
		Topografía
		Climas y meteorologías
Aguas superficiales	Calidad del aire	
	Ruidos	
Aguas subterráneas	Vibración	
	Radiación no ionizante	
Biológico	Ecosistemas	Caudales
		Calidad
	Vegetaciones	Calidad
		Hidrogeologías
		Calidad de los suelos
Fauna terrestre	Manejos actuales y Capacidades de empleo mayor de tierras	
	Ecosistemas terrestres	
	Ecosistemas marinos	
	Floras y vegetaciones	
Hidrobiología	Diversidades	
	Distintas aves	
Social	Social	Mamíferos
		Anfibios y reptiles
	Social	Insectos y otros artrópodos
		Diversidad
		Continental
		Viviendas y servicios
Economía		
Demografías		
Social	Social	Culturas
		Organizaciones, grupos de interés e institucionalidad
		Educación
Social	Social	Salud
		Territorio y recursos naturales

Adaptado de: Metodología general para la identificación y caracterización de impactos ambientales, por

Gomez, 1999

a). Componente atmosférico

- Elemento aire; evalúa la calidad del aire, se manifiesta por la falta o presencia de contaminantes, se valora por el nivel de concentración en el aire de los contaminantes existentes, incluyendo la energía que se disipa. Asimismo, se considera como contaminación del aire al ruido y la energía térmica, ambos pueden ser cartografiados expresándolos como niveles de temperatura y ruido según las zonas afectadas (Gomez, 1999; MINAM, 2018).

b). Componente abiótico

-Elemento Suelo; es un fundamental componente porque determina las características de otros componentes. Es importante distinguir entre el suelo como parte sólida de la corteza y el suelo como sostén del sistema que desarrolla la vida y a su vez ejerce funciones productivas, receptora de efluentes y conserva la biodiversidad (Gomez, 1999; MINAM, 2018). Para evaluar el suelo como parte de la corteza terrestre se debe considerar tres sub factores: Los materiales, formas y procesos, los cuales pueden verse afectados de la siguiente manera; véase figura 3.

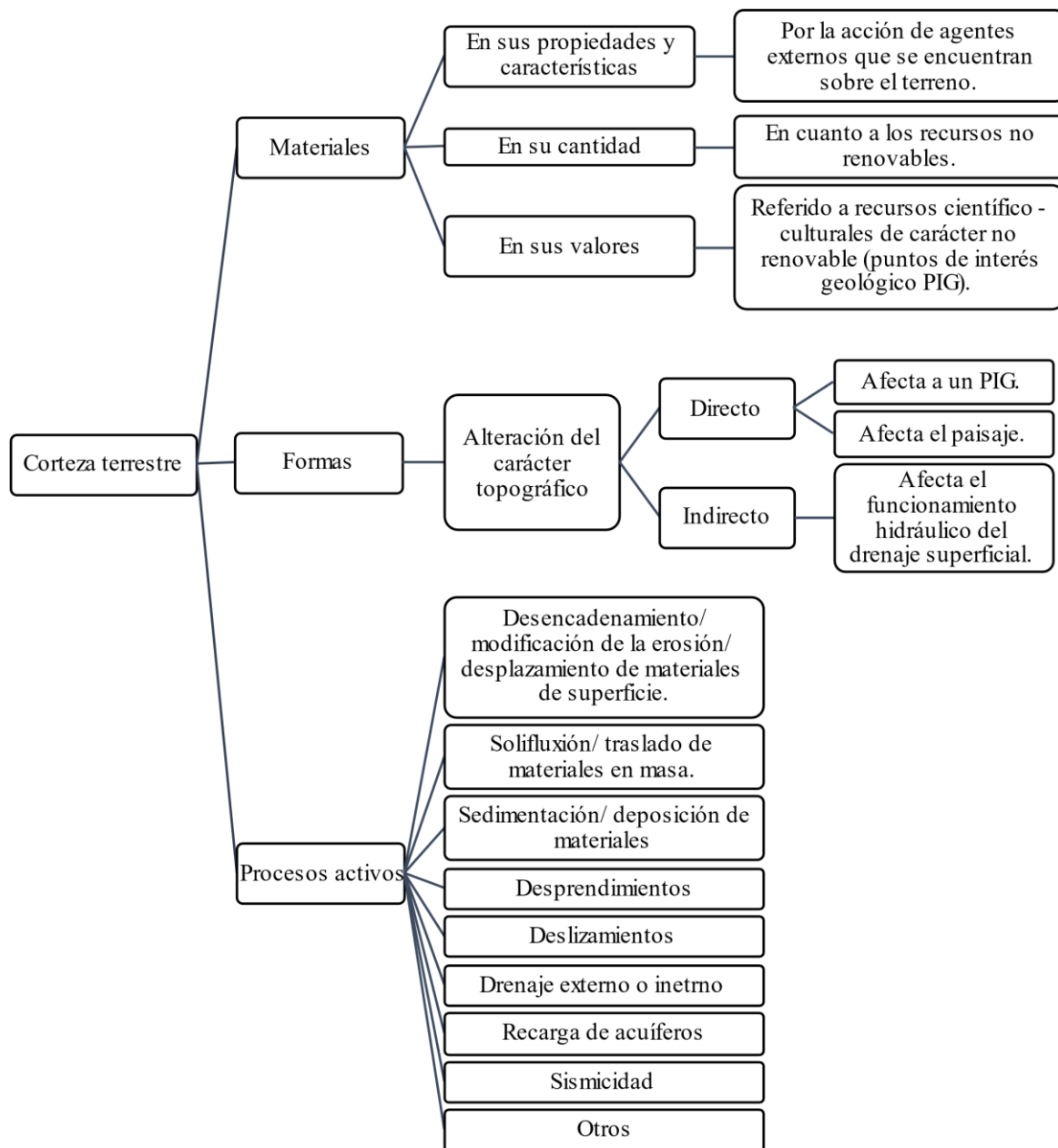


Figura 3. Subfactores de la corteza terrestre
 Adaptado de: Metodología general para la identificación y caracterización de impactos ambientales, por Gomez, 1999

Para evaluar el suelo como soporte del sistema, se debe respetar su triple función: como recurso, soporte de vida y como receptor de efluentes; véase figura 4.

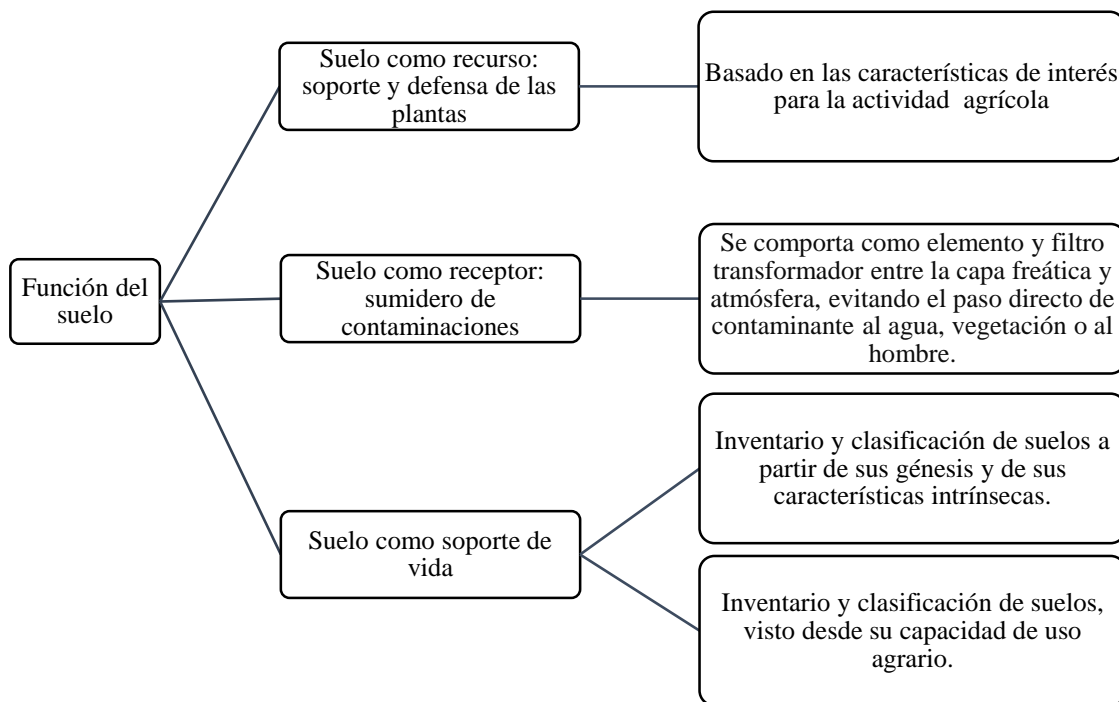


Figura 4. Diagrama resumen de funciones del suelo

Adaptado de: Metodología general para la identificación y caracterización de impactos ambientales, por Gomez, 1999

- Elemento aguas superficiales; es un componente básico por la fuerte relación que tiene con todos los demás. El agua cumple 3 funciones para las actividades humanas, las cuales son: el agua como recurso, receptor de efluentes y soporte de vida (Gomez, 1999; MINAM, 2018), véase figura 5.

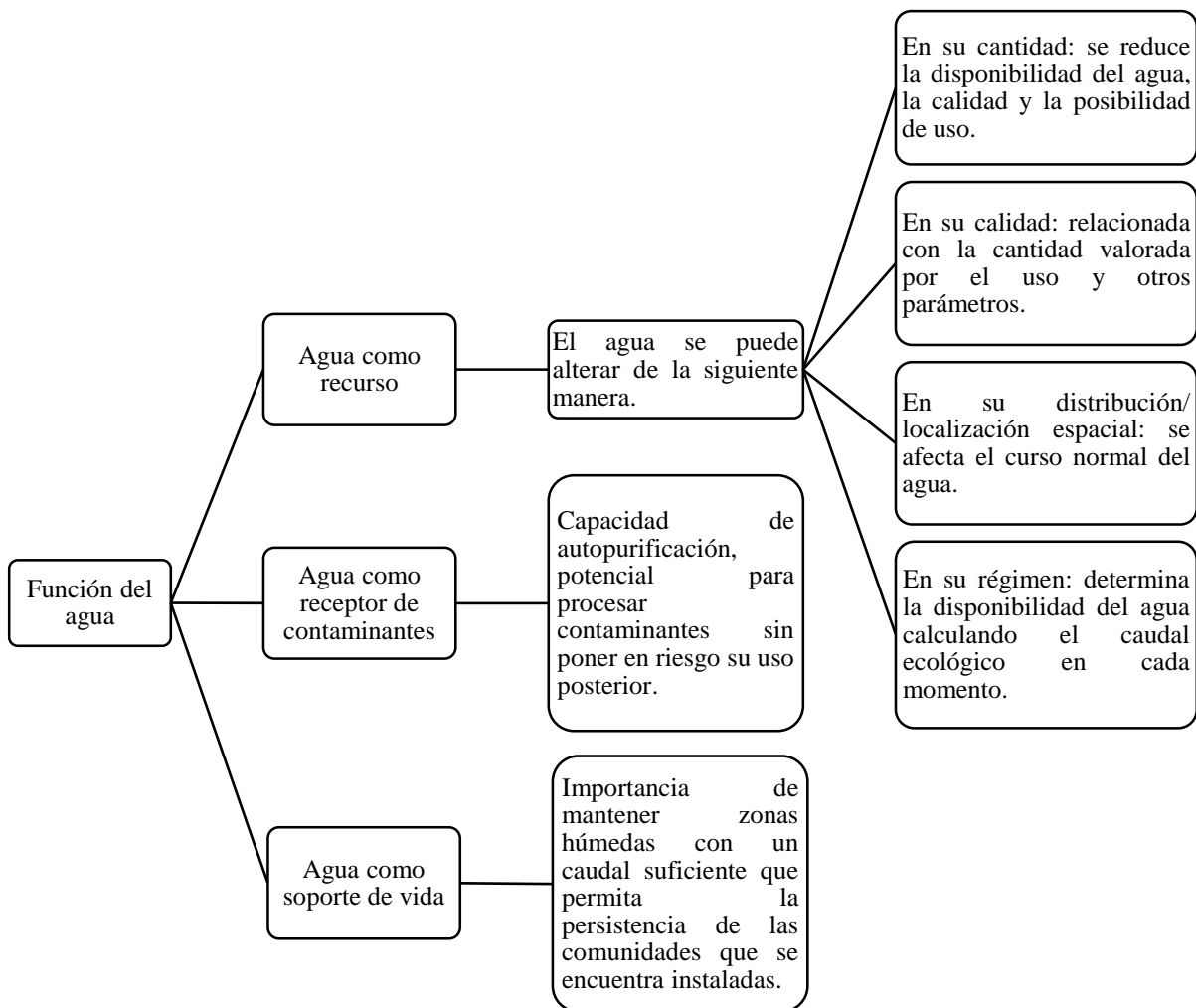


Figura 5. Diagrama resumen de funciones del agua

Adaptado de: Metodología general para la identificación y caracterización de impactos ambientales, por Gomez, 1999

- Elemento paisaje; viene a ser la correlación entre el hombre y el entorno, el paisaje es un recurso natural aprovechable para realizar específicas actividades (turismo, residencia y similares) y como factor de localización y comportamiento. El paisaje es observado y es en función de la vista que se son identificados y valorados los impactos de una acción humana sobre el paisaje (Gomez, 1999). Estos se producen de acuerdo a las facetas mostradas en la figura 6.

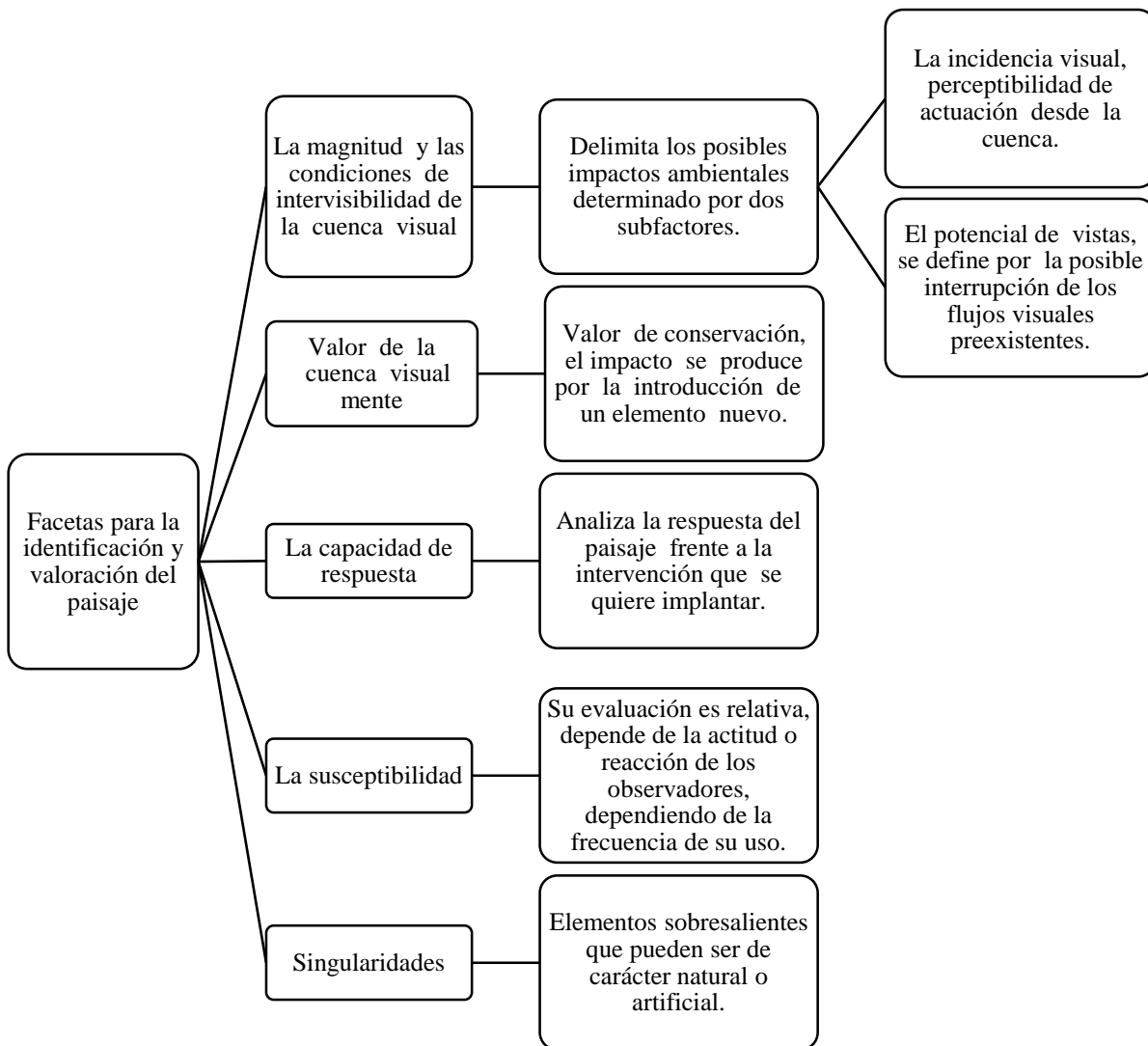


Figura 6. Facetas para la identificación y valoración del paisaje
 Adaptado de: Metodología general para la identificación y caracterización de impactos ambientales, por Gomez, 1999

c). Factor biótico

- Elemento flora; es el indicador más significativo de las condiciones ambientales del ecosistema y del territorio, puesto que viene a ser el resultado de la interacción entre los componentes del medio, el productor primario del cuál dependen y demás organismos. Por otro lado, la vegetación viene a ser un elemento fácilmente de inventariar mediante el reconocimiento y la cartografía por técnicas de teledetección; usualmente es afectada de forma negativa por las actividades humanas; sin embargo, la utilización de la vegetación para reducir

o eliminar otros impactos sobre el medio tiene la capacidad de producir efectos positivos (Gomez, 1999).

- Elemento fauna; es difícilmente inventariado debido a lo complejo que resulta valorar, cartografiar y predecir su evolución. Por otro lado; estudiarlos muchas veces se resulta más sencillo debido a que las comunidades faunísticas están ligadas por una fuerte relación dependiente a definidos estereotipos (Gomez, 1999).

Los efectos más comunes de los proyectos se presentan en el siguiente gráfico.

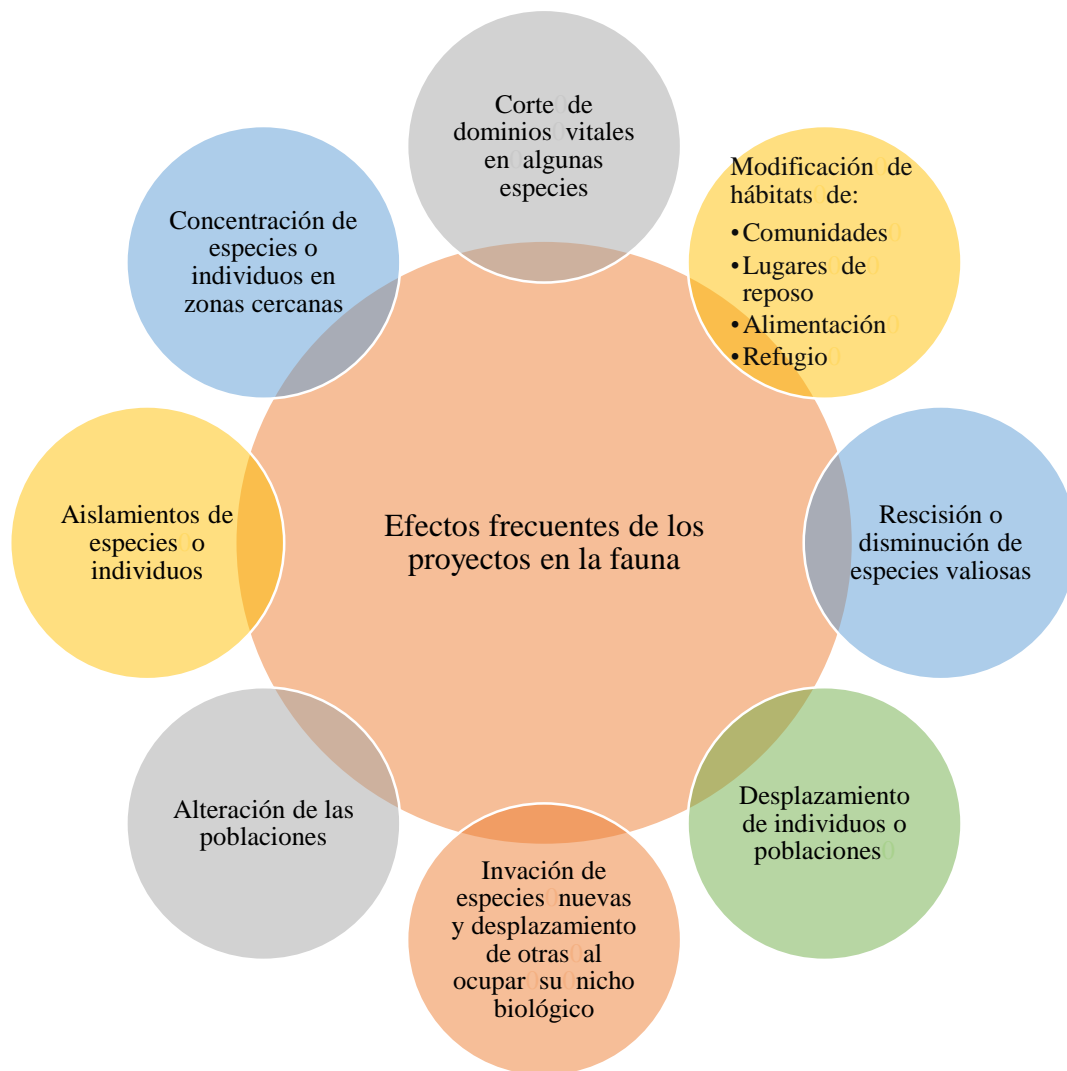


Figura 7. Efectos comunes de los proyectos en la fauna
Adaptado de: Metodología general para la identificación y caracterización de impactos ambientales, por Gomez, 1999

d). Factor antrópico

- Población; es el eje fundamental del sistema socioeconómico, este es el último receptor de las modificaciones y alteraciones de otros componentes. El análisis de la población se orienta a 3 rumbos; primero, la fuerza de trabajo productora de bienes y servicios (BS); segundo, consumidora de BS y 3 tercero, sujeto de relaciones sociales. Esta se determina por la actitud de la población relacionada con el proyecto en relación a la aceptación social (Gomez, 1999).

- Economía; no es considerada como factor ambiental; sin embargo, la alteración de esta produce impactos indirectos en los factores ambientales. El análisis de este tipo de factor no es principal en el estudio de impacto ambiental (IA), pero con su inclusión se busca indagar los impactos indirectos que su alteración puede ocasionar (Gomez, 1999).

2.2.2. Métodos de identificación de impactos

A continuación, se describen los métodos mencionados en la Guía general para la identificación y caracterización de IA (MINAM, 2018). Estos métodos son un resumen de las metodologías expuestas por Arboleda (2008), CONESA (2010) y Gomez (1999).

En la tabla 3, se muestra un resumen de las metodologías, dividiendo la tabla en 4 columnas. Es así, que la primera trata sobre la metodología, la segunda expone un breve resumen de la metodología, la tercera se relaciona con lo que determina la metodología y la cuarta resalta algunos pasos o métodos según corresponda.

Tabla 3. *Métodos de identificación de impactos*

Métodos	¿En qué consiste?	¿Qué determina?	Pasos, métodos
A. Lista de verificación (checklist)	Listas completas de factores físicos, biológicos y sociales que son perjudicados.	Estructura la etapa inicial de la EIA y asegura que ningún componente sea ignorado	_____
B. Matrices	Tabla de doble entrada; por un lado, las características y componentes ambientales y por otro las actividades previstas en el proyecto.	Reconoce que los componentes de un proyecto en sus diferentes etapas tienen diferentes etapas	<p>1. Matriz de Leopold; busca la interacción entre componentes ambientales y acciones que pueden causar impacto (IM). La valoración de la importancia del IM viene a ser la sumatoria lineal de los criterios de evaluación: signo, intensidad, extensión, momento, persistencia, recuperabilidad y certidumbre.</p> <p>2. Método Battle – Columbus; constituye el primer método de valoración de impactos que sirvió de base para métodos posteriores. Considera cuatro categorías ambientales (ecología, contaminación, aspectos estéticos y aspectos de interés humano). Mide las unidades del IA por causa del proyecto como la diferencia entre las unidades con y sin proyecto. Fue creado para proyectos hidráulicos.</p>
C. Matrices causa - efecto	Matriz que relaciona la variable ambiental afectada y la acción humana que lo provoca.	Determina el origen de ciertos impactos.	<ul style="list-style-type: none"> - Definir todas las actividades previstas del proyecto. - Identificar los factores susceptibles a ser impactados. - Someter los listados a un análisis multidisciplinar. - Establecer el diseño de clasificación y valoración de los impactos.
D. Superposición de mapas	Se usan mapas en los cuales se representan los componentes ambientales que pueden superponerse	Logra la caracterización de la zona de influencia del proyecto que se estudia, la compatibilidad o vulnerabilidad de la zona, extensión del área afectada, entre otros. Ayuda a la identificación de potenciales impactos. Es útil para proyectos lineales como ductos, carreteras y líneas de transmisión.	
E. Modelo de simulación	Son modelos matemáticos que se	Sirven para la evaluación de impactos sobre la	

	destinan a la representación de la estructura y funcionamiento de los sistemas ambientales . Procesa variables cualitativas y cuantitativas, e incorporan interacciones de los componentes ambientales.	calidad de aire, niveles de ruido, vibraciones, calidad y flujo del agua.	
F. Panel de expertos	Se busca la interacción e intercambio de ideas entre expertos o panelistas representativos de grupos de interés, sobre las situaciones complejas e incierta respecto al comportamiento ambiental del proyecto.	Es conveniente para la evaluación preliminar o también llamado “scoping”.	El más representativo es el método Delphi.
G. Diagramas de flujo	Determina los impactos directos e indirectos con todas las interacciones existentes.	Establece una relación de causalidad entre impactos y componentes ambientales.	

Adaptado de: Guía para la identificación y caracterización de impactos ambientales en el marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental, por MINAM, 2018

2.2.3. Caracterización o evaluación de impactos ambientales

Consiste en identificar, evaluar, valorar y jerarquizar los IA positivos y negativos que generan proyectos en el entorno en dónde se desarrollan (MINAM, 2018). El SEIA recomienda usar modelos matemáticos de predicción que permitan cuantificar los impactos que se generan por un proyecto sobre los componentes ambientales aire, ruido, vibraciones y agua.

2.2.3.1. Modelos de predicción de los impactos

Permite crear supuestos escenarios y caracterizar los IA, reduciendo la incertidumbre. Dentro de los modelos de predicción tenemos a los siguientes:

- Calidad de aire, estima la dispersión de contaminantes en el aire y su concentración.
- Niveles de ruido, estima los niveles emitidos por el proyecto en estudios desde el inicio de su ejecución.

- Vibraciones, estima los niveles de vibración generados por un equipo, maquinaria o actividad, relacionados a un punto de estudio.
- Calidad de agua, estima la calidad de las aguas en un cuerpo receptor vertiendo un efluente.
- Cantidad del agua, nos ayuda a conocer la reducción o incremento de flujos desde el inicio del proyecto.

2.2.3.2. Atributos

Los anexos del Reglamento de la ley N°27446 del SEIA hacen referencia a criterios de valoración de IA, los cuales son expuestos a una clasificación de distintos impactos en el medio Ambiente. CONESA (2010) menciona que el IA se puede caracterizar y valorar dependiendo de la variación de calidad ambiental, sea esta positiva o negativa; por la intensidad, determinado por el grado de devastación; por la extensión, por el momento en el que se manifiesta; por su persistencia, afectación que supone una alteración permanente o no permanente; por la capacidad de recuperación, están clasificados como irrecuperable, irreversible, reversible, mitigable, recuperable y fugaz; por su relación causa-efecto; por la interrelación de acciones y/o efectos; por la periodicidad que presenta y por la necesidad de aplicación de medidas correctivas (están considerados solo aquellos impactos identificados como recuperables).

2.2.3.3. Nivel de significancia y jerarquización

Es el grado de afectación de la calidad ambiental sobre los medios; físico, biológico o social, el que se evalúa y se logra de la combinación de los valores cuantitativos de las categorías de criterios que se han escogido para la caracterización de los impactos (MINAM, 2018). Este grado de significancia fue incluido por Leopold, posterior a ello CONESA (2010), sostiene que la significancia del impacto se refiere a la valoración de la afectación que produce una actividad sobre un componente ambiental.

2.3. Desarrollo sostenible

Es el desarrollo que cumple satisfaciendo las necesidades actuales de la población sin comprometer los recursos y posibilidades de generaciones que están por venir. Es decir, un conjunto de actividades que pueden llegar a conservar el medio ambiente (Perú Sostenible, 2022).

2.3.1. Economía Circular en la construcción

Es la responsable de eliminar casi todos los residuos de construcción y demolición (RCD); de igual modo, a través de ella se logra preservar el mayor tiempo posible el valor de los materiales de construcción dado que se consigue la recirculación y la manufactura de nuevos productos.

Desafortunadamente, la transformación a una economía circular en la gestión de los RCD se ve obstaculizado por diferentes barreras. Mahpour (2018) logra identificar un total de 22 de estas a través de una revisión de la literatura. En la siguiente tabla se presenta un resumen de las barreras más importantes identificadas que tiene relación con nuestra sociedad en la actualidad y las posibles soluciones a estas.

Tabla 4. *Barreras de los RCD para una economía circular*

Ítem	Barrera	Solución
01	Procesos improductivos de transporte, clasificación y recuperación de los RCD.	Aplicar nuevas tecnologías para poder procesar los RCD.
02	Diseños no verdes en proyectos.	Promover el diseño de proyectos de construcción verde.
03	Poco uso de materiales de construcción reciclables.	Promover el uso de materiales reciclados de alta calidad.
04	No se clasifica los RCD en el sitio.	Incentivar a las partes interesadas de los proyectos para que clasifiquen los RCD.
05	Políticas y marcos legales inadecuados para la gestión de los RCD.	Promulgar políticas estrictas y leyes para supervisar la gestión de los RCD.
06	No existe responsabilidad por parte del productor de materiales de construcción para la recuperación de estos.	Los productores de materiales de construcción deberían ser responsables del tratamiento de los RCD de sus productos.
07	Falta de objetivos, metas y visiones nacionales para avanzar hacia la economía circular (EC)	Definir planes de acción nacional para aclarar objetivos, metas y visiones para avanzar hacia la economía circular.
08	Bajo conocimiento, conciencia y comprensión del concepto de EC.	Los ejecutores de proyectos de construcción deben de estar familiarizados con este concepto.
09	Preferencia de los usuarios por los materiales de construcción manufacturados frente a los reciclados.	Incentivar a los ejecutores de proyectos en el uso de materiales reciclados o reutilizar los RCD.

10	Consecuencias inciertas de avanzar hacia la EC en la gestión de los RCD.	Realizar más proyectos de investigación para determinar las consecuencias de la economía circular.
11	Informes de reducción de RCD no estandarizados y la falta de datos accesibles.	Estos deberían de darse de manera obligatoria y estar normalizada.
12	No hay financiamiento para implementar una EC en la gestión de los RCD.	Los gobiernos deberían de asignar un presupuesto.
13	No hay gestión de los RCD dentro de los proyectos.	Informar a las partes interesadas de los proyectos las posibles sanciones en caso no se cumpla.
14	Falta de compromiso de los principales gestores urbanos para avanzar hacia la EC en la gestión de los RCD	Los principales directores de proyectos deberían tener el mandato de impulsar sus proyectos hacia la economía circular.

Fuente: Elaboración propia

2.4. Residuos de construcción y demolición (RCD)

Son residuos sólidos que tienen como origen las actividades de construcción, rehabilitación, restauraciones, remodelaciones y demoliciones de infraestructuras (MVCS, 2022). Los RCD pueden ser reutilizados, siendo clasificados previamente y disponiendo su posterior uso. Se muestra en la figura 8, un diagrama de la clasificación de los RCD.

