

	RESUMEN ANALÍTICO DE INVESTIGACIÓN (RAI)		
	Código: 10226022	Fecha: 10-04-2023	Versión No. 1

Fecha de elaboración: 05.04.2023 [del RAI]			
Tipo de documento	TID:	Obra Creación:	Proyecto Investigación: X
Título	Propiedades de los materiales reutilizados RCD para la fabricación de bloques de concreto estructurales y no estructurales		
Autor(es)	Karen Lizeth Ortega Martínez		
Tutor(es)	Juan Carlos Guzmán Gómez		
Fecha de finalización	30.03.2023 [del proyecto de investigación]		
Temática	Reutilización de residuos de construcción en obras civiles		
Tipo de investigación	Investigación Descriptiva con enfoque cualitativo		
Resumen			
<p>Partiendo de la necesidad de hacer un uso adecuado de los residuos de construcción se realiza la presente investigación que tiene como objetivo principal investigar las propiedades y las características que tienen los residuos de demolición para usarse como materia prima para la construcción de bloques de concreto, encontrando entre varias investigaciones más cinco antecedentes principales que muestran los hallazgos actuales sobre estas propiedades, además, se describe el proceso de fabricación de los bloques de concreto, los agregados necesarios, la clasificación de los RCD y el uso final que debe dárseles, con todo lo anterior se encontró que efectivamente los RCD cumplen con las características físicas necesarias para ser usados como materia prima para la construcción de bloques estructurales y no estructurales.</p>			
Palabras clave			
<p>Escombros, RCD, propiedades físicas de los RCD, residuos de demolición, agregados, procesos constructivos, elementos estructurales, elementos no estructurales, fabricación, disposición final, trituración, compresión, tracción, vigas, materia orgánica, mampostería, pavimentos, residuos, ensayos de granulometría, tamiz.</p>			

	RESUMEN ANALÍTICO DE INVESTIGACIÓN (RAI)		
	Código: 10226022	Fecha: 10-04-2023	Versión No. 1

Planteamiento del problema

En la actualidad estamos enfrentados al daño ambiental que hemos causado nosotros mismos, anualmente se generan toneladas de residuos de todo tipo que afectan el equilibrio de los ecosistemas y contaminan el medio ambiente. El punto de investigación que se abordara en el estudio son los escombros y residuos provenientes de la construcción, ya que, como lo indica (Ayala Quiñonez & Pacuar Cedeño, 2022)“el inmenso volumen que ocupan estos materiales provenientes de residuos de la construcción, que no cuentan con un aprovechamiento de esos potenciales recursos y cuya disposición final genera una gran problemática ya que dichos desechos el constructor no puede dejarlos en la obra que realiza, siendo así un material solido inerte – no peligroso”. (Ayala Quiñonez & Pacuar Cedeño, 2022). Son desechos que, aunque no generan un impacto químicamente peligroso su volumen si genera contaminación al medio ambiente por ellos es que día a día aumentan las toneladas de residuos que producimos y con ello la necesidad de hacer un uso adecuado de los recursos y de los residuos para aumentar el ciclo de vida de los mismos y reducir los desechos finales.

Las construcciones generan toneladas de escombros no reutilizables que aumentan los niveles de contaminación lo que genera un gran problema e impacto ambiental, por ello surge la necesidad de buscar reutilizar y reciclar al máximo los residuos que se generan en una obra, ya que estos tienen en si propiedades físicas que pueden ser aprovechables para darles un ciclo de vida más largo. Además, con el crecimiento constante de las ciudades el no aprovechar al máximo dichos residuos puede generar un colapso en los acopios de residuos, ya que no en cualquier lugar se pueden desechar los escombros, ya que no tienen un uso final establecido y no se degradan con el tiempo, mientras que si se usan como materia prima para volver a la vida útil se estaría reduciendo el impacto ambiental.

	RESUMEN ANALÍTICO DE INVESTIGACIÓN (RAI)		
	Código: 10226022	Fecha: 10-04-2023	Versión No. 1

Pregunta

¿Se pueden reutilizar los escombros en la construcción para convertirse en materia prima para la fabricación de bloques, adoquines y prefabricados, para reducir el impacto ambiental de dichos recursos?

Objetivos

General

Investigar las propiedades y características de los escombros y la capacidad que tendrían para fabricar bloques, adoquines y prefabricados para la construcción y con ello realizar un análisis de la posibilidad de minimizar el impacto ambiental que generan dichos residuos

Específicos

- Investigar el proceso de fabricación de un bloque de cemento.
- Investigar el proceso de fabricación de adoquines, prefabricados, losetas.
- Investigar las características físicas y de ser necesarias químicas que debe cumplir un bloque de cemento para ser estructuralmente seguro.
- Investigar las propiedades de los escombros y además la disposición final que actualmente se les da en las obras de construcción.
- Investigar si en la actualidad existen empresas o estudios que aprueben el uso de los RCD como materia prima para la fabricación de bloques.
- Consultar y analizar la bibliografía existente referente a la fabricación de bloques a partir de escombros.

Marco teórico

	RESUMEN ANALÍTICO DE INVESTIGACIÓN (RAI)		
	Código: 10226022	Fecha: 10-04-2023	Versión No. 1

Para el desarrollo del marco teórico de la investigación para el Diseño y elaboración de bloques con materiales reutilizados con escombros y residuos de construcción en Colombia se dividió la investigación en cinco ejes temáticos los cuales son, el estado actual de la producción de residuos en las construcciones, el proceso de fabricación de un bloque de concreto, los agregados que son la materia prima para la fabricación y que propiedades tienen los agregados reciclados de la demolición, la composición y la clasificación de los RCD, y finalmente el manejo y la recolección de los residuos que engloba cual es el proceso y reglamentación de la disposición de los RCD en Colombia (Véase página 12). Con el primer eje temático de la investigación encontró que la construcción “es la responsable del consumo del 40% de las materias primas en el mundo; equivalente a 3.000 millones de toneladas por año; el 17% del agua potable” (World Green Building Council (WorldGBC), 2008) como se citó en (Acevedo Agudelo, Vásquez Hernández, & Ramírez Cardona, 2012)) p. 201. La ilustración 1 en la página 12 muestra la producción de residuos en las regiones del mundo. Para el proceso de fabricación del bloque de concreto (Véase página 13) se dividió en 6 fases de las cuales se encontró información que se encuentra plasmada en el documento en las tesis de (Mendoza López, 2022) (Díaz Chávez & Torres Idrogo, 2018) de (Orozco Yarasqui & Salazar Pillpe, 2022) (Ministerio de vivienda, Ciudad y Territorio; Comisión asesora permanente para el Régimen de construcciones sismo resistentes; AIS Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2017) (Véase página 14). Continuando con el hilo de la investigación se encontró que Los RCD se clasifican en RCD Aprovechables y RCD no aprovechables según su material, fin uso y granulometría, según la guía para la elaboración del plan de gestión de residuos de construcción y demolición – RCD en obra (Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015) (Véase página 16 y 17). Con respecto al manejo y recolección de los RCD en Colombia se encontró que está regido por la secretaria de ambiente con la guía para la elaboración del

	RESUMEN ANALÍTICO DE INVESTIGACIÓN (RAI)		
	Código: 10226022	Fecha: 10-04-2023	Versión No. 1

plan de gestión de los residuos de construcción y demolición – RCD en la obra. Y tiene como objetivo “Proporcionar al constructor las herramientas necesarias y adecuadas para formular, implementar y actualizar el Plan de gestión de residuos de construcción y demolición, de tal manera que éste permita adoptar estrategias para minimizar la disposición final y maximizar el aprovechamiento de los RCD, generados durante la ejecución de proyectos constructivos.” (Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015)(Véase página 18). Con respecto al uso final se encontró que La arena, grava, y demás áridos, pétreos, cerámicos, concreto y cemento se pueden reutilizar como base para carreteras y para nivelar y estabilizar suelo y terraplenes. Los materiales con alta probabilidad a ser reciclados según investigaciones son: concreto, cerámicos, cemento y ladrillos, los cuales se pueden reutilizar para la elaboración de adoquines, fachadas, bases para columnas, producción de morteros y fabricación de cementos. (Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015)). (Véase página 19)

Método

El método utilizado en la presente investigación se basa en la recolección de datos de bases de información siguiendo un hilo investigativo planteado a partir de los ejes temáticos de la investigación (Véase página 32, tabla 10 Caracterización de la investigación) siendo una investigación descriptiva con enfoque cualitativo (Véase Página 31) puesto que se basa en la búsqueda y recolección de datos de forma investigativa, es decir analizando estudios sobre el comportamiento de los escombros como materia prima, donde netamente se busca tener un panorama amplio a nivel de información y datos para con esto determinar finalmente que características tienen y que viabilidad hay en este material para ser utilizado para la fabricación de bloques. En este estudio se analizaron

	RESUMEN ANALÍTICO DE INVESTIGACIÓN (RAI)		
	Código: 10226022	Fecha: 10-04-2023	Versión No. 1

diferentes tesis, artículos indexados y publicaciones de repositorios universitarios, iniciando por la búsqueda de antecedentes para esclarecer y conocer los estudios ya realizados referente a los RCD como materia prima para la fabricación de bloques, y así relacionarlas con nuestro estudio. Para construir el marco teórico en base a los ejes temáticos de la investigación, también se acudió al análisis documental como herramienta para conocer la teoría existente referente al presente tema de estudio (Véase página 33).

Resultados, hallazgos u obra realizada

La presente investigación siguiendo los ejes temáticos estipulados para la misma procede a mostrar los resultados y hallazgos encontrados partiendo de los ejes, estado actual de los RCD, el proceso de fabricación de un bloque de cemento, agregados, composición, clasificación y manejo de los RCD, presentándose a continuación de la siguiente manera:

Siguiendo el estudio de los artículos de investigación indagados se encontró que “la construcción es la responsable del consumo del 40% de los insumos naturales y a su vez del 17% del consumo del agua potable para sus procesos” W. G. B. C. WorldGBC. (2015), p. 201. Además, que en el 65% de los residuos de demolición no tienen un uso final, sino que son trasladados a botaderos donde se genera más contaminación, generando así un gran problema ambiental alrededor de la construcción (Méndez. M 2020). Donde los datos encontrados se encuentran resumidos en la tabla 12. (Véase página 37)

Los áridos son los RCD con más características positivas para ser reutilizados como materia prima para la fabricación de bloques, ya que al triturarse y pasar por los ensayos de tamizados si se usa un 60% de árido reciclado con 40% de árido natural se obtiene que los resultados después de someter a compresión los morteros hechos a partir de esa

	RESUMEN ANALÍTICO DE INVESTIGACIÓN (RAI)		
	Código: 10226022	Fecha: 10-04-2023	Versión No. 1

dosificación son entre 47MPA, 34 MPA Y 25,3 MPA (Bezerra, Schalch, Coitinho & Duarte, 2012) Lo que los hace adecuados para la resistencia a la compresión para su reutilización en fabricación de bloques y materiales para la construcción.