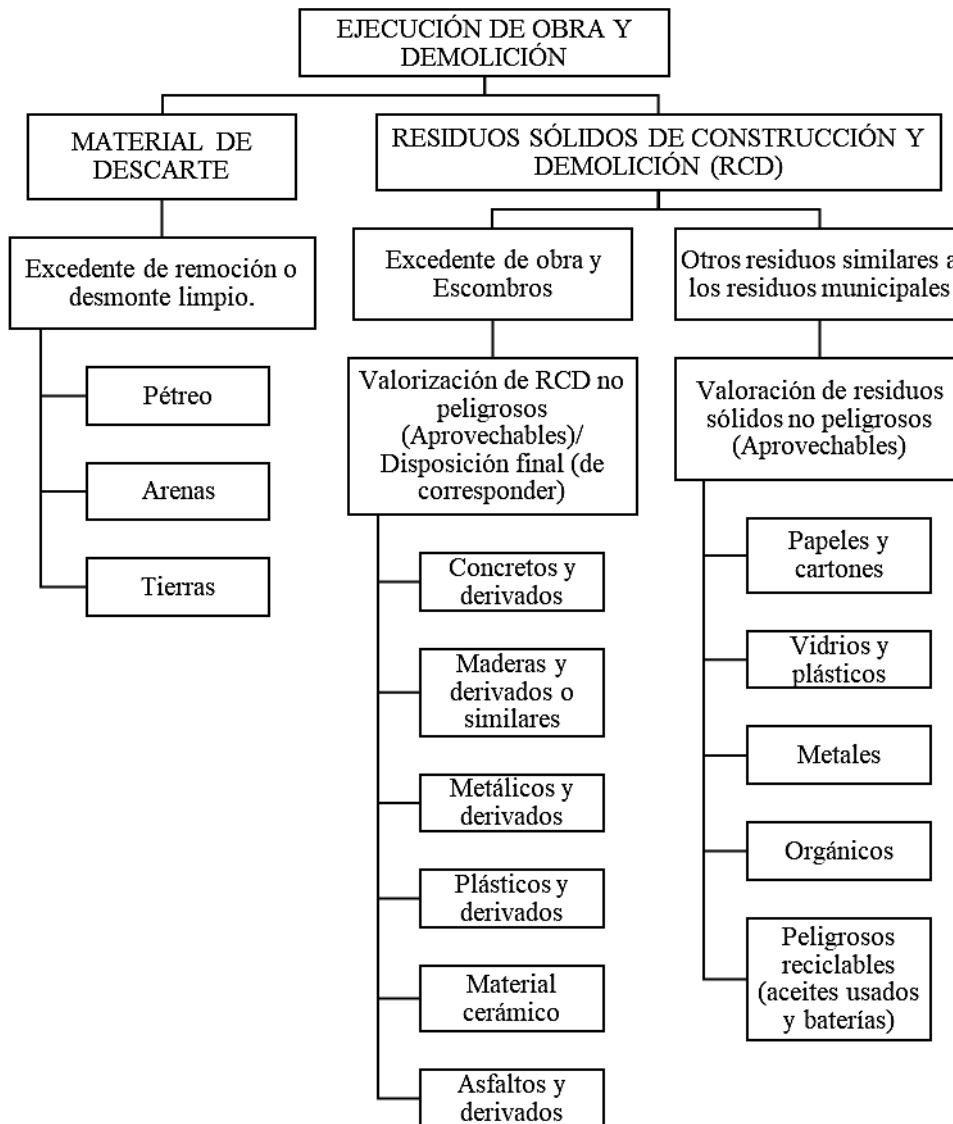


Figura 8. Clasificación de los RCD

Adaptado de: Decreto Supremo N°002 – 2022 – VIVIENDA, decreto que aprueba el Reglamento de Gestión y Manejo de residuos sólidos de la Construcción y Demolición, por MVCS, 2022

- Los RCD clasificados como peligrosos se manejan de acuerdo a lo dispuesto por la Ley de gestión integral de residuos (Lgirs).

- La estimación del volumen de los RCD generados en un proyecto serán generados a partir del metrado de obra, la selección de la metodología debe considerar el sistema constructivo, la tipología, tipo de obra, entre otras variables.

Los RCD serán manejados en cierto tipo de infraestructuras, tales como:

- Infraestructura de valorización.
- Rellenos sanitarios con celdas habilitadas para la disposición de RCD.
- Escombreras.
- Escombreras con infraestructura de valoración.
- Otras determinadas por la autoridad competente.

2.4.1. Ventajas del uso de los RCD

El uso de los RCD tiene cierto tipo de ventajas cuando se reduce el uso de agregados naturales y se minimiza la producción de estos, tal como se muestra en la figura 9.

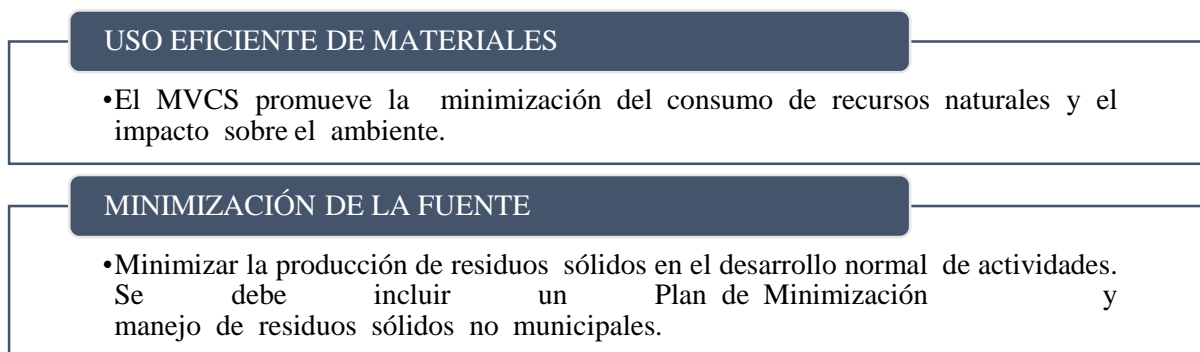


Figura 9. Ventajas del uso de los RCD

Adaptado de: Decreto Supremo N°002 – 2022 – VIVIENDA, decreto que aprueba el Reglamento de Gestión y Manejo de residuos sólidos de la Construcción y Demolición, por MVCS, 2022

2.4.2. Gestión y manejo de los RCD

En la figura 10 se muestra el proceso que debe seguir los RCD en los proyectos a nivel nacional para poder mitigar la contaminación ambiental que se produce como consecuencia de la exposición de estos en el medio ambiente.

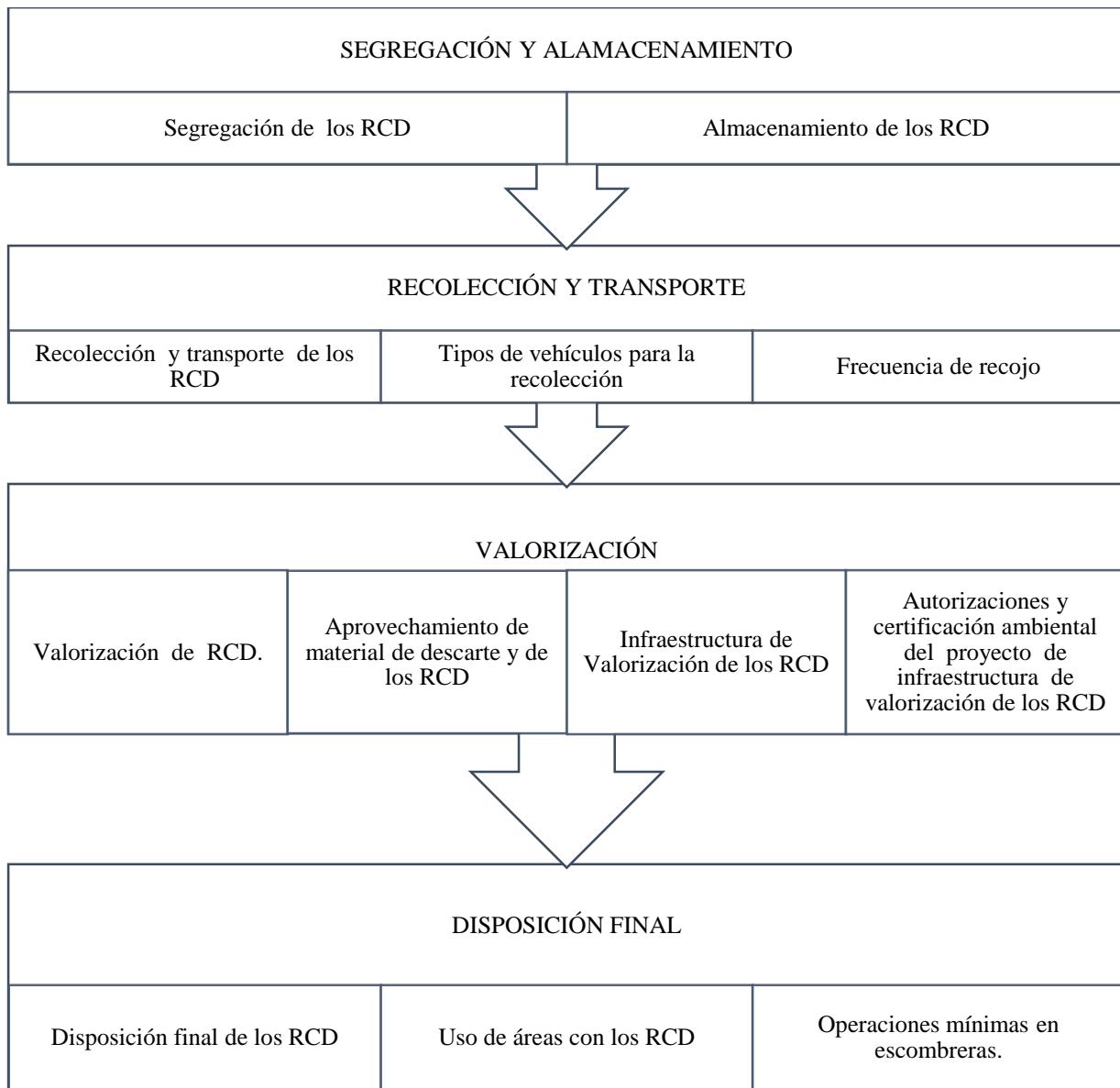


Figura 10. Gestión y manejo de los RCD

Adaptado de: Decreto Supremo N°002 – 2022 – VIVIENDA, decreto que aprueba el Reglamento de Gestión y Manejo de residuos sólidos de la Construcción y Demolición, por MVCS, 2022

2.4.3. Concreto con agregado grueso reciclado (RCAC)

Es cualquier clase de concreto en el que se utiliza la menor cantidad de energía, se reduce el impacto ambiental y genera menor uso de recursos naturales en comparación al NAC. Para la elaboración de este se utilizan materiales de desechos alternativos y/o reciclados.

2.5. Marco Normativo

Se presenta las siguientes normativas que serán utilizadas para la investigación:

- Decreto Supremo N°002 – 2022 – VIVIENDA, decreto que aprueba el Reglamento de Gestión y Manejo de Residuos Sólidos de la Construcción y Demolición.
- Ley N°28611, Ley General del Ambiente.
- Reglamento para la Gestión y Manejo de los Residuos de las Actividades de Construcción y Demolición, aprobado por el Decreto supremo N°003 – 2013 – VIVIENDA, en el marco de lo establecido en la Ley N°27314, Ley General de Residuos Sólidos y su reglamento, aprobado a través del Decreto supremo N°057 – 2004 – PCM.
- Decreto legislativo N°1278 que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos y su Reglamento, aprobado mediante El Decreto Supremo N°014 – 2017 MINAM, se deroga la Ley N°27314, Ley General de Residuos Sólidos y su reglamento.
- Decreto Legislativo N°1501, modifica el Decreto Legislativo N°1278.
- Ley N°27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de impacto ambiental y su reglamento aprobado por el Decreto Supremo N°019 – 2009 – MINAM.

CAPÍTULO 3:

ESTADO DEL ARTE

En la actualidad, investigaciones como la que se presenta en este trabajo de investigación, se han realizado en torno al impacto ambiental y el uso de agregado reciclado (RCA) en reemplazo del agregado natural (NCA) como alternativas de solución frente al cambio en el medio ambiente.

3.1 Artículos de revista internacionales

Es necesario indicar que las canteras de agregados se están reduciendo rápidamente a medida que la demanda de agregados aumenta como resultado de la expansión del sector construcción. Gunasekara et al. (2020) señalan que la producción anual de concreto premezclado en el país de Australia es de 30 millones de metros cúbicos y aproximadamente el 3-5% de esta mezcla son eliminados en vertederos. De ahí nace la intención de los autores para realizar una investigación acerca de la producción de concreto con RCA directamente del exceso de concreto fresco producido en plantas dosificadoras, pues consideran que este material es sostenible y reduciría el impacto ambiental. Asimismo, se llegó a elaborar testigos de concreto con RCA con resistencias de diseño de 25 MPa y 40 MPa; la rotura se realiza a los 28 días y se tuvo como resultado final que estos llegaban a la resistencia de diseño. En los resultados se obtuvo que a mayor cantidad de RCA la resistencia disminuía. Esta investigación demostró que el escombros y los excesos de concreto fresco también pueden ser reciclados.

En Portugal en el año 2019, Duarte et al. realizaron una investigación con el propósito de estudiar el desempeño mecánico del concreto con RCA. El estudio consideraba reemplazar el NCA con RCA en porcentajes de 0%, 20%, 50% y 100%; y en relación a sus propiedades en estado duro, se tuvo como resultado una disminución de la resistencia a la compresión; el rango de reducción máximas estuvo entre el 20% y 30%. Dentro del estudio indican que el mortero que se encuentra adherido en el RCA es la razón por el cual la resistencia disminuye. En los ensayos de resistencia se puede observar que, a mayor porcentaje de RCA en el concreto, la resistencia tiende a disminuir. Debido a los resultados obtenidos, los autores refieren que este nuevo material (concreto reciclado) es viable y puede ser utilizado en obras ya que contribuye a la sostenibilidad en la industria de la construcción.

Por otro lado, en EEUU, el concreto es uno de los materiales que tiene mayor demanda en el sector construcción por ser un material que se adapta a diferentes formas. Sin embargo, es el responsable de los diversos efectos negativos que se dan en el medio ambiente; así la explotación de las canteras por la demanda de agregados que se necesita para la producción del concreto puede llegar a afectar el patrón del drenaje natural, la estabilidad del terreno y el valor estético del medio ambiente. En el año 2020, Guo et al. evaluaron el comportamiento mecánico del concreto con agregado grueso y fino reciclado. Los resultados de laboratorio arrojaron que la resistencia de este nuevo concreto tiende a disminuir a medida que se incrementa los agregados reciclados. La resistencia disminuye entre 36% y 42% cuando se reemplaza el 100% del agregado natural (grueso y fino). Además, la resistencia del concreto disminuye a medida que se incrementa la relación agua cemento. Los investigadores llegan a la conclusión que debido al mortero adherido en el agregado reciclado es que la absorción de este se incrementa, por lo cual la resistencia del nuevo concreto tiende a disminuir.

Mientras que en Irak, la práctica de reutilizar el concreto de las demoliciones es hoy en día una buena forma de reciclaje, por ejemplo; El reino Unido, Australia, Japón, Estados Unidos, China, Tailandia y Sudáfrica reciclan el 65%, 62%, 80%, 48%, 40%, 32%, y 16% respectivamente de todos sus RCD (Gunasekara et al., 2020). Los RCD representan un gran problema ya que estos generalmente son acumulados en sitios abandonados y su volumen se llega a incrementar con el paso del tiempo debido al incremento de la población y el crecimiento urbano. N. Mohammed et al. (2018) estudiaron las propiedades mecánicas de la resistencia a la compresión del concreto con 50% y 100% de RCA para un diseño de 35 MPa y 70 MPa, su muestra fue obtenida de testigos que fueron ensayados en laboratorios. Los resultados de los ensayos señalan que mientras mayor sea el porcentaje de RCA la resistencia disminuye debido a la adherencia de mortero viejo en el RCA. En conclusión, si es posible reutilizar los residuos de hormigón con el fin de reducir el impacto ambiental.

En Tailandia, las demoliciones en el sector construcción tienen un impacto social y ambiental; primero por los daños hacia los pobres, al destruir sus viviendas e introducir casas modernas que no son asequibles y en el segundo lugar, al degradar los recursos naturales y emitir desechos al medio ambiente (Makul, 2020). Además, menciona el problema de sostenibilidad que surgen de los residuos sólidos que se originan en las obras, debido a su

deficiente gestión, tienen como disposición final los lugares públicos, espacios vacíos y torrenteras de ríos que afectan a las poblaciones cercanas.

Tenemos también al país de Rusia, dónde la revisión del impacto ambiental (IA) en los últimos años se ha vuelto más exigente, por lo que se proponen soluciones ecológicas para la industria de la construcción enfocados en los RCD, con la finalidad de reducir el volumen de generación de residuos, reutilizar sin cambiar la condición física y usarlo como insumo a través del reciclaje. Es así. en algunos países, como, por ejemplo, Rusia, han desarrollado investigaciones a fin de proponer alternativas ecológicas, creando nuevos productos y evaluando sus propiedades con el fin de disminuir el impacto ambiental. Investigaciones como la de Sklifos et al. (2021) proponen modificar los insumos necesarios para la elaboración de concreto, en su investigación en la que determinaron la necesidad de refinar la composición del concreto ecológico a fin de reducir los impactos negativos que se generan en el medio ambiente; por lo que, recomiendan mejorar la matriz de concreto mediante el uso de materiales de construcción innovadores y modificaciones de la proporción y/o componentes del cemento.

3.2. Estudios nacionales precedentes

Para la evaluación del IA existen múltiples metodologías; de este modo, López (2021) explica que la matriz CONESA es una de las metodologías más efectiva en el reconocimiento de impactos, puesto que es uno de los que mejor detalla el impacto que puede provocar un proyecto en el medio ambiente. Además, menciona que el agregado grueso viene a ser uno de los insumos que genera mayor IA en la producción de concreto, ya que su explotación modifica y genera impactos perjudiciales. Es así que, en su trabajo de investigación realizada en la ciudad de Tacna, plantea el uso del agregado reciclado como alternativa viable para la mitigación del impacto ambiental y si es factible usar el concreto con resistencia de 210kgf/cm².

Balmaceda (2021), estima que se necesita aproximadamente 6 o 7 toneladas de agregados para un consumo de 1 tonelada de cemento, por lo que propone variantes ambientalmente positivas para las estructuras de concreto, formulando nuevas mezclas, utilizando los RCD. A nivel técnico concluye que es factible usar el RCA en el Perú, en concreto estructural en porcentajes no mayores al 15% de peso de la mezcla; estos resultados son obtenidos según las recomendaciones de la comunidad científica en ingeniería estructural y de materiales en condiciones similares como EEUU, Japón y

Chile. Por otra parte, en su investigación se determinó que los IA producidos en tres casos de estudio con características de uso, resistencia y cementos particulares, tanto las mezclas convencionales como para el concreto con RCA al 10%, 15% y 20%, se obtiene que el uso de concreto con RCA resulta favorable.

Palomino y Meléndez (2022) proponen la implementación de principios manejados por la Economía Circular (EC) en un proyecto Lean de construcción para cerrar ciclos en la cadena productiva de construcción con procesos como el diseño de residuos. Es así que propone el uso de concreto reciclado para un 50% de reemplazo de los agregados de un concreto convencional, también realiza la evaluación ambiental basándose en el ciclo de vida comparándolo con un concreto convencional. Se llega a la conclusión de que evaluando el impacto en el factor transporte dentro del ciclo de vida es el mismo tanto para el concreto con RCA como para el convencional. Por lo mencionado en líneas anteriores, se llega a la conclusión que el uso de agregados reciclados en nuevos concretos es viable (Díaz, 2022), porque cuando se reemplaza el agregado natural se mitiga el IA; por lo tanto, existe la viabilidad de un sistema de construcción circular a micro escala tomando en cuenta ciertos aspectos.

En el país se ha realizado investigaciones acerca del uso de los agregados reciclados, entre estas se encuentra la realizada por Machaca Mamani (2018), en la cual determinan en qué medida la producción de agregado reciclado viene a ser una posible solución para mitigar los impactos ambientales de los residuos de construcción producidos en la ciudad de Tacna, todo ello causado por la inadecuada disposición de los residuos de construcción. Los resultados obtenidos fueron que el cambio del uso actual del suelo es severamente afectado, al igual que el paisaje visual. Asimismo, en los resultados de resistencia a los 28 días de curado, se comprobó que, a mayor cantidad de agregado reciclado, la resistencia iba disminuyendo. En conclusión, se minimizan los impactos ambientales que son generados por los residuos de la construcción, y la producción de agregado reciclado viene a ser una alternativa de solución.

3.3. Normativas de referencia

En el país de España, según la Ley 5/2020 de fecha 29 de abril del 2020, en su presupuesto de Cataluña para el año 2020, ha aprobado un conjunto de medidas, entre ellos, el fomento del uso de los áridos reciclados obtenidos de los residuos de construcción y demolición. Esta norma establece que los proyectos de construcción de obra pública y/o privada determinarán el uso de áridos reciclados provenientes de la valorización de residuos de la

construcción y la demolición en un porcentaje mínimo del 5% en peso sobre el total de áridos previstos. A través de una orden específica se establecerán los requisitos para la utilización de los áridos reciclados y de los materiales de construcción obtenidos como producto de una operación de valorización de residuos de construcción y demolición. Asimismo, incentiva a la reutilización, reciclado y la valorización de los escombros y tierras procedentes de las obras, contribuyendo al mismo tiempo a un desarrollo sostenible de la actividad de la construcción.

Por otro lado en Colombia, la Resolución N°1115 de 2012 (modificada por la Resolución 932 de 2015) de Bogotá, Secretaría Distrital de Ambiente, dentro del marco de la Gestión Integral de los Residuos de la Construcción y Demolición- RCD-, estableció que a partir de agosto del año 2013, las Entidades Públicas y Constructoras que desarrollen obras de infraestructura y construcción al interior del perímetro urbano del Distrito Capital deberán incluir desde la etapa de estudios y diseños los requerimientos técnicos necesarios con el fin de lograr la utilización de elementos reciclados provenientes de los Centros de Tratamiento y/o Aprovechamiento de RCD legalmente constituidos y/o la reutilización de los generados por las etapas constructivas y de desmantelamiento, en un porcentaje no inferior al 5%, del total de volumen o peso de material usado en la obra a construir por la entidad anualmente. Asimismo, deberán reportar de manera mensual a la Secretaría Distrital de Ambiente, a través de su portal web, la cantidad total de materiales usados, y el tipo de productos, volumen y/o peso de material reciclado proveniente de los centros de tratamiento y/o aprovechamiento de RCD que se haya utilizado en el mes anterior al reporte, en las obras de infraestructura o construcción desarrolladas por cada entidad o en desarrollo, indicando además los datos de los centros de aprovechamiento y/o tratamiento de donde provengan dichos materiales.

Se menciona también en Colombia el Acuerdo Número 019-2013 “Por medio del cual se modifican los artículos primero y décimo noveno y se adiciona el artículo 5° del acuerdo 015 del 24 de julio de 2009 que trata sobre el comparendo ambiental y se dictan otras disposiciones”, establecido por el Concejo Municipal de Ibagué, tiene como finalidad la implementación en el Municipio de Ibagué el Comparendo Ambiental como instrumento de cultura ciudadana, sobre el adecuado manejo de residuos sólidos y escombros, previendo la afectación del medio ambiente y la salud pública, mediante sanciones pedagógicas y económicas a todas aquellas personas naturales o jurídicas que infrinjan la normatividad existente en materia de residuos sólidos; así como propiciar el fomento de estímulos a las buenas prácticas ambientalistas.

3.4. Resumen del estado del arte

En la siguiente tabla se muestra un cuadro resumen de todos los antecedentes que se tuvieron en cuenta para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

ITEM	TIPO	AÑO	TÍTULO	TEMA	RELACIÓN CON EL ESTADO DEL ARTE	APORTE AL ESTADO DEL ARTE
1	Artículo de revista	2020	Feasibility of Developing Sustainable Concrete Using Environmentally Friendly Coarse Aggregate	AGREGADO RECICLADO	Producción de concreto con RCA.	El escombros y los excesos de concreto fresco pueden ser reciclados. A mayor cantidad de RCA, la resistencia disminuye.
2	Artículo de revista	2019	Mechanical performance of shotcrete produced with recycled coarse aggregates from concrete	AGREGADO RECICLADO	Producción de concreto con RCA.	El escombros y los excesos de concreto fresco pueden ser reciclados. A mayor cantidad de RCA, la resistencia disminuye.
3	Artículo de revista	2020	Mechanical and durability behaviours of concrete made with recycled coarse and fine aggregates	AGREGADO RECICLADO	Comportamiento del concreto con agregado grueso y fino reciclado.	La resistencia del concreto disminuye entre 36% y 42% cuando se reemplaza al 100% el agregado natural. La absorción del concreto reciclado aumenta debido al mortero adherido en este.
4	Artículo de revista	2020	Feasibility of Developing Sustainable Concrete Using Environmentally Friendly Coarse Aggregate	AGREGADO RECICLADO	Las propiedades mecánicas de la resistencia a la compresión del concreto con 50% y 100% de RCA para un diseño de 35 MPa y 70 MPa	Mientras mayor sea el porcentaje de RCA, la resistencia del concreto disminuye debido a la adherencia de mortero viejo en el RCA. Es posible usar los residuos de hormigón para reducir el impacto ambiental
5	Artículo de revista	2018	The influence of recycled concrete aggregate on the properties of concrete	RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN	Efectos de las demoliciones en el sector construcción.	El problema de sostenibilidad que surge en los residuos sólidos generados en obras, se debe a la deficiente gestión de estos.
6	Artículo de revista	2020	Cost-benefit analysis of the production of	AGREGADO RECICLADO	Uso de los RCD con la finalidad de reducir el volumen de	Modificar los insumos necesarios para la preparación de concreto, usando materiales

			ready-mixed high-performance concrete made with recycled concrete aggregate: A case study in Thailand		generación de residuos y disminuir el impacto ambiental.	innovadores y modificando la proporción y/o componentes del cemento.
7	Tesis	2021	Eco-concrete as ecological solution for green building industry	AGREGADO RECICLADO, IMPACTO AMBIENTAL	El agregado grueso es uno de los insumos que genera mayor impacto ambiental debido a que su explotación modifica y genera impactos perjudiciales.	Uso de la matriz Conesa para evaluar el impacto ambiental. Uso de agregado grueso reciclado como alternativa para la mitigación del impacto ambiental, es factible usar el concreto con resistencia de 210kgf/cm ² .
8	Tesis	2021	Impacto Ambiental por la Matriz Leopold y la Matriz Conesa en la cantera Querulpa para un plan de contingencia, Arequipa 2021	AGREGADO RECICLADO, IMPACTO AMBIENTAL	Usar RCA en concreto estructural en porcentajes no mayores al 15% de peso de la mezcla.	Usar RCA en concreto estructural en porcentajes no mayores al 15% de peso de la mezcla. Los IA haciendo uso de RCA al 10%, 15% y 20% vienen a ser favorables.
9	Tesis	2022	ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA COMPARATIVO ENTRE EL USO DE CONCRETO CONVENCIONAL Y ALTERNATIVAS DE CONCRETO RECICLADO	AGREGADO RECICLADO, IMPACTO AMBIENTAL	Implementar principios manejados por la Economía Circular, para cerrar ciclos en la cadena productiva de construcción. Evaluación del impacto ambiental basándose en el ciclo de vida comparándolo con el concreto convencional.	Uso de concreto reciclado para un 50% de reemplazo de loa agregado de un concreto convencional. Haciendo uso del agregado reciclado se mitiga el impacto ambiental.
10	Tesis	2018	ANÁLISIS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA ECONOMÍA CIRCULAR EN UNA OBRA DE CONSTRUCCIÓN LEAN	AGREGADO RECICLADO, IMPACTO AMBIENTAL	Determinar en qué medida el uso de agregado reciclado es una posible alternativa de solución para mitigar los impactos ambientales generados por el cambio de uso del	Se minimiza los impactos ambientales que son generados por los residuos de construcción, siendo el agregado reciclado una alternativa de solución

					suelo y su impacto por el paisaje visual.	
11	Ley	2020	Ley 5/2020	NORMATIVA	Uso de áridos reciclados propuesto por la Ley 5/2020.	Normativa que sustenta el uso de áridos reciclados, incentivando la reutilización, reciclado y la valorización de los escombros, contribuyendo al desarrollo sostenible.
12	Resolución	2012	Resolución N°1115	NORMATIVA	La Resolución N°1115 de 2012 de Bogotá, establece que, a partir del 2013, las entidades Públicas y Constructoras deben hacer uso de elementos reciclados provenientes de los centros de tratamiento y/o aprovechamientos de los RCD	Normativa que sustenta el uso de RCD y la mención de centros de aprovechamiento y/o tratamiento de donde provienen los materiales reciclados.
13	Acuerdo	2013	Acuerdo Número 019-2013	NORMATIVA	Implementación en el Municipio de Ibagué el Comparendo Ambiental como instrumento de cultura ciudadana, sobre el manejo de RCD, previendo la afectación del medio ambiente y la salud pública.	Normativa que sustenta el uso de RCD, considerando sanciones pedagógicas y económicas a las entidades que infrinjan la normativa y también promocionar estímulos a las buenas prácticas ambientales.

CAPÍTULO 4:

CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES

4.1. Origen de los materiales granulares

4.1.1. Agregado Natural

Para la presente investigación se utilizó material de la Cantera la Poderosa – La Enlozada, la cual queda ubicada en el km 1208 de la Panamericana Sur al ser considerada esta como una de las mejores canteras de la ciudad de Arequipa.

4.1.2. Agregado grueso reciclado (RCA)

4.1.2.1. Caso de estudio

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizó un caso de estudio real, el cual consistió en un proyecto de mejoramiento de transitabilidad peatonal en la ciudad de Arequipa. Como parte del alcance del proyecto mencionado se encontró la partida de vereda de concreto $f'c: 210 \text{ kg/cm}^2$, el cual contenía las actividades de demolición y construcción de veredas. Dichas actividades fueron consideradas para el desarrollo de esta investigación, el material obtenido de la demolición de veredas fue sometido a un proceso de selección, clasificación, chancado y finalmente tamizado para obtener el agregado grueso reciclado (RCA). Esta investigación tiene como objeto de estudio el RCA, por tal motivo, este material fue reutilizado como un nuevo componente del RCAC.

4.1.2.2. Obtención del RCA

En primer lugar, se realizó una visita al proyecto de estudio en la etapa de ejecución para obtener el residuo de construcción y demolición (RCD) en el mismo lugar. Luego, se realizó una inspección visual general para poder seleccionar y clasificar solo el concreto producto de la demolición y no agentes extraños como por ejemplo materia orgánica, tierra, basura, etc.; los cuales son considerados contaminantes para el concreto y alteraría sus propiedades.

Una vez clasificado el material, fue trasladado a una trituradora de quijada o también llamada chancadora de mandíbula. La ventaja de utilizar este equipo es que proporciona una mejor trituración del material y genera poco polvo y ruido.

En las figuras 11 y 12 se muestra el proceso de transformación de los RCD, desde su obtención insitu en el lugar del proyecto, hasta la obtención del RCA.

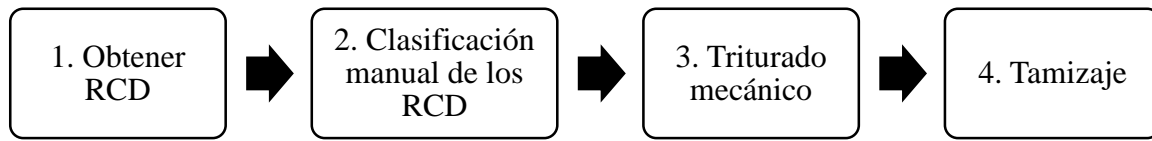


Figura 11. Proceso de obtención del RCA

Fuente: Elaboración propia

Para esta investigación se utilizó el RCA como nuevo componente del concreto ya que el agregado fino reciclado tiene desventajas como la pérdida de resistencia en el concreto.



Figura 12. Panel fotográfico del proceso de obtención del RCA

Fuente: Elaboración propia

4.2. Ensayos de laboratorio

La importancia de los ensayos de laboratorio se fundamenta en que a través de estos se logra caracterizar los materiales que conforman el concreto. Una vez caracterizados, se obtienen ciertos parámetros que son importantes para una posterior dosificación de mezcla.

4.2.1. Contenido de humedad

Se realizó este ensayo para determinar el porcentaje de humedad contenido en el agregado natural y reciclado. Es importante mencionar que se volvió a realizar el ensayo al momento de realizar el diseño de mezclas del concreto, porque la humedad del agregado varía según el medio al que está expuesto.

En la tabla 5 se muestra el contenido de humedad de cada agregado al momento de ingresar este material al laboratorio.

Tabla 5. *Contenido de humedad de los agregados*

Norma utilizada	Tipo de Agregado	Descripción	Valor
ASTM C-566	Natural Grueso	Contenido de humedad (%)	0.29
	Reciclado Grueso		0.34
	Natural-Arena gruesa		1.62

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Gravedad específica y absorción

Se realizó este ensayo con el fin de obtener el peso específico saturado superficialmente seco y la absorción del agregado de origen natural y reciclado.

a) Peso específico del agregado grueso natural

Tabla 6. *Peso específico del agregado grueso natural*

Norma utilizada	Ítem	Datos	Pesos
ASTM C-127	A	Peso mat. sat. sup. seco (en aire) (gr)	3006.6
	B	Peso mat sat sup. seco (en agua) (gr)	1911.0
	C	Vol. De masa +Vol. de vacío = (A-B) (cm ³)	1095.6
	D	Peso de mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	2988.0
	E	Vol. De masa = C-(A-D) (cm ³)	1077.0
	F	Peso específico SSS (kg/m ³)	2744.0
	G	Absorción (%)	0.62

Fuente: Elaboración propia

b) Peso específico del agregado grueso reciclado

Tabla 7. *Peso específico del agregado grueso reciclado*

Norma utilizada	Ítem	Datos	Pesos
ASTM C-127	A	Peso mat. sat. sup. seco (en aire) (gr)	3137.3
	B	Peso mat. sat. sup. Seco (en agua) (gr)	1842.2
	C	Vol. de masa + Vol. de vacío = (A-B) (cm ³)	1295.1
	D	Peso de mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	3002.2
	E	Vol. De masa = C-(A-D) (cm ³)	1160.0
	F	Peso específico SSS (kg/m ³)	2422.0
	G	Absorción (%)	4.50

Fuente: Elaboración propia

c) Peso específico de la arena natural

Tabla 8. *Peso específico de la arena*

Norma utilizada	Ítem	Datos	Pesos
ASTM C-127	A	Peso mat sat sup seco (en aire) (gr)	500.0
	B	Peso Frasco + Agua (gr)	670.5
	C	Peso Frasco + Agua + A (gr)	1170.5
	D	Peso de mat. SSS + Agua en el frasco (gr)	979.4
	E	Vol. de masa + Vol. Vacío = C-D (cm ³)	191.1
	F	Peso mat. seco en estufa (105°C) (gr)	489.5
	G	Vol. Masa = E-(A-F) (cm ³)	180.6
	H	Peso específico SSS (kg/m ³)	2616.0
	I	Absorción (%)	2.15

Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Peso unitario y vacío de los agregados

Se realizó este ensayo para determinar el peso unitario suelto y compactado de los agregados.

a) Peso unitario del agregado grueso natural

Tabla 9. *Peso unitario del agregado grueso natural*

Estado del material		Suelto			Compactado			
Norma	N° Pruebas	1	2	3	1	2	3	
ASTM C-29	Peso molde + Material	Kg	27.306	27.208	27.284	28.603	28.570	28.512
	Peso molde	Kg	5.591	5.591	5.591	5.591	5.591	5.591
	Peso Material	Kg	21.715	21.617	21.675	23.012	22.979	22.921
	Volumen molde	m ³	14.181	14.181	14.181	14.181	14.181	14.181
	Peso Unitario	kg/m ³	1.531	1.524	1.530	1.623	1.620	1.616
	Prom. Peso Unitario	kg/m ³		1.528			1.620	

Fuente: Elaboración propia

b) Peso unitario del agregado grueso reciclado

Tabla 10. *Peso unitario del agregado grueso reciclado*

Estado del material		Suelto			Compactado			
Norma	N° Pruebas	1	2	3	1	2	3	
ASTM C-29	Peso molde + Material	Kg	22.660	22.679	22.666	24.621	24.616	24.633
	Peso molde	Kg	5.591	5.591	5.591	5.591	5.591	5.591
	Peso Material	Kg	17.069	17.088	17.075	19.030	19.025	19.042
	Volumen molde	m ³	14.181	14.181	14.181	14.181	14.181	14.181
	Peso Unitario	kg/m ³	1.204	1.205	1.204	1.342	1.342	1.343
	Prom. Peso Unitario	kg/m ³		1.204			1.342	

Fuente: Elaboración propia

c) Peso unitario de la arena natural

Tabla 11. *Peso unitario de la arena natural*

Estado del material		Suelto			Compactado			
Norma	N° Pruebas	1	2	3	1	2	3	
ASTM C-29	Peso molde + Material	Kg	6.298	6.309	6.313	6.790	6.780	6.786
	Peso molde	Kg	1.644	1.644	1.644	1.644	1.644	1.644
	Peso Material	Kg	4.654	4.665	4.669	5.146	5.136	5.142
	Volumen molde	m ³	2.806	2.806	2.806	2.806	2.806	2.806
	Peso Unitario	kg/m ³	1.659	1.662	1.663	1.834	1.830	1.833
	Prom. Peso Unitario	kg/m ³		1.662			1.832	

Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Abrasión de los Ángeles

Se realizó el ensayo siguiendo los lineamientos de la norma ASTM C-131 para poder determinar la resistencia a la degradación utilizando el equipo de Los Ángeles (para el caso de agregados menores que 1 ½”).

a) Desgaste por abrasión del agregado grueso natural

Tabla 12. *Desgaste por abrasión del agregado grueso natural*

Tamaño de Mallas		Masa Original (gramos)	Masa Final (gramos)	Masa perdida después de 500 revoluciones	% de Desgaste por abrasión
Pasa	Retiene				
37.5 mm	25.0 mm	----			
25.0 mm	19.0 mm	----			
19.0 mm	12.5 mm	2500.2			
12.5 mm	9.5 mm	2500.0			
Peso total de la muestra		5000.20	4073	927.2	18.54%

Fuente: Elaboración propia

b) Desgaste por abrasión del agregado grueso reciclado

Tabla 13. *Desgaste por abrasión del agregado grueso reciclado*

Tamaño de Mallas		Masa Original (gramos)	Masa Final (gramos)	Masa perdida después de 500 revoluciones	% de Desgaste por abrasión
Pasa	Retiene				
37.5 mm	25.0 mm	----			
25.0 mm	19.0 mm	----			
19.0 mm	12.5 mm	2500.0			

12.5 mm 9.5 mm 2500.0

Peso total de la muestra	5000.0	3114.0	1886.0	37.72%
--------------------------	--------	--------	--------	--------

Fuente: Elaboración propia

4.2.5. Granulometría

Se efectuó este ensayo para determinar la gradación de los agregados utilizados en esta investigación (natural y reciclado). En las figuras 13, 14 y 15 se observa la curva granulométrica que se obtuvo de los agregados. Asimismo, se observa que la curva granulométrica del agregado grueso de la cantera la poderosa encuadra dentro los límites permitidos del Huso 67 y del RCA dentro del Huso 56.

a) Granulometría del agregado grueso natural

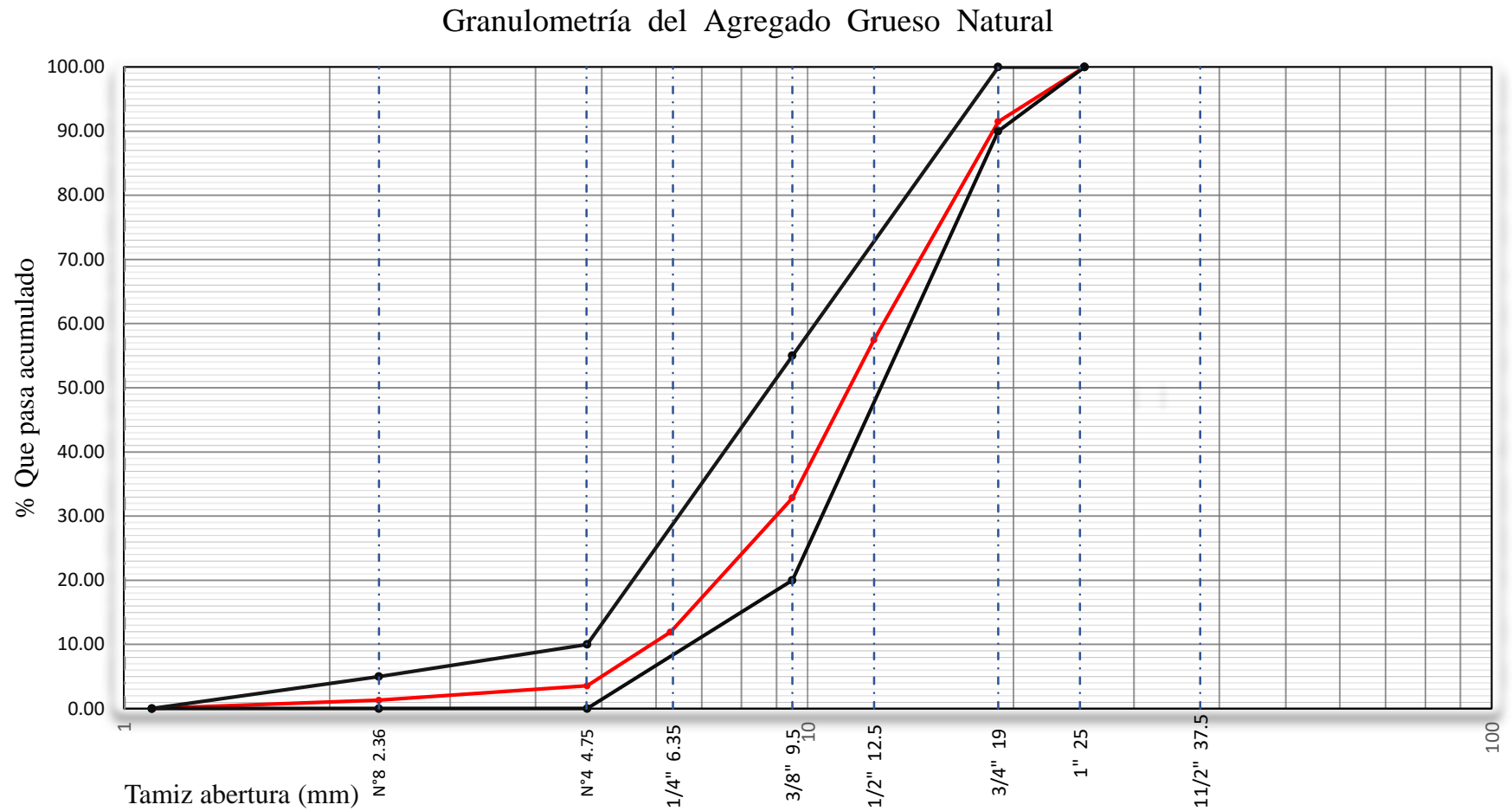


Figura 13. Gradación del agregado grueso natural
Fuente: Elaboración propia

b) Granulometría del agregado grueso reciclado

Granulometría del Agregado Grueso Reciclado

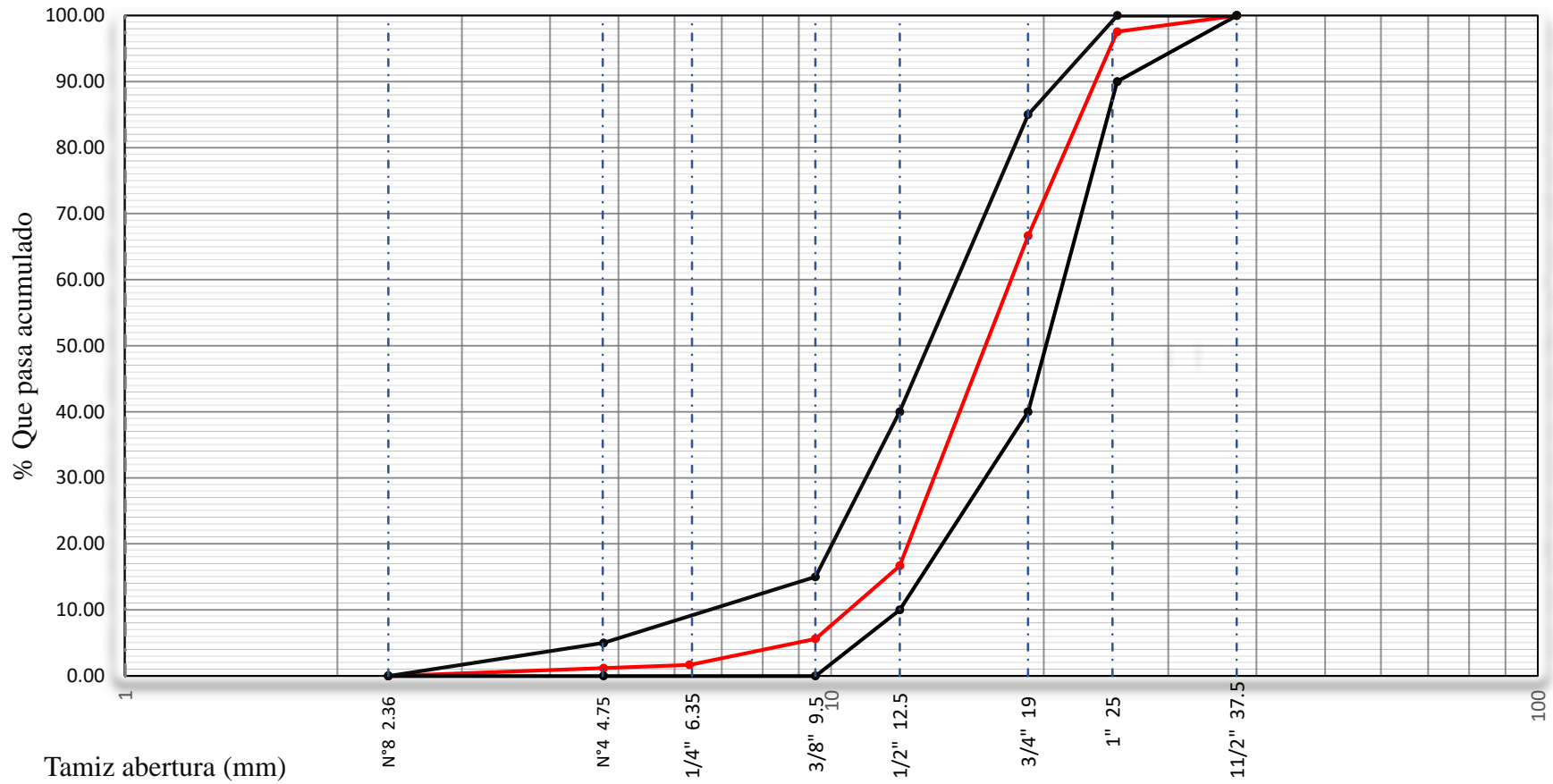


Figura 14. Gradación del agregado grueso reciclado
Fuente: Elaboración propia

c) Granulometría de la arena natural

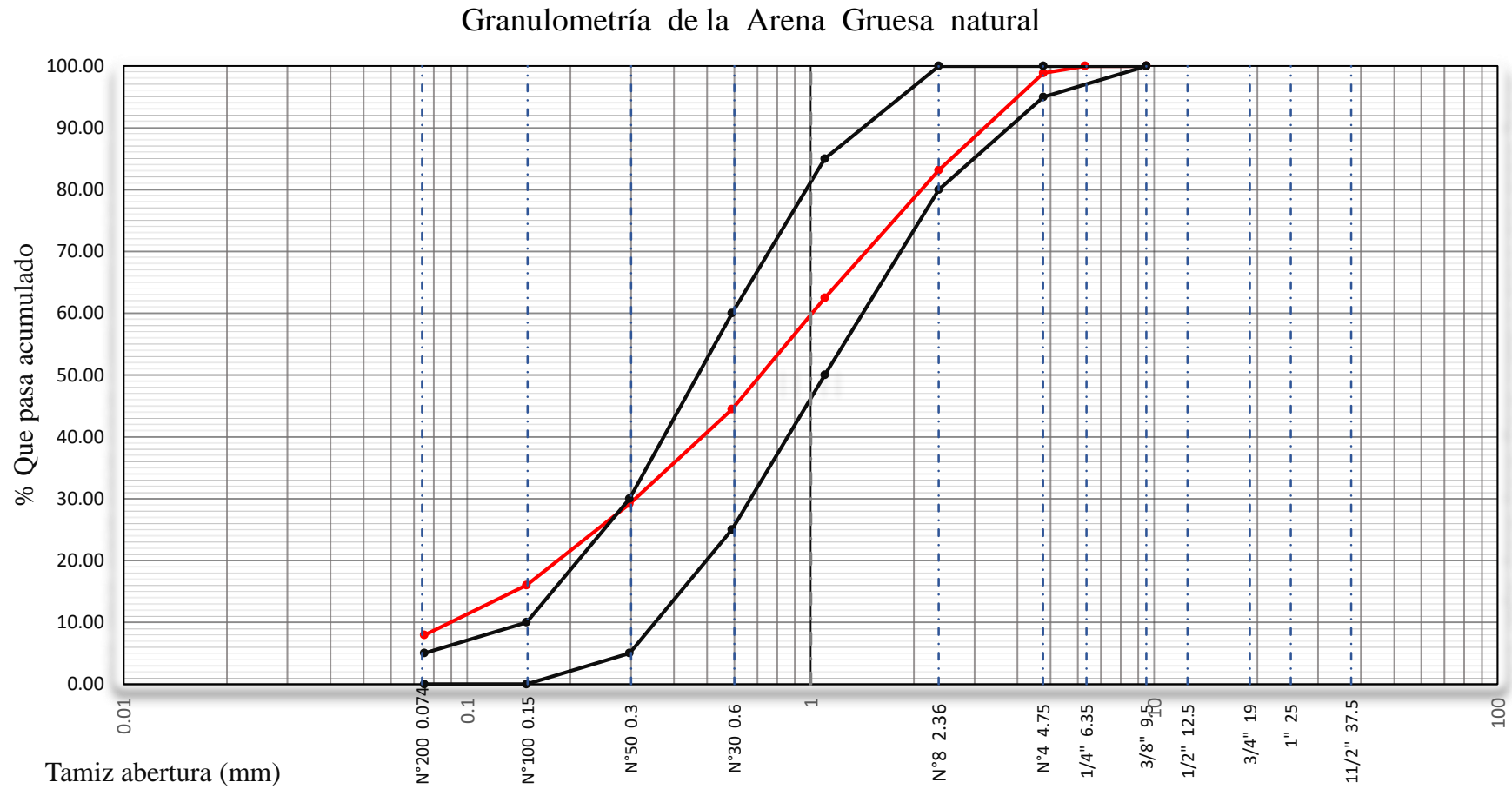


Figura 15. Gradación de la arena gruesa natural
Fuente: Elaboración propia

4.2.6. Inalterabilidad por sulfatos de Magnesio

Se realizó el ensayo correspondiente para conocer la calidad de los agregados, generalmente este ensayo se realiza cuando no se cuenta con información suficiente del material que se va a emplear para la elaboración del concreto. La norma utilizada fue la Norma Técnica Peruana NTP 400.016 2011.

a) Inalterabilidad del agregado grueso natural

Tabla 14. *Inalterabilidad del agregado grueso natural*

Tamaño de Mallas		% retenida muestra original	Peso de fracciones antes del ensayo	% de pérdida después del ensayo	% de Pérdidas corregidos
Pasa	Retiene				
2 ½"	2"	0.00	-	-	-
2"	1 ½"	0.00	-	-	-
1 ½"	1"	0.00	0.00	0.00	0.00
1"	¾"	8.51	0.00	0.00	0.00
¾"	½"	34.03	670.20	1.72	0.58
½"	3/8"	24.61	330.00	5.06	1.25
3/8"	N° 4	32.85	0.00	0.00	0.00
Totales		100.00	1000.20		1.83

Fuente: Elaboración propia

b) Inalterabilidad del agregado grueso reciclado

Tabla 15. *Inalterabilidad del agregado grueso reciclado*

Tamaño de Mallas		% retenida muestra original	Peso de fracciones antes del ensayo	% de pérdida después del ensayo	% de Pérdidas corregidos
Pasa	Retiene				
2 ½"	2"	0.00	-	-	-
2"	1 ½"	0.00	-	-	-
1 ½"	1"	2.46	0.00	0.00	0.00
1"	¾"	30.91	1507.10	6.91	2.14
¾"	½"	49.95	670.20	9.10	4.55
½"	3/8"	11.06	330.70	18.78	2.08
3/8"	N° 4	5.62	0.00	0.00	0.00
Totales		100.00	2508.00		8.76

Fuente: Elaboración propia

c) Inalterabilidad de la arena natural

Tabla 16. *Inalterabilidad de la arena natural*

Tamaño de Mallas		% retenida muestra original	Peso de fracciones antes del ensayo	% de pérdida después del ensayo	% de Pérdidas corregidos
Pasa	Retiene				
3/8"	N° 4	1.13	100.00	11.00	0.12
N° 4	N° 8	15.72	100.00	9.50	1.49
N° 8	N° 16	20.66	100.00	9.00	1.86
N° 16	N° 30	17.99	100.00	6.40	1.15
N° 30	N° 50	15.30	100.00	6.00	0.92
N° 50	N° 100	13.17	-	0.00	0.00
N° 100	N° 200	16.00	-	0.00	0.00
Totales		100.00	500.00		5.55

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 5:

DISEÑOS DE MEZCLA DEL CONCRETO Y SUS PROPIEDADES

5.1. Diseño de mezcla

Una vez obtenido las propiedades mecánicas y físicas de los agregados granulares se procedió a realizar los diseños de mezclas del NAC y RCAC, variando el porcentaje de agregado grueso reciclado (RCA) en 30%, 50% y 100%. Para realizar estos diseños se utilizó el libro de Tecnología del Ing. Jairo Niño, el cual utiliza las tablas del ACI 211.1. Para la elaboración de estos diseños, se utilizó el cemento Yura IP, el cual se caracteriza por ser utilizado en aquellos proyectos dónde se requiere alta durabilidad.

5.1.1. Procedimiento

a) Elección del asentamiento

En la tabla 17 se muestran los asentamientos mínimos en relación al tipo de estructura a construir, como la estructura del proyecto a construir fue una vereda, se eligió el asentamiento de 5-10 cm en los cuatro diseños de mezclas.

Tabla 17. *Asentamiento permitido en el concreto*

Asentamiento (cm)	Consistencia	Grado de trabajabilidad	Tipo de estructura
0-12,0	Muy seca	Muy pequeña	Pilotes o vigas que tengan una resistencia alta con vibraciones de formaleta.
2,0-13,5	Seca	Pequeña	Pavimentos vibrados con máquina mecánica
3,5- 5,0	Semi seca	Pequeña	Construcciones con masas de gran volumen. Losas medianamente reforzadas con vibración. Fundaciones en concreto simple. Pavimentos con vibradores normales.
5,0- 10,0	Media	Media	Losas ligeramente reforzadas y pavimentos compactados a mano. Columnas, vigas, fundaciones y muros con vibración.
10,0- 15,0	Húmeda	Alta	Secciones que tienen mucho refuerzo. Trabajos donde la colocación sea un trabajo difícil. Revestimientos de túneles.

Tomado de: Tecnología del concreto, por Niño, 2010

b) Elección del tamaño máximo nominal (TMN)

En el ensayo granulométrico se obtuvo que el TMN del agregado grueso natural fue de ¾” y del agregado grueso reciclado fue de 1””; estos valores están dentro de lo permitido en la norma. En la tabla 18 se visualiza el TMN en relación a la dimensión mínima del elemento a construir.

Tabla 18. *Elección del TMN*

Dimensiones mínimas del elemento (cm)	Tamaño máximo nominal en mm			
	Vigas, columnas y muros reforzados	Muros sin refuerzo	Losas muy reforzadas	Losas con poco refuerzo o sin estos
6-15	12-19	19	19-25	19-38
19-29	19-38	38	38-76	
30-74	38-76	76	38-76	76
75 a más	38-76	152	38-76	76-152

Tomado de: Tecnología del concreto, por Niño, 2010

c) Estimación del contenido de aire

El valor estimado fue de 1% en los cuatro diseños de mezclas. En la tabla 19 se observa el porcentaje de aire atrapado en relación al máximo tamaño del agregado grueso.

Tabla 19. *Estimación del contenido de aire*

Agregado grueso (mm)	Porcentaje promedio de aire atrapado (%)	Porcentaje promedio total de aire (%) para los siguientes grados de exposición		
		Suave	Mediano	Severo
9,51	3,0	4,5	6,0	7,5
12,5	2,5	4,0	5,5	7,0
19,10	2,0	3,5	5,0	6,0
25,40	1,5	3,0	4,5	6,0
38,10	1,0	2,5	4,5	5,5
50,8	0,5	2,0	4,0	5,0
76,1	0,3	1,5	3,5	4,5
152,4	0,2	1,0	3,0	4,0

Tomado de: Tecnología del concreto, por Niño, 2010

d) Estimación de la cantidad de agua de mezclado

En la siguiente tabla se observa la cantidad de agua en relación al asentamiento (cm) y el contenido de aire atrapado (%).

Tabla 20. *Estimación de la cantidad de agua de mezclado*

Situación del contenido de aire	Asentamiento (cm)	Agua en kg/m ³ de concreto para los TMN (mm) del agregado indicado							
		12	112,51	120	125	140	150	1170	150
sin aire incluido	3-5	205	200	185	180	160	155	145	125
	8-10	225	215	200	195	175	170	160	140
	15-18	240	230	210	205	185	180	170	-
	Cantidad aproximada de aire atrapada en concreto sin aire incluido (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2

Tomado de: Tecnología del concreto, por Niño, 2010

La cantidad de agua utilizada para el NAC fue de 215 kg/m³, y de 218 kg/m³ para el concreto con agregado reciclado debido a que el RCA es muy poroso.

e) Estimación de la relación agua/ cemento (a/c)

La relación a/c a utilizar fue de 0.58 para el NAC, sin embargo, para el RCAC se eligió el valor de 0.56. Estos valores fueron estimados de la tabla 21 que presenta a continuación.

Tabla 21. *Relación a/c*

Resistencia a la compresión a los 28 días en kg/cm ²	Concreto sin inductor de aire
175	0,65
210	0,58
245	0,52
280	0,47
315	0,43
350	0,40

Tomado de: Tecnología del concreto, por Niño, 2010

f) Cálculo del contenido de cemento

Para poder calcular el contenido de cemento se utilizó la siguiente fórmula:

$$Cemento \left(\frac{kg}{m^3} \right) = \frac{Contenido \ de \ agua}{rel.a/c} \quad (1)$$

f.1) Concreto convencional (NAC)

$$Cemento \ Convencional \left(\frac{kg}{m^3} \right) = \frac{215}{0.58} = 370 \quad (2)$$

f.2) RCAC al 30%, 50% y 100%

$$Cemento \ CRAC \left(\frac{kg}{m^3} \right) = \frac{218}{0.56} = 390 \quad (3)$$

g) Estimación del contenido de agregado grueso

Para determinar el peso del agregado grueso se utilizó la tabla del ACI dónde relaciona el TMN del agregado grueso y el módulo de finura de la arena o también llamado fino. En la siguiente tabla se observa los volúmenes en relación al TMN a utilizar para los cuatro diseños de mezclas.

Tabla 22. Volumen del agregado grueso en relación al TMN

Tamaño nominal del agregado (mm)	Volumen de agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen del concreto para diversos módulos de finura del fino			
	MF=2.40	2.60	2.80	3.00
9.5	10.501	10.481	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
19	0.66	0.64	0.62	0.60
25	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	0.76	0.74	0.72	0.70
50	0.78	0.76	0.74	0.72
75	0.81	0.79	0.77	0.75
150	0.87	0.85	0.83	0.81

Tomado de: Tecnología del concreto, por Niño, 2010

g.1) Concreto convencional (NAC)

$$\text{Agreg. grueso (m3)} = 0.634 * \frac{1620}{2744} = 0.38 \quad (4)$$

g.2) Concreto con 30% de RCA

$$\text{Agreg. grueso (m3)} = 0.634 * \frac{1620}{2744} * 0.7 = 0.26 \quad (5)$$

$$\text{Agreg. grueso (m3)} = 0.684 * \frac{1342}{2422} * 0.3 = 0.11 \quad (6)$$

g.3) Concreto con 50% de RCA

$$\text{Agreg. grueso (m3)} = 0.634 * \frac{1620}{2744} * 0.5 = 0.19 \quad (7)$$

$$\text{Agreg. grueso (m3)} = 0.684 * \frac{1342}{2422} * 0.5 = 0.19 \quad (8)$$

g.4) Concreto con 100% de RCA

$$\text{Agreg. grueso (m3)} = 0.684 * \frac{1342}{2422} = 0.38 \quad (9)$$

h) Estimación del contenido de agregado fino

Para calcular la cantidad de agregado fino se convirtió los valores hallados anteriormente en volúmenes absolutos.

h.1) Concreto convencional (NAC)

- Agua

$$\text{vol. agua (m3)} = \frac{215 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0.215 \quad (10)$$

- Cemento

$$\text{vol. cemento (m3)} = \frac{370 \text{ kg}}{2800 \text{ kg/m}^3} = 0.132 \quad (11)$$

- Agregado grueso

$$\text{vol. agreg. grueso (m3)} = 0.38 \quad (12)$$

- Aire

$$\text{vol. aire (m3)} = 1/100 = 0.01 \quad (13)$$

$$\Sigma \text{Vol ab (agua, cemento, agregado grueso, aire)} = 0.7348 \text{ m}^3 \quad (14)$$

$$\text{Vol. ab agregado fino (m3)} = 1.02 - 0.7348 = 0.2805 \quad (15)$$

$$\text{Agreg. fino (kg)} = 0.2852 * 2616 = 746 \quad (16)$$

h.2) Concreto con 30% RCA

- Agua

$$vol. agua (m3) = \frac{218 kg}{1000 kg/m3} = 0.218 \quad (17)$$

- Cemento

$$vol. cemento (m3) = \frac{390 kg}{2800 kg/m3} = 0.14 \quad (18)$$

- Agregado grueso

$$vol. agreg. grueso (m3) = 0.26 \quad (19)$$

$$vol. agreg. grueso. reciclado (m3) = 0.11 \quad (20)$$

- Aire

$$vol. aire (m3) = 1/100 = 0.01 \quad (21)$$

$$\Sigma Vol ab (agua, cemento, agregado grueso, aire) = 0.7395 m3 \quad (22)$$

$$Vol. ab agregado fino (m3) = 1.02 - 0.7395 = 0.2805 \quad (23)$$

$$Agreg. fino (kg) = 0.2805 * 2616 = 734 \quad (24)$$

h.3) Concreto con 50% y 100% de RCA

La sumatoria de los volúmenes de agregado grueso (0.38m³) se mantiene en los siguientes diseños, solo se modificó el porcentaje de participación tanto del agregado grueso natural, como del reciclado.

i) Ajuste por contenido de humedad

En las tablas 23, 24, 25 y 26 se encuentran la corrección por humedad y absorción de los cuatro diseños de mezclas realizados.

i.1) Concreto convencional (NAC)

Tabla 23. Corrección por humedad y absorción del NAC

Peso (kg)	Corrección por humedad y absorción				Proporción real	
	Humedad		Absorción			
	%	kg	%	kg	kg	
Cemento	370				370.0	
Arena	746	1.21	9.03	2.15	16.039	739.0
Agregado grueso	1037	0.1	1.04	0.62	6.4294	1031.6
Agua	215		10.06		22.4684	227.4
Total	2368					2368.0

Fuente: Elaboración propia

i.2) Concreto con 30% de RCA

Tabla 24. *Corrección por humedad y absorción del concreto con 30% de RCA*

Peso (kg)	Corrección por humedad y absorción				Proporción real	
	Humedad		Absorción			
	%	kg	%	kg	kg	
Cemento	390				390.0	
Arena	734	1.21	8.88	2.15	15.781	727.1
Agregado grueso reciclado	270	0.7	1.89	4.5	12.15	259.7
Agregado grueso natural	714	0.1	0.71	0.62	4.4268	710.3
Agua	218		11.49		32.3578	238.9
Total	2326					2326.0

Fuente: Elaboración propia

i.3) Concreto con 50% de RCA

Tabla 25. *Corrección por humedad y absorción del concreto con 50% de RCA*

Peso (kg)	Corrección por humedad y absorción				Proporción real	
	Humedad		Absorción			
	%	kg	%	kg	kg	
Cemento	390				390.0	
Arena	734	0.91	6.68	2.15	15.781	724.9
Agregado grueso reciclado	459	0.4	1.84	4.5	20.655	440.2
Agregado grueso natural	514	0	0.00	0.62	3.1868	510.8
Agua	218		8.52		39.6228	249.1
Total	2315					2315.0

Fuente: Elaboración propia

i.4) Concreto con 100% de RCA

Tabla 26. *Corrección por humedad y absorción del concreto con 100% de RCA*

Peso (kg)	Corrección por humedad y absorción				Proporción real	
	Humedad		Absorción			
	%	kg	%	kg	kg	
Cemento	390				390.0	
Arena	734	0.91	6.68	2.15	15.781	724.9
Agregado grueso reciclado	918	0.4	3.67	4.5	41.31	880.4
Agregado grueso natural	0	0	0.00	0.62	0	0.0
Agua	218		10.35		57.091	264.7
Total	2260					2260.0

Fuente: Elaboración propia

5.2. Propiedades en estado fresco

En el siguiente cuadro se muestra las propiedades evaluadas en el estado fresco del NAC y el RCAC.