Conclusiones

- En la actualidad la necesidad de reutilizar los recursos y darles un buen uso final a los desechos de la construcción ha hecho que se materialice el uso de los mismos, ya que es una realidad que se usan los desechos triturados para ser nueva materia prima adecuada para la reutilización y manejo, lo que indica que el impacto negativo de los RCD se ha ido disminuyendo significativamente con el pasar de los años.
- Aunque los residuos de las demoliciones de edificaciones encierran un gran tipo y numero de materiales, no todos son viables a ser reutilizados como nuevas materias primas para aumentar los ciclos de vida útiles de los materiales, ya que no todos tienen las propiedades físicas necesarias para cumplir con los requisitos y normatividades vigentes de los elementos para construir edificaciones seguras, por ende, se necesario hacer un riguroso proceso de selección mediante el cual se obtienen los mejores RCD para fabricación de bloques y elementos estructurales y no estructurales.
- Los residuos de demolición de construcciones de obras civiles más adecuados para la reutilización en el uso y fabricación de bloques de concreto estructurales y no estructurales son los áridos reciclados ya que estos materiales cumplen con las características físicas comprobadas en cuanto a resistencia de bloques, morteros y adoquines y en la actualidad se fabrican y usan este tipo de insumos a partir de los áridos.

	RESUMEN ANALÍTICO DE INVESTIGACIÓN (RAI)		
	Código: 10226022	Fecha: 10-04-2023	Versión No. 1

- Los factores de impacto más afectados en cuanto a la polución que generan los RCD son la contaminación del suelo y la contaminación visual ya que son las directamente afectadas por el mal uso de estos residuos, al aplicar y hacer una reutilización adecuada hace que estos factores de impacto negativo disminuyan contribuyendo al adecuado desarrollo de un medio ambiente sano. (véase página 38)

Productos derivados

Ver referencias.

Propiedades de los materiales reutilizados RCD para la fabricación de bloques de concreto estructurales y no estructurales

Karen L. Ortega Martínez

Cod. 10226022

Corporación universitaria Unitec

Escuela de ingeniería

Especialización en gerencia de proyectos

Bogotá, Distrito capital

13 de octubre de 2022

Propiedades de los materiales reutilizados RCD para la fabricación de bloques de concreto estructurales y no estructurales

Karen L. Ortega Martínez

Cod. 10226022

Juan Carlos Guzmán Gómez

Director

Corporación universitaria Unitec

Escuela de ingeniería

Especialización en gerencia de proyectos

Bogotá, Distrito capital

13 de octubre de 2022

INDICE

1. INTRODUCCION.....	13
2. JUSTIFICACION.....	13
3. RESUMEN	14
4. PALABRAS CLAVE	14
5. PLANTEAMIENTO DEL PROBELMA	14
6. PREGUNTA DE INVESTIGACION	15
7. OBJETIVOS	16
8. ANTECEDENTES	16
9. MARCO TEORICO	20
9.1. Proceso de fabricación de bloque de concreto.....	22
9.2. Agregados.....	24
9.3 Composición y clasificación de los RCD (Residuos De Demolición).	24
9.4 Manejo y recolección de los RCD (Residuos De Demolición).	26
10. MARCO CONCEPTUAL	29
11. MARCO LEGAL.....	32
12. METODOLOGIA	37
12.1 Tipo y enfoque de la investigación	37
12.2 Caracterización de la investigación.....	41
12.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	43
12.4 Método de organización de la información	43
12.5 Población y muestra.....	43
12.6 Planteamiento de la hipótesis.....	44
13. CRONOGRAMA.....	44
14. RESULTAOS O HALLAZGOS.....	46
15. CONCLUSIONES	48

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de los residuos de construcción y demolición RCD. RCD APROVECHABLES.....	25
Tabla 2 Clasificación de los residuos de construcción y demolición RCD. RCD NO APROVECHABLES.....	26
Tabla 3 Resistencia a la compresión bloques estructurales.....	33
Tabla 4 Resistencia mínima de las unidades para muros de mampostería confinada.....	33
Tabla 5 Propiedades físicas de unidades de mampostería.....	34
Tabla 6 Cargas mínimas y componentes físicos de bloques en mampostería.....	34
Tabla 7 Espesores mínimos de paredes de unidades.....	35
Tabla 8 Tolerancias constructivas para muros de mampostería.....	36
Tabla 9 Normatividad para la recolección y manejo de los RCD¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 10 Caracterización de la investigación, fuente, el autor.....	42
Tabla 11 Cronograma de planeación de actividades, fuente el autor.....	45
Tabla 12. Estado actual de los RCD, fuente el autor.....	46
Tabla 13 Propiedades según el tipo de RCD para la fabricación de bloques de concreto, fuente el autor.....¡Error! Marcador no definido.	

1. INTRODUCCION

Los residuos que genera una construcción generalmente no son reutilizados y terminan siendo basura para nuestro planeta tierra, la presente investigación busca analizar, indagar y conocer si estos residuos pueden ser reutilizados para producir bloque, adoquines y prefabricados, insumos claves para la construcción.

El objetivo del presente estudio investigativo es precisar si de los escombros se pueden producir materias primas aptas para la producción de los prefabricados mencionados anteriormente, partiendo del hecho que los escombros contienen en su estructura los principales componentes para la fabricación de dichos insumos. Las trituraciones de los escombros generan arenas y triturados que podrían ser aptos para usarse en el proceso de fabricación de bloques, y con ello hacer un uso final de los residuos adecuado y amigable con el medio ambiente.

2. JUSTIFICACION

En el ámbito de la construcción es común que surja la necesidad de hacer un uso adecuado de los residuos y a su vez de los recursos, ya que día a día toda la industria y las ciudades están en constante crecimiento, además la construcción “es la responsable del consumo del 40% de las materias primas en el mundo; equivalente a 3.000 millones de toneladas por año; el 17% del agua potable” (World Green Building Council (WorldGBC), 2008) Como se citó en (Acevedo Agudelo, Vásquez Hernández, & Ramírez Cardona, 2012). con ello crecen también las problemáticas ambientales y la necesidad de reducir su impacto.

Toda construcción genera escombros y residuos que son contaminantes pero que a su vez se pueden reutilizar para convertirse en materia prima de elementos tales como bloques no estructurales, bordillos, adoquines entre otros que tienen como principal insumo arena, cemento y triturados, los anteriores se pueden generar a partir de la trituración o procesamiento de los escombros, por ello se plantea el presente proyecto, como una medida para contrarrestar y aprovechar al máximo los recursos en la

construcción, y a su vez analizar la posibilidad de reducir el consumo de materias primas naturales destinadas para la producción de bloques y así reducir el porcentaje indicado por WorldGBC, puesto que el consumo de insumos naturales no recuperables afecta enormemente el medio ambiente, además de hacer una investigación profunda sobre el aprovechamiento y utilidad que tienen los escombros o residuos de la construcción para convertirse en materia prima para la producción de bloques y elementos prefabricados para la construcción.

3. RESUMEN

Partiendo de la necesidad de hacer un uso adecuado de los residuos de construcción se realiza la presente investigación que tiene como objetivo principal investigar las propiedades y las características que tienen los residuos de demolición para usarse como materia prima para la construcción de bloques de concreto, encontrando entre varias investigaciones más cinco antecedentes principales que muestran los hallazgos actuales sobre estas propiedades, además, se describe el proceso de fabricación de los bloques de concreto, los agregados necesarios, la clasificación de los RCD y el uso final que debe dárseles, con todo lo anterior se encontró que efectivamente los RCD cumplen con las características físicas necesarias para ser usados como materia prima para la construcción de bloques estructurales y no estructurales.

4. PALABRAS CLAVE

Escombros, RCD, propiedades físicas de los RCD, residuos de demolición, agregados, procesos constructivos, elementos estructurales, elementos no estructurales, fabricación, disposición final, trituración, compresión, tracción, vigas, materia orgánica, mampostería, pavimentos, residuos, ensayos de granulometría, tamiz.

5. PLANTEAMIENTO DEL PROBELMA

En la actualidad estamos enfrentados al daño ambiental que hemos causado nosotros mismos, anualmente se generan toneladas de residuos de todo tipo que afectan el equilibrio de los ecosistemas y contaminan el medio ambiente. El punto de

investigación que se abordara en el estudio son los escombros y residuos provenientes de la construcción, ya que, como lo indica (Ayala Quiñonez & Pacuar Cedeño, 2022)“el inmenso volumen que ocupan estos materiales provenientes de residuos de la construcción, que no cuentan con un aprovechamiento de esos potenciales recursos y cuya disposición final genera una gran problemática ya que dichos desechos el constructor no puede dejarlos en la obra que realiza, siendo así un material solido inerte – no peligroso”. (Ayala Quiñonez & Pacuar Cedeño, 2022). Son desechos que, aunque no generan un impacto químicamente peligroso su volumen si genera contaminación al medio ambiente por ellos es que día a día aumentan las toneladas de residuos que producimos y con ello la necesidad de hacer un uso adecuado de los recursos y de los residuos para aumentar el ciclo de vida de los mismos y reducir los desechos finales.

Las construcciones generan toneladas de escombros no reutilizables que aumentan los niveles de contaminación lo que genera un gran problema e impacto ambiental, por ello surge la necesidad de buscar reutilizar y reciclar al máximo los residuos que se generan en una obra, ya que estos tienen en si propiedades físicas que pueden ser aprovechables para darles un ciclo de vida más largo. Además, con el crecimiento constante de las ciudades el no aprovechar al máximo dichos residuos puede generar un colapso en los acopios de residuos, ya que no en cualquier lugar se pueden desechar los escombros, ya que no tienen un uso final establecido y no se degradan con el tiempo, mientras que si se usan como materia prima para volver a la vida útil se estaría reduciendo el impacto ambiental.

6. PREGUNTA DE INVESTIGACION

¿Se pueden reutilizar los escombros en la construcción para convertirse en materia prima para la fabricación de bloques, adoquines y prefabricados, para reducir el impacto ambiental de dichos recursos?

7. OBJETIVOS

General

Investigar las propiedades y características de los escombros y la capacidad que tendrían para fabricar bloques, adoquines y prefabricados para la construcción y con ello realizar un análisis de la posibilidad de minimizar el impacto ambiental que generan dichos residuos

Específicos

- Investigar el proceso de fabricación de un bloque de cemento.
- Investigar el proceso de fabricación de adoquines, prefabricados, losetas.
- Investigar las características físicas y de ser necesarias químicas que debe cumplir un bloque de cemento para ser estructuralmente seguro.
- Investigar las propiedades de los escombros y además la disposición final que actualmente se les da en las obras de construcción.
- Consultar y analizar la bibliografía existente referente a la fabricación de bloques a partir de escombros.