Tabla 27. *Propiedades del concreto en estado fresco*

Propiedades	0% Ag. Reciclado	30% Ag. Reciclado	50% Ag. Reciclado	100% Ag. Reciclado
Humedad relativa (%)	22	23	23	23
Temp Concreto (%)	27.5	25.9	25	25
Temp Ambiente (°C)	29	28.5	28	28
Asentamiento Slump (cm)	4 1/2	4 1/4	4	4 1/4
Peso Unitario (kg/m ³)	2359	2303	2264	2245
Rendimiento (m ³)	1.00	1.01	1.00	1.00
Contenido de aire (%)	1.2	1.9	2.3	3.1
Hora de ensayo (h) Slump Inicial	12:50:00	11:50:00	11:50:00	11:50:00
Volumen de tanda (Peso tanda/PU) (m ³)	0.028	0.028	0.028	0.028

Fuente: Elaboración propia

5.3. Propiedades en estado endurecido

a) Resistencia a la compresión

En las tablas del 28 al 39, se observa las resistencias obtenidas de los ensayos en laboratorio. Así mismo, en las Figuras 16, 17, 18 y 19 se muestra el gráfico de las curvas. días del concreto Vs resistencia para cada caso evaluado.

a.1) Concreto convencional (NAC)

Tabla 28. *Resistencia del NAC a los 07 días*

N°	Diámetro 1(cm)	Diámetro 2 (cm)	Prom. Diam (cm)	Área (cm)	Carga (kgf)	Resistencia (kgf/cm ²)	Prom f'c	Días
1	10.13	10.11	10.12	80.44	14208	176.64		
2	10.12	10.12	10.12	80.44	15151	188.36	182.87	7
3	10.11	10.1	10.105	80.20	14725	183.61		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Resistencia del NAC a los 14 días

Nº	Diámetro 1(cm)	Diámetro 2 (cm)	Prom. Diam (cm)	Área (cm)	Carga (kgf)	Resistencia (kgf/cm2)	Prom f'c	Días
1	10.13	10.13	10.13	80.60	19533	242.36		
2	10.11	10.12	10.115	80.36	19342	240.70	243.04	14
3	10.12	10.12	10.12	80.44	19791	246.05		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Resistencia del NAC a los 28 días

Nº	Diámetro 1(cm)	Diámetro 2 (cm)	Prom. Diam (cm)	Área (cm)	Carga (kgf)	Resistencia (kgf/cm2)	Prom f'c	Días
1	10.16	10.15	10.155	80.99	22445	277.12		
2	10.12	10.12	10.12	80.44	22334	277.66	278.33	28
3	10.15	10.14	10.145	80.83	22650	280.20		

Fuente: Elaboración propia

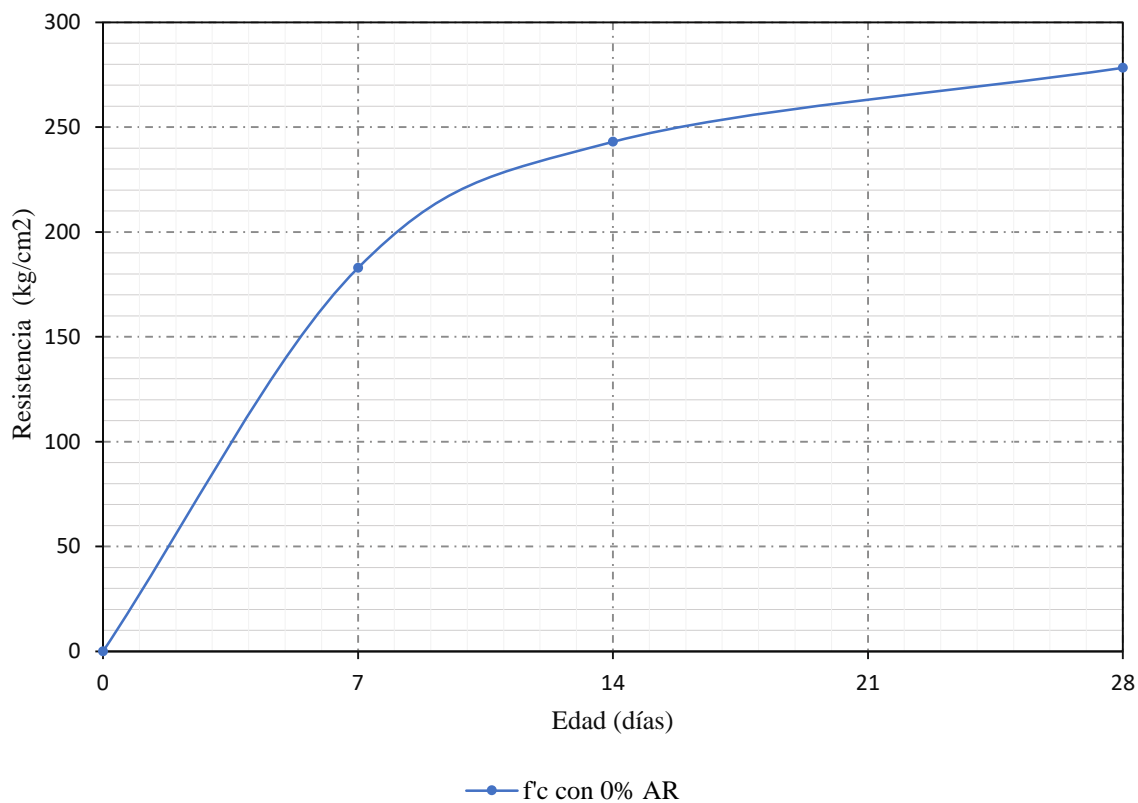


Figura 16. Curva de días de curado Vs resistencia del NAC

Fuente: Elaboración propia

a.2) Concreto con 30% de RCA

Tabla 31. Resistencia del concreto con 30% de RCA a los 07 días

N°	Diámetro 1(cm)	Diámetro 2 (cm)	Prom. Diam (cm)	Área (cm)	Carga (kgf)	Resistencia (kgf/cm2)	Prom f'c	Días
1	10.11	10.11	10.11	80.28	16935	210.96		
2	10.15	10.14	10.145	80.83	15447	191.09	202.36	7
3	10.12	10.13	10.125	80.52	16509	205.04		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Resistencia del concreto con 30% de RCA a los 14 días

N°	Diámetro 1(cm)	Diámetro 2 (cm)	Prom. Diam (cm)	Área (cm)	Carga (kgf)	Resistencia (kgf/cm2)	Prom f'c	Días
1	10.16	10.15	10.155	80.99	22258	274.81		
2	10.14	10.14	10.14	80.75	21903	271.23	268.90	14
3	10.12	10.11	10.115	80.36	20945	260.65		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33. Resistencia del concreto con 30% de RCA a los 28 días

N°	Diámetro 1(cm)	Diámetro 2 (cm)	Prom. Diam (cm)	Área (cm)	Carga (kgf)	Resistencia (kgf/cm2)	Prom f'c	Días
1	10.11	10.12	10.115	80.36	23758	295.66		
2	10.17	10.16	10.165	81.15	23796	293.22	294.89	28
3	10.13	10.14	10.135	80.67	23863	295.79		

Fuente: Elaboración propia

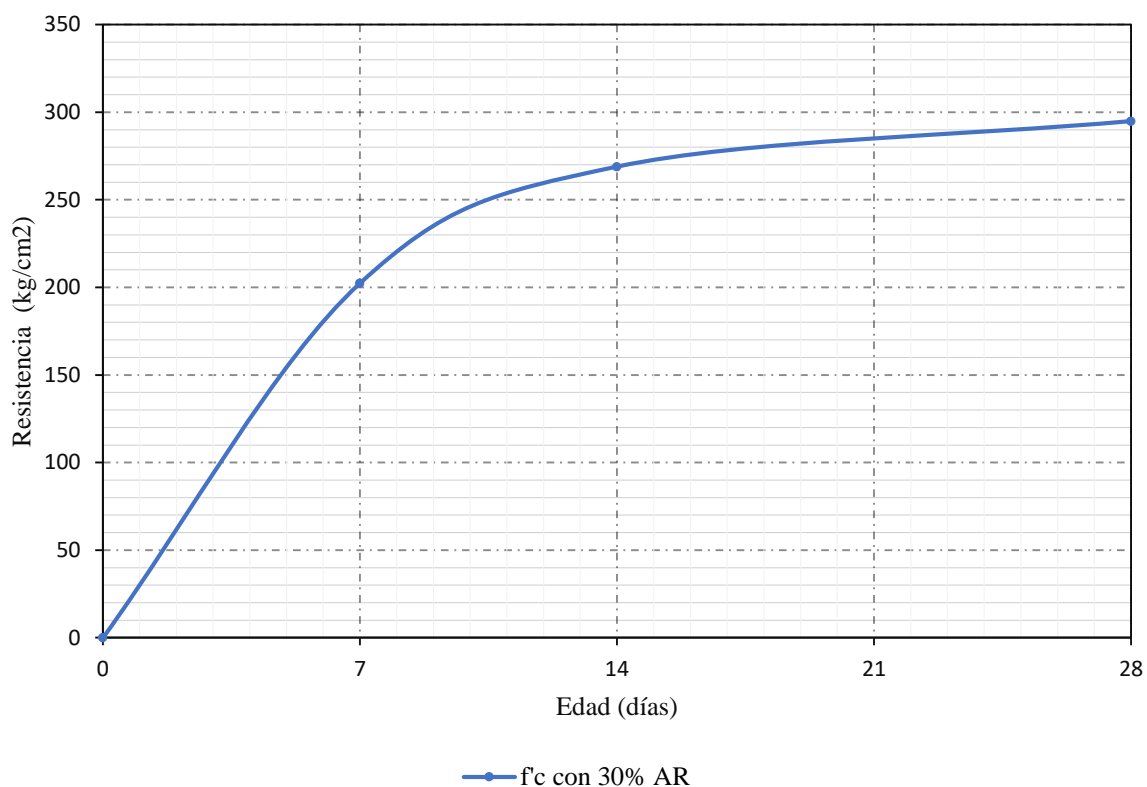


Figura 17. Curva de días de curado Vs. resistencia del concreto con 30% de RCA
Fuente: Elaboración propia

a.3) Concreto con 50% de RCA

Tabla 34. Resistencia del concreto con 50% de RCA a los 07 días

Nº	Diámetro 1(cm)	Diámetro 2 (cm)	Prom. Diam (cm)	Área (cm)	Carga (kgf)	Resistencia (kgf/cm ²)	Prom f'c	Días
1	10.00	10.00	10.00	78.54	11282.00	143.65		
2	10.10	10.10	10.10	80.12	11039.00	137.78	138.64	7
3	10.00	10.10	10.05	79.33	10668.00	134.48		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35. Resistencia del concreto con 50% de RCA a los 14 días

Nº	Diámetro 1(cm)	Diámetro 2 (cm)	Prom. Diam (cm)	Área (cm)	Carga (kgf)	Resistencia (kgf/cm ²)	Prom f'c	Días
1	10.24	10.10	10.17	81.23	16739.00	206.06		
2	10.24	10.10	10.17	81.23	15469.00	190.43	199.23	14
3	10.27	10.10	10.19	81.47	16392.00	201.20		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36. Resistencia del concreto con 50% de RCA a los 28 días

N°	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Prom. Diam (cm)	Área (cm)	Carga (kgf)	Resistencia (kgf/cm ²)	Prom f'c	Días
1	10.18	10.22	10.20	81.71	19442.00	237.93		
2	10.18	10.18	10.18	81.39	21791.00	267.73	260.02	28
3	10.20	10.10	10.15	80.91	22203.00	274.40		

Fuente: Elaboración propia

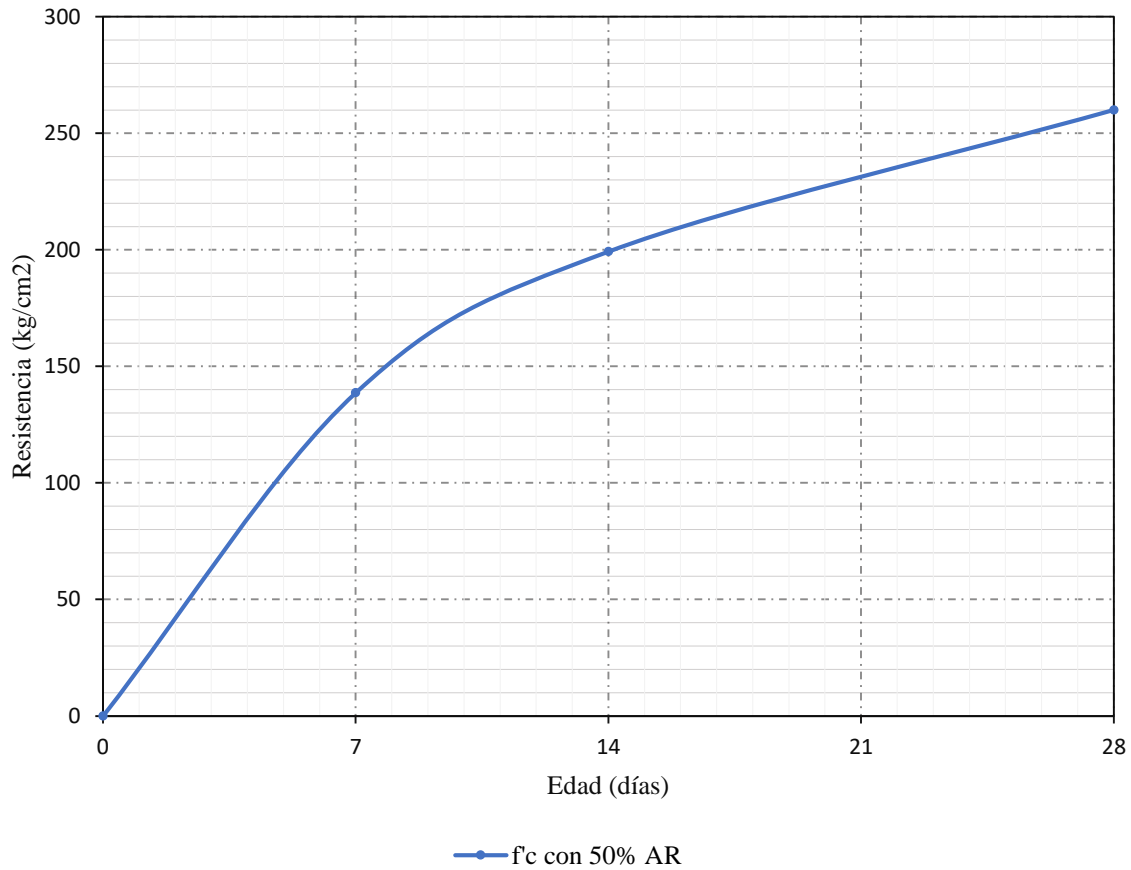


Figura 18. Curva de días de curado Vs resistencia del concreto con 50% de RCA

Fuente: Elaboración propia

a.3) Concreto con 100% de RCA

Tabla 37. Resistencia del concreto con 100% de RCA a los 07 días

N°	Diámetro 1(cm)	Diámetro 2 (cm)	Prom. Diam (cm)	Área (cm)	Carga (kgf)	Resistencia (kgf/cm ²)	Prom f'c	Días
1	10.1	10.18	10.14	80.75	10103	125.11		
2	10.3	10.28	10.29	83.16	10433	125.45	123.43	7
3	10.28	10.28	10.28	83.00	9938	119.74		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38. Resistencia del concreto con 100% de RCA a los 14 días

N°	Diámetro 1(cm)	Diámetro 2 (cm)	Prom. Diam (cm)	Área (cm)	Carga (kgf)	Resistencia (kgf/cm ²)	Prom f'c	Días
1	10.2	10.1	10.15	80.91	15606	192.87		
2	10.22	10.21	10.215	81.95	14758	180.08	188.75	14
3	10.16	10	10.08	79.80	15426	193.30		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39. Resistencia del concreto con 100% de RCA a los 28 días

N°	Diámetro 1(cm)	Diámetro 2 (cm)	Prom. Diam (cm)	Área (cm)	Carga (kgf)	Resistencia (kgf/cm ²)	Prom f'c	Días
1	10.18	10.2	10.19	81.55	19503	239.15		
2	10.1	10.2	10.15	80.91	18931	233.96	241.55	28
3	10.2	10.1	10.15	80.91	20352	251.53		

Fuente: Elaboración propia

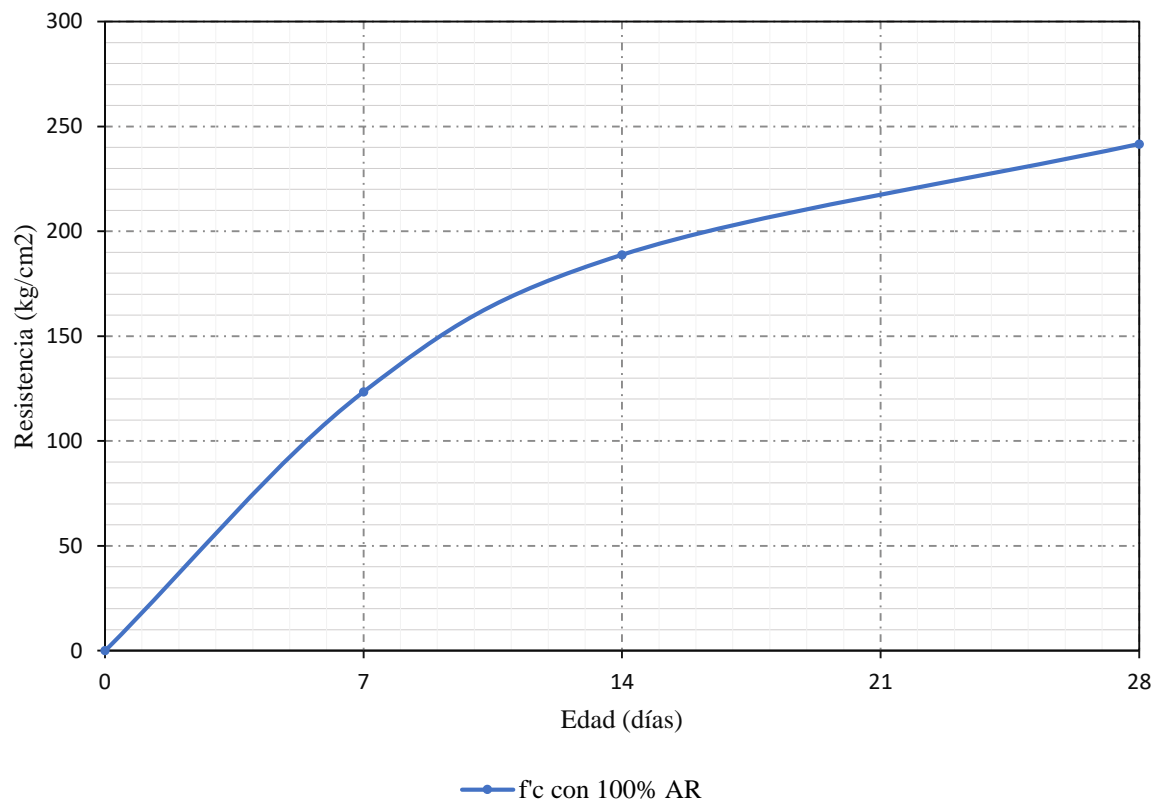


Figura 19. Curva de días de curado Vs resistencia del concreto con 100% de RCA
Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 6:

COSTO DEL CONCRETO

En los ensayos de resistencia se observó que al reemplazar el 100% de agregado grueso reciclado (RCA) la resistencia obtenida a los 28 días, fue de 242 kg/cm², siendo este mayor al diseño de 210 kg/cm². Por consiguiente, se realizó el análisis de costo para un concreto convencional (NAC) y con el 100% de RCA, siendo la finalidad reducir el impacto ambiental en los componentes suelo y paisaje para poder comparar los resultados obtenidos.

Conocer la ubicación del proyecto de estudio, botadero y chancadora, fue primordial para realizar el análisis de precios unitarios, ya que la distancia entre ellos influirá en el precio de traslado y eliminación de los residuos de construcción y demolición (RCD).

En la figura 20 se observa la ubicación del proyecto de estudio, botadero y chancadora.

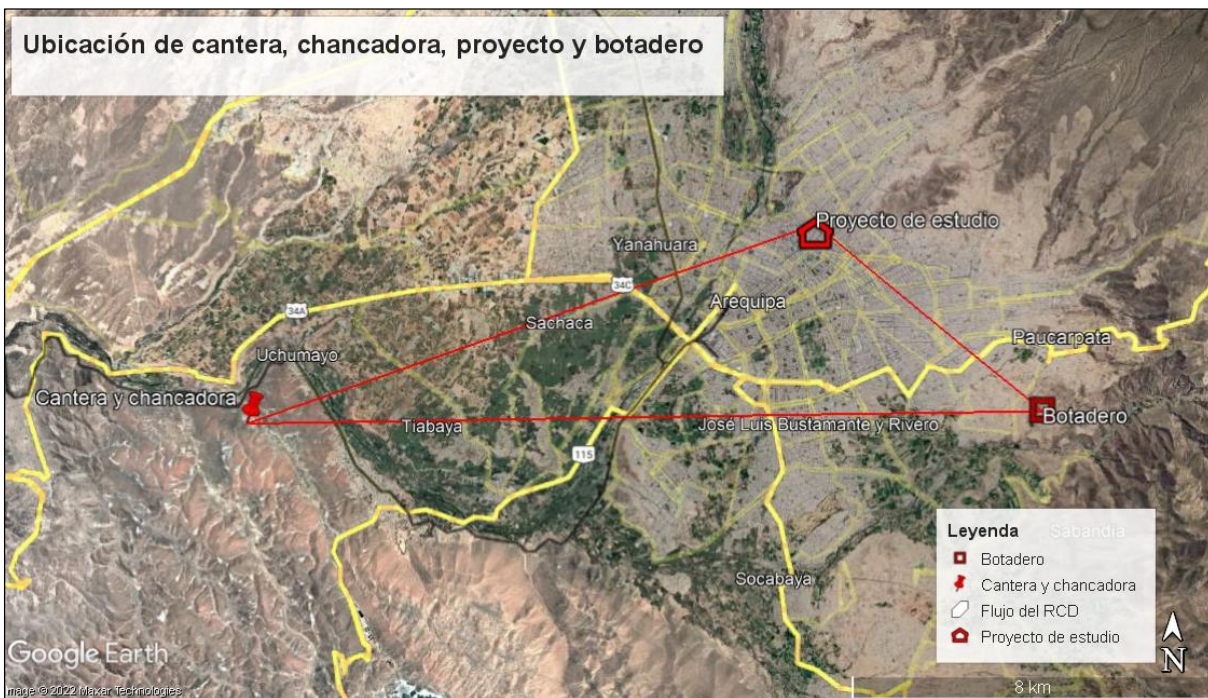
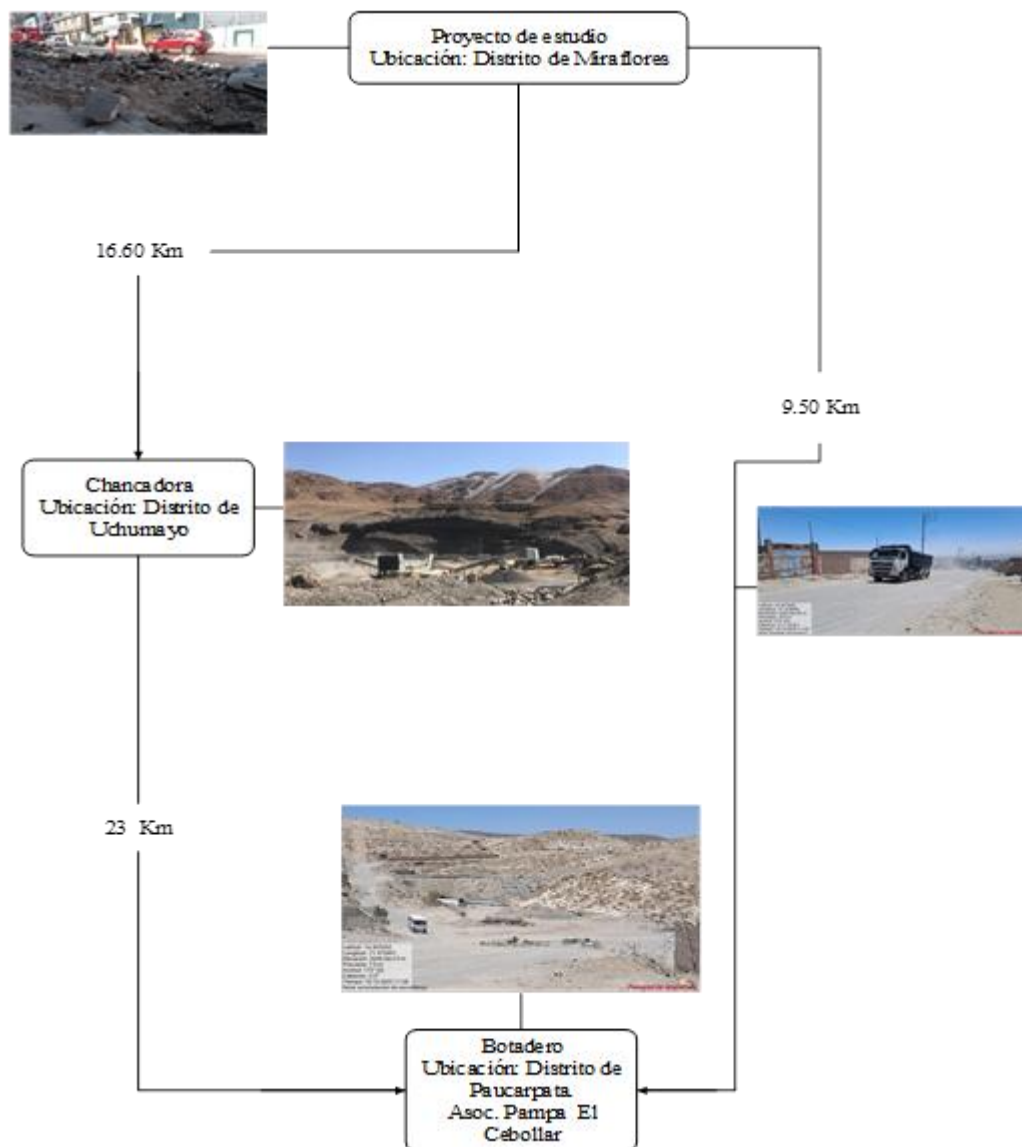


Figura 20. Ubicación de cantera, chancadora y botadero
Fuente: Tomado de Google Earth

Las distancias entre ellos son:

- Proyecto de estudio – Chancadora : 16.6 km
- Chancadora – Cebollar : 23 Km
- Proyecto de estudio – Cebollar : 9.5 km

En la siguiente figura se observa las distancias entre los diferentes lugares mencionados anteriormente.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 21. Distancia entre la ubicación de cantera, chancadora, botadero y proyecto

6.1. Análisis de precios unitarios

Se realizó un análisis de precios unitarios (APU) de las actividades que fueron necesarias para poder realizar la construcción de veredas de concreto con f'c: 210 kg/cm² del proyecto de estudio.

a) Concreto convencional (NAC)

En primer lugar, se tuvo que demoler la estructura de concreto que se encontraba en el terreno (veredas). En la tabla 40 se observa el APU de la demolición de veredas.

Tabla 40. *APU Demolición de veredas existente*

Demolición de Veredas	Unidad	Rend: Cuadrilla	100 Cantidad	m2/día Precio	Parcial
Mano de obra					
Capataz	HH	0.10	0.0080	28.65	0.23
Oficial	HH	2.00	0.1600	19.30	3.09
Peón	HH	4.00	0.3200	17.45	5.58
					8.90
Materiales					
Barreno 5" X 1/8"P	UND		0.0024	180.00	0.43
Petróleo	GLN		0.0400	19.40	0.78
					1.21
Equipo					
Herramientas manuales	%MO		3.0000	8.90	0.27
Compresora Neumática 250-330 PCM, 87 HP	HM	1.00	0.0800	79.34	6.35
Martillo neumático de 24 kg	HM	2.00	0.1600	9.00	1.44
					8.05
Costo unitario por m2:					18.16

Fuente: Elaboración propia

En segundo lugar, se tuvo que acarrear y cargar el material demolido en el volquete para su posterior eliminación. En la tabla 41, se observa el APU de la actividad mencionada.

Tabla 41. *APU Acarreo de material excedente*

Acarreo y carguío de material excedente de demolición		Rend:	120	m3/día	
Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra					
Capataz	HH	0.10	0.0067	28.65	0.19
Peón	HH	1.00	0.0667	17.45	1.16
					1.36
Equipo					
Herramientas manuales	%MO		3.0000	1.36	0.04
Retroexcavadora 90 HP 1 yd3	HM	0.50	0.0333	120.00	4.00
					4.04
Costo unitario por m3:					5.39

Fuente: Elaboración propia

Una vez cargado el material al volquete, se procedió con la eliminación de este RCD al botadero elegido para el proyecto. En esta oportunidad, los RCD fueron llevados a la Asociación Pecuaría y Vivienda Pampa El Cebollar, ubicado en el distrito de Paucarpata. Previo a la ejecución de esta actividad, se realizó un convenio notarial entre los representantes del proyecto y la Asociación para establecer ciertos puntos como, por ejemplo; el material excedente de demolición debía ser tratado adecuadamente, es decir, que este debía ser compactado en el terreno y este material serviría como relleno para vías y viviendas. En la tabla 42, se observa el APU de la eliminación.

Tabla 42. *APU Eliminación del material excedente*

Eliminación de material excedente DM=9.50K M		Rend:	90	m3/día	
Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial

Mano de obra

Oficial	HH	0.10	0.0089	19.30	0.17
					0.17

Equipo

Camión Volquete de 15 m ³	HM	1.00	0.0889	235	20.89
					20.89
Costo unitario por m ³ :					21.06

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 43, se visualiza el APU de veredas de concreto f'c: 210 kg/cm² con 0% de RCA del proyecto de estudio.

Tabla 43. APU Veredas de NAC

Vereda de concreto f'c: 210 kg/cm ² (e=4")		Rend:	100	m ² /día	
Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra					
Capataz	HH	0.10	0.0080	28.65	0.23
Operario	HH	5.00	0.4000	24.44	9.78

Oficial	HH	1.00	0.0800	19.30	1.54
Peón	HH	9.00	0.7200	17.45	12.56
					24.11

Materiales

Arena Fina	M3		0.0140	48.16	0.67
Arena gruesa	M3		0.0285	33.16	0.95
Agua	M3		0.0215	5.00	0.11
Piedra chancada de 1/2"-3/4"	M3		0.0378	47.33	1.79
Cemento Portland Tipo IP (42.5KG)	BOL		2.1700	22.90	49.69
					53.21

Equipo

Herramientas manuales	%MO		3.0000	24.11	0.72
Vibrado de concreto 4 HP 1.25"	HM	1.00	0.0800	30.00	2.40
Mezcladora de concreto de 9-11P3	HM	1.00	0.0800	70.00	5.60
					8.72
				Costo unitario por m2:	86.05

Fuente: Elaboración propia

b) Concreto con 100% de agregado grueso reciclado

Para la obtención del agregado grueso reciclado se tuvo que realizar una serie de actividades preliminares (ver capítulo 4). Además, para conseguir el RCAC se realizó la selección y clasificación del RCD en el lugar del proyecto. A partir de ahí, lo que sucedió fue que la muestra inicial de RCD tuvo dos destinos diferentes; la primera parte de la muestra fue acarreada y cargada para su posterior eliminación en El Cebollar y la otra parte restante fue cargada y llevada a la chancadora (La Poderosa – La Enlozada) para continuar con el proceso de chancado, tamizado y posteriormente la obtención del RCAC. Asimismo, de todo el material llevado a la chancadora el 50% fue transformado en RCAC; sin embargo, el resto del material fue transformado en agregado fino reciclado y por no ser parte de este estudio, este material tuvo que ser eliminado en El Cebollar. Posteriormente, el RCAC fue trasladado al lugar del proyecto para la elaboración del concreto para veredas.

En las tablas 44 – 52, se observan los APU de las actividades que fueron necesarias para la construcción de veredas de concreto f'c: 210 kg/cm2 con 100% de RCA.

Tabla 44. APU demolición de veredas

Demolición de Veredas		Rend:	60	m2/día	
Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra					
Capataz	HH	0.10	0.0133	28.65	0.38
Oficial	HH	2.00	0.2667	19.30	5.15
Peón	HH	4.00	0.5333	17.45	9.31
					14.84
Materiales					
Barreno 5" X 1/8"	UND		0.0024	180.00	0.43
Petróleo	GLN		0.0400	19.40	0.78
					1.21
Equipo					
Herramientas manuales	%MO		3.0000	14.84	0.45
Compresora Neumática 250-330 PCM, 87 HP	HM	1.00	0.1333	79.34	10.58
Martillo neumático de 24 kg	HM	2.00	0.2667	9.00	2.40
					13.42
				Costo unitario por m2:	29.47

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45. APU Selección y clasificación de RCD

Selección y clasificación del RCD	Rend:	15	m3/día
-----------------------------------	-------	----	--------

Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra					
Capataz	HH	0.10	0.0533	28.65	1.53
Peón	HH	1.00	0.5333	17.45	9.31
					10.83
Equipo					
Herramientas manuales	%MO		3.0000	10.83	0.33
					0.33
Costo unitario por m3:					11.16
Fuente: Elaboración propia					

Tabla 46. *APU Acarreo y carguío de material excedente de demolición*

Acarreo y carguío de material excedente de demolición		Rend: 120 m3/día			
Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra					
Capataz	HH	0.10	0.0067	28.65	0.19
Peón	HH	1.00	0.0667	17.45	1.16
					1.36
Equipo					
Herramientas manuales	%MO		3.0000	1.36	0.04
Retroexcavadora 90 HP 1 yd3	HM	0.50	0.0333	120.00	4.00
					4.04
Costo unitario por m3:					5.39
Fuente: Elaboración propia					

Tabla 47. *APU Eliminación de material excedente DM= 9.50KM*

Eliminación de material excedente DM=9.50KM		Rend:	90	m3/día	
Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra					
Oficial	HH	0.10	0.0089	19.30	0.17
					0.17
Equipo					
Camión Volquete de 15 m3	HM	1.00	0.0889	235.00	20.89
					20.89
Costo unitario por m3:					21.06

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48. *APU Eliminación de material excedente DM=23 KM*

Eliminación de material excedente DM=19.9 KM		Rend:	45	m3/día	
Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra					
Oficial	HH	0.10	0.0178	19.30	0.34
					0.34
Equipo					
Camión Volquete de 15 m3	HM	1.00	0.1778	235.00	41.78
					41.78
Costo unitario por m3:					42.12

Fuente: Elaboración propia

Tabla 49. *APU Transporte del RCD a la chancadora*

Transporte de RCD a Chancadora DM=16.6KM		Rend:	60	m3/día	
Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial

Mano de obra

Oficial	HH	0.10	0.0133	19.30	0.26
					0.26

Equipo

Camión volquete de 15m3	HM	1.00	0.1333	235.00	31.33
					31.33
Costo unitario por m3:					31.59

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 50. APU del Chancado del RCD

Chancado RCD		Rend:	1		
Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Subcontrato					
Chancado y tamizado de RCD	GLB	1.00	1.0000	26.66	26.66
					26.66
Costo unitario por m3:					26.66

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51. APU Transporte de RCA a obra DM=16.6KM

Transporte de RCA a obra DM=16.6KM		Rend:	60	m3/día	
Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra					
Oficial	HH	0.10	0.0133	19.30	0.26
					0.26

Equipo

Camión volquete de 15m3	HM	1.00	0.1333	235.00	31.33
					31.33
Costo unitario por m3:					31.59

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52. APU Veredas de concreto con 100% RCA

Vereda de concreto f'c: 210 kg/cm2 (e=4") con 100% RCA					
		Rend:	100	m2/día	
		Cuadrilla	Cantidad	recio	Parcial

Descripción Insumo	Unidad				
Mano de obra					
Capataz	HH	0.10	0.0080	28.65	0.23
Operario	HH	5.00	0.4000	24.44	9.78
Oficial	HH	1.00	0.0800	19.30	1.54
Peón	HH	9.00	0.7200	17.45	12.56

24.11

Materiales					
Arena Fina	M3		0.0140	48.16	0.67
Arena gruesa	M3		0.0281	33.16	0.93
Agua	M3		0.0218	5.00	0.11
Piedra chancada reciclada	M3		0.0372	108.18	4.02
Cemento Portland Tipo IP (42.5KG)	BOL		2.2170	22.90	50.77

56.50

Equipo

Herramientas manuales	%MO		3.0000	24.11	0.72
Vibrado de concreto 4 HP 1.25"	HM	1.00	0.0800	30.00	2.40
Mezcladora de concreto de 9-11P3	HM	1.00	0.0800	70.00	5.60

	8.72
Costo unitario por m2:	89.34

Fuente: Elaboración propia

6.2. Presupuesto

A partir de la elaboración de los APU se procedió a elaborar un presupuesto del concreto con 0% y 100% de RCA para la construcción de veredas del proyecto de estudio.

a) Concreto convencional (NAC)

En esta oportunidad se consideró las actividades de demolición de veredas existentes, acarreo y carguío de material, eliminación de material excedente y la construcción de veredas de concreto $f'c$: 210 kg/cm².

En la tabla 53, se muestra el presupuesto para la construcción de veredas del proyecto de estudio, considerando el uso de NAC.

Tabla 53. *Presupuesto de construcción de veredas con NAC*

Actividad	Unidad	Metrado	Precio (s/.)	Parcial (s/.)
Demolición de veredas	M2	5,214.29	18.16	94,709.42
Acarreo y carguío de material	M3	949.00	5.39	5,119.82
Eliminación de material excedente DM=9.5 KM	M3	949.00	21.06	19,986.36
Vereda de concreto $f'c$: 210 kg/cm ² (e=4")	M2	5,214.29	86.05	448,670.92
	Total			568,486.52

Fuente: Elaboración propia

b) Concreto con 100% de agregado grueso reciclado

En la tabla 54, se muestra el presupuesto para la construcción de veredas del proyecto de estudio, considerando el uso de concreto con agregado reciclado (RCA) al 100%.

Tabla 54. *Presupuesto de construcción de veredas con 100% de RCA*

Actividad	Unidad	Metrado	Precio (s/.)	Parcial (s/.)
Demolición de veredas	M2	5,214.29	29.47	153,649.80
Selección y clasificación del RCD	M3	949.00	11.16	10,590.56
Acarreo y carguío de material	M3	949.00	5.39	5,119.82
Eliminación de material excedente DM=9.5 KM	M3	385.32	21.06	8,115.11
Eliminación de material excedente DM=23 KM	M3	281.84	42.12	11,871.25
Vereda de concreto f'c: 210 kg/cm2 (e=4")	M2	5,214.29	89.34	465,852.11
	Total			655,198.65

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 7:

IMPACTOS AMBIENTALES POTENCIALES

Este capítulo tiene como objetivo identificar los efectos que genera el proceso de elaboración de concreto, el cual está conformado por una serie de subprocesos que generan impacto en su entorno.

7.1. Procedimiento de evaluación del impacto ambiental.

Para la evaluación del impacto ambiental (EIA) se realizó una indagación documental sobre las metodologías usadas actualmente, estas fueron analizadas y comparadas a fin de usar una que se adapte al caso de estudio y sea lo más flexible posible. Por lo tanto, se tomó como referencia la metodología propuesta por Conesa para la elaboración de la matriz de impactos, la cual permite identificar la interrelación de cada uno de los componentes con los factores ambientales.

Para la aplicación de esta metodología se hizo uso de la guía de identificación y caracterización de los impactos ambientales (IA) proporcionado por el Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Por lo que, se siguió los pasos mencionados en la figura 22.

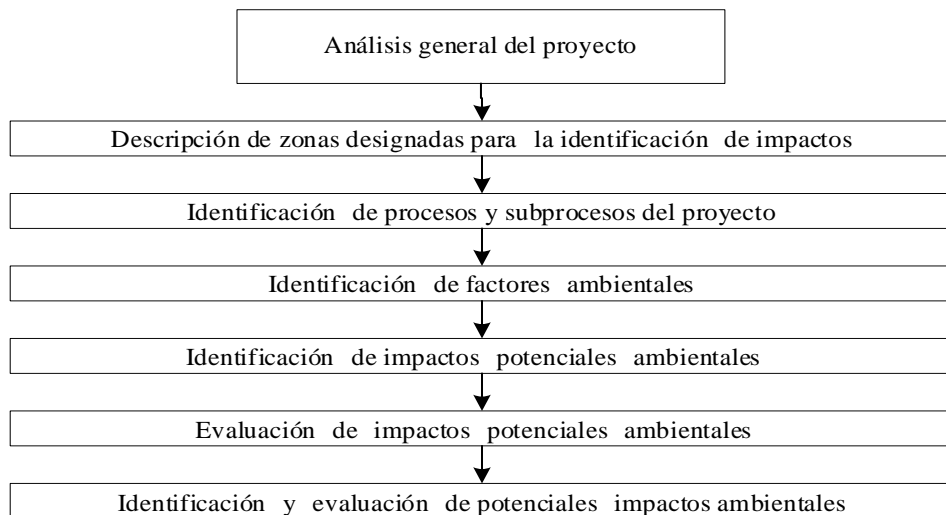


Figura 22. Pasos a seguir para la evaluación de impacto ambiental.

Fuente: Elaboración propia

El presente proyecto fue seleccionado porque presenta partidas para la demolición y construcción de veredas; así como para la disposición final de los escombros. En el Capítulo 5 de la presente investigación se logró comprobar a través, de la experimentación de ensayos de laboratorio, el uso del RCAC. En tal sentido, en este capítulo, se evaluó el impacto ambiental en la producción del NAC y con 100% de agregado grueso reciclado (RCA) en los componentes suelo y paisajístico.

Para la evaluación ambiental en los componentes mencionados se tuvo las siguientes consideraciones:

- El agregado grueso y fino natural para el proyecto se obtuvo de la cantera La Poderosa - La Enlozada, que se ubica a 16.6 km de distancia del proyecto.
- Para el agregado grueso reciclado se consideró la cantera La Poderosa - La Enlozada como área de trituración y selección de material.
- La zona de disposición final de RCD se realizó en un Depósito de material excedente (DME), ubicado en la Asociación Pecuaria El Cebollar – Paucarpatá – Arequipa.

Para la EIA se consideraron los resultados de estudios previos para la toma de decisiones, tal como se muestra en el cuadro resumen (ver tabla 55).

Tabla 55. Resumen para la toma de decisiones.

Demolición de veredas en proyecto (Caso de estudio)		
Decisión de reciclaje	Volumen de residuos generados (en 1m ³)	Volumen de residuos para reúso (en 1m ³)
Si se opta por reciclar	0.5 m ³ de residuos	0.5 m ³ de residuos
Si no se opta por reciclar	1 m ³ de residuos	No se optó por reúso

Fuente: Elaboración propia.

7.3. Descripción de zonas designadas para la identificación de impactos

Posteriormente, se detalla la ubicación de las áreas de evaluación de impacto correspondientes a los subprocesos que se estudian en la presente investigación.

7.3.1. Zona de extracción y preparación de agregados naturales y trituración de agregado grueso reciclado (RCA)

La zona de extracción y preparación de agregados es la cantera La Poderosa - La Enlozada, se encuentra en el distrito de Uchumayo, provincia de Arequipa, en el Perú.

La figura 24 muestra la ubicación exacta de la cantera y esta se encuentra a 12km al suroeste de la ciudad de Arequipa, con una altitud de 2150 m.s.n.m., sus coordenadas son; 218002m Este y 8180322m Norte.



Figura 24. Ubicación de cantera La Poderosa - La Enlozada
Tomado de: Google Earth

La Declaración de Impacto ambiental (DIA) con Resolución Directoral N°383-2015-PRODUCE/DVMYPE-I/DIGGAM, menciona que:

- El proyecto se desarrolla en un área total de 9.22 hectáreas aproximadamente; siendo distribuido de la siguiente manera: el área de 8.12 hectáreas corresponden para los componentes de la cantera y el 1.1 hectáreas para los componentes de la planta industrial.

- Se generan material particulado y gases de combustión provenientes de las unidades de transporte y las actividades de construcción. Además, se cuenta con una cisterna con regadores para el riego y humectación de las vías de acceso y zonas generadoras de polvo, también se realizó un mantenimiento preventivo de sus equipos y maquinarias para controlar emisiones.
- Se generan ruidos por el transporte de camiones, cisterna y volquetes, y las vibraciones que se generen se manifestaran en lugares y momentos específicos. Se realiza un mantenimiento de las maquinarias y equipos.
- La producción de agregado grueso lavado es de 300m³/h y el agregado fino es de 150m³/h.

7.3.1.1. Efectos en el ambiente

- Generación de emisiones atmosféricas de gases y material particulado: En la cantera las fuentes con las labores de explotación de minerales no metálicos y el proceso de chancado y trituración.
- Generación de ruido: Por el funcionamiento de la chancadora, líneas de producción, uso de maquinarias y el transporte de camiones, cisternas y volquetes.
- Generación de vibraciones: Durante el funcionamiento de las chancadoras, trituradoras y líneas de producción. No se hace uso de voladura.
- Efluentes domésticos: La cantera cuenta con un biodigestor cuyo efluente se evacúa a una zanja de infiltración y poza de percolación.
- Efluente industrial: Los efluentes de lavado de arena son decantados en un conjunto de pozas, de donde el agua tratada es reutilizada en el proceso, parte del agua tratada es utilizada para el riego de áreas generadoras de polvo.
- Residuos sólidos peligrosos: Está constituido por aceite y lubricantes residuales, grasas, paños contaminados, tierra contaminada con hidrocarburos, conforman un total de 275 kg/mes.
- Los residuos sólidos no peligrosos: Está constituido por basura común, envases PET, papel cartón, plásticos, maderas, chatarra metálica, llantas, filtros de aire y envases, conforman un total de 260 kg/mes.

7.3.1.2. Características del entorno

- Área de influencia Directa (AID): Comprende el área dónde se emplazan los componentes existentes y en donde se instalarán componentes principales y auxiliares. Corresponde a 301.91 ha y no se encuentran poblaciones cercanas.

- Área de influencia Indirecta (AII): Comprende el área contigua a las operaciones de la cantera y el área directa, este AII incluyen también áreas agrícolas colindantes al río Chili distante al proyecto, vías de acceso a la cantera, vía férrea y cantera de extracción de materiales de terceros. No incluye áreas pobladas con viviendas.

- Aspectos físicos: El área del proyecto se encuentra en las estribaciones andinas, en los flancos bajos de la cordillera occidental de los Andes, sobre la superficie en la quebrada Enlozada, ubicada a margen izquierdo del río Chili. La Tabla 56, muestra la descripción de cada aspecto físico considerado.

Tabla 56. Descripción de las características del entorno para aspectos físicos.

Aspecto físico	Descripción
Topografía	Está conformada por colinas y montañas moderadamente empinadas y disectadas por quebradas secas; es un área abrupta y accidentada en las zonas más altas de los cerros.
Geomorfología	Se caracteriza por presentar un conjunto de colinas y cadenas montañosas en algunos casos agrestes y que se elevan hasta los 23000 msnm, con pequeñas quebradas que confluyen hacia la quebrada Enlozada, productos de las aguas de escorrentía, que eventualmente surgen en la zona por lluvias
Hidrología	El área del proyecto está ubicada en la microcuenca de la quebrada La Enlozada y esta a su vez se encuentra en el margen izquierdo del río Chili a una distancia aproximada de 600m, la cual forma parte de la cuenca Quilca-Vitor-Chili, sin embargo, la quebrada La Enlozada es de régimen seco todo el año. No hay presencia de afloramientos hídricos, ni cuerpos de agua activo.
Suelos	Lo tipos de suelos Tinajones, suelos muy superficiales de 20 a 25 cm debido a la elevada presencia de gravas y guijarros dentro del perfil y su cercanía a la roca que limitan su profundidad efectiva, con contenidos entre 30 a 70% en todo el perfil; - Suelos Torre, suelos muy superficiales de 25 a 35 cm textura es moderadamente gruesa (franco arenoso). - Suelo Arenoso, suelo moderadamente profundo hasta más de 100cm. De textura arena franca con presencia de pedregosidad superficial compuesta por fragmentos de los tamaños de grava y guijarros. - Suelos Enlozada, suelo superficial de 20 a 25cm. Debido a la presencia de fragmentos muy gruesos del tamaño de gravillas, gravas y guijarros desde la superficie en tenores de 15 a 60%.

- Asociación Enlozada Torre, suelo superficial de 20 a 25cm. Debido a la presencia de fragmentos muy gruesos del tamaño de gravillas, gravas y guijarros desde la superficie y tenores de 15 a 60%, la pedregosidad superficial es elevada cubriendo el 40 a 50% de la superficie, suelos en una proporción de 60% de origen residual y 40% de coluvio-aluvial y se ubica sobre pie de laderas con pendientes entre 8 y 15% y relieves fuertemente inclinados

Capacidad de uso mayor de tierras	La clasificación está basada en el D.S. 017-2009-AG, encontrándose que la capacidad de uso mayor es para Tierras de Protección (X) debido a sus severas limitaciones que no permiten establecer en ellas actividades agrícolas, pecuarias o forestales.
Uso actual de suelos	Han reconocido dos clases, áreas e instalaciones privadas y terrenos sin uso y/o improductivos.
Calidad estética del paisaje	Han determinado en base a la metodología ponderación paisajística, concluyendo que el paisaje presenta una calidad media, sus rasgos son repetitivos y no sobresalientes, muy poca variedad en la forma, color, línea y textura. Dicha condición se debe a la configuración típica de un relieve desértico moderadamente ondulado, descubierta vegetación en gran parte del entorno el proyecto, condiciones climáticas propias de un clima desértico, escasa vegetación xerofítica, entre otros.
Clima y meteorología	El clima es seco y desértico, la temperatura cambia moderadamente entre el día y la noche, registrando una fuerte insolación durante las mañanas y bajas temperaturas por las noches.

Adaptado de: RD N° 383-2015-PRODUCE/DVMYPE-I/DIGGAM

- Aspectos biológicos; en la tabla 57, se muestra la descripción de cada aspecto biológico estudiado.

Tabla 57. Descripción de las características del entorno para aspectos biológicos.

Aspecto Biológico	Descripción
Zona de vida	De acuerdo al Mapa Ecológico del Perú y la evaluación In Situ, el área del proyecto se encuentra en la zona de vida denominado Desierto Perárico - Montano Bajo Subtropical (dp-MBS) a una altura de 2000 a 2400 msnm.
Formaciones vegetales	En el área del proyecto se ha identificado las siguientes formaciones vegetales; Cactal, Clumnar, Disperso y Matorral Estacional.
Flora	La diversidad de especies en la formación Cactal Columnar más abundantes y dominantes fueron la <i>Brownigna Candelaris</i> con 49 individuos, <i>Oreocereus hempelianus</i> con 44 individuos y <i>Weberbaurocereus weberbauri</i> con 39 individuos. En la formación matorral estacional las especies más abundantes y dominantes fueron la <i>Tiquilla</i> , <i>Eloganta</i> y <i>Arístida</i> sp. No existiendo especies en peligro crítico, ni en peligro de acuerdo a la lista de especies amenazadas de fauna silvestre según D.S. N°043-2006-AG, mientras que las cactáceas <i>Browningia</i> y <i>Cumulopuntia sphaerica</i> son especies en situación vulnerable (VU).

Fauna No se han observado mamíferos, en cuanto a avifauna se han registrado 8 especies de ave, no han registrado presencia de anfibios. Ninguna de las especies observadas se encuentra en la clasifica con especial estatus de conversación según el D.S. MN°004-2014-MINIGRI.

Adaptado de: RD N° 383-2015-PRODUCE/DVMYPE-I/DIGGAM

- Aspecto socioeconómico; en la tabla 58, se muestran los aspectos socioeconómicos y una descripción de estos respecto al caso evaluado.

Tabla 58. Descripción de las características del entorno para aspectos socioeconómicos.

Aspecto socioeconómico	Descripción
Área de influencia directa social (AIDS)	Se encuentran áreas agrícolas colindantes a la concesión minera y próximas al río Chili, en esta área no existen viviendas que los agricultores durante el día realizan sus labores y regresan a sus casas para pernoctar.
Área de influencia indirecta social (AIIIS)	El poblado más cercano, es la Asociación de viviendas Virgen del Rosario que se ubica en la quebrada Tinajones en donde residen 151 habitantes; pero 60 familias (aproximadamente 151 habitantes), el centro poblado más cercano es Congata ahí viven 4036 habitantes. En la asociación Virgen del Rosario no existe ninguna institución educativa ni centro de salud, tampoco cuentan con servicio de agua potable y alcantarillado; sin embargo, tienen el servicio eléctrico y se abastecen de agua a través de un camión cisterna, con respecto a la actividad económica en su mayoría la población se dedica a las actividades de comercio y construcción. Mientras que el centro poblado de Congata cuenta con centros educativos inicial, primaria y secundaria, no se cuenta con educación superior.

Adaptado de: RD N° 383-2015-PRODUCE/DVMYPE-I/DIGGAM

7.3.1.3. Panel fotográfico

En las figuras 25 y 26, se muestran procesos ejecutados en la cantera, necesarios para la obtención de los agregados, observando el proceso de extracción de material y preparación respectivamente.



Figura 25. Proceso de extracción de material en cantera
Fuente: Elaboración propia



Figura 26. Procesamiento de agregados (chancado primario y secundario), para la obtención de agregado fino y grueso.
Fuente: Elaboración propia.

7.3.2. Zona de disposición final de RCD

Antes de mencionar la ubicación del lugar dónde se realiza la disposición final, se precisa que el caso de estudio no cuenta con la ubicación de un DME autorizado, por lo que se realizó una exhaustiva búsqueda de DME's autorizados, optando por proponer el DME Asociación El Cebollar.

La zona de disposición final de los RCD se ubica en la Asociación El Cebollar – Paucarpatá. Siendo sus coordenadas; 235730 m Este y 8181886 m Sur con una altitud de 2636 m.s.n.m. Con la ayuda de la herramienta Google Earth se identifica la ubicación exacta del Cebollar, la cual está resaltada con un cuadrado con centro de circunferencia de color rojo, véase figura 27.



Figura 27. Ubicación de DME autorizado.
Tomado de: Google Earth

La Asociación “El Cebollar” es un DME autorizado y el depósito para la acumulación de los RCD que se encuentran cercano a la población; en la figura 28 se observa el espacio designado para el acarreo de material. Los RCD son transportados hasta la zona de acarreo por parte de la empresa contratista haciendo uso de volquetes cubiertos por una malla a fin de evitar la caída del material durante su transporte, ver figura 29. Asimismo, la población se encuentra a menos de 15 metros de distancia y alrededor de esta se observó poca presencia de flora y

fauna. En el lugar se observó escasa existencia de animales domésticos como gatos y perros. Por otro lado, el daño causado por polvo y ruido se da de forma inmediata porque se tiene a la población muy cerca al botadero.

Tal como se observa en la figura 30, los RCD acumulados en esta zona son utilizados por la población para los siguientes fines:

- El material es compactado conforme al diseño del proyecto de Obra correspondiente a la asociación.
- Se compacta y nivela las áreas de terreno del predio dónde se dispone.
- Se realiza el regado desde el acceso hasta el área dónde se dispone y demás actividades que controlen la emisión de polvo.



Figura 28. Zona designada para el acarreo de RCD.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 29. Transporte de RCD a zona de acarreo de material.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 30. Compactación de material conforme al diseño del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

7.4. Identificación de procesos y subprocesos del proyecto

Para la identificación y evaluación de los IA potenciales suelo y paisajístico es necesario identificar los componentes interactuantes. Por lo tanto, se realizó un listado de los procesos que son parte de la producción de los dos tipos de concreto propuestos en la presente investigación:

- Concreto convencional (NAC)
- Concreto con agregado grueso reciclado (RCAC), reemplazando el 100% del NCA

En la figura 31 se muestra un diagrama de los procesos y subprocesos para la producción de los dos tipos de concreto a evaluar; incluyendo también la disposición final de los RCD.

En el diagrama se identifican un total de 5 subprocesos a ser evaluados, los cuales son capaces de generar impactos ambientales y solo en estos se notaría la diferencia de impactos entre la producción de los dos tipos de concreto propuestos.

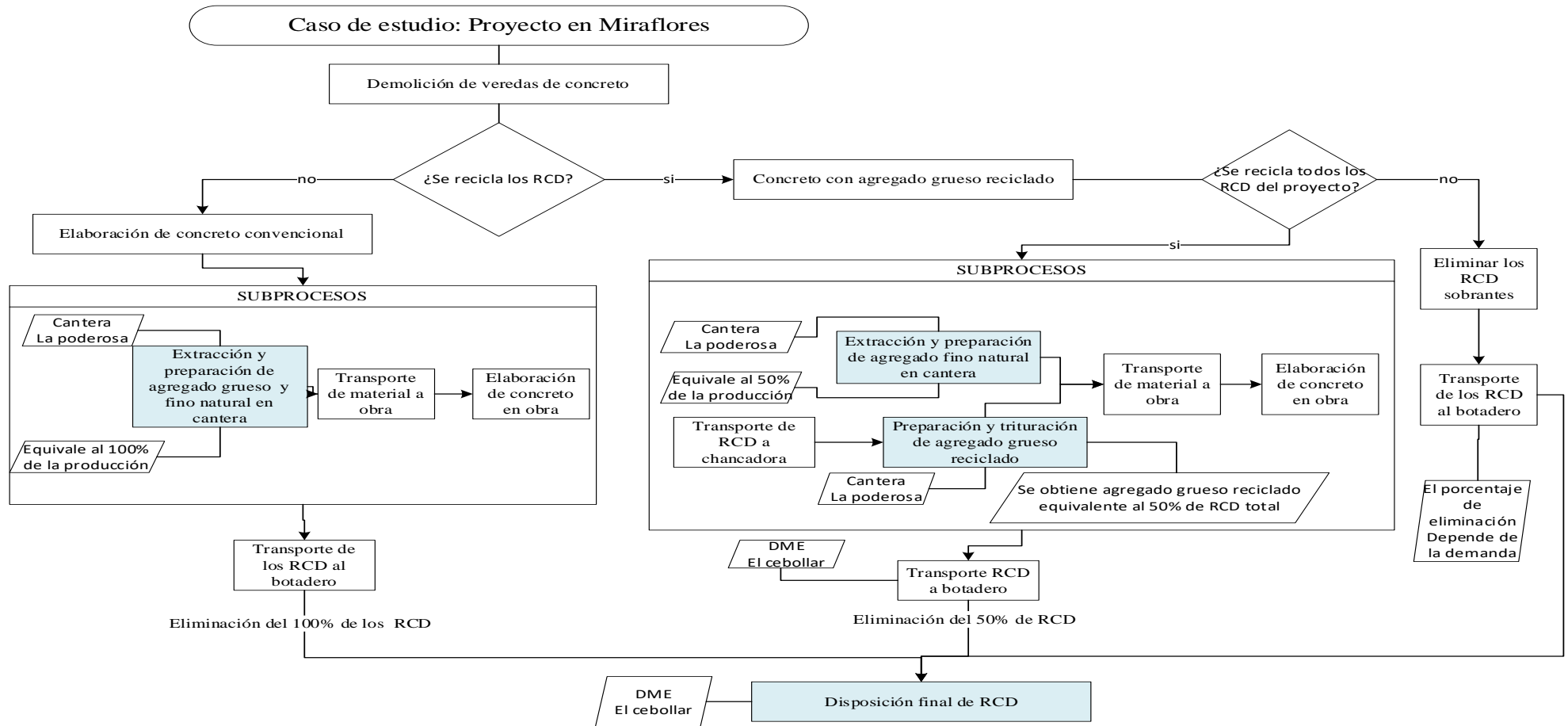


Figura 31. Diagrama de procesos y subprocesos para la elaboración del NAC y con 100% de agregado grueso reciclado

Fuente: Elaboración propia

La elaboración del NAC respecto del reciclado difiere uno del otro; en consecuencia, se identifican dos subprocesos para la elaboración de NAC y tres para el RCAC al 100%.

En las figuras 32 y 33 se detallan diagramas de los subprocesos seleccionados para cada tipo de concreto estudiado.

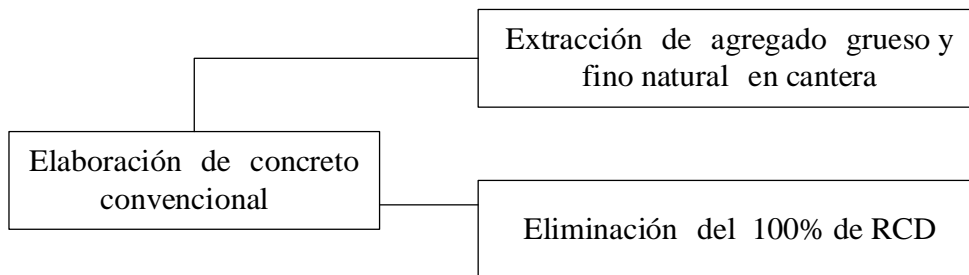


Figura 32. Subprocesos correspondientes a la elaboración de NAC.
Fuente: Elaboración propia

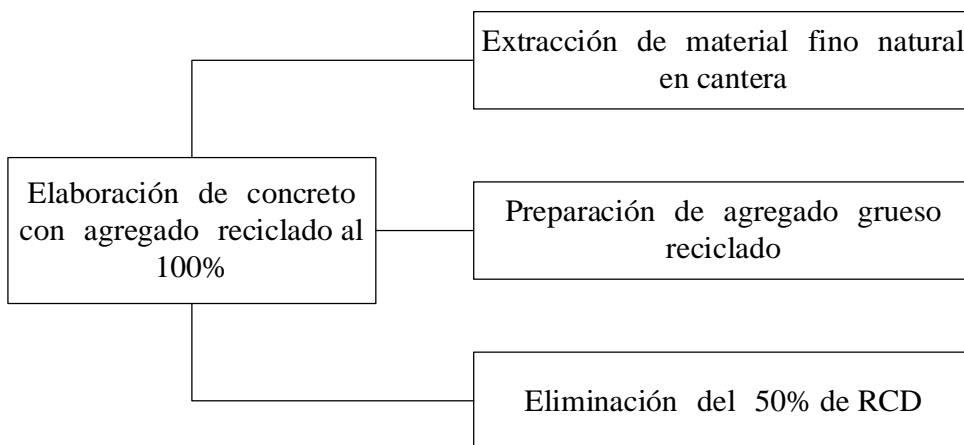


Figura 33. Subprocesos correspondientes a la elaboración de concreto al 100% de RCA.
Fuente: Elaboración propia

Para la valoración de impactos ambientales (IA), se debe considerar los subprocesos que forman parte del proyecto de acuerdo al tipo de concreto que se usa.