8. ANTECEDENTES

(Orozco Yarasqui & Salazar Pillpe, 2022). Realizaron la siguiente investigación: *“Aprovechamiento de los residuos sólidos de la construcción y demolición de América del sur”*. Facultad de Ingeniería y arquitectura escuela profesional de ingeniería ambiental. Universidad Cesar Vallejo. Lima-Perú. Tuvo Como objetivo investigar la caracterización de los escombros en América del sur, cual es el proceso de producción de bloques y adoquines para la construcción y finalmente que tipo de escombros son más o menos adecuados para el fin de fabricación de bloques a partir de su trituración, la metodología utilizada por Salazar & Orozco para el desarrollo de su investigación se basó en búsqueda de información en bases de datos seleccionaron 47 investigaciones en diferentes idiomas, donde concluyeron en primera instancia que los residuos áridos reciclados son los materiales de demolición con mayor aprovechamiento para la fabricación de bloques para carga liviana, en

segunda instancia encontraron que los tres pilares principales que caracterizaron todas las investigaciones se basaron en el componente a aprovechar, su manejo, y los impactos que se generan por la falta de aprovechamiento de los residuos (Orozco Yarasqui & Salazar Pillpe, 2022).

La anterior investigación realizada por Salazar & Orozco muestra primero que todo que la falta de aprovechamiento de los residuos genera un impacto ambiental negativo, ya que no a todos los residuos se les da un manejo o uso adecuado, que los componentes a aprovechar de los residuos de escombros de construcciones son demasiado grandes y se pueden aprovechar de la mejor manera, al concluir que los residuos áridos son los mejores para este tipo de fabricaciones aporta a esta investigación un componente de peso en la realidad del aprovechamiento de los residuos ya que muestra que aparte de que ya en el hoy por hoy se aprovechan los residuos se tiene una caracterización de calidad de los residuos y se identifica la importancia de los residuos áridos para los procesos de fabricación.

(Valdés & Rapimán, 2007). Publicaron el artículo "*Propiedades Físicas y mecánicas de bloques de hormigón compuestos con áridos reciclados*". Departamento de ingeniería de obras civiles, Universidad de la frontera, Francisco Salazar. Temuco Chile. Que tiene como objetivo mostrar la técnica de fabricación de bloques a partir de áridos reciclados de demolición de pavimentos y verificar el factor de cumplimiento que los bloques tienen partiendo de la normativa vigente. La metodología utilizada para el desarrollo del artículo fue netamente práctica ya que primero se fabricó el bloque y segundo con pruebas de laboratorio se llegó a la conclusión que los bloques fabricados cumplieron con la normativa vigente para la resistencia a compresión, la absorción máxima de agua y el contenido de humedad (Valdés & Rapimán, 2007).

El anterior artículo se relaciona con la investigación citada anteriormente de Salazar y Orozco y es de gran aporte a esta investigación ya que la anterior menciona o concluye que los residuos áridos son los más adecuados para la fabricación de bloques, y con la presente se puede concluir que no solo son los más adecuados,

sino que cumplen con normativas que hacen que sean bloques adecuados para construir edificaciones seguras.

(Devenes, Brütting, Küpfer, & Bastien-Masse, 2022) Publicaron el artículo “*Re: Crete – Reuse of concrete bloks from cast-in-place building to arch footbridge*”. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Structural Xploration Lab (SXL), CH-1700 Fribourg. Suiza, que tiene como objetivo principal demostrar mediante una prueba denominada “Re: Crete” la viabilidad y estabilidad de los bloques de concreto u hormigón fabricados a partir de procesos de demolición para ser reutilizados en nuevas construcciones, también detalla el proceso de diseño, abastecimiento de materiales, y el proceso de construcción de dichos bloques. Además, plantea el problema de investigación a partir no solo del impacto ambiental que se genera por los residuos de demolición sino por la fabricación de nuevos cementos para más materiales de construcción (Devenes, Brütting, Küpfer, & Bastien-Masse, 2022).

Con el artículo mencionado anteriormente se puede observar que los bloques fabricados a partir de demoliciones de estructuras existentes no solo pueden tener un uso para cargas livianas o para elementos no estructurales, sino que, además según su selección pueden ser utilizados para nuevas construcciones. Muestra el impacto que se genera no solo por los residuos sino también por la fabricación de nueva materia prima lo que aporta a esta investigación una nueva visión sobre los impactos de los escombros ya que van más allá de su uso final, puesto que son materia prima que se deja de usar para nuevos fines y en su reemplazo se fabrican nuevas, generando contaminación al momento de la fabricación y contaminación con el uso final de los recursos, lo que muestra la importancia y la viabilidad que tiene fabricar bloques a partir de los escombros de construcción.

(Mendoza López, 2022). Realizó la tesis titulada “*Fabricación de bloques de cemento con agregados de residuos de construcción y demolición (RCD) provenientes de mamposterías de ladrillo*”. Universidad católica de Cuenca. Ecuador. En la cual el objetivo principal es fabricar un prototipo de bloque a partir de residuos de demolición de mampostería de ladrillo que cumpla con la normativa vigente. Además, de analizar a detalle la bibliografía existente para este tipo de estudios. En

esta tesis se concluye al igual que las anteriores que según resultados obtenidos a partir de los estudios los bloques cumplen con normativas, lo que indica que es necesario hacer uso de estas prácticas para reducir así el impacto ambiental que los residuos generan (Mendoza López, 2022).

Con esta tesis se puede evidenciar que los residuos a partir de mampostería de ladrillo también funcionan como materia prima para la fabricación de los bloques, y este componente no es más que otro residuo de demolición, así como lo es el pavimento, los mismos bloques, adoquines, muros, placas entre otros que tienen en su materia prima los mismos componentes.

(Díaz Chávez & Torres Idrogo, 2018). Realizaron la tesis titulada “*Evaluación técnica de bloques de concreto para uso estructural elaborados de escombros de concreto de losas de pavimento rígido*”. Escuela profesional de ingeniería civil. Perú. La cual tuvo como objetivo evaluar la viabilidad de fabricar bloques estructurales a partir de escombros de losas de pavimento rígido. Realizando un procedimiento netamente practico y técnico realizando la evaluación a un bloque fabricado con dichas características. Concluyendo que primero los escombros de losas de pavimento rígido tienen propiedades similares al agregado natural y segundo que estos cumplen con la normativa vigente en resistencia a la compresión (Díaz Chávez & Torres Idrogo, 2018).

La tesis citada anteriormente apoya y tiene en común las conclusiones sobre los resultados de los bloques fabricado a partir de escombros de construcción ya que en sus resultados se indica que los bloques cumplen a su totalidad para ser bloques que soportan cargas estructurales. Que la reducción del impacto que generan los escombros se puede reducir reutilizándolos para volverlos a la vida útil con la fabricación de insumos para la construcción y reduciendo con ello la fabricación de nuevos materiales lo que también genera un grave daño ambiental por los procesos que esto conlleva, y con este ese daño pre a la demolición también se puede reducir.

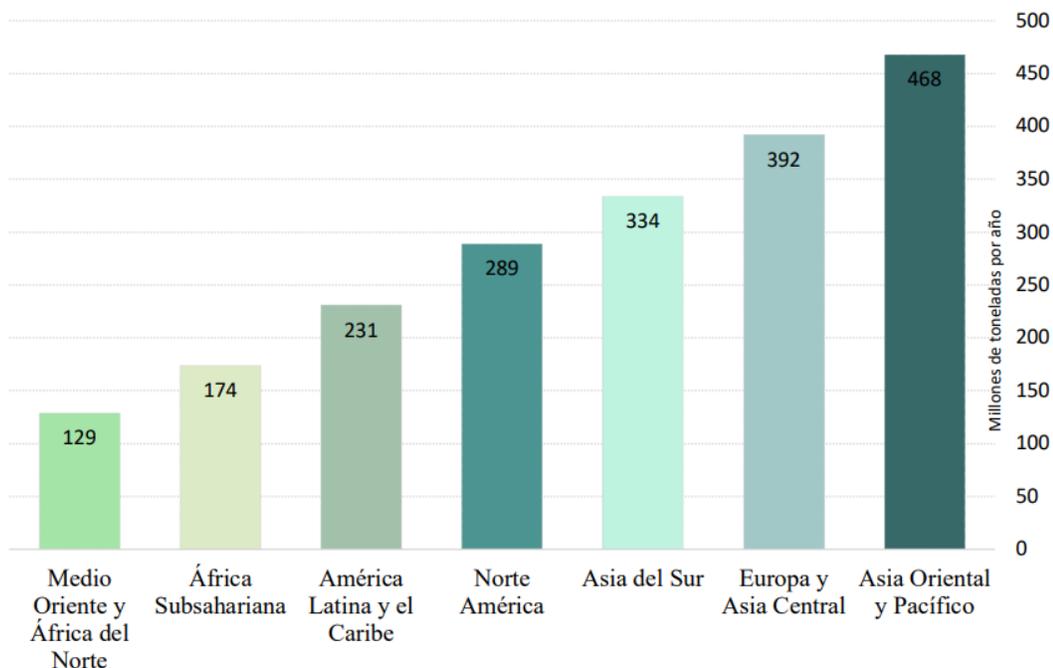
9. MARCO TEORICO

Para desarrollar el marco teórico de la investigación para el Diseño y elaboración de bloques con materiales reutilizados con escombros y residuos de construcción en Colombia se dividirá la investigación en cinco ejes temáticos los cuales son, el estado actual de la producción de residuos en las construcciones, el paso a paso que se requiere para fabricar bloques de concreto estructural, los agregados que son la materia prima para la fabricación y que propiedades tienen los agregados reciclados de la demolición, la composición y la clasificación de los RCD, y finalmente el manejo y la recolección de los residuos que engloba cual es el proceso y reglamentación de la disposición de los RCD en Colombia.

En la actualidad, se producen miles de toneladas de residuos que afectan el equilibrio del medio ambiente, esta problemática afecta a todo el mundo, en el ámbito de la construcción las responsabilidades parecen mostrarse un poco más marcadas ya que, la construcción “es la responsable del consumo del 40% de las materias primas en el mundo; equivalente a 3.000 millones de toneladas por año; el 17% del agua potable” [(World Green Building Council (WorldGBC), 2008) como se citó en (Acevedo Agudelo, Vásquez Hernández, & Ramírez Cardona, 2012)], p. 201. La ilustración 1 muestra la producción de residuos en las regiones del mundo, lo que es en realidad un índice de alerta, es el producir más de 400 millones de toneladas por

año, por ende, el aprovechamiento de los escombros marca una solución factible para reducir este tipo de residuos.