7.4.1. Producción de concreto convencional (NAC)

La tabla 59, muestra un cuadro de listas de actividades que forman parte de los subprocesos correspondientes a la elaboración de NAC.

Tabla 59. *Lista de actividades previstas dentro de cada subproceso correspondiente a la elaboración de NAC*

Elaboración de concreto convencional (NAC)	
Extracción y preparación de agregado fino y grueso natural	Disposición final de RCD al 100%
Adecuación de vías y accesos	Adecuación de vías y accesos
Habilitación de desagües, drenajes y alimentadores de electricidad	Remoción de tierras
Desbroce de vegetación	Habilitación de desagües, drenajes y alimentadores de electricidad
Arranque mediante carga	Preparación del terreno
Transporte de materiales	Recojo y transporte de escombros
Operaciones auxiliares y de tratamiento	Vertido de escombros
Mantenimiento de maquinaria	Extendido y compactación de escombros
Creación de pozos de exploración	Impermeabilización de escombros
Ocupación y cambio de uso del terreno	Ocupación y cambio de uso del terreno
Vertido de residuos	Delimitación y señalización
Delimitación y señalización	Transporte de material

Fuente: Elaboración propia

7.4.2. Producción de concreto con 100% de RCA

La tabla 60, muestra un cuadro de listas de actividades que forman parte de los subprocesos correspondientes a la elaboración de concreto con 100% de RCA.

Tabla 60. *Lista de actividades previstas dentro de cada subproceso correspondiente a la elaboración de concreto al 100% de RCA*

Elaboración de concreto con agregado reciclado al 100%		
Extracción y preparación de agregado fino natural en cantera	Trituración de material de agregado grueso reciclado	Disposición final de RCD al 50% de residuos de demolición
Adecuación de vías y accesos	Adecuación de vías y accesos	Adecuación de vías y accesos
Habilitación de desagües, drenajes y alimentadores de electricidad	Remoción de tierras	Remoción de tierras
Desbroce de vegetación	Habilitación de desagües, drenajes y alimentadores de electricidad	Habilitación de desagües, drenajes y alimentadores de electricidad
Arranque mediante carga	Recojo y transporte de escombros	Preparación del terreno
Transporte de materiales	Acumulación, limpieza y selección de escombros	Recojo y transporte de escombros
Operaciones auxiliares y de tratamiento	Preparación de agregado reciclado (trituración y selección)	Vertido de escombros
Mantenimiento de maquinaria	Acumulación	Extendido y compactación de escombros
Creación de pozos de exploración	Ocupación y cambio de uso del terreno	Ocupación y cambio de uso del terreno
Ocupación y cambio de uso del terreno	Delimitación y señalización	Delimitación y señalización
Vertido de residuos	Transporte de material	Transporte de material
Delimitación y señalización	_____	_____

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en las tablas anteriores, cada subproceso lleva consigo un conjunto de actividades que se conocieron con el fin de asegurar un entendimiento adecuado del proceso. En tal sentido, se realizó una evaluación de los IA en relación con la importancia de la afectación que los subprocesos generan en los componentes ambientales.

7.5. Identificación de factores ambientales

En la tabla 61, se presenta un cuadro con el listado de los factores o componentes ambientales que fueron evaluados con el fin de identificar los que son afectados por las actividades que comprendan la producción de concreto.

Se determinaron los componentes ambientales durante la identificación de impactos, los cuales se encuentran expuestos a sufrir alteración alguna.

Tabla 61. Cuadro de lista de factores ambientales

Medio físico	Medio biológico	Medio social
Clima	Plancton	Demografía
Calidad de aire y Ruido	Aves marinas	Educación, salud
Geología, geomorfología y sismicidad	Mamíferos y tortugas marinas	Economía y pobreza
Fisiografía	Cobertura vegetal, ANP, Flora silvestre	Vivienda, servicios básicos y públicos
Edafología, clases de suelo, clasificación de uso mayor, uso actual de tierras	Mamíferos menores	Uso de RR.NN.
Características Físicoquímicas	Mamíferos mayores	Institucionalidad local y regional
Hidro Oceanografía y Ruido Subacuático	Herpetología	Análisis de grupos de interés
Hidrología	Aves terrestres	Situación y desarrollo social
Hidrogeología	Artrópodos	Problemática social
Calidad de agua de mar	_____	Patrimonio cultural
Calidad de sedimentos	_____	Percepción del proyecto
_____	_____	Arqueología

Adaptado de: Resumen ejecutivo estudio de impacto ambiental detallado Proyecto Terminal Portuario Pucusana, por JCI, 2020

7.5.1. Factores ambientales para la extracción y preparación de material en cantera

En la figura 34, se muestra el listado de afectaciones al ambiente producidas por la explotación de material.

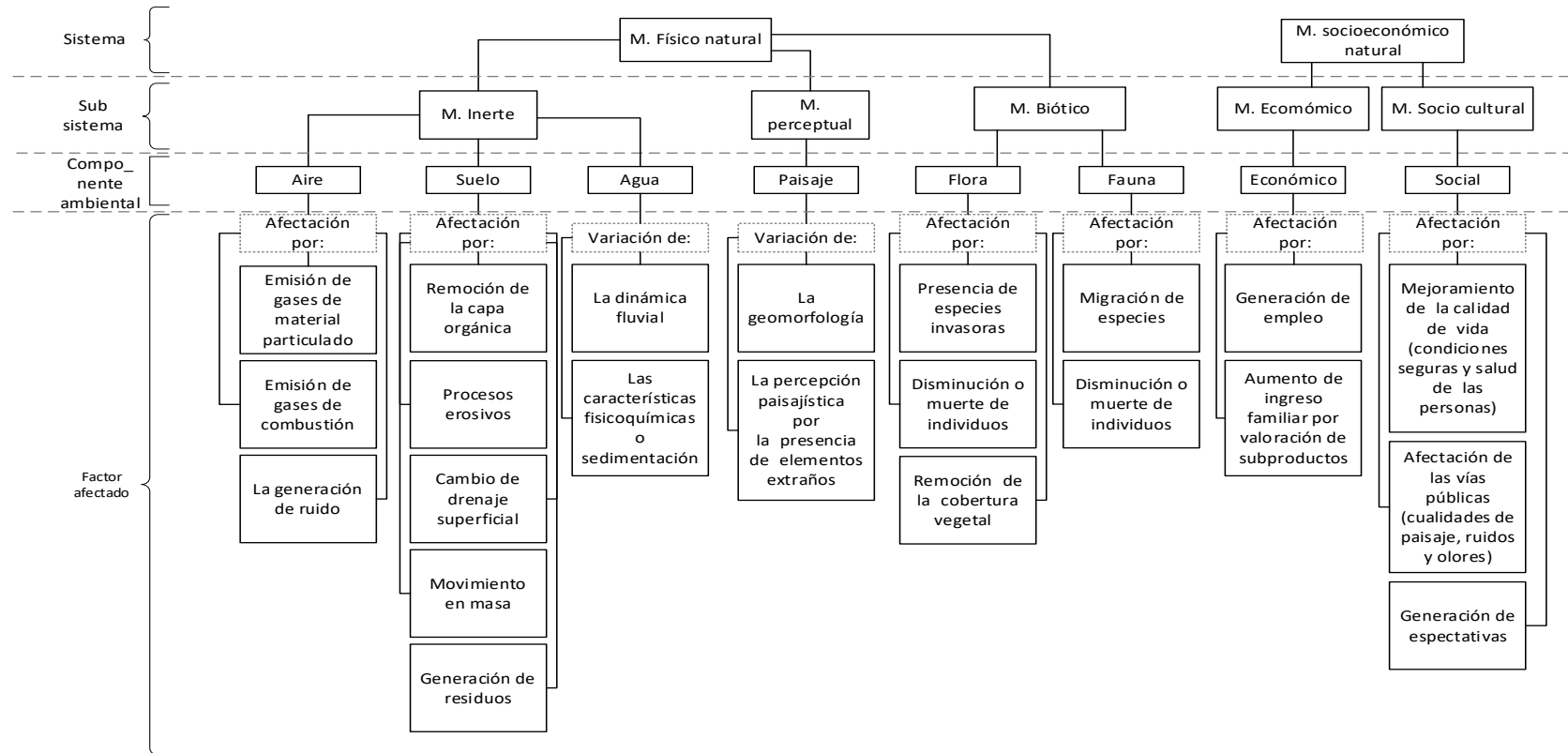


Figura 34. Lista de verificación para la identificación de factores ambientales en el subproceso de extracción y preparación de material en cantera
Fuente: Elaboración propia

7.5.2. Factores ambientales para la disposición final de RCD en un DME autorizado

En la figura 35, se muestra el listado de afectaciones producidas.

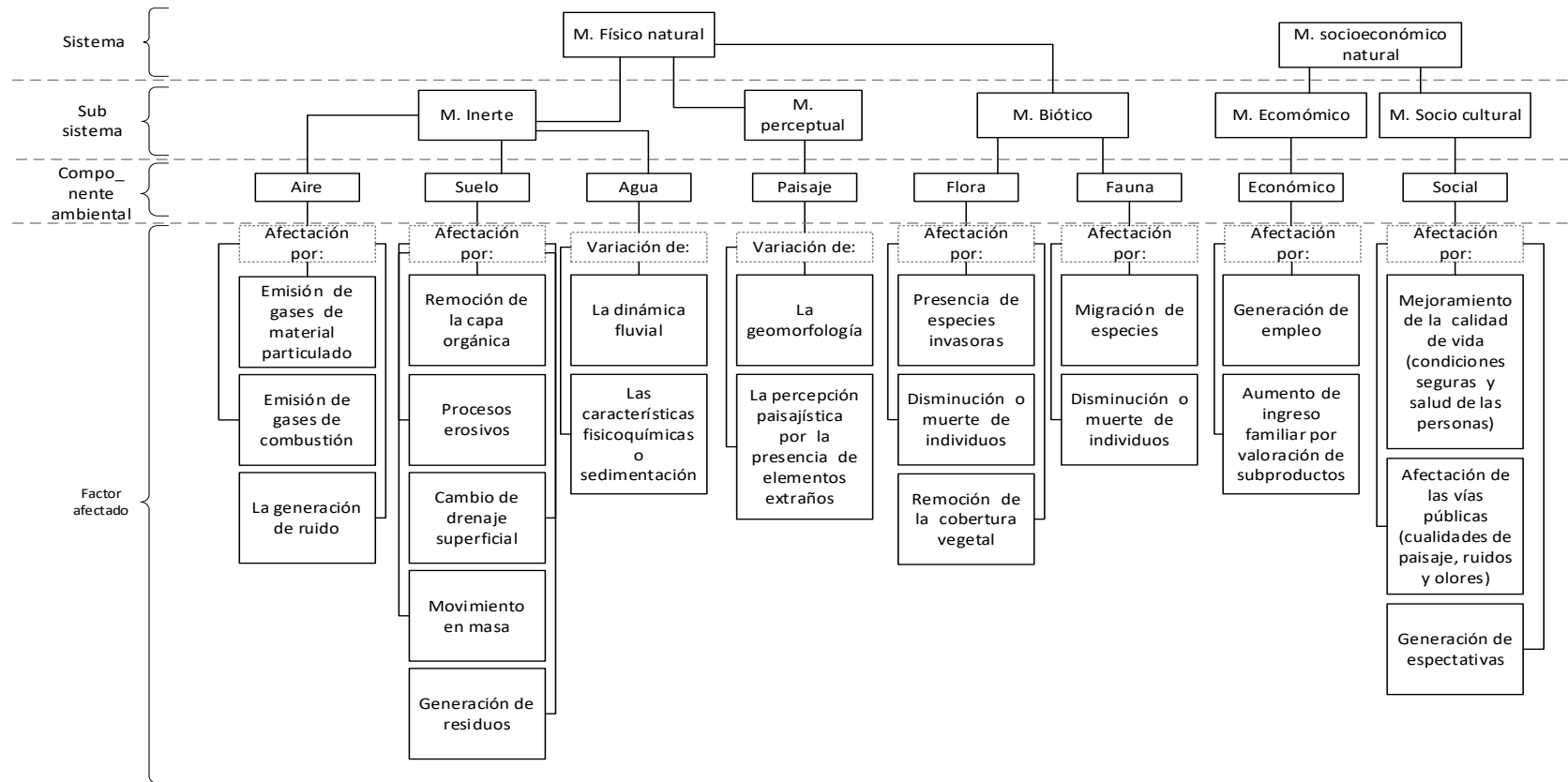


Figura 35. Lista de verificación para la identificación de factores ambientales en el subproceso para la disposición final de RCD

Fuente: Elaboración propia

7.5.3. Trituración y preparación de agregado grueso reciclado

En la figura 36, se muestra el listado de afectaciones producidas.

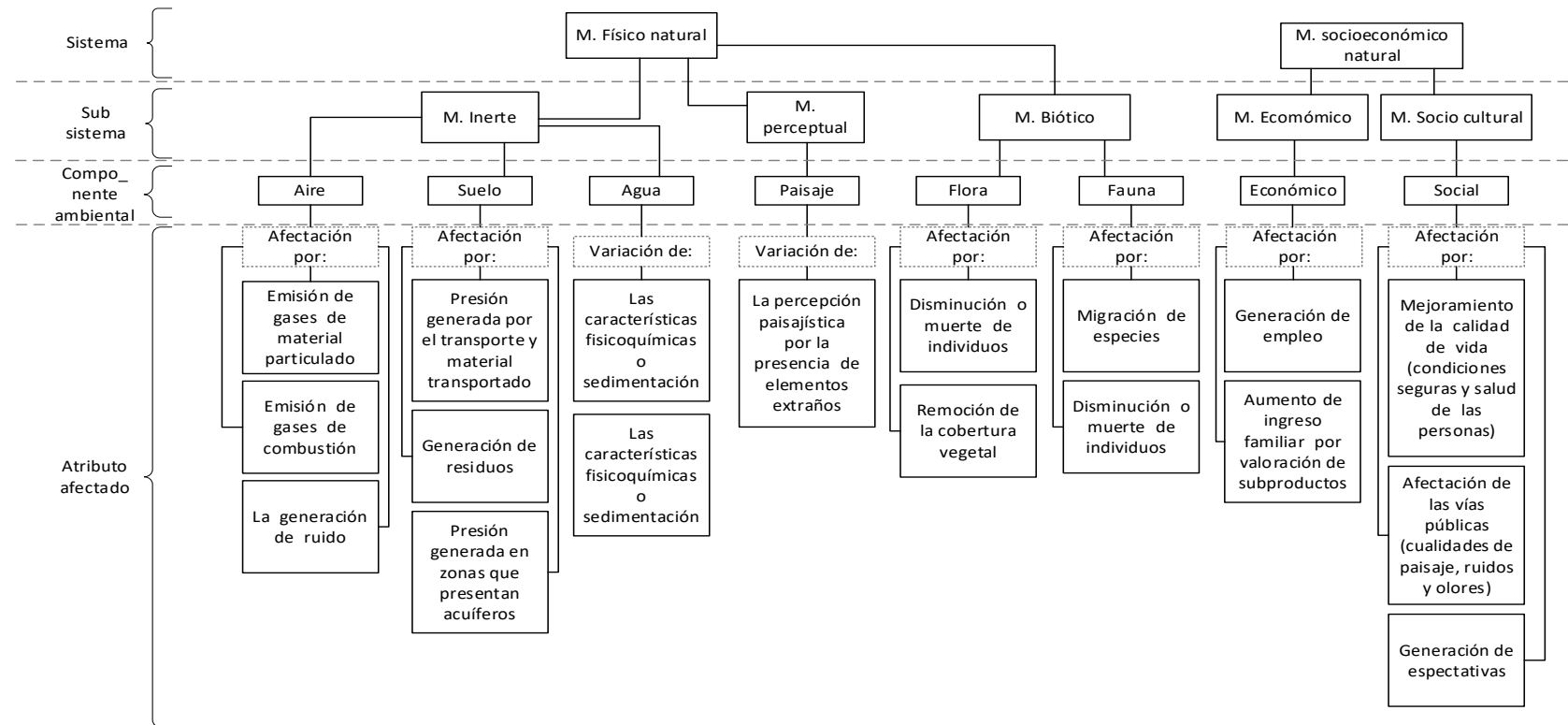


Figura 36. Se muestra el listado de afectaciones producidas por la explotación de material en el ambiente

Fuente: Elaboración propia

7.6. Identificación de impactos ambientales potenciales

El método usado para la identificación de impactos fue la matriz causa – efecto, utilizado como método cualitativo para la identificación de las principales actividades de los procesos a estudiar. En este método en las columnas se ubicaron las fuentes generadoras de impacto y en las filas los factores ambientales que son potencialmente afectados.

La intersección de filas y columnas se marca cuando se determina que las características de la actividad o en el caso de que el subproceso provoque algún efecto (positivo o negativo) en los componentes ambientales (CONESA, 2010).

La calificación del nivel de importancia se realizó mediante la evaluación de criterios que se describen en el apartado 7.6.1, para ello se tuvo en cuenta que un componente ambiental puede verse potencialmente afectado por más de un subproceso. Donde no se evidenció un efecto derivado de la relación entre un subproceso y un componente ambiental, se asignó como un “no genera impacto” o se dejó en blanco. En la tabla 75, se presenta la matriz de identificación de impactos ambientales en los componentes suelo y paisaje que se generan en el presente proyecto.

7.7. Evaluación de impactos ambientales potenciales

7.7.1. Criterios ambientales

De acuerdo a la guía metodológica usada para la evaluación del impacto ambiental en el presente proyecto (CONESA, 2010), los criterios son los siguientes:

a. Naturaleza (NA): Hace referencia al carácter del impacto; es decir si es beneficioso (+) o perjudicial (-) haciendo referencia a las acciones que actúan sobre los factores que fueron considerados.

b. Intensidad (IN): Mide el grado de incidencia de la acción sobre el factor (grado de destrucción). Esta variable varía entre 1 y 12, considerando 12 como destrucción total y 1 como mínima afectación. La escala empleada se presenta en la tabla 62.

Tabla 62. *Rango de valoración de criterio de Intensidad*

Intensidad (IN)		
Clasificación	Valor	Impacto
Baja	1	Afectación mínima o poco significativa
Media	2	
Alta	4	
Muy Alta	8	Afectación notable
Total	12	Afectación máxima

Adaptado de: Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental, por CONESA, 2010

c. Extensión (EX): Área de influencia teórica del impacto en relación al entorno de la actividad o proyecto (% de área, respecto al entorno en que se manifiesta el efecto). En la tabla 63 se presenta la escala de valoración.

Tabla 63. *Rango de valoración de criterio de Extensión*

Extensión (EX)		
Clasificación	Valor	Impacto
Puntual	1	Efecto muy localizado
Parcial	2	Efecto que supone una incidencia apreciable en el medio
Extenso	4	El efecto se detecta en una gran parte del medio
Total	8	Generalizado en todo el entorno
Crítico	+4	

Adaptado de: Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental, por CONESA, 2010

d. Momento (MO): Se refiere al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el medio. Véase tabla 64.

Tabla 64. *Rango de valoración de criterio de Momento*

Momento (MO)		
Clasificación	Valor	Impacto
Largo plazo	1	El efecto demora más de 10 años en manifestarse
Medio plazo	2	Se manifiesta en términos de 1 a 10 años
Corto plazo	3	Manifestación menor a 01 año
Inmediato	4	Tiempo transcurrido entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto es nulo
Crítico	+1 ó +4	Circunstancia que hace crítico el plazo de manifestación

Adaptado de: Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental, por CONESA, 2010

e. Persistencia (PE): Es el plazo de manifestación del impacto desde su aparición y el momento dónde el factor afectado vuelve a sus condiciones iniciales previas a la acción, sea

por medios naturales o introduciendo medidas correctoras. Se califica de acuerdo a la tabla 65.

Tabla 65. *Rango de valoración de criterio de Persistencia*

Persistencia (PE)		
Clasificación	Valor	Impacto
Fugaz o efímero, momentáneo	1	Menor a 01 año
Temporal o transitorio	2	Entre 01 a 10 años
Pertinaz o persistente	3	Entre 11 a 15 años
Permanente y constante	4	Mayor a 15 años

Adaptado de: Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental, por CONESA, 2010

f. Reversibilidad (RV): Se entiende por la posibilidad de reconstrucción total o parcial del factor que fue afectado; es decir la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales por medio de la intervención humana. Véase tabla 66.

Tabla 66. *Rango de valoración de criterio de Reversibilidad*

Reversibilidad (RV)		
Clasificación	Valor	Impacto
Inmediato, corto plazo	1	Retorno a las condiciones iniciales en menos de 1 año
Mediano plazo	2	Retorno a las condiciones iniciales entre 1 y 10 años
Largo plazo, cuasi irreversible/ irreversible	3	Retorno a las condiciones iniciales entre 10 y 15 años
No es posible/ Irreversible	4	Imposibilidad o dificultad extrema de retornar por medios naturales o hacerlo en un periodo mayor de 15 años.

Adaptado de: Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental, por CONESA, 2010

g. Recuperabilidad (MC): Posibilidad de reconstrucción total o parcial, por medio de la intervención humana. Se muestra el rango de valoración en la tabla 67.

Tabla 67. *Rango de valoración de criterio de Recuperabilidad*

Recuperabilidad (MC)		
Clasificación	Valor	Impacto
Inmediato	1	Las actividades de recuperación del impacto se realizaron en la fase del proyecto
Corto plazo	2	Retorno a las condiciones iniciales en menos de 01 año
Medio plazo	3	Retorno a las condiciones iniciales entre 01 y 10 años
Largo plazo	4	Retorno a las condiciones iniciales entre 10 y 15 años
Irrecuperable	8	Alteración imposible de reparar en su totalidad, por la acción humana

Adaptado de: Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental, por CONESA, 2010

h. Sinergia (SI): La sinergia viene a ser la manifestación conjunta de dos conjuntos, esta es superior a la suma de manifestaciones que se obtienen si se suma la actuación de cada conjunto por separado (la manifestación no es lineal respecto a los efectos). Fenómeno de agregación de impactos se denomina Sinergia. Se califica de acuerdo a la tabla 68.

Tabla 68. *Rango de valoración de criterio de Sinergia*

Sinergia (SI)		
Clasificación	Valor	Impacto
Sin sinergismo	1	
Sinérgico	2	Reforzamiento de los efectos de manera moderada
Muy sinérgico	4	Se potencia la manifestación de manera ostensible.

Adaptado de: Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental, por CONESA, 2010

i. Acumulación (AC): Viene a ser el aumento progresivo de la exteriorización del efecto cuándo la acción que lo genera permanece de forma continua. Véase la tabla 69.

Tabla 69. *Rango de valoración de criterio de Acumulación*

Acumulación (AC)		
Clasificación	Valor	Impacto
Simple	1	Es el impacto que se manifiesta, sobre un solo componente ambiental, o cuyo modo de acción es individualizado, sin consecuencia en la inducción de nuevos efectos ni en su acumulación.

Acumulativo	4	Es el efecto que al prolongarse en el tiempo la acción del agente inductor, incrementa progresivamente su gravedad, al carecer el medio de mecanismos de eliminación con efectividad temporal similar a la del incremento de la acción causante del impacto.
-------------	---	--

Adaptado de: Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental, por CONESA, 2010

j. Efecto (EF): Este atributo se refiere a la relación causa efecto y se explica como el modo de manifestación del efecto sobre un factor como la consecuencia de una acción. Véase la Tabla 70.

Tabla 70. *Rango de valoración de criterio de Tipo*

Tipo (TI)		
Clasificación	Valor	Impacto
Indirecto o secundario	1	Su manifestación se presenta de manera indirecta, tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando como una acción de segundo orden.
Directo o primario	4	Su manifestación se presenta de manera inmediata en algún factor ambiental, siendo la representación de la acción, que viene a ser su directa.

Adaptado de: Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental, por CONESA, 2010

k. Periodicidad (PR): Uniformidad de manifestación del efecto, se puede dar de forma cíclica o recurrente, de manera impredecible o constante. El rango de valoración se muestra en la tabla 71.

Tabla 71. *Rango de valoración de criterio de Periodicidad*

Periodicidad (PE)		
Clasificación	Valor	Impacto
Irregular o aperiódico y Discontinuo	1	Ocurre de forma impredecible
Periódica o de regularidad intermitente	2	Se manifiesta de forma cíclica u ocurrente
Continuo	4	Efecto que se mantiene constante en el tiempo

Adaptado de: Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental, por CONESA, 2010

7.7.2. Cálculo de la importancia del impacto ambiental

Haciendo uso de la metodología, se determinó el grado de importancia de la afectación ambiental sobre componente suelo y paisajístico, se evaluaron y se calificaron de acuerdo con los rangos que se definieron en las tablas del apartado anterior, aplicando la siguiente ecuación:

$$I = NT * (3 * IN + 2 * EX + MO + PE + RV + SI + AC + PR + EF + PR + MC)$$

Dónde:

Importancia (I): La importancia del IA se determina por la combinación de los criterios de calificación, esta puede variar entre 13 y 100 unidades, para diferentes tipos de impacto, de carácter negativo e impactos con carácter positivo. Véase tabla 72.

Tabla 72. Denominación de la importancia del impacto.

Denominación del impacto Método Conesa 2010	Valoración de la importancia del impacto
Impactos irrelevantes	Impactos con valores de importancia menor a 25
Impactos moderados	Impactos con valores de importancia entre 25 y 50
Impactos severos	Impactos con valores de importancia entre 50 y 75
Impactos críticos	Impactos con valores de importancia mayor a 75

Adaptado de: Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental, por CONESA, 2010

Se elaboraron 5 matrices, considerando 5 subprocesos, estos fueron elegidos suponiendo dos escenarios: Uso del agregado grueso natural como parte de los insumos para el concreto y uso del agregado grueso reciclado.

7.8. Identificación y evaluación de impactos ambientales (IA) potenciales

7.8.1. Identificación de IA potenciales

La matriz de identificación de impactos se muestra en la tabla 75, se resaltan los impactos que tienen la posibilidad de generar cambio en alguno de los componentes ambientales.

7.8.2. Evaluación de IA potenciales

Se realiza la matriz de valoración de impactos para cada subproceso evaluado, los cuales se muestran en las Figuras 32 y 33 del apartado 7.3.

Para la elaboración de las matrices se tuvo en cuenta lo siguiente:

- La identificación de impactos que se realizó previamente, nos indica los factores a evaluar.
- La valoración de cada criterio se realizó de acuerdo a la descripción detallada en el apartado 7.2.
- El cálculo de la importancia y su denominación se realizó de acuerdo a lo presentado en el apartado 7.6.2.
- Para la valoración de criterios en las matrices de Subproceso de Extracción y preparación de agregado grueso y fino natural (véase tabla 76) y el Subproceso de Extracción y preparación de agregado fino natural (véase tabla 78), se tuvo en consideración lo mostrado en el siguiente cuadro (véase tabla 73).

Tabla 73. *Resumen de producción de material en cantera para los dos tipos de concreto propuestos*

Producción de concreto	Producción en cantera agregado grueso	Producción en cantera agregado fino
NAC	100%	100%
RCAC	-	100%

Fuente: Elaboración propia

- Para la valoración de criterios en las matrices de Subproceso de Eliminación de RCD al 100% (véase figuras 44) y el Subproceso de Eliminación de RCD al 50% (véase tabla 77), se tuvo en consideración lo mostrado en el siguiente cuadro (véase tabla 74).

Tabla 74. *Resumen de RCD reusado y RCD eliminado para los dos tipos de concreto*

Producción de concreto	RCD reusado	RCD eliminado
NAC	-	100%
RCAC	50%	50%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 75. Matriz de identificación de impactos ambientales

			Procesos:	Producción de concreto convencional		Producción de concreto con agregado grueso reciclado al 100%		
SISTEMA	Subsistema	Componente ambiental	Sub procesos	Extracción y preparación de agregado grueso y fino natural	Eliminación de RCD al 100% de residuos de demolición	Extracción y preparación de agregado fino natural	Preparación y trituración de agregado grueso reciclado	Eliminación de RCD al 50% de residuos de demolición
			Criterios					
			Factor ambiental	IM	IM	IM	IM	IM
M. FISICO NATURAL	M INERTE	Suelo	Afectaciones por las remociones de la capa orgánica	X	X	X	0	X
			Afectaciones por procesos erosivos	X	X	X	X	X
			Afectaciones por el cambio de drenaje superficial	X	X	X	0	X
			Afectaciones por movimiento en masa	X	X	X	0	X
			Afectaciones por la generación de residuos	X	X	X	X	X
			Afectaciones por descenso del nivel freático	X	X	X	0	X
	M. PERCEPTUAL	Paisaje	Variaciones de la geomorfología	X	X	X	0	X
			Variaciones de la percepción paisajísticas por la presencia de elementos extraños	X	X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia

Nota: X= Impacto negativo, (+) = Impacto positivo, (0) = No existe impacto.