Ilustración 1 Generación de residuos por regiones



Nota: Adaptado de Porcentajes de residuos generados por región, de Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P. & Van Woerden, F., 2018, <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/2174>. Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO. 2022 (Fuente Mendoza., L. A. (2022)).

Según los datos suministrados por Yao, (2018) en americana latina se producen 231 millones de toneladas de residuos generados a partir de escombros de construcción al año, lo que indica que al día producimos aproximadamente 600.000 toneladas de residuos que no tiene un uso final producente que reduzca el impacto que los mismo generan “la mayor parte de los residuos procedentes de la construcción o demolición de los edificios se pueden calificar como inertes, a excepción de una pequeña proporción de peligrosos y no inertes como, por ejemplo, el amianto, fibras minerales, los disolventes y algunos aditivos del hormigón, ciertas pinturas, resinas y plásticos” (Rosero Alvarez, 2019).

9.1. Proceso de fabricación de bloque de concreto

El proceso de fabricación de bloque de concreto estructural se simplifica gráficamente de la siguiente manera:

Ilustración 2 Proceso de fabricación del bloque. Fuente Elaboración propia 2022.



En la fase de la selección de residuos los “escombros seleccionados para la trituración no deben tener residuos de otras materias más que la misma demolición” (Mendoza López, 2022) Ya que la presencia de otro tipo de material puede alterar el resultado de los bloques que se van a fabricar y según estudios realizados por (Díaz Chávez & Torres Idrogo, 2018), los escombros no contaminados presentan resultados positivos y adecuados dentro de los parámetros establecidos de resistencia a la compresión, al porcentaje de la absorción de agua y a la retención de la humedad indicados por la norma técnica colombiana NTC -2010.

En el proceso de trituración se seleccionan los escombros separándolos según su tipo, ya que cada tipo de escombros tiene propiedades diferentes se obtendrán propiedades diferentes, en el estudio de (Díaz Chávez & Torres Idrogo, 2018) los pavimentos rígidos dan como resultado bloques resistentes que cumplen con la

normatividad vigente, y, el estudio de (Orozco Yarasqui & Salazar Pillpe, 2022) concluyen que los residuos áridos son los más indicados para obtener bloques con características tipo estructural, (Mendoza López, 2022) indica que también los escombros provenientes de mamposterías de ladrillo presentan todas las características requeridas para cumplir con la normatividad vigente. La materia prima utilizada para fabricar los tres tipos de materiales mencionados anteriormente en la misma, por ende, al momento de realizar ensayos y estudios, aunque son diferentes presentan los mismos resultados, aun así, no se deben mezclar por que se alteraría el resultado en la fabricación de los bloques.

En la fase de pruebas, según la NTC-2010, el componente más importante a evaluar es el ensayo a compresión, este es el que indica la resistencia que tendrá el bloque una vez sea sometido a cargas o a la misma construcción en sí, un bloque que no cumpla con las resistencias mínimas a compresión “12 Mpa (Doce mega pascales de presión por área útil del bloque” Ntc-2010, no podrá ser considerado un bloque de uso estructural. Los presentes estudios a bloques a partir de residuos mostraron que,

Los bloques de concreto con la incorporación de escombros fueron sometidos a ensayos de compresión, absorción. Donde se realizó dos diseños de mezcla con una dosificación de 25-50-25 (natural reciclado, fino Reciclado, grueso Reciclado) alcanzaron una mayor resistencia de 42 kg/cm², mayor densidad y menor costo. Los bloques huecos tienen una resistencia a la compresión 43.56 kg/cm² y absorción 28.25% por lo que concluye esta investigación es que los bloques huecos que alcanzaron mayor resistencia son 5 aquellos que contenían mayor porcentaje de los agregados finos reciclados y gruesos reciclados (Díaz Chávez & Torres Idrogo, 2018)

por ende, los bloques que contengan agregados finos y gruesos reciclados desde que sean fabricados con la dosificación adecuada serán elementos estructurales que dan cumplimiento a la normatividad. Los estudios y antecedentes indagados muestran la importancia de corregir los impactos negativos que dejan los escombros y además basado en estudios las efectividades de este recurso para fabricar los

bloques que ayudan no solo a reducir el impacto final sino a minimizar la producción de las materias primas.

9.2. Agregados

“Los agregados reciclados provienen de los procesos de trituración, clasificación y limpieza de los residuos de construcción y demolición; generalmente se derivan del tratamiento de residuos de concreto o mampostería” (Rosero Alvarez, 2019) Para poder fabricar un bloque que cumpla con la normatividad vigente hay que realizar una selección adecuada de los agregados reciclados, todos se pueden triturar, pero no todos son adecuados para la fabricación de nuevos insumos de construcción, es allí donde se debe realizar la clasificación y limpieza de los residuos, “estos agregados tienen la misma clasificación en cuanto a tamaños finos o gruesos de los agregados naturales y en muchas ocasiones se utilizan para la fabricación de concreto en combinación con los agregados de origen natural” (Rosero Alvarez, 2019)

9.3 Composición y clasificación de los RCD (Residuos De Demolición).

“La composición de los RCD, varían de acuerdo al tipo de infraestructura, ya sea demoliciones de edificaciones o rechazos de los materiales en obras de reformas o nuevas construcciones” (Centro de estudios y experimentacion de obras Públicas (CEDEX), ministerio de trnsportes, movilidad y agenda urbana, 2011). De una construcción resultan diferentes tipos de RCD según su composición, hay tipos partiendo de la construcción demolida o rechazada. Los muros de mampostería, los muros de concreto, columnas, vigas, adoquines, pavimentos son los elementos de una construcción que marcan las composiciones de los residuos de demolición. Sus componentes mayoritarios dependen de las técnicas habituales de construcción, tipo de edificación y disponibilidad de los materiales, que pueden variar dependiendo de la localidad donde se realice la actividad constructiva. En cambio, los materiales minoritarios se condicionan por una serie de factores más amplios, lo que dificulta definir con precisión los componentes, ya que pueden estar condicionados por agentes climáticos del lugar, la capacidad de recursos económicos de su población

y la funcionalidad la edificación (Unidad De Planeación Minero Energética (UMPE), s.f.).

Los RCD se clasifican en RCD Aprovechables y RCD no aprovechables según su material, fin uso y granulometría. Según la guía para la elaboración del plan de gestión de residuos de construcción y demolición – RCD en obra se agrupan así:

Tabla 1 Clasificación de los residuos de construcción y demolición RCD. RCD APROVECHABLES (Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015, pág. 7).

Categoría	Grupo	Clase	Componentes
A. RCD APROVECHABLES	I-Residuos mezclados	1. Residuos petreos	Concretos, ceramicos, ladrillos, arenas, gravas, cantos, bloques o fragmentos de roca, baldosin, mortero y materiales inertes que no sobrepasen el tamiz #200 de granulometria.
	II- Residuos de material fino	1. Residuos no expansivos	Arcillas (caolín), limos y residuos inertes, poco o no plásticos y expansivos que sobrepasen el tamiz #200 de glanulomeria.
		2. Residuos finos expansivos	Arcillas (montmorillonitas) y lodos inertes con gran cantidad de finos altamente plásticos y expansivos que sobrepasen el tamiz #200 de granulometría
	III- Otros residuos	1. Residuos no petros	Plásticos, PVC, maderas, cartones, papel, siliconas, vidrios, cauchos
		2. Residuos de carácter metalico	Acero, hierro, cobre, aluminio, estaño y Zinc.
		3. Residuos orgánicos de pedones	Residuos de tierra negra
		4. Residuos orgánicos de cespedones	Residuos vegetales y otras espepecies bióticas

Nota: Fuente Guía para la elaboración del plan de gestión de residuos de construcción y demolición– RCD en la obra del plan de gestión integral de RCD de la secretaria de ambiente (Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015, pág. 7).

Tabla 2 Clasificación de los residuos de construcción y demolición RCD. RCD NO APROVECHABLES (Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015, pág. 8).

Categoría	Grupo	Clase	Componentes
B. RCD NO APROVECHABLES	IV- Residuos peligrosos	1. residuos corrosivos, reactivos, radioactivos. Explosivos, toxicos, patógenos (biologicos)	Desechos de productos quimicos, emulsiones, alquitran, pinturas, disolventes organicos, aceites, resinas, plastificantes, tintas, betunes, barnices, tejas de asbesto, escorias, plomo, cenizas, volantes, luminarias, desechos, entre otros.
	V- Residuos especiales	No definida	Poliestireno- Icopor, carton-yeso (drywall), llantas entre otros
	VI-Residuos contaminados con otros residuos	1. Residuos contaminados con residuos peligrosos	Materiales pertenecientes a los grupos anteriores que se encuentran contaminados con residuos peligrosos. Estos deben ser dipuestos como residuos peligrosos.
		No deifnida	Residuos contaminados con otros residuos, que hayan perdido las características propias para su aprovechamiento.
VII- Otros residuos	No definido	Residuos que por requisitos técnicos no es permitido su reuso en las obras.	

Nota: Fuente Guía para la elaboración del plan de gestión de residuos de construcción y demolición– RCD en la obra del plan de gestión integral de RCD de la secretaria de ambiente (Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015, pág. 8).

9.4 Manejo y recolección de los RCD (Residuos De Demolición).

En Colombia el manejo y la recolección de los RCD está regido por la secretaria de ambiente con la guía para la elaboración del plan de gestión de los residuos de construcción y demolición – RCD en la obra. (Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015, pág. 6) Y tiene como objetivo “Proporcionar al constructor las

herramientas necesarias y adecuadas para formular, implementar y actualizar el Plan de gestión de residuos de construcción y demolición, de tal manera que éste permita adoptar estrategias para minimizar la disposición final y maximizar el aprovechamiento de los RCD, generados durante la ejecución de proyectos constructivos.” (Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015, pág. 6).

Ilustración 3 Jerarquía y objetivos del aprovechamiento de los RCD



Nota: Fuente Guía para la elaboración del plan de gestión de residuos de construcción y demolición– RCD en la obra del plan de gestión integral de RCD de la secretaria de ambiente (Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015, pág. 13)

Los diferentes residuos que se originan en la construcción y demolición de obras pueden ser sometidos a uno o varios de los procedimientos de gestión que se han expuesto anteriormente. Algunos materiales admiten ser aprovechados y para otros solo es recomendable la entrega en un sitio de disposición final. (Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015, pág. 22) A continuación, se muestran las alternativas de uso: Para los concretos se pueden reutilizar en masa para rellenos, suelos en carreteables, reciclar como grava suelta, reciclar para producción de morteros y cemento y reciclar como granulado (Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015,

pág. 22). Es de allí donde se obtiene la materia prima para usarla en la fabricación de los bloques de concreto, y además se está cumpliendo con la normativa y la gestión de los residuos de la construcción dándoles un nuevo uso y regresando los residuos a su periodo útil.

Para poder llevar a cabo el proceso de reutilización de los residuos de construcción se deben cumplir los siguientes parámetros plasmados por la guía para la elaboración del plan de gestión de los residuos de construcción y demolición – RCD en la obra: Los RCD se podrán reutilizar siempre y cuando no estén mezclados con materia orgánica, plásticos, maderas, papel, hierro o sustancias peligrosas. Está prohibida la reutilización in situ de RCD sin su previa clasificación (ordinarios, especiales y peligrosos) (Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015, pág. 20). Los materiales susceptibles de reutilización son: vigas, pilares, cerchas, elementos prefabricados, puertas, ventanas, revestimientos prefabricados, tejas, estructuras ligeras, soleras, claraboyas y chapas, barandillas, falsos techos, pavimentos sobrepuestos, piezas de acabado y mobiliario de cocina. La arena, grava, y demás áridos, pétreos, cerámicos, concreto y cemento se pueden reutilizar como base para carreteras y para nivelar y estabilizar suelo y terraplenes. Los materiales con alta probabilidad a ser reciclados según investigaciones son: concreto, cerámicos, cemento y ladrillos, los cuales se pueden reutilizar para la elaboración de adoquines, fachadas, bases para columnas, producción de morteros y fabricación de cementos (Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015, pág. 15)

Al cumplir los anteriores parámetros se pueden reutilizar los residuos para fines constructivos como en el presente caso de estudio para la fabricación y elaboración de bloques de concreto con materiales reutilizados procedentes de demoliciones de obra.

10. MARCO CONCEPTUAL

Los conceptos generales presentes a lo largo de la investigación son los siguientes:

Escombros: “Los desechos y las piedras que resultan de la demolición, la destrucción o el deterioro de una estructura o del desarrollo de una obra de albañilería. Los escombros son restos de diferentes materiales” (Pérez Porto, Escombros- Qué es, clasificación, definición y concepto, 2021).

Residuo: “material que pierde utilidad tras haber cumplido con su misión o servido para realizar un determinado trabajo. El concepto se emplea como sinónimo de basura por hacer referencia a los desechos que el hombre ha producido” (Pérez Porto, Residuo- Qué es, clasificación, definición y concepto, 2021).

Pavimento Rígido: “Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente. Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, edemas de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aun en condiciones húmedas” (Alicresp , 2019).

Resistencia a la compresión: “Ensayo que se realiza para determinar la resistencia a la compresión de una muestra de hormigón; en EEUU, a menos que se especifique lo contrario, los ensayos de mortero se realizan con cubos de 50 mm (2 pulgadas) y los de hormigón con cilindros de 152 mm (6 pulgadas) de diámetro y 304 mm (12 pulgadas) de altura. También llamado prueba de compresión” (Diccionario de arquitectura y construcción, 2022).

Agregados: “La cantidad de agregado fino se determina por la diferencia entre el volumen total de la mezcla (1m³) y la suma de los volúmenes de cemento-agua y agregado grueso” (Gutiérrez de López, 2003)

Tracción: “ensayos de tracción simple y el resto se destinó a envejecimiento acelerado, sumergiéndolas en agua a 50°C para ensayarlas posteriormente a tracción a distintos intervalos de tiempo” (Sánchez Paradela & Sánchez Gálvez, 1991)

Muros portantes: “Son estructuras que se levantan con el objetivo de hacer más resistente una vivienda, ya que le proporcionan fortaleza y solidez. El papel de un muro portante es el de soportar y transferir la carga de cada piso de la vivienda hacia la cimentación” (Diccionario de arquitectura y construcción, 2022).

Ensayo: “los ensayos químicos, que permiten controlar la concentración y toda clase de propiedad específica de una sustancia o material.” (Pérez Porto & Gardey, Ensayo - Qué es, origen, estructura y tipos, 2023).

Construcción: “Del latín *constructio*, construcción es la acción y efecto de construir. Este verbo hace mención a edificar, fabricar o desarrollar una obra de ingeniería o de arquitectura” (Pérez Porto & Merino, Construcción - Qué es, definición y concepto, 2011)

Tamizado: “es una conjugación del verbo tamizar: la acción de hacer que alguna sustancia atraviese un tamiz (un instrumento que permite separar las partículas más grandes de otras más pequeñas). El tamizado, por lo tanto, es el proceso que se lleva a cabo cuando se utiliza uno de estos dispositivos. Puede decirse que el tamizado es un método de separación.” (Pérez Porto & Gardey, Tamizado - Qué es, definición y concepto, 2014).

Demolición: “Demolición es el acto y la consecuencia de demoler. Este verbo, por su parte, alude a derribar, devastar o asolar.” (Pérez Porto & Merino, Demolición - Qué es, definición y concepto, 2017).

Cargas estructurales: “Las Cargas estructurales son aquellas cargas que soporta un edificio se clasifican en muertas, vivas y accidentales (de viento y sísmica). Las cargas muertas incluyen el peso del mismo edificio y de los elementos mayores del equipamiento fijo. Siempre ejercen una fuerza descendente de manera constante y acumulativa desde la parte más alta del edificio hasta su base.” (Arqhys Arquitectura, 2012).

Residuos Áridos: “Los áridos procedentes del reciclaje de residuos de construcción y demolición (RCD) son cada vez más usados en nuevas obras de construcción, debido a diversos factores como el ahorro económico, pero, sobre todo, por el beneficio medioambiental que este proceso supone. Entre las posibles aplicaciones de estos áridos, destacan la construcción de explanaciones, capas de firme de carretera o la fabricación de nuevos hormigones. Los destinos de estos materiales dependerán, pues, de la naturaleza, granulometría y composición cada uno de ellos” (Barbudo Muñoz, 2012)

Mampostería estructural o mampostería confinada: “La mampostería confinada y/o reforzada interiormente ha demostrado tener un excelente desempeño estructural, a mampostería confinada puede o no tener refuerzo horizontal y ser de piezas macizas, doble huecas o multiperforadas.” (Jean Perrilliat & Cesín Farah)

11. MARCO LEGAL

La investigación se basa en el estudio para el diseño y fabricación de bloques estructurales a partir de residuos de construcciones tales como escombros y residuos de trituración, los cuales deben cumplir con todas las especificaciones indicadas en la norma técnica colombiana NTC del ICONTEC (ICONTEC Ministerio de desarrollo Económico, 2000), que indica todos los parámetros técnicos, de calidad de materiales, de procesos de fabricación, de procesos constructivos que deben cumplir los materiales y productos finales de esos materiales para fines constructivos. La NTC que rige resultados y todo lo indicado con agregados para elaboración de bloques y las características físicas de los mismos son la NTC-4020 para agregados y la NTC-4205 para características físicas de los bloques (ICONTEC Ministerio de desarrollo Económico, 2000).

El reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10 (Ministerio de vivienda, Ciudad y Territorio; Comisión asesora permanente para el Régimen de construcciones sismo resistentes; AIS Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica , 2017) es un reglamento guía que también marca parámetros de resistencia, de dimensiones, de calidad, y no solo para la mampostería estructural sino para todo lo relacionado con la construcción, aquí se encuentran tablas que marcan la normativa que deben cumplir los bloques de concreto estructural las cuales se muestran a continuación:

En la tabla 1 se muestran las resistencias mínimas que deben cumplir los bloques estructurales según la NSR-2010, y la absorción de agua que estos deben tener:

Tabla 3 Resistencia a la compresión bloques estructurales.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

El momento de despacho al comprador, las unidades de la mampostería de concreto deben cumplir los requisitos de resistencia a compresión establecidos en la tabla 3.

Resistencia a la compresión a los 28d (Rc28)B, evaluada sobre el área neta prometida (Anp)			Absorción de agua (Aa) % según el peso (densidad) del concreto secado en horno, kg/m ³		
Mínimob, MPa			Promedio de 3 unidades, máximo,%		
Clase	Promedio de 3 Unidades	individual	Peso liviano, menos de 1 680 kg/m ³	Peso mediano, de 1 680 kg/m ³ hasta menos de 2000 kg/m ³	Peso normal, 2000 kg/m ³ o más
Alta	13	11	15%	12%	9%
Baja	8	7	18%	15%	12%

Nota: Fuente Reglamento Colombiano de construcción Sismo Resistente NSR-2010 (Ministerio de vivienda, Ciudad y Territorio; Comisión asesora permanente para el Régimen de construcciones sismo resistentes; AIS Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2017, pág. D31).

Según la NSR-10 los bloques de mampostería estructural o mampostería confinada que se empleen en la construcción deben tener al menos las resistencias mínimas que se indican la tabla 3.

Tabla 4 Resistencia mínima de las unidades para muros de mampostería confinada.

Tabla D.10.3-1
Resistencia mínima de las unidades
para muros de mampostería confinada

Tipo de unidad	f'_{cu} (MPa)
Tolete de arcilla	15
Bloque de perforación horizontal de arcilla	3
Bloque de perforación vertical de concreto o de arcilla (sobre área neta)	5

Nota: Fuente Reglamento Colombiano de construcción Sismo Resistente NSR-2010. Cap. D.10.3-1 (Ministerio de vivienda, Ciudad y Territorio; Comisión asesora permanente para el Régimen de construcciones sismo resistentes; AIS Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2017, pág. D54).

En la tabla 3 se muestran las resistencias mínimas a la compresión establecidas por la NTC-4205 de Icontec y la absorción de agua máxima y mínima permitida por

la norma para los bloques estructurales, que en resumen indica las características físicas que deben cumplir para poder usarse en construcción resistente y de calidad:

Tabla 5 Propiedades físicas de unidades de mampostería.

Tipo	Resistencia mínima a la		Absorción de agua máxima en %			
	compresión Mpa (kgf/cm ²)		Interior		Exterior	
	Prom 5 U	Unidad	Prom 5 U	Unidad	Prom 5 U	Unidad
PH	3,0(30)	2,0(20)	17	20	13,5	14
PV	14,0(140)	10,0(100)	17	20	13,5	14
M	14,0(140)	10,0(100)	17	20	13,5	14

Nota: Fuente NTC 4205 Tabla 4.2.3 ICONTEC (ICONTEC Ministerio de desarrollo Económico, 2000).