Tabla 76. Matriz de valoración de impactos para el Sub proceso de Extracción y preparación de agregado grueso y fino natural - Elaboración de NAC

Cantera La Poderosa - La Enlozada																
SISTEMA	Subsistema	Componente ambiental	Etapa	Extracción y preparación de agregado grueso y fino natural												Calificación
			Factores	NT	IN	EX	MO	PE	RV	MC	SI	AC	EF	PR	IM	
			Factor ambiental													
M. FISICO NATURAL	M INERTE	Suelo	Afectaciones por las remociones de la capa orgánica	-1	12	4	2	4	4	4	1	4	4	4	-71	Severo
			Afectaciones por procesos erosivos	-1	12	4	4	4	3	4	2	4	4	1	-70	Severo
			Afectaciones por el cambio de drenaje superficial	-1	8	2	2	2	2	4	2	1	1	1	-43	Moderado
			Afectaciones por movimiento en masa	-1	12	2	2	4	3	4	2	4	4	2	-65	Severo
			Afectaciones por la generación de residuos	-1	8	2	4	1	2	4	1	1	4	1	-46	Moderado
			Afectaciones por descenso del nivel freático	-1	8	2	4	1	2	4	1	1	4	1	-46	Moderado
	M. PERCEPTUAL	Paisaje	Variaciones de la geomorfología	-1	12	8	8	4	4	8	2	1	1	1	-81	Crítico
			Variaciones de la percepción paisajísticas por la presencia de elementos extraños	-1	12	8	8	4	4	4	2	1	4	1	-80	Crítico

Fuente: Elaboración propia

Tabla 77. Matriz de valoración de impactos para el Sub proceso de Eliminación de RCD al 100% - Elaboración de NAC

DME Autorizado - Asociación El Cebollar																
SISTEMA	Subsistema	Componente ambiental	Etapa	Eliminación de RCD al 100% de residuos de demolición												Calificación
			Factores	NT	IN	EX	MO	PE	RV	MC	SI	AC	EF	PR	IM	
			Factor ambiental													
M. FISICO NATURAL	M INERTE	Suelo	Afectaciones por las remociones de la capa orgánica	-1	8	4	2	4	4	4	1	4	4	4	-59	Severo
			Afectaciones por procesos erosivos	-1	12	4	4	4	3	4	2	4	4	1	-70	Severo
			Afectaciones por el cambio de drenaje superficial	-1	2	2	2	2	2	4	2	1	1	1	-25	Irrelevante
			Afectaciones por movimiento en masa	-1	8	2	2	4	3	4	2	4	4	2	-53	Severo
			Afectaciones por la generación de residuos	-1	8	2	4	1	2	4	1	1	4	1	-46	Moderado
			Afectaciones por descenso del nivel freático	-1	1	2	4	1	2	4	1	1	4	1	-25	Irrelevante
	M. PERCEPTUAL	Paisaje	Variaciones de la geomorfología	-1	12	8	4	4	4	8	2	4	1	1	-80	Crítico
			Variaciones de la percepción paisajísticas por la presencia de elementos extraños	-1	12	8	4	4	4	4	2	4	4	1	-79	Crítico

Fuente: Elaboración propia

Tabla 78. Matriz de valoración de impactos para el Sub proceso de Extracción y preparación de agregado fino natural - Elaboración de concreto con 100% de RCA

Cantera La Poderosa - La Enlozada																
SISTEMA	Subsistema	Componente ambiental	Etapa	Extracción de agregado fino natural											Calificación	
			Factores	NT	IN	EX	MO	PE	RV	MC	SI	AC	EF	PR		IM
			Factor ambiental													
M. FISICO NATURAL	M INERTE	Suelo	Afectaciones por las remociones de la capa orgánica	-1	4	2	2	4	4	4	1	4	4	4	-43	Moderado
			Afectaciones por procesos erosivos	-1	4	2	4	4	3	4	2	4	4	1	-42	Moderado
			Afectaciones por el cambio de drenaje superficial	-1	4	1	2	2	2	4	2	1	1	1	-29	Moderado
			Afectaciones por movimiento en masa	-1	4	1	2	4	3	4	2	4	4	2	-39	Moderado
			Afectaciones por la generación de residuos	-1	4	1	4	1	2	4	1	1	4	1	-32	Moderado
			Afectaciones por descenso del nivel freático	-1	4	1	4	1	2	4	1	1	4	1	-32	Moderado
	M. PERCEPTUAL	Paisaje	Variaciones de la geomorfología	-1	4	4	4	4	4	8	1	1	1	1	-44	Moderado
			Variaciones de la percepción paisajísticas por la presencia de elementos extraños	-1	4	4	4	4	4	4	1	1	4	1	-43	Moderado

Fuente: Elaboración propia

Tabla 79. Matriz de valoración de impactos para el Sub proceso de preparación de RCA - Elaboración de concreto con 100% de RCA

Cantera La Poderosa - La Enlozada																
SISTEMA	Subsistema	Componente ambiental	Etapa	Preparación de agregado reciclado												Calificación
			Factores	NT	IN	EX	MO	PE	RV	MC	SI	AC	EF	PR	IM	
			Factor ambiental													
M. FISICO NATURAL	M INERTE	Suelo	Afectaciones por las remociones de la capa orgánica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			Afectaciones por procesos erosivos	-1	1	1	3	4	3	4	2	4	4	1	-30	Moderado
			Afectaciones por el cambio de drenaje superficial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			Afectaciones por movimiento en masa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			Afectaciones por la generación de residuos	-1	1	1	3	1	2	4	1	1	4	1	-22	Irrelevante
			Afectaciones por descenso del nivel freático	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	M. PERCEPTUAL	Paisaje	Variaciones de la geomorfología	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			Variaciones de la percepción paisajísticas por la presencia de elementos extraños	-1	1	1	4	4	4	4	1	1	4	1	-28	Moderado

Fuente: Elaboración propia

Tabla 80. Matriz de valoración de impactos para el Sub proceso de Eliminación de RCD al 50% - Elaboración de concreto con 100% de RCA

DME Autorizado - Asociación El Cebollar																
SISTEMA	Subsistema	Componente ambiental	Etapa	Eliminación de RCD al 50% de residuos de demolición												Calificación
			Factores	NT	IN	EX	MO	PE	RV	MC	SI	AC	EF	PR	IM	
			Factor ambiental													
M. FISICO NATURAL	M INERTE	Suelo	Afectaciones por las remociones de la capa orgánica	-1	2	4	3	3	3	4	1	2	4	4	-38	Moderado
			Afectaciones por procesos erosivos	-1	4	4	4	3	2	4	2	2	4	1	-42	Moderado
			Afectaciones por el cambio de drenaje superficial	-1	2	2	2	2	2	4	2	1	1	1	-25	Irrelevante
			Afectaciones por movimiento en masa	-1	2	2	2	3	2	4	2	4	4	2	-33	Moderado
			Afectaciones por la generación de residuos	-1	2	2	4	1	2	4	1	1	4	1	-28	Moderado
			Afectaciones por descenso del nivel freático	-1	1	2	4	1	2	4	1	1	4	1	-25	Irrelevante
	M. PERCEPTUAL	Paisaje	Variaciones de la geomorfología	-1	2	4	4	3	3	4	1	1	1	1	-32	Moderado
			Variaciones de la percepción paisajísticas por la presencia de elementos extraños	-1	2	4	4	3	3	4	1	1	4	1	-35	Moderado

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta un cuadro resumen de la Importancia de impacto para todos los subprocesos evaluados, véase tabla 81.

Tabla 81. *Matriz resumen de valoración de impactos para los procesos de elaboración de NAC y elaboración del concreto con 100% de RCA*

Procesos:				Producción de concreto convencional		Producción de concreto con agregado grueso reciclado al 100%		
SISTEMA	Subsistema	Componente ambiental	Sub procesos	Extracción y preparación de agregado grueso y fino natural	Eliminación de RCD al 100% de residuos de demolición	Extracción y preparación de agregado fino natural	Preparación y trituración de agregado grueso reciclado	Eliminación de RCD al 50% de residuos de demolición
			IMPORTANCIA					
			Factor ambiental	IM	IM	IM	IM	IM
M. FISICO NATURAL	M INERTE	Suelo	Afectaciones por las remociones de la capa orgánica	-71	-59	-43	0	-38
			Afectaciones por procesos erosivos	-70	-70	-42	-30	-42
			Afectaciones por el cambio de drenaje superficial	-43	-25	-29	0	-25
			Afectaciones por movimiento en masa	-65	-53	-39	0	-33
			Afectaciones por la generación de residuos	-46	-46	-32	-22	-28
			Afectaciones por descenso del nivel freático	-46	-25	-32	0	-25
	M. PERCEPTUAL	Paisaje	Variaciones de la geomorfología	-81	-80	-44	0	-32
			Variaciones de la percepción paisajísticas por la presencia de elementos extraños	-80	-79	-43	-28	-35

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 8:

RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio, costo de la producción de concreto y la valoración y calificación de los impactos ambientales (IA) de los componentes suelo y paisaje para la producción del RCAC al 100% comparado con el uso del NAC para la construcción de veredas.

De los ensayos de caracterización de los agregados se obtuvo como resultado la tabla 82, en esta se presenta un resumen de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados utilizados en la elaboración del NAC y RCAC.

Tabla 82. *Resumen de las propiedades de los agregados*

Descripción:	Agregado Grueso Natural	Agregado Fino Natural	Agregado grueso Reciclado
Tamaño máximo nominal	3/4"	---	1"
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1620	1832	1342
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1528	1662	1204
Peso específico sss (kg/m ³)	2744	2616	2422
Módulo de fineza	6.71	2.66	7.27
Absorción (%)	0.62	2.15	4.5
Humedad natural	0.29	1.62	0.34
Abrasión (%)	18.54	---	37.72
Inalterabilidad de agregados por sulfatos de Magnesio	1.83	5.55	8.76

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 82 se observa que los RCA tienen menor densidad y mayor capacidad de absorción de agua a comparación de los agregados gruesos naturales (NCA). La principal razón es porque el RCA contiene adherido mortero, y este es el responsable de incrementar la porosidad y capacidad de absorción en el agregado (Duarte et al., 2019).

Por otro lado, la degradación en el RCA es 103.48% mayor al NCA, lo cual indica que este no es un buen material. Es por esto que para el diseño de mezclas del RCAC se incrementó la cantidad de cemento con la finalidad de que este llegara a la resistencia de diseño.

Utilizando los datos de la tabla 82 se realizó 04 diseños de mezclas del concreto. En la tabla 83 se visualiza los resultados finales de los 04 diseños elaborados en laboratorio.

Observándose que la relación agua - cemento disminuye cuando se trabaja con RCA porque cuando la cantidad de agua es menor, la resistencia aumenta.

Tabla 83. *Resumen de las Características de los diseños de mezclas*

Características	Diseños				Unidad
	1 0% AR	2 30% AR	3 50% AR	4 100% AR	
Resistencia	210	210	210	210	Kg/cm ²
Edad	28	28	28	28	Días
Relación agua/ cemento	0.58	0.56	0.56	0.56	-
Tipo de cemento	IP	IP	IP	IP	-
Slump	2-4	2-4	2-4	2-4	Pulg.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados finales de cada diseño de mezcla realizado se muestran en la tabla 84; en esta, la cantidad de cemento se ha incrementado de 370 kg/m³ a 390 kg/m³ para la elaboración del RCAC al 30%, 50% y 100%; porque una de las condiciones que se tenía para esta investigación era lograr alcanzar la resistencia de diseño de 210 kg/cm². En la tabla 82 se observa que el peso unitario suelto, compactado y específico del NCA es mayor que el RCA; por lo tanto, a medida que se incrementa el RCA el peso total de todos los componentes del concreto disminuye.

Tabla 84. *Resumen de Diseños de mezclas de concretos*

N°	Material	Concreto con 0% RCA	Concreto con 30% RCA	Concreto con 50% RCA	Concreto con 100% RCA)
1	Cemento Tipo IP (kg)	370	390	390	390
3	Agua (kg)	215	218	218	218
4	Arena gruesa	746	734	734	734
5	Piedra Huso 56 TMN 1"	0	270	459	918
6	Piedra Huso 67 TMN 3/4"	1037	714	514	0
	Peso Total (kg)	2368	2326	2315	2260

Fuente: Elaboración propia

Para poder validar los diseños presentados en la anterior tabla se tuvo que elaborar 36 testigos de concreto para ser sometidos a cargar en las edades de 07, 14 y 28 días de curado en laboratorio. En la figura 37, se observan las resistencias obtenidas de los 04 diseños de mezclas.

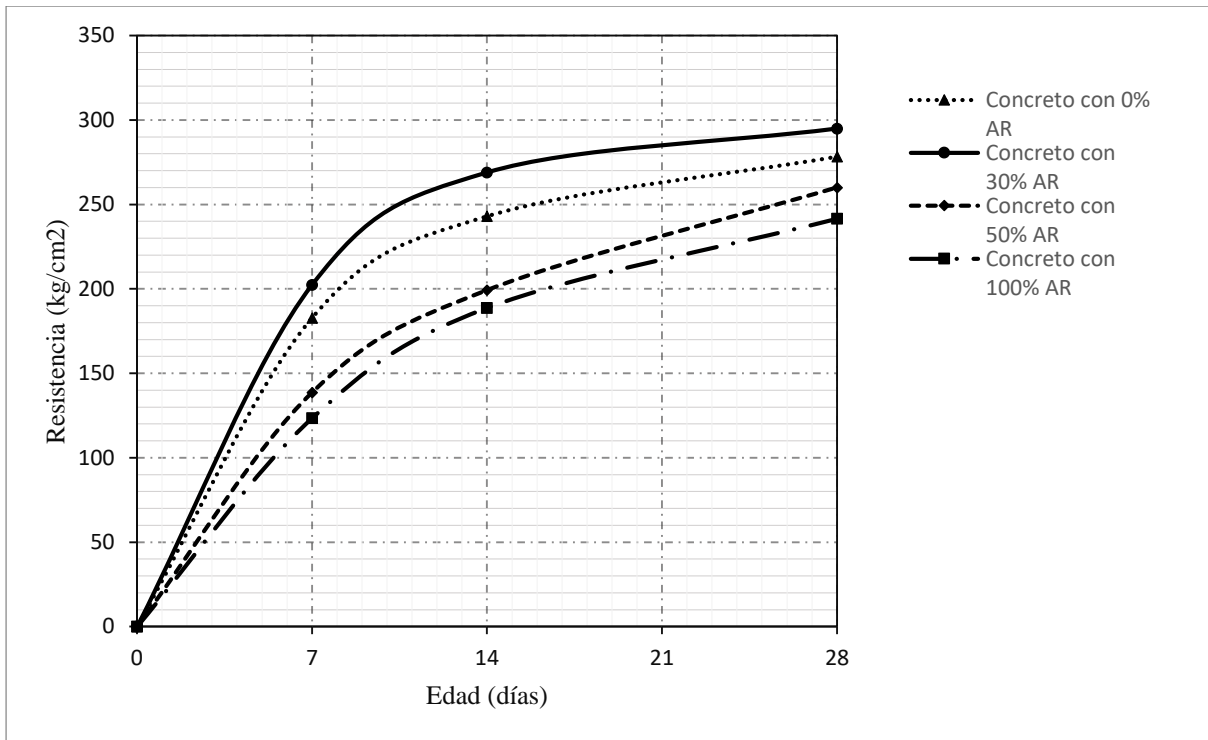


Figura 37. Resistencia del concreto con 0%, 30%, 50% y 100% de RCA
Fuente: Elaboración propia

En resumen, los resultados muestran que, a mayor contenido de RCA en el concreto, la resistencia disminuye; asimismo, si se compara la variación de resistencias de los RCAC en relación al NAC se tendrían los siguientes resultados:

- A los 07 días de curado, la resistencia del RCAC con 30% de RCA es 10.66% mayor que el NAC, del RCAC con 50% de RCA es 24.19% menor que el NAC y del RCAC con 100% de RCA es 32.50% menor que el NAC.
- A los 14 días de curado, la resistencia del RCAC con 30% de RCA es 10.64% mayor que el NAC, del RCAC con 50% de RCA es 18.03% menor que el NAC y del RCAC con 100% de RCA es 22.34% menor que el NAC.
- A los 28 días de curado, la resistencia del RCAC con 30% de RCA es 5.95% mayor que el NAC, del RCAC con 50% de RCA es 6.58% menor que el NAC y del RCAC con 100% de RCA es 13.21% menor que el NAC.

En la figura 38 se puede observar que todos los testigos ensayados llegaron a la resistencia de diseño 210 kg/cm²; Además, el concreto con 30% de RCA es el que tiene mejor desempeño, pues a diferencia de los demás diseños, este logra una mayor resistencia a

los 28 días de curado. Por otro lado, el concreto con 100% de RCA es el que tiene menor resistencia a los 28 días de curado a diferencia del resto de diseños elaborados.

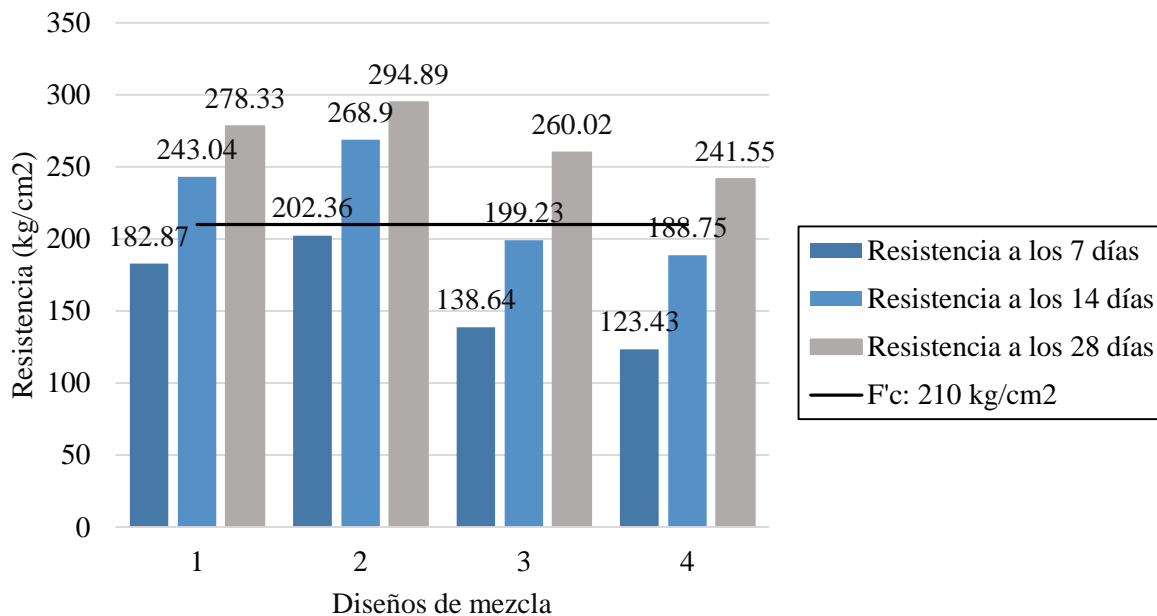


Figura 38. Cuadro comparativo de la resistencia del concreto con 0%, 30%, 50% y 100% de RCA
Fuente: Elaboración propia

Nota: Del cuadro anterior 1 representa al concreto convencional, 2 al concreto con 30% de RCA, 3 al concreto con 50% de RCA Y 4 al concreto con 100% de RCA.

En el capítulo 6 se elaboró un presupuesto para la construcción de veredas de concreto convencional y con 100% de RCA; para lograr este objetivo se tuvo que realizar análisis de precios unitarios (APU) de cada actividad involucrada. Entre la variación de APU más importantes se tienen:

- La demolición de veredas existentes en el RCAC es el 62.28% más que en el NAC, porque el rendimiento para el primero es mucho menor que el segundo; esto se debe a que para llevar el RCD a la chancadora, este debe ser trozado en partes más pequeñas (4 pulg).
- Cuando se prepara el RCAC, el costo de eliminación de los RCD es el 100% más que si se eliminara directamente desde el proyecto. Porque cuándo se elimina desde la chancadora (lugar dónde se procesa el RCA), el recorrido es mucho mayor, pues la distancia entre el proyecto y el Cebollar es de 9.5 km, pero de la chancadora al Cebollar es de 23 km.

- La elaboración del concreto para veredas con RCA es 3.82% más que con NAC, pues el costo por m³ de RCA es S/ 108.18 nuevos soles y del agregado grueso natural (NCA) S/ 47.33. Además, en el RCAC la cantidad de cemento se incrementa.

Si se evalúa el presupuesto total por cada m² de vereda construida, el costo de veredas con 100% de RCA sería 15.25% más que si se utilizara NAC.

A continuación, se realizó un cuadro resumen de la valoración de impacto para cada subproceso evaluado, para un mejor entendimiento se realiza la suma de valoración impactos por su afectación en el medio físico natural, ver tabla 85. Es necesario señalar que el cuadro resumen se elabora a fin sintetizar resultados, no es parte de la metodología.

En el cuadro mostrado en la tabla 85, se observa que:

- Para los procesos de elaboración de NAC y RCAC, respecto al M. Físico natural, la sumatoria de impactos resultó negativa y es mayor el impacto cuándo se elabora NAC. Los impactos generados por el RCAC tienen una reducción de impactos de 39% para la extracción de material granular en cantera y de 41% para la eliminación de RCD; en cuanto a la preparación de agregado grueso reciclado el impacto es de -80, siendo este un proceso adicional para la elaboración de RCAC.
- Se realizó también una sumatoria total de impactos para el sistema M. físico natural, dónde se observa que el impacto generado por la elaboración de NAC es superior al impacto generado por RCAC, con valores de -939 y -642 respectivamente.

Tabla 85. Resumen para la valoración de impactos de la elaboración de NAC y RCAC por cada medio

Procesos:	Producción de concreto convencional		Producción de concreto con agregado grueso reciclado al 100%		
	Extracción y preparación de agregado grueso y fino natural	Eliminación de RCD al 100% de residuo de demolición	Extracción y preparación de agregado fino natural	Preparación y trituración de agregado grueso reciclado	Eliminación de RCD al 50% de residuos de demolición
Sub procesos	IM	IM	IM	IM	IM
IMPORTANCIA					
SUMATORIA DE VALORACIÓN DE IMPACTOS PARA EL MEDIO FÍSICO NATURAL	-502	-437	-304	-80	-258
% DE VARIACIÓN	-	-	39%	-	41%
SUMATORIA TOTAL POR PROCESO	-939		-642		

Fuente: Elaboración propia

La variación de impacto para el componente paisajístico de la elaboración de RCAC es de 43% menos respecto al NAC, tal como se muestra en el cuadro presentado en la tabla 86. Esto se debe a la diferencia cromática que existe entre un paisaje, las canteras y los botaderos, existiendo una diferencia de cubierta vegetal entre estos lugares. La afectación que se produce en este componente, se debe también al cambio de la percepción visual por el movimiento de masas que se produce en el lugar.

Como se observa en el cuadro el impacto disminuye considerablemente, lo cual es producto de la reducción de volumen extraído y eliminado, equivalente a un 50%; es decir, si se extrae menor cantidad material particulado, menor será el área de intervención y el área de afectación.

De igual manera sucederá para la eliminación de RCD, como se tiene en conocimiento uno de los mayores problemas de los RCD es el gran volumen que estos presentan, es así que, si se reduce su volumen de eliminación, la dimensión del espacio en dónde se acumula será menor; es decir, el área de intervención disminuye, por lo cual la afectación al medio ambiente es menor. A pesar de que se tiene una reducción de impacto considerable al usar el RCAC, es necesario considerar realizar tareas de restauración para ambos procesos.

Tabla 86. Cuadro resumen de valoración de impactos para el componente paisaje

Procesos:		Producción de concreto convencional		Producción de concreto con agregado grueso reciclado al 100%		
Componente ambiental	Sub procesos	Extracción y preparación de agregado grueso y fino natural	Eliminación de RCD al 100% de residuos de demolición	Extracción y preparación de agregado fino natural	Preparación y trituración de agregado grueso reciclado	Eliminación de RCD al 50% de residuos de demolición
	IMPORTANCIA					
	Factor ambiental	IM	IM	IM	IM	IM
Paisaje	Variación de la geomorfología	-81	-80	-44	0	-32
	Variación de la percepción paisajísticas por la presencia de elementos extraños	-80	-79	-43	-28	-35
Impacto total (Sumatoria):		-320		-182		
% de variación:				43%		

Fuente: Elaboración propia

Nota: El cuadro resumen se elabora a fin sintetizar resultados, no es parte de la metodología.

En el componente suelo, el impacto que genera la elaboración de RCAC es 26% menor respecto al NAC (ver tabla 87). El impacto disminuyó debido a que las áreas de afectación se reducen; es decir que al reducir la cantidad de material explotado y eliminado se reducen los impactos en los factores evaluados.

Se puede observar también que para los subprocesos evaluados el mayor impacto se produce por la afectación por remoción de la capa orgánica, la afectación por procesos erosivos y la afectación por movimiento en masa, teniendo una valoración que pasa de ser un impacto severo a moderado cuándo se produce el NAC y el RCAC.

Por otro lado, el impacto generado por la afectación en el cambio de drenaje superficial y la generación de residuos se mantiene con una denominación de importancia de irrelevante para los subprocesos de eliminación en la producción de ambos concretos, esto se debe a la ubicación del lugar dónde se eliminan (ver apartado 7.2.2.).

Respecto a la valoración de impactos del subproceso de preparación y trituración de agregado grueso, se observa que se consideró la valoración de impacto para las afectaciones por procesos erosivos y generación de residuos, obteniendo una calificación de moderado e irrelevante respectivamente. Las tareas de restauración del área intervenida también serán necesarias para el componente suelo.

Tabla 87. Cuadro resumen de valoración de impactos para el componente suelo

Procesos:		Producción de concreto convencional		Producción de concreto con agregado grueso reciclado al 100%		
Componente ambiental	Sub procesos	Extracción y preparación de agregado grueso y fino natural	Eliminación de RCD al 100% de residuos de demolición	Extracción y preparación de agregado o fino natural	Preparación y trituración de agregado grueso reciclado	Eliminación de RCD al 50% de residuos de demolición
	IMPORTANCIA					
	Factor ambiental	IM	IM	IM	IM	IM
Suelo	Afectación por la remoción de la capa orgánica	-71	-59	-43	0	-38
	Afectación por procesos erosivos	-70	-70	-42	-30	-42
	Afectación por el cambio de drenaje superficial	-43	-25	-29	0	-25
	Afectación por movimiento en masa	-65	-53	-39	0	-33

Afectación por la generación de residuos	-46	-46	-32	-22	-28
Afectación por descenso del nivel freático	-46	-25	-32	0	-25
Impacto total (Sumatoria):	-619		-460		
% de variación:			26%		

Fuente: Elaboración propia.

Nota: El cuadro resumen se elabora a fin sintetizar resultados, no es parte de la metodología.

En resumen, si es posible reutilizar el RCD en forma de agregado grueso reciclado (RCA) para la elaboración de un nuevo concreto (RCAC) en la construcción de veredas en la ciudad de Arequipa. Sin embargo, el costo de este resulta ser mayor a comparación del Concreto convencional (NAC), pues es necesario realizar trabajos adicionales para poder obtener el RCA. Por otro lado, si se evalúa los resultados obtenidos en relación al impacto ambiental, estos resultan ser favorables para el medio ambiente, pues se observa que la valoración del impacto ambiental disminuye.

Si se analiza la situación real de los RCD en la ciudad de Arequipa, lo cual resulta ser una situación desesperante, pues en su mayoría los RCD tienen como disposición final áreas urbanas deshabitadas que generan contaminación en el medio y que además no se cuenta con escombreras formales; una solución ventajosa sería manejar los RCD y transformarlos en RCA para ser utilizados en la elaboración de nuevos concretos. Además, actualmente se cuenta un reglamento de gestión y manejo de residuos sólido de la construcción, este indica que los RCD deben de tener mucha importancia en los proyectos de ejecución, por ejemplo; es necesario estimar el volumen de los RCD para poder realizar un plan de minimización y manejo de residuos sólidos. Si antes el paradero final de los RCD era incierto, ahora se busca darles valor a través de la construcción de una infraestructura de valoración, escombreras autorizadas, escombreras que cuenten una infraestructura de valoración, rellenos sanitarios exclusivo de los RCD, etc. El reglamento también menciona a diversas autoridades del gobierno, los cuales tienen ciertas responsabilidades; entre los más importantes se encuentra el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, pues el reglamento indica que debería de promover iniciativas y que a través de éstas se logre contribuir a la valoración, manejo y minimización de la generación de los RCD para lograr una economía circular. Se debería de incentivar a las partes interesadas de los proyectos, dándoles ciertos beneficios al término de la ejecución de proyectos. Por otro lado, las municipalidades deberían de ejercer bien sus

funciones, en el ámbito de fiscalizar, supervisar y sancionar a aquellas personas o empresas que sean los generadores de RCD y no respeten todas las disposiciones establecidas en el reglamento.

Respecto a los resultados obtenidos en el formulario 1 (Ver anexo 2), se obtiene que el 58.33% de los representantes de los proyectos que llenaron el formulario, tienen conocimiento del reglamento; por lo tanto, conocen acerca del tema y en relación a lo que sucede en sus proyectos, consideran que los RCD no son manejados adecuadamente, pues la mayoría de veces, estos son depositados en áreas deshabitadas cercanas al proyecto (41.18%).

CONCLUSIONES

En relación al objetivo general, se logró comparar el uso del concreto con agregado grueso reciclado (RCAC) y concreto natural (NAC) en la construcción de vereda del caso de estudio. Dentro de esto se encuentran las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, la resistencia a la compresión de los 4 diseños de mezclas elaborados, el presupuesto de construcción de veredas con RCAC y NAC y la identificación y evaluación del impacto ambiental de los componentes suelo y paisajístico en el proceso de elaboración de estos concretos.

De la caracterización del agregado grueso reciclado (RCA), se concluye que este material puede ser utilizado como material granular para la elaboración del RCAC en veredas. En resumen, el RCA es un material muy poroso, con poca resistencia a la abrasión y poca densidad. Ahora bien, en el proceso de elaboración se debe de ser muy cuidadoso con la selección insitu de los RCD en el terreno, pues se debe evitar que estos se encuentren contaminados con materia orgánica o algún otro material que como consecuencia influya en la resistencia del concreto.

Por otro lado, se realizaron 4 diseños de mezclas considerando un incremento de RCA en proporciones de 0%, 30%, 50% y 100% del volumen del agregado grueso natural (NCA), para un diseño con resistencia 210kg/cm^2 ; obteniéndose como resultado que los 4 diseños alcanzaron la resistencia esperada a los 28 días de curado. Por otro lado, se pudo verificar que la resistencia del concreto disminuye cuando se le agrega mayor cantidad de agregado grueso reciclado, y además que se llega a alcanzar la mayor resistencia cuando el porcentaje de RCA es 30%. Asimismo, la resistencia de los concretos con 30% de RCA y el convencional alcanzaron la resistencia de diseño a los 14 días de curado, lo cual es un resultado muy prometedor si se quisiera emplear el RCA en otras estructuras que demanden una mayor resistencia de diseño.

El costo de construcción de veredas con 100% de RCA es 15.25% mayor que si se utilizara NAC. Este resultado solo demuestra que construir veredas con RCA es más costoso que utilizar agregado natural. Sin embargo, en el Perú se cuenta con un Reglamento de Gestión de Residuos de Construcción y demolición, en dónde describen que el estado va a tener que hacer incentivos a las empresas para reutilizar aquellos materiales de obra; como por ejemplo el concreto ya fraguado.

La identificación y valoración ambiental de los impactos en los componentes suelo y paisaje se realizó optando el diseño en el que se considera la adición de 100% de RCA, debido a que este cumple con la resistencia mínima de diseño y vendría a ser el diseño más óptimo, ya que con la investigación se busca comparar el uso de estos dos tipos de concreto (reciclado y convencional) y con este diseño se llega a utilizar mayor cantidad de RCA. Los impactos generados por el uso del RCAC son menores respecto al proceso de elaboración de concreto convencional ya que se reduce la extracción de agregados, se elimina menor cantidad de RCD y se reutiliza el concreto ya fraguado como nuevo agregado en el concreto. En el caso de estudio, el impacto ambiental en el medio físico natural (componente suelo y paisaje) al construir veredas de concreto con NCA es 46.26% más que si se utilizara el RCA debido a que existe una alteración significativa por la remoción de la capa orgánica, variación en la geomorfología y percepción paisajística y la generación de residuos. Los RCD son un problema, pues generalmente son eliminados en lugares que no cuentan con permisos necesarios para su disposición final, inclusive la ciudad de Arequipa no cuenta con una escombrera autorizada. Por lo tanto, todos los botaderos existentes hasta la fecha son informales y son pocos los proyectos que cuentan con DME's autorizados.

El uso de concreto con agregado grueso reciclado en la construcción de veredas tiene mayores ventajas que el concreto con agregado natural ya que se puede llegar a obtener resistencia altas y fomenta el reciclaje de materiales de construcción como en la presente investigación (concreto fraguado); a pesar que el costo de su fabricación sea mayor a diferencia del concreto convencional, con el tiempo su empleo será una opción sostenible ya que cada vez los gobiernos están tomando mayor conciencia en relación al cambio climático y como conservar el medio ambiente y sus recursos naturales. En el Perú se cuenta con un reglamento de manejo de Residuos de construcción y demolición (D.S. 002-2022 VIVIENDA) que señala que el estado debe de dar incentivos para la valoración de estos residuos. La presente investigación aporta a través de la experimentación que es posible utilizar estos residuos y ser empleados como agregados; además, su empleo beneficia no solo a la población sino también al medio ambiente, ya que el impacto que se genera por su uso es menor que el que se genera por el uso de un concreto convencional. Esto como efecto provocará la reducción de volumen de explotación de canteras y la reducción de la demanda de espacios para la eliminación de los RCD.

RECOMENDACIONES

Se recomienda evaluar el uso del agregado fino reciclado en la elaboración de nuevos concreto. Además, se debería de evaluar el impacto que genera el uso del agregado fino y grueso reciclado en otras estructuras de concreto.

Se recomienda realizar más investigaciones respecto a la porosidad del concreto y su afectación directa con la resistencia del concreto. Pues sería conveniente obtener un RCA que no tenga demasiado mortero adherido y de esa forma mejorar la resistencia del concreto.

Ya que se obtuvo una mayor resistencia con el concreto con 30% de RCA, se debería de realizar investigaciones con esta dosificación y también con el agregado fino reciclado para estructuras que demanden mayor resistencia.

La identificación y evaluación de los impactos en los componentes suelo y paisaje se realizó haciendo uso de información extraída de una declaración de impacto ambiental (DIA) presentado por Supermix, del proyecto Cantera la Poderosa - La Enlozada, esta información se empleó para la investigación; sin embargo, se recomienda realizar monitoreos de las zonas estudiadas para actualizar la información y tomar decisiones necesarias para la mitigación de impactos, debido a que la matriz de valoración de impactos varía de acuerdo a las condiciones en las que se estudien.