La NTC-2010, muestra las cargas mínimas y demás componentes que caracterizan un bloque estructural:

Tabla 6 Cargas mínimas y componentes físicos de bloques en mampostería

Componente	Carga (kN/m ²) por m ² de superficie vertical (multiplicar por la altura del elemento en m para obtener cargas distribuidas en kN/m)	Carga (kgf/m ²) por m ² de superficie vertical (multiplicar por la altura del elemento en m para obtener cargas distribuidas en kgf/m)
Muros		
Exteriores de paneles (postes de acero o madera):		
Yeso de 15 mm, aislado, entablado de 10 mm	1.00	100
Exteriores con enchape en ladrillo	2.50	250
Mampostería de bloque de arcilla:	<i>Espesor del muro (en mm)</i> 100 150 200 250 300	<i>Espesor del muro (en cm)</i> 10 15 20 25 30
Pañetado en ambas caras	1.80 2.50 3.10 3.80 4.40	180 250 310 380 440
Sin pañetado	1.30 2.00 2.60 3.30 3.90	130 200 260 330 390
Mampostería de bloque de concreto:	<i>Espesor del muro (en mm)</i> 100 150 200 250 300	<i>Espesor del muro (en cm)</i> 10 15 20 25 30
Sin relleno	1.40 1.45 1.90 2.25 2.60	140 145 190 225 260
Relleno cada 1.2 m	1.70 2.25 2.70 3.15	170 225 270 315
Relleno cada 1.0 m	1.80 2.30 2.80 3.30	180 230 280 330
Relleno cada 0.8 m	1.80 2.40 3.00 3.45	180 240 300 345
Relleno cada 0.6 m	2.00 2.60 3.20 3.75	200 260 320 375
Relleno cada 0.4 m	2.20 2.90 3.60 4.30	220 290 360 430
Todas las celdas llenas	3.00 4.00 5.00 6.10	300 400 500 610
Mampostería maciza de arcilla:	<i>Espesor del muro (en mm)</i> 100 150 200 250 300	<i>Espesor del muro (en cm)</i> 10 15 20 25 30
Sin pañetado	1.90 2.90 3.80 4.70 5.50	190 290 380 470 550
Mampostería maciza de concreto:	<i>Espesor del muro (en mm)</i> 100 150 200 250 300	<i>Espesor del muro (en cm)</i> 10 15 20 25 30
Sin pañetado	2.00 3.10 4.20 5.30 6.40	200 310 420 530 640

Nota: Fuente NTC 4205 Tabla 3.2.1, ICONTEC (ICONTEC Ministerio de desarrollo Económico, 2000).

A continuación, se muestran los espesores mínimos en las paredes de los bloques:

Tabla 7 Espesores mínimos de paredes de unidades.

Tabla D.3.6-1
Espesores mínimos de paredes en unidades (bloques)
de mampostería de perforación vertical (mm)

Espesor externo	Espesor mínimo de paredes exteriores		Espesor mínimo de tabiques transversales
	sin perforaciones verticales secundarias	con perforaciones verticales secundarias	
nominal			sin perforaciones verticales secundarias
80 ⁽¹⁾	20	30	20
100	20	30	20
120	22	32	20
150	25	35	25
200	30	40	25
250	35	45	30
300	40	50	30

Nota ⁽¹⁾: La unidad de 80 mm de espesor externo nominal sólo se permite en muros no estructurales y en las paredes laterales de mampostería de cavidad.

Nota: Fuente Reglamento Colombiano de construcción Sismo Resistente NSR-2010 Cap. D.3. (Ministerio de vivienda, Ciudad y Territorio; Comisión asesora permanente para el Régimen de construcciones sismo resistentes; AIS Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica , 2017, pág. D17).

Además de las resistencias a compresión y las características físicas de los bloques de mampostería estructural también se tienen tolerancias constructivas en cuanto a Juntas, niveles, variación de plomo, alineamiento, elevación entre otros que se muestran en la tabla 6:

Tabla 8 Tolerancias constructivas para muros de mampostería.

Tabla D.4.2-2
Tolerancias constructivas para muros de mampostería

Elemento	Tolerancia
1. Dimensiones de elementos (sección o elevación)	- 6 mm + 12.5 mm
2. Junta de mortero (10 mm)	- 4 mm + 4 mm
3. Cavidad ó celda de inyección	- 6 mm + 9 mm
4. Variación del nivel de junta horizontal Máximo	± 2 mm/metro (1/500) ± 12.5 mm
5. Variación de la superficie de apoyo (cara superior del muro) Máximo	± 2 mm/metro (1/500) ± 12 mm
6. Variación del plomo del muro Máximo	± 2 mm/metro (1/500) ± 12 mm
7. Variación del alineamiento longitudinal Máximo	± 2 mm/metro (1/500) ± 12 mm
8. Tolerancia de elementos en planta Máximo	± 2 mm/metro (1/500) ± 20 mm
9. Tolerancia de elementos en elevación Máximo	± 6 mm/piso ± 20 mm

Nota: Fuente Reglamento Colombiano de construcción Sismo Resistente NSR-2010 Cap. D.4. (Ministerio de vivienda, Ciudad y Territorio; Comisión asesora permanente para el Régimen de construcciones sismo resistentes; AIS Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica , 2017, pág. D26).

Las tablas contenidas anteriormente muestran las especificaciones legales y obligatorias que deben cumplir los bloques de concreto para poder usarse en la construcción y regirse a toda la normativa vigente indicada en el Reglamento Colombiano De Construcción Sismo Resistente NSR-10 (Ministerio de vivienda, Ciudad y Territorio; Comisión asesora permanente para el Régimen de construcciones sismo resistentes; AIS Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica , 2017).

Para la recolección y el manejo de los RCD la secretaria de ambiente en conjunto con la alcaldía mayor de Bogotá en el plan de gestión integral del RCD diseñaron en el año 2015 en su tercera edición la guía para la elaboración de gestión de residuos de construcción y demolición – RCD en la obra (Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015), que pretende ser una guía para el desarrollo de los planes de gestión de los RCD en las obras, allí se encuentra todo el paso a paso

y proceso que se debe llevar a cabo para la disposición final y recolección de residuos he indica cuales son los residuos aprovechable y cuáles no. También se encuentran los decretos, artículos y normativa que rige todo el proceso de recolección y disposición final de los recursos y es la siguiente:

Además de lo anterior se muestra para la gestión integral de los residuos de construcción y demolición se rige por la normatividad ambiental, administrativa y de jurisprudencia con las siguientes leyes y decretos (Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015):

Tabla 9 Normatividad para la recolección y manejo de los RCD

Nota: Fuente Guia para la elaboración del plan de gestión de residuos de construcción y demolición– RCD en la obra del plan de gestión integral de RCD de la secretaria de ambiente. (Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015, pág. 23).

12. METODOLOGIA

12.1 Tipo y enfoque de la investigación

LEY	DESCRIPCION
Resolución 541 de 1994	“Por medio de la cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos, de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación”. (Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015)
Decreto 948 de 1995:	“Reglamenta en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y protección de la calidad del aire”. (Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015)
Ley 769 de 2002:	“Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre”. (Alcaldía Mayor de

	Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015)
Decreto 4741 de 2005:	“Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral”. (Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015)
Ley 1259 de 2008:	“Por medio de la cual se instaura en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros”. (Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015)
Decreto 2981 de 2013:	“Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo”. (Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015)
Artículo 15.	“Costos asociados al servicio público de aseo. Los costos asociados al servicio público de aseo, deberán corresponder a las actividades del servicio definidas en este Decreto. En el caso de los residuos de construcción y demolición, así como de otros residuos especiales, el usuario que solicite este servicio será quien asuma los costos asociados con el mismo. Este servicio podrá ser suministrado por la persona prestadora del servicio público de aseo de conformidad con la normatividad vigente para este tipo de residuos”. (Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015)
Artículo 45.	Recolección de residuos de construcción y demolición. La responsabilidad por el manejo y disposición de los residuos de construcción y demolición será del generador, con sujeción a las normas que regulen la materia. El municipio o distrito deberá coordinar con las personas prestadoras del servicio

	<p>público de aseo o con terceros la ejecución de estas actividades y pactar libremente su remuneración para garantizar la recolección, transporte y disposición final adecuados. No obstante, la entidad territorial deberá tomar acciones para la eliminación de los sitios de arrojo clandestinos de residuos de construcción y demolición en vías, andenes, separadores y áreas públicas según sus características. La persona prestadora del servicio público de aseo podrá prestar este servicio, y deberá hacerlo de acuerdo con las disposiciones vigentes. En cualquier caso, la recolección, transporte y disposición final de residuos de construcción y demolición deberá efectuarse en forma separada del resto de residuos. El prestador del servicio público de aseo será responsable de la recolección de residuos de construcción y demolición residenciales, cuando se haya realizado la solicitud respectiva por parte del usuario y la aceptación por parte del prestador. En tales casos, el plazo para prestar el servicio solicitado no podrá superar cinco (5) días hábiles. (Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015)</p>
Decreto 357 de 1997:	<p>“Por el cual se regula el manejo, transporte y disposición final de escombros y materiales de construcción”.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acuerdo 79 de 2003: Artículo 85 “Por el cual se expide el Código de Policía de Bogotá”. (Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015)
Resolución 556 de 2003:	<p>“Por la cual se expiden normas para el control de las emisiones en fuentes móviles”. (Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015)</p>
Decreto 312 de 2006:	<p>“Por el cual se adopta el Plan Maestro para el Manejo Integral de Residuos Sólidos para Bogotá Distrito Capital”.</p>

	(Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015)
Decreto 620 de 2007:	“Por medio del cual se complementa el Plan Maestro de Residuos Sólidos (Decreto 312 de 2006), mediante la adopción de las normas urbanísticas y arquitectónicas para la regularización y construcción de las infraestructuras y equipamientos del Sistema General de Residuos Sólidos, en Bogotá Distrito Capital”. (Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015)
Decreto 034 de 2009:	“Por el cual se establecen condiciones para el tránsito de vehículos de carga en el área urbana del Distrito Capital y se dictan otras disposiciones”. (Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015)
Acuerdo 417 de 2009:	“Por medio del cual se reglamenta el comparendo ambiental en el Distrito Capital y se dictan otras disposiciones”. (Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015)
Acuerdo 515 de 2012:	“Por medio del cual se modifica el Acuerdo 417 de 2009, que reglamenta el Comparendo Ambiental en el Distrito Capital”. (Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015)
Resolución 01115 de 2012:	“Por la cual se regula técnicamente el tratamiento y/o aprovechamiento de escombros en el Distrito Capital”. (Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015)
Resolución 715 de 2013:	“Por medio de la cual se modifica la Resolución 1115 del 26 de septiembre de 2012”. (Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015)
Resolución 01138 de 2013:	“Por la cual se adopta la Guía de Manejo Ambiental para el Sector de la Construcción y se toman otras determinaciones”. (Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015)
Decreto 364 de 2013:	“Por el cual se modifican excepcionalmente las normas urbanísticas del Plan de Ordenamiento

	Territorial de Bogotá D.C.”. (Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente, 2015)
--	---

El tipo de investigación aplicada en la presente investigación es de tipo descriptiva, ya que se tiene el propósito de investigar a manera de descripción las características que tienen los escombros para ser utilizados como materia prima para la elaboración de bloques de concreto, también, cual es el proceso de fabricación de los bloques y donde entran a jugar el rol principal los agregados a partir de trituración de escombros en la fase de fabricación, además consultar según estudios realizados anteriormente que relaciones se pueden encontrar entre tipos de escombros y que propiedades presentan para ser utilizados como materia prima, buscando profundamente poder desarrollar una narrativa general sobre la problemática, ya que se enfoca en recopilar información de manera ordenada.

Para continuar con el tipo de investigación aplicada se le da un enfoque cualitativo a la investigación, puesto que se basa en la búsqueda y recolección de datos de forma investigativa, es decir analizando estudios sobre el comportamiento de los escombros como materia prima, donde netamente se busca tener un panorama amplio a nivel de información y datos para con esto determinar finalmente que características tienen y que viabilidad hay en este material para ser utilizado para la fabricación de bloques. A continuación, se muestra la forma utilizada para realizar la investigación y la recolección de datos, y cuáles fueron los ejes temáticos de la investigación:

12.2 Caracterización de la investigación

Tabla 10 Caracterización de la investigación, fuente, el autor.

Objetivo General	Objetivos específicos	Busqueda de Información	Unidad de Análisis
<p>Investigar las propiedades y características de los escombros y la capacidad que tendrían para fabricar bloques, adoquines y prefabricados para la construcción y con ello realizar un análisis de la posibilidad de minimizar el impacto ambiental que generan dichos residuos</p>	<p>1. Investigar el proceso de fabricación de un bloque de cemento. 2. Investigar las propiedades de los escombros y además la disposición final que actualmente se les da en las obras de construcción. 3. Consultar y analizar la bibliografía existente referente a la fabricación de bloques a partir de escombros.</p>	<p>Antecedentes</p>	<p>Salazar., T. A & Orozco., y, C (2022). "Aprovechamiento de los residuos sólidos de la construcción y demolición de América del sur".</p>
			<p>Valdés., G. & Rapimán., J. (2022). "Propiedades Físicas y mecánicas de bloques de hormigón compuestos con áridos reciclados".</p>
			<p>Devenes., J. & Brutting., J. & Kupfer., C. & Bastien-Masse., M. (2022). "Re: Crete – Reuse of concrete blocs from cast-in-place building to arch footbridge".</p>
			<p>Mendoza., L. A. (2022). "Fabricación de bloques de cemento con agregados de residuos de construcción y demolición (RCD) provenientes de mamposterías de ladrillo".</p>
			<p>Torres., H. & Díaz., J. L (2018). "Evaluación técnica de bloques de concreto para uso estructural elaborados de escombros de concreto de losas de pavimento rígido".</p>
		<p>Ejes temáticos de la Investigación</p>	<p>Estado actual de los RCD</p> <p>Asociación Colombiana De Ingeniería Sísmica. (2017). Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente NSR-10.</p> <p>Alicaresp. (2019). Conceptos básicos de pavimento rígido. Ingeniería civil.</p> <p>Ayala, E.B., & Pacuar, E.O. (2022). Diseño de una planta de tratamiento de residuos de construcción y demolición en la ciudad de Guayaquil. Universidad de Guayaquil.</p> <p>Arqyhys., A. (2022). Cargas estructurales. Ingeniería civil.</p>
			<p>Proceso de fabricación de un bloque de concreto</p> <p>CEDEX. (2014). Residuos de Construcción y Demolición. España: Ministerio del Fomento.</p> <p>Construyendo seguro. (2022). ¿Qué son los muros portantes y cuál es su importancia? Construmatica. (2022). Meta portal de ingeniería arquitectura y construcción.</p> <p>Devenes., J. & Brutting., J. & Kupfer., C. & Bastien-Masse., M. (2022). Re: Crete – Reuse of concrete blocs from cast-in-place building to arch footbridge. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Structural Xploration Lab (SXL), CH-1700 Fribourg, Suiza.</p>
			<p>Agregados (Comportamiento de los agregados a base de tiruración de escombros)</p> <p>Diccionario de arquitectura y construcción. 2022. https://www.parro.com.ar/definicion-de-compresion</p> <p>Goncalves, P., & Brito, J. (2008). Utilización de agregados reciclados de hormigón, análisis comentado de la reglamentación existente. Instituto Superior Técnico and Universidad Técnica de Lisboa. Portugal.</p> <p>Herrera., D. (2018). Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (pet), aplicados en la construcción de vivienda. Facultad de ingeniería. Universidad católica de Colombia.</p>
		<p>Marco legal</p>	<p>Composición y clasificación de los RCD</p> <p>Instituto colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC). (2000). Norma Técnica Colombiana NTC 4205. Ingeniería civil y arquitectura. Unidades de mampostería de arcilla cocida. Ladrillos y bloques cerámicos.</p> <p>Yao, L., Bhada-Tata, P. & Van Woerden, F., (2018), Porcentajes de residuos generados por región, de Kaza, S.,</p>
			<p>Manejo y recolección de los RCD</p> <p>Mendoza., L. A. (2022). Fabricación de bloques de cemento con agregados de residuos de construcción y demolición (RCD) provenientes de mamposterías de ladrillo. Universidad católica de Cuenca. Ecuador.</p> <p>Méndez., K. (2020). Conceptos básicos en ingeniería.</p> <p>Orozco, Y.C., & Salazar, T, A. (2022). Aprovechamiento de los residuos sólidos de la construcción y demolición de América del sur. Universidad Cesar Vallejo.</p> <p>Ortega., A.I., & Casas, H, L. & Figueroa, Y, X. (2015). Guía para la elaboración del plan de gestión de residuos de construcción y demolición – RCD en la obra. Secretaría de ambiente. Alcaldía mayor de Bogotá.</p> <p>Pérez., J. (2021). Definición de escombro.</p> <p>Pérez., J. (2021). Definición de residuo.</p> <p>Pérez., I. (2006). Propiedades mecánicas de mezclas bituminosas en caliente fabricadas con áridos reciclados de residuos de construcción y demolición. Universidad Politécnica de Madrid. E. T. S. I.</p> <p>Santos Jiménez, M. (2018). Reciclaje de residuos de construcción y demolición (RCD) de tipo cerámico para nuevos materiales de construcción sostenibles [Tesis doctoral, E.T.S. de Edificación (UPM)]. Obtenido de Archivo Digital Universidad Politécnica de Madrid:</p> <p>SÁNCHEZ PACHECO, N.B., 2020. Reutilización de residuos de construcción y demolición (RCD) en la industria de la construcción. [en línea], pp. 1-10. Disponible en:</p> <p>Silva Urrego, Y. F., Gordillo, M., & Delvasto Arjona, S. (2017). Influencia del residuo de mampostería (RM) como material cementicio suplementario en la elaboración de morteros. Informador Técnico, 81(1), 44-54.</p> <p>Torres., H. & Díaz., J. L (2018). Evaluación técnica de bloques de concreto para uso estructural elaborados de escombros de concreto de losas de pavimento rígido. Escuela profesional de ingeniería civil. Perú.</p> <p>Unidad de Planeación Minero Energética [UPME]. (2018). Realizar un análisis del potencial de reutilización de minerales en Colombia y definir estrategias orientadas a fomentar su aprovechamiento por parte de la industria en el país bajo el enfoque de economía circular-Contrato Interadministrativo CI-049-2018 (Vol. 2). Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander.</p> <p>Rosero Alvarez, D. M. (2019). Propuesta de guía de uso de los agregados reciclados en Colombia provenientes de RCD, basado en normativa internacional y en el desarrollo de investigaciones de universidades colombianas. Maestría thesis, Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá. Obtenido de</p> <p>Valdés., G. & Rapimán., J. (2022). Propiedades Físicas y mecánicas de bloques de hormigón compuestos con áridos reciclados. Departamento de ingeniería de obras civiles, Universidad de la frontera, francisco Salazar.</p>

12.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En la presente investigación para la recolección de datos y de información se utiliza la técnica de análisis documental cuya finalidad es buscar y recopilar información sobre el presente tema de estudio (Méndez. M 2020). En este estudio se analizaron diferentes tesis, artículos indexados y publicaciones de repositorios universitarios, iniciando por la búsqueda de antecedentes para esclarecer y conocer los estudios ya realizados referente a los RCD como materia prima para la fabricación de bloques, y así relacionarlas con nuestro estudio. Para construir el marco teórico en base a los ejes temáticos de la investigación, también se acudió al análisis documental como herramienta para conocer la teoría existente referente al presente tema de estudio.

12.4 Método de organización de la información

El método de organización en el que se basó la investigación para poder establecer y ordenar los datos fue mediante los ejes temáticos de la investigación, ya que de esta manera se organizaron los datos obtenidos de la búsqueda de información. Conociendo primero cual es el estado actual de los RCD y que impacto generan en el medio ambiente, para luego investigar el proceso de fabricación de los bloques y donde entrarían a jugar el rol principal los RCD, pasando a ser los agregados o materia prima para la elaboración de los bloques, a partir de ahí la clasificación de los RCD que finalmente nos indica cuales son los que se pueden utilizar y que propiedades tienen para continuar su ciclo de utilidad en el mercado constructivo, y finalmente el manejo que se tiene actualmente con respecto a los residuos de la construcción, encontrando que la reutilización de los RCD forma parte del plan de gestión del medio ambiente.

12.5 Población y muestra

Para la presente investigación se analiza el uso de los RCD a nivel de la construcción en general tomando resultados, estudios e información a nivel mundial, por ende, la población es el sector construcción, y se aterriza en el sector construcción en Colombia siendo esta la muestra, tomando como técnica de muestreo la búsqueda

de información y estudios realizados en Colombia con la fabricación de bloques a partir de los RCD.

12.6 Planteamiento de la hipótesis

Los escombros y residuos de demolición, al ser pasados por procesos de trituración sirven como materia prima (agregados) para la fabricación de bloques de concreto para usos estructurales y no estructurales.

13. CRONOGRAMA

14. RESULTAOS O HALLAZGOS

La presente investigación siguiendo los ejes temáticos estipulados para la misma procede a mostrar los resultados y hallazgos encontrados partiendo de los ejes, estado actual de los RCD, el proceso de fabricación de un bloque de cemento, agregados, composición, clasificación y manejo de los RCD, presentándose a continuación de la siguiente manera:

Siguiendo el estudio de los artículos de investigación indagados se encontró que “la construcción es la responsable del consumo del 40% de los insumos naturales y a su vez del 17% del consumo del agua potable para sus procesos” W. G. B. C. WorldGBC. (2015), p. 201. Además, que en el 65% de los residuos de demolición no tienen un uso final, sino que son trasladados a botaderos donde se genera más contaminación, generando así un gran problema ambiental alrededor de la construcción (Méndez. M 2020). Donde los datos encontrados se encuentran resumidos en la tabla 12.