Investigaciones como la presentada son escasas en la ciudad de Arequipa y en el país en general; por lo que se sugiere incursionar más en este tema y no dejarlo de lado, más al contrario debemos comprometernos como profesionales para con la sociedad y el planeta, haciendo uso adecuado de los recursos y promoviendo la reutilización de RCD.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI Committee 318. (2019). Aci 318 - 19. In *American Concrete Institute*.
- Arboleda G., J. A. (2008). Manual de evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades. In *Manual de evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades*.
http://evaluaciondelimpactoambiental.bligoo.com.co/media/users/20/1033390/files/255491/1_Manual_EIA.pdf
- Arias Gonzáles, J. L., Holgado Tisoc, J., Tafur Pittman, T. L., & Pauca Vasquez, M. J. (2022). *Metodología de la Investigación . El método ARIAS para hacer el proyecto de tesis*. (Issue June).
- Balmaceda Castillo, H. A. (2021). *ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA COMPARATIVO ENTRE EL USO DE CONCRETO CONVENCIONAL Y ALTERNATIVAS DE CONCRETO RECICLADO*.
- Bui, N. K., Satomi, T., & Takahashi, H. (2018). Mechanical properties of concrete containing 100 % treated coarse recycled concrete aggregate. *ScienceDirect Construction and Building Materials*, 163, 496–507. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.12.131>
- CONESA FDEZ, V. (2010). *GUIA METODOLOGICA PARA LA EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL*.
- Díaz Edquen, C. R. (2022). *Estudio y análisis del uso de agregados reciclados en la elaboración de concretos*.
- Duarte, G., Bravo, M., de Brito, J., & Nobre, J. (2019). Mechanical performance of shotcrete produced with recycled coarse aggregates from concrete. *Construction and Building Materials*, 210, 696–708. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.156>
- Glinka, M. E., Vedoya, D. E., & Pilar, C. A. (2006). Estrategias de reciclaje y reutilización de residuos sólidos de construcción y demolición. *Universidad Nacional Del Nordeste*. <https://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/27648>
- Gomez Orea, D. (1999). *EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL* (Ediciones Mundi-Prensa & Editorial Agrícola Española (eds.)).

- Gunasekara, C., Seneviratne, C., Law, D. W., & Setunge, S. (2020). Feasibility of Developing Sustainable Concrete Using Environmentally Friendly Coarse Aggregate. *Applied Sciences*, 10(15), 5207. <https://doi.org/10.3390/app10155207>
- Guo, Z., Chen, C., Lehman, D. E., Xiao, W., Zheng, S., & Fan, B. (2020). Mechanical and durability behaviours of concrete made with recycled coarse and fine aggregates. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 24(2), 171–189. <https://doi.org/10.1080/19648189.2017.1371083>
- Hernández, H. R. N. (2010). *Tecnología del concreto* (Vol. 25, Issue 36).
- Hernández Sampieri, R. (2014). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN* (6th ed.). Mc Graw Hill Education.
- INEI. (2021a). *Indicadores Demográficos por departamentos*. <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/population-estimates-and-projections/>
- INEI. (2021b). *Producto bruto interno trimestral - Informe técnico.Nº 01 - Febrero 2022*. <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/03-informe-tecnico-pbi-ii-trim-2022.pdf>
- J. Cesar Ingenieros Consultores. (2020). RESUMEN EJECUTIVO ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DETALLADO PROYECTO TERMINAL PORTUARIO PUCUSANA. In *Https://Medium.Com/* (p. 123). <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>
- Katiyar, M., & Singh, S. P. (2019). IRJET- Concrete with Alternative Aggregates -Green Concrete. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 06(08), 520–524.
- López Mamani, E. G. (2021). Impacto Ambiental por la Matriz Leopold y la Matriz Conesa en la cantera Querulpa para un plan de contingencia, Arequipa 2021. In *Universidad César Vallejo*.
- Mahpour, A. (2018). Prioritizing barriers to adopt circular economy in construction and demolition waste management. *Resources, Conservation and Recycling*, 134(December 2017), 216–227. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.01.026>

- Makul, N. (2020). Cost-benefit analysis of the production of ready-mixed high-performance concrete made with recycled concrete aggregate: A case study in Thailand. *Heliyon*, 6(6), e04135. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04135>
- MINAM, M. del A.-. (2018). Guía para la Identificación y caracterización de impactos ambientales. In *Ministerio de Ambiente - Perú*. <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2018/10/Guia-Impactos.pdf>
- MINAM, M. del A.-. (2021). *Listado de Rellenos Sanitarios a Nivel Nacional*. <https://www.minam.gob.pe/gestion-de-residuos-solidos/listado-de-rellenos-sanitarios-a-nivel-nacional/>
- Ministerio del Ambiente MINAM. (2018a). *Guía para la elaboración de la Línea Base en el marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental - SEIA*.
- Ministerio del Ambiente MINAM. (2018b). *Guía para la identificación y caracterización de impactos ambientales en el marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental*.
- Ministry of Environment. Sejong-Si, K. (2012). *Waste Recycling: Extended Producer Responsibility*. <https://eng.me.go.kr/eng/web/index.do?menuId=466>
- Miranda, L., Neira, E., Torres, R., & Valdivia, R. (2014). *Perú hacia la construcción sostenible en escenarios de cambio climático*. http://www.cies.org.pe/sites/default/files/investigaciones/edicion_final_estudio_construccion_sostenible.pdf
- Mohammed, N., Sarsam, K., & Hussien, M. (2018). The influence of recycled concrete aggregate on the properties of concrete. *MATEC Web of Conferences*, 162, 1–7. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201816202020>
- Mohammed, T. U., Hasnat, A., Awal, M. A., & Bosunia, S. Z. (2014). Recycling of Brick Aggregate Concrete as Coarse Aggregate. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 27(7). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)mt.1943-5533.0001043](https://doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0001043)
- MVCS. (2022). *Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Gestión y Manejo de Residuos Sólidos de la Construcción y Demolición*.
- Palomino Pando, A. N., & Meléndez Verónica, N. V. (2022). *ANÁLISIS DE*

IMPLEMENTACIÓN DE LA ECONOMÍA CIRCULAR EN UNA OBRA DE CONSTRUCCIÓN LEAN.

- Park, W. J., Kim, T., Roh, S., & Kim, R. (2019). Analysis of Life Cycle Environmental Impact of Recycled Aggregate. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/app9051021>
- Perú Sostenible. (2022). *El Estado De Los Proyectos De Sostenibilidad En Perú*. <https://perusostenible.org/el-estado-de-los-proyectos-de-sostenibilidad-en-peru/>
- Pin, K., Ashraf, W., & Cao, Y. (2018). Resources , Conservation & Recycling Properties of recycled concrete aggregate and their in fl uence in new concrete production. *Resources, Conservation & Recycling*, 133(October 2017), 30–49. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.02.005>
- Robinson, G., Leonard, J., & Whittington, T. (2021). *Future of Construction Technology*. September.
- Sharma, S., & Kumar, N. (2022). Advanced materials contribution towards sustainable development and its construction for green buildings. *ScienceDirect Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.07.394>
- Sklifos, V., Belykh, A., Nebozh, T., Nyu, K., & Radchenko, I. (2021). Eco-concrete as ecological solution for green building industry. *E3S Web of Conferences*, 258. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125809072>
- Thongkamsuk, P., Sudasna, K., & Tondee, T. (2017). Waste generated in high-rise buildings construction: A current situation in Thailand. *ScienceDirect*, 138, 411–416. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.10.186>
- Wu, B., Yu, Y., Chen, Z., & Zhao, X. (2018). Shape effect on compressive mechanical properties of compound concrete containing demolished concrete lumps. *ScienceDirect Construction and Building Materials*, 187, 50–64. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.07.086>
- Xuan, D., Zhan, B., & Poon, C. S. (2017). Durability of recycled aggregate concrete prepared with carbonated recycled concrete aggregates. *Cement and Concrete Composites*, 84, 214–221. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2017.09.015>

ANEXOS

ANEXO 1

01. Formulario N°1

COMPARACION DEL USO DEL CONCRETO CON AGREGADO GRUESO
RECICLADO Y NATURAL EN LA CONSTRUCCION DE VEREDAS EN LA
CIUDAD DE AREQUIPA.

1. Correo electrónico

2. Tipo de proyecto de infraestructura

Marcar solo un óvalo

Edificaciones

Saneamiento

Viales

Otros

3. Ubicación del proyecto

4. ¿El proyecto cuenta con botadero de Residuo de Construcción y Demolición
(RCD) designado en su expediente técnico?

Marcar solo un óvalo

Si

No

5. ¿En el proyecto se ha subcontratado con una empresa subcontratista para la
eliminación de este RCD?

Marcar solo un óvalo

Si

No

6. ¿Tiene conocimiento usted acerca del Decreto Supremo N° 2-VIVIENDA, el cual aprueba el Reglamento de Gestión y Manejo de Residuos sólidos de la Construcción y Demolición?

Marcar solo un óvalo

Si

No

7. ¿Considera usted que en la actualidad los RCD no son tratados adecuadamente y que estos tienen un impacto negativo en el medio ambiente?

Marcar solo un óvalo

Si

No

ANEXO 2

01 Resultados del Cuestionario 1

Tabla 88. *Tipo de proyecto de infraestructura*

Tipo de proyecto de infraestructura	Cantidad
Edificaciones	12
Saneamiento	5
Vial	7
Otros	
Total	24

Fuente: Elaboración propia

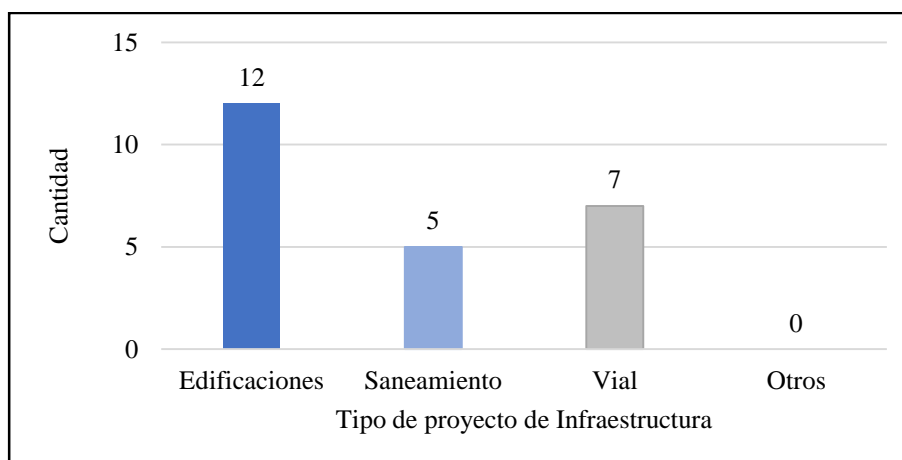


Figura 39. Tipo de proyecto de infraestructura

Fuente: Elaboración propia

Tabla 89. *El expediente técnico cuenta con un botadero para los RCD*

El expediente técnico identifica un botadero para los RCD	Cantidad	%
Si	11	45.83
No	13	54.17
Total	24	1 .

Fuente: Elaboración propia

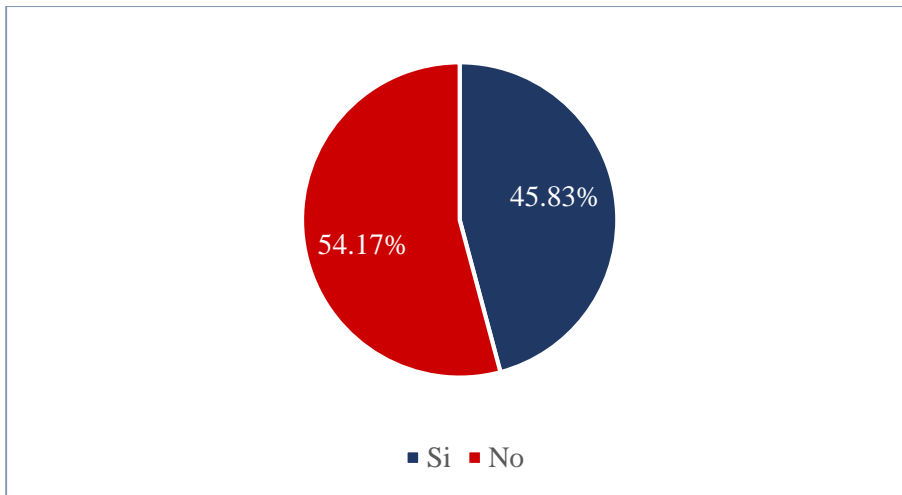


Figura 40. El expediente técnico cuenta con un botadero para los RCD

Fuente: Elaboración propia

Tabla 90. Existe subcontrato para la eliminación de los RCD

Existe contrato con una empresa subcontratista para la eliminación de los RCD	Cantidad	%
Si		
No	24	1
Total	24	1

Fuente: Elaboración propia

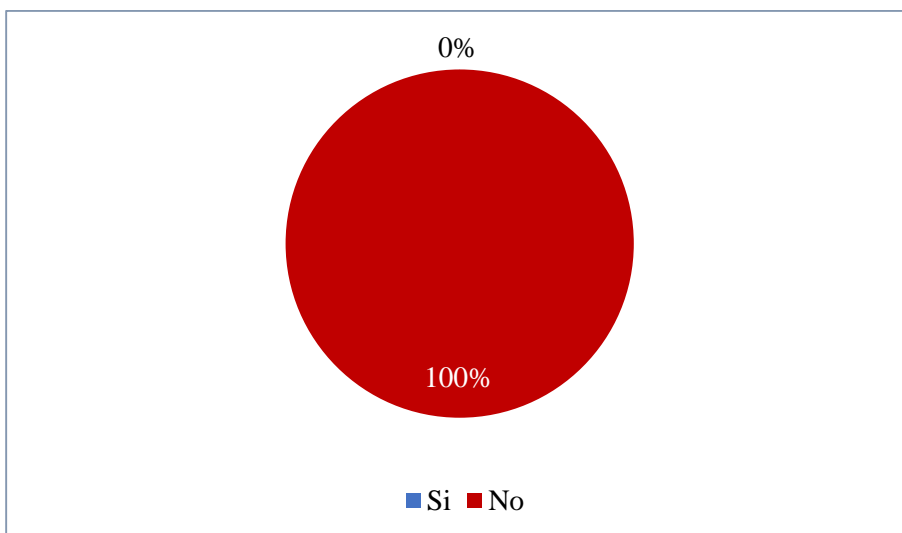


Figura 41. Existe subcontrato para la eliminación de los RCD

Fuente: Elaboración propia

Tabla 91. Conocen la disposición final de los RCD

Conocen la disposición final de los RCD en su proyecto	Cantidad	%
Si	17	70.83
No	7	29.17
Total	24	100

Fuente: Elaboración propia

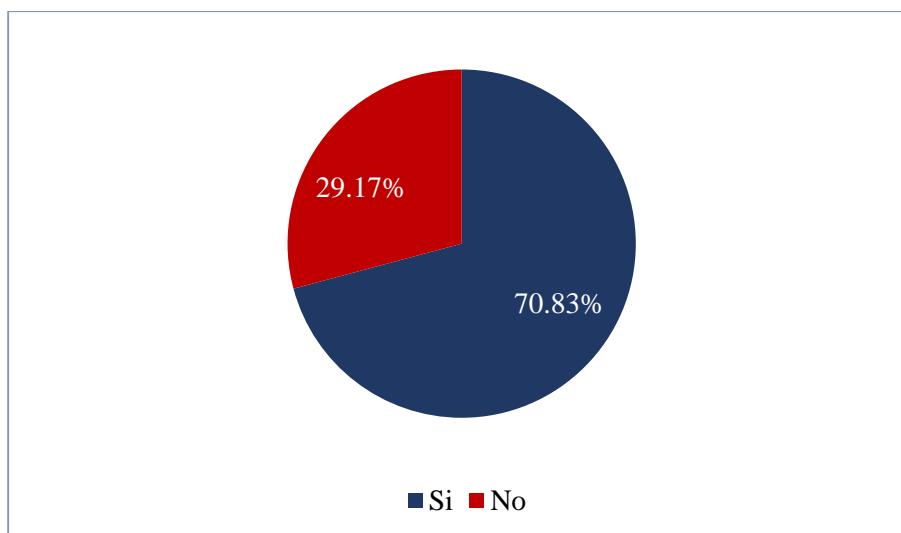


Figura 42. Conocen la disposición final de los RCD

Fuente: Elaboración propia

Tabla 92. Tienen conocimiento del Decreto Supremo N° 2-2 22-Vivienda

Tienen conocimiento sobre el Decreto Supremo N° 2-2 22-VIVIENDA	Cantidad	%
Si	14	58.33
No	1	41.67
Total	24	100

Fuente: Elaboración propia

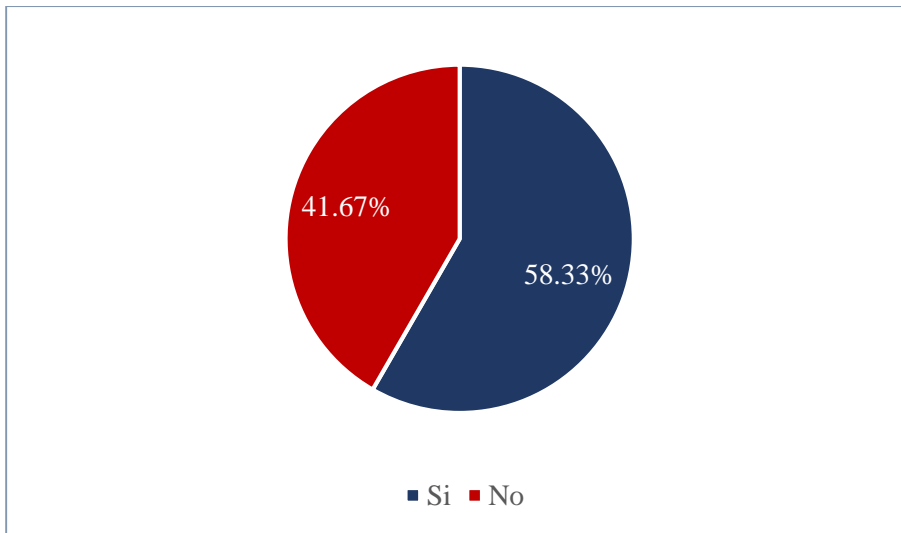


Figura 43. Tienen conocimiento del Decreto Supremo N° 2-2 22-Vivienda

Fuente: Elaboración propia

Tabla 93. Los RCD en la actualidad

Consideran que en la actualidad los RCD no son tratados adecuadamente y tienen un impacto negativo en el medio ambiente	Cantidad	%
SI	24	1
No		
Total	24	1

Fuente: Elaboración propia

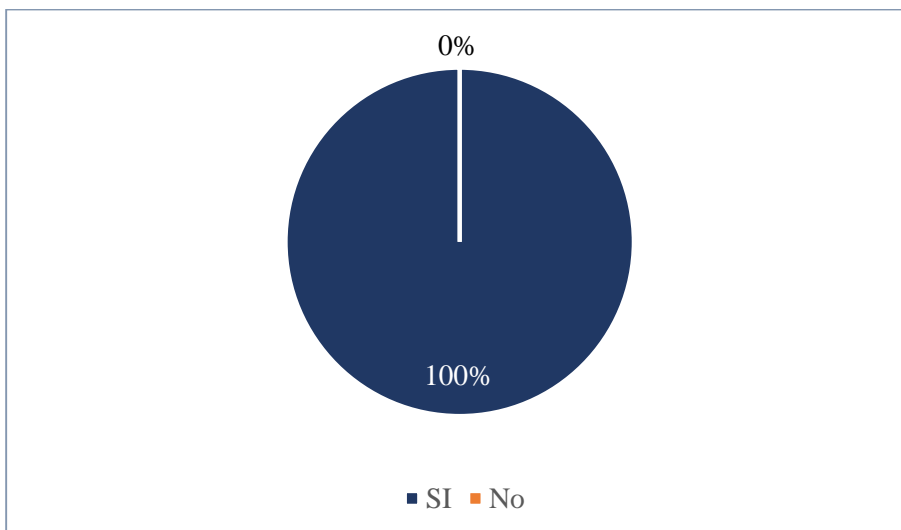


Figura 44. Los RCD en la actualidad

Fuente: Elaboración propia

Tabla 94. Paradero final de los RCD

Paradero final de los RCD	Cantidad	%
Camino vecinal	4	23.53
Áreas vacías cerca del proyecto	7	41.18
Relleno de viviendas	5	29.41
Botadero Municipal	1	5.88
Total	17	100

Fuente: Elaboración propia

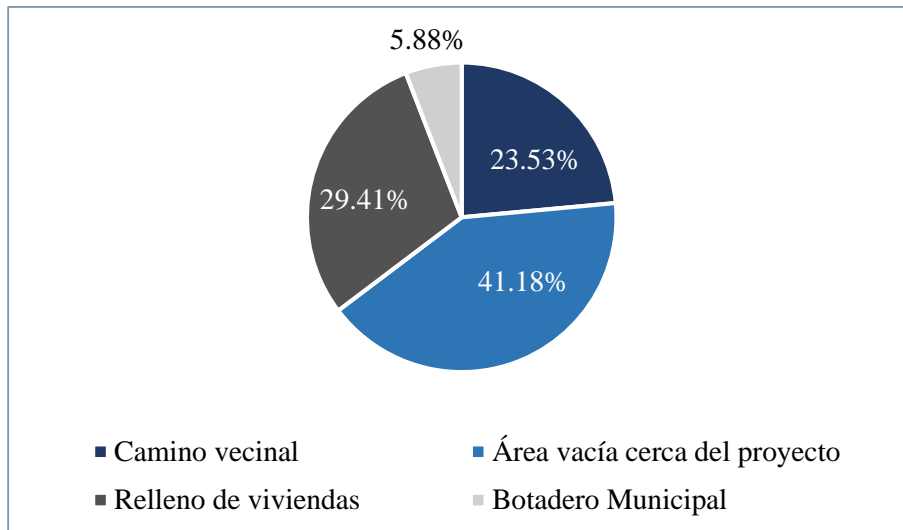


Figura 45. Paradero final de los RCD

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 3

01. Ensayos granulométricos agregado grueso natural

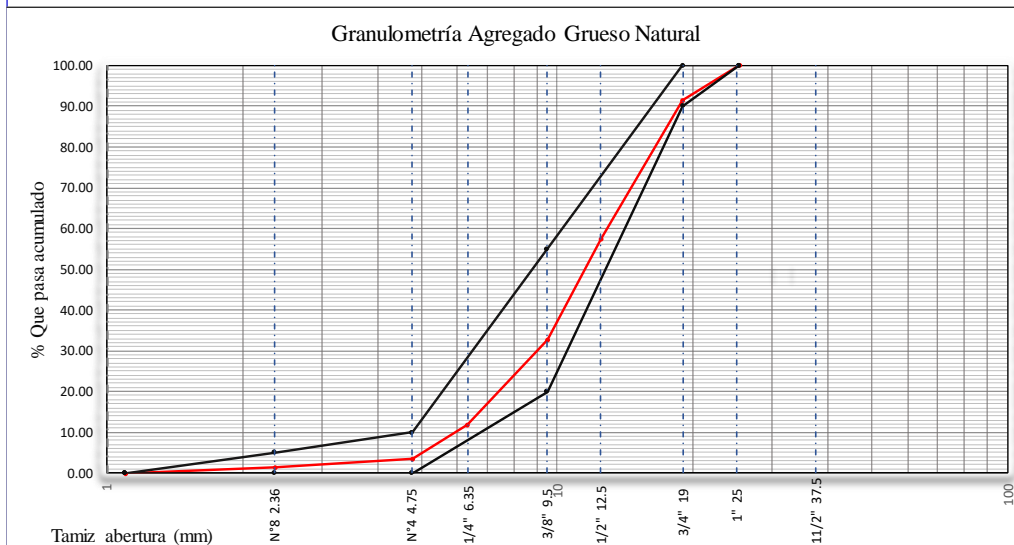
Material	:	Piedra HUSO 67
Cantera	:	La poderosa
Procedencia	:	Arequipa

Muestra Nro	:	1
Fecha de muestreo	:	14/09/2021
Fecha de ingreso	:	14/09/2021
Fecha de análisis	:	15/09/2021

GRANULOMETRÍA					
MALLA ASTM	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	NTP 400.037
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
1"	0.00	0.00	0.00	100.00	100
3/4"	664.00	8.51	8.51	91.49	90-100
1/2"	2654.00	34.03	42.54	57.46	-
3/8"	1919.00	24.61	67.15	32.85	20-55
1/4"	1632.00	20.93	88.08	11.92	-
N° 4	654.00	8.39	96.46	3.54	0-10
N° 8	175.00	2.24	98.70	1.30	0-5
N° 16	101.00	1.30	100.00	0.00	-
N° 30	0.00	0.00	100.00	0.00	-
N° 50	0.00	0.00	100.00	0.00	-
N° 100	0.00	0.00	100.00	0.00	-
N° 200	0.00	0.00	100.00	0.00	-
<N° 200	0.00	0.00	100.00	0.00	-
TOTAL:	7799.00	100.00			

PROPIEDADES FÍSICAS		
Módulo de Finura	:	6.71
Tamaño Max.Nom	:	3/4"
Peso Esp.SSS	:	2744 kg/m ³
Peso Vol. Compac	:	1620 kg/m ³
Peso Vol. Suelto	:	1528 kg/m ³
% Absorción	:	0.62 %
% Humedad	:	0.29 %
% Malla <#200	:	0.32 %
Huso	:	67

GRÁFICO DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO



02. Ensayo granulométrico agregado grueso reciclado

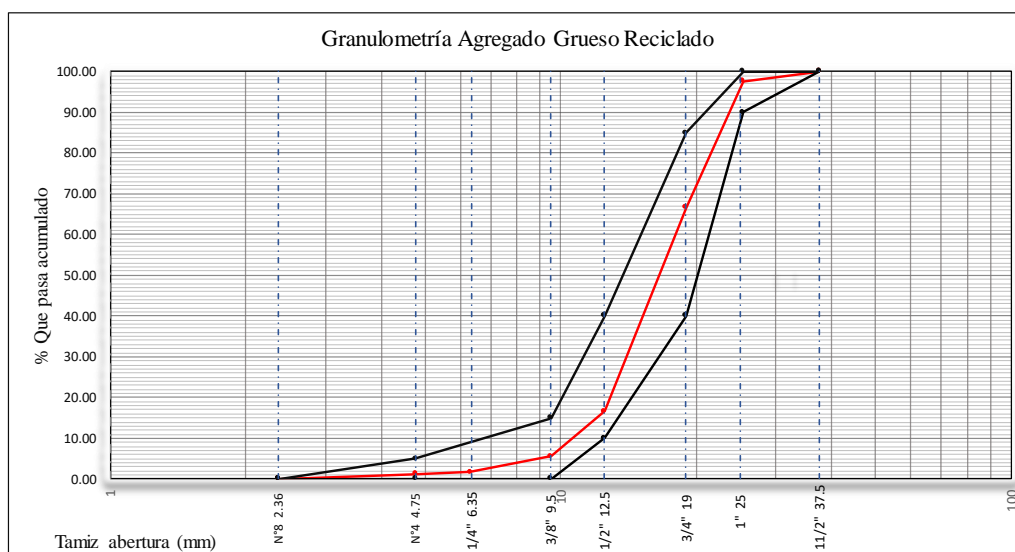
Material	:	Piedra HUSO 56
Cantera	:	RECICLADO
Procedencia	:	Arequipa

Muestra Nro	:	1
Fecha de muestreo	:	14/09/2021
Fecha de ingreso	:	14/09/2021
Fecha de análisis	:	15/09/2021

GRANULOMETRÍA					
MALLA ASTM	PESO RETENIDO	%RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	NTP 400.037
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	100
1"	269.00	2.46	2.46	97.54	90-100
3/4"	3380.00	30.91	33.37	66.63	40-85
1/2"	5462.00	49.95	83.33	16.67	10-40
3/8"	1209.00	11.06	94.38	5.62	0-15
1/4"	430.00	3.93	98.32	1.68	-
N° 4	54.00	0.49	98.81	1.19	0-5
N° 8	130.00	1.19	100.00	0.00	-
N° 16	0.00	0.00	100.00	0.00	-
N° 30	0.00	0.00	100.00	0.00	-
N° 50	0.00	0.00	100.00	0.00	-
N° 100	0.00	0.00	100.00	0.00	-
N°200	0.00	0.00	100.00	0.00	-
<N° 200	0.00	0.00	100.00	0.00	-
TOTAL:	10934.00	100.00			

PROPIEDADES FÍSICAS		
Módulo de Finura	:	7.27
Tamaño Max.Nom	:	1"
Peso Esp.SSS	:	2422 kg/m ³
Peso Vol. Compac	:	1342 kg/m ³
Peso Vol. Suelto	:	1204 kg/m ³
% Absorción	:	4.5 %
% Humedad	:	0.34 %
% Malla <#200	:	- %
Huso	:	56

GRÁFICO DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO RECICLADO



03. Ensayo granulométrico de la arena gruesa

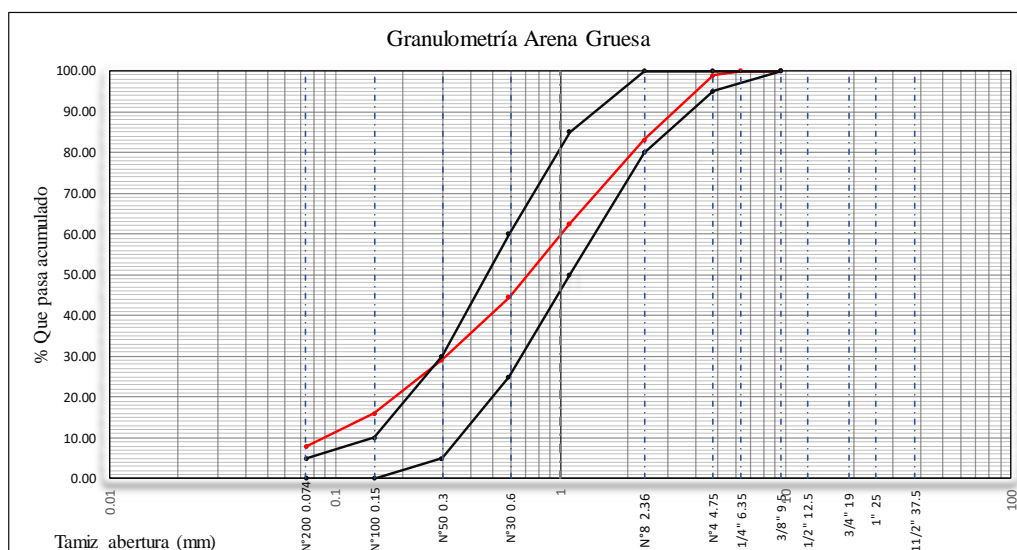
Material	:	Arena Gruesa
Cantera	:	La Poderosa
Procedencia	:	Arequipa

Muestra Nro	:	1
Fecha de muestreo	:	14/09/2021
Fecha de ingreso	:	14/09/2021
Fecha de análisis	:	15/09/2021

GRANULOMETRÍA					
MALLA ASTM	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	NTP 400.037
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	100
1/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
N° 4	8.00	1.13	1.13	98.87	95-100
N° 8	111.00	15.72	16.86	83.14	80-100
N° 16	146.00	20.68	37.54	62.46	50-85
N° 30	127.00	17.99	55.52	44.48	25-60
N° 50	108.00	15.30	70.82	29.18	5-30
N° 100	93.00	13.17	83.99	16.01	0-10
N° 200	57.00	8.07	92.07	7.93	0-5
<N° 200	56.00	7.93	100.00	0.00	-
TOTAL:	706.00	100.00			

PROPIEDADES FÍSICAS		
Módulo de Finura	:	2.66
Tamaño Max.Nom	:	
Peso Esp.SSS	:	2616 kg/m3
Peso Vol. Compac	:	1832 kg/m3
Peso Vol. Suelto	:	1662 kg/m3
% Absorción	:	2.15 %
% Humedad	:	1.62 %
% Malla <#200	:	9.1 %
Huso	:	ARENA

GRÁFICO DE GRANULOMETRÍA DE ARENA GRUESA



ANEXO 4

1. Panel Fotográfico



Figura 46. Peso unitario del agregado

Fuente: Elaboración propia



Figura 47. Elaboración de briquetas

Fuente: Elaboración propia



Figura 48. Testigos de concreto

Fuente: Elaboración propia



Figura 49. Desmolde de testigos

Fuente: Elaboración propia



Figura 50. Rotura de testigos

Fuente: Elaboración propia