Tabla 12. Estado actual de los RCD, fuente el autor.

Estado actual de los RCD		
FACTPRES DE IMPACTO	ASPECTOS ENCONTRADOS	AUTORES
Contaminación del agua	Los cuerpos de agua tienen presencia de sedimentos de los RCD	(Valdés Vidal, Reyes Ortiz, & González Peñuela, 2011) (Olivera, Dezen, & Possan, 2020) (Bravo, Valderrama, & Ossio, 2019) (Campos Fonseca & Amendoeira Namen, 2021)
Contaminación del suelo	La construcción es responsable del 40% de la explotación de materias primas	
	Destrucción de capas vegetales	
	Uso del suelo alterados por disposición final	
Contaminación visual	Entornos urbanos desagradables	
	Impacto visual 30% más invasivo	
Contaminación del aire	Presencia de partículas en el aire	
	Generación de CO ₂	

Con respecto a los escombros o residuos de demolición con los que se han realizado estudios para la fabricación de bloques de concreto se encontró que son adecuados para la elaboración de bloques y tienen las siguientes características:

Propiedades según el tipo de RCD para la fabricación de bloques de concreto				
Tipo de RCD	Proceso	Propiedades	Apto / No Apto	Autores
Hormigon	Sustitucion del concreto	Se pierden finos en pruebas de tamizados	No apto	(Orozco Yarasqui & Salazar Pillpe, 2022), (Mendoza López, 2022), (Santos Jiménez, 2018)
		25% de compactibilidad en sustitucion de cemento	Apto	
		Humedad entre 3% y 53% para uso estructural	Apto	
Áridos	Trituracion para obtencion de materia prima para nuevas fabricaciones	Cumplen normatividad en resistencia y humedad	Apto	
		Mayor consumo de agua	No apto	
		3 a 4 veces mejor que la arena natural	Apto	
		Contenido a partir del 40%	Apto	
		Resistencias entre 47 Mpa y 25 Mpa	Apto	
Concreto	Demolicion, separacion de aceros y trituracion	Resistencia por encima de la normatividad (5Mpa)	Apto	
		Uso en bloques no estructurales	Apto	
		Aprovechamiento de residuos	Apto	

Los áridos son los RCD con más características positivas para ser reutilizados como materia prima para la fabricación de bloques, ya que al triturarse y pasar por los ensayos de tamizados si se usa un 60% de árido reciclado con 40% de árido natural se obtiene que los resultados después de someter a compresión los morteros hechos a partir de esa dosificación son entre 47MPA, 34 MPA Y 25,3 MPA (Bezerra, Schalch, Coitinho & Duarte, 2012) Lo que los hace adecuados para la resistencia a la compresión para su reutilización en fabricación de bloques y materiales para la construcción.

15. CONCLUSIONES

- En la actualidad la necesidad de reutilizar los recursos y darles un buen uso final a los desechos de la construcción ha hecho que se materialice el uso de los mismos, ya que es una realidad que se usan los desechos triturados para ser nueva materia prima adecuada para la reutilización y manejo, lo que indica que el impacto negativo de los RCD se ha ido disminuyendo significativamente con el pasar de los años.
- Aunque los residuos de las demoliciones de edificaciones encierran un gran tipo y número de materiales, no todos son viables a ser reutilizados como nuevas materias primas para aumentar los ciclos de vida útiles de los materiales, ya que no todos tienen las propiedades físicas necesarias para cumplir con los requisitos y normatividades vigentes de los elementos para construir edificaciones seguras, por ende, se necesita hacer un riguroso proceso de selección mediante el cual se obtienen los mejores RCD para fabricación de bloques y elementos estructurales y no estructurales.
- Los residuos de demolición de construcciones de obras civiles más adecuados para la reutilización en el uso y fabricación de bloques de concreto estructurales y no estructurales son los áridos reciclados ya que estos materiales cumplen con las características físicas comprobadas en cuanto a resistencia de bloques, morteros y adoquines y en la actualidad se fabrican y usan este tipo de insumos a partir de los áridos.
- Los factores de impacto más afectados en cuanto a la contaminación que generan los RCD son la contaminación del suelo y la contaminación visual ya que son las directamente afectadas por el mal uso de estos residuos, al aplicar y hacer una reutilización adecuada hace que estos factores de impacto negativo disminuyan contribuyendo al adecuado desarrollo de un medio ambiente sano.

REFERENCIAS

- Acevedo Agudelo, H., Vásquez Hernández, A., & Ramírez Cardona, D. (febrero-mayo de 2012). Sostenibilidad: Actualidad y necesidad en el sector de la construcción en Colombia *Gestión y Ambiente*. *Gestión Y Ambiente*, 15(1), 105-117. Obtenido de <https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/28440/169424101009.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alcaldía Mayor de Bogotá DC Secretaría De Ambiente. (2015). *Gestión Integral De RCD. Guía Para La Elaboración Del Plan De Gestión de Residuos de Construcción y Demolición - RCD En La Obra*. Bogotá, Colombia. Obtenido de <https://drive.google.com/file/d/1uF-XIhaTES2UJYkrK3UJlgrtOPORLvAJ/view>
- Alicresp . (14 de enero de 2019). *Ingeniería*. Obtenido de <http://alicaresp.com/2019/01/14/conceptos-basicos-de-pavimentos/>
- Arqhys Arquitectura. (12 de 2012). *Portal de arquitectura Arqhys.com*. Obtenido de <https://www.arqhys.com/arquitectura/cargas-estructurales-tipos.html>
- Ayala Quiñonez, E. B., & Pacuar Cedeño, E. O. (Abril de 2022). *Diseño de una planta de tratamiento de residuos de construcción y demolición de la ciudad de Guayaquil*. Obtenido de Repositorio institucional de la universidad de Guayaquil: <file:///C:/Users/Laura%20Ortega/Downloads/BMAT-GENE%20381-2022-Ing.%20CIVIL%20-%20AYALA%20QUI%20C3%91ONEZ%20EDWIN%20BRYAN%20-%20PAUCAR%20CEDE%20C3%91O%20EDISON%20ORLANDO.pdf>
- Barbudo Muñoz, M. A. (2012). Aplicaciones de los áridos reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición en la construcción de infraestructuras viarias. (S. d. Universidad de Córdoba, Ed.) Obtenido de <https://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/7653>
- Bravo, J., Valderrama, C., & Ossio, F. (Abril de 2019). Cuantificación Económica de los Residuos de Construcción de una Edificación en Altura: Un Caso de Estudio. Obtenido de <https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v30n2/0718-0764-infotec-30-02-00085.pdf>
- Campos Fonseca, F., & Amendoeira Namen, A. (2021). Characteristics and patterns of inappropriate disposal of construction and demolition waste in the municipality of Cabo Frio, Brazil. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 13. Obtenido de <https://www.scielo.br/j/urbe/a/SvJ5C7Wc9csgXdKmh9TQRCM/?format=pdf&lang=en>
- Centro de estudios y experimentacion de obras Públicas (CEDEX), ministerio de trnsportes, movilidad y agenda urbana. (2011). *Catálogo de residuos utilizables en contrucción* . Obtenido de <https://www.cedexmateriales.es/>
- Devenes, J., Brütting, J., Küpfer, C., & Bastien-Masse, M. (Septiembre de 2022). Re: Crete – Reuse of concrete bloks from cast-in-place building to arch footbridge. 43, 1854-1867. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352012422005720>
- Díaz Chávez, L. J., & Torres Idrogo, H. (2018). Evaluación técnica de bloques de concreto para uso estructural elaborados de escombros de concreto de losas de pavimento rígido. *Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil*.

- Chachapoyas, Perú. Obtenido de <https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/1344/Jose%20Diaz%20Cha.%20Henry%20Torres%20I..pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Diccionario de arquitectura y construcción. (2022). *Diccionario de arquitectura y construcción, definiciones y traducciones*. Obtenido de <https://www.parro.com.ar/definicion-de-compresion>
- Gutiérrez de López, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción*. Obtenido de https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/9302/9589322824_Parte3.pdf?sequence=6&isAllowed=y
- ICONTEC Ministerio de desarrollo Económico. (25 de Octubre de 2000). Norma Técnica Colombiana 4205. Obtenido de <http://www.cytarcillasyprefabricados.com/wp-content/uploads/2017/02/NTC-4205-Unidades-de-mamposteria-de-arcilla-ladrillos-y-bloques-ceramicos.pdf>
- Jean Perrilliat, R., & Cesín Farah, J. (s.f.). RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA . Mexico. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56687657/37-libre.PDF?1527642221=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DRECOMENDACIONES_PARA_EL_DISEÑO_Y_CONSTRU.pdf&Expires=1685112082&Signature=Pb81UCCaD1wRYBznwTkp4qZAlvtV2xv302MMlobAKwDhZ3RocOXJQQ3RI7p
- Jimenez Bolaños, L. M., Trochez Sánchez, N. F., & Díaz Rosero, Y. D. (2019). Estudio para aprovechamiento de RCD en Santiago de Cali como agregado en materiales de construcción. *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*. Obtenido de <https://ojs.unipamplona.edu.co/ojsviceinves/index.php/bistua/article/view/274/247>
- Mendoza López, L. A. (2022). Fabricación de bloques de cemento con agregados de residuos de construcción y demolición (RCD) provenientes de mamposterías de ladrillo. *TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO*. Azogues, Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ucacue.edu.ec/bitstream/ucacue/12524/1/MENDOZA%20LOPEZ%20LUIS%20ALBERTO.pdf>
- Ministerio de vivienda, Ciudad y Territorio; Comisión asesora permanente para el Régimen de construcciones sismo resistentes; AIS Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica . (2017). Reglamento Colombiano De Construcción Sismo Resistente NSR-10.
- Olivera, T. C., Dezen, B., & Possan, E. (10 de Noviembre de 2020). Use of concrete fine fraction waste as a replacement of Portland cement. 273. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620331711>
- Orozco Yarasqui, Y. C., & Salazar Pillpe, T. A. (2022). Aprovechamiento de los residuos sólidos de la construcción y demolición en América del sur: Revisión Sistemática. *Tesis para obtener el título profesional de: Ingeniera Ambiental*. Lima , Perú. doi:12692/96940
- Pérez Porto, J. (25 de Noviembre de 2021). *Escombros- Qué es, clasificación, definición y concepto*. Obtenido de Definicion.de: <https://definicion.de/escombros/>

- Pérez Porto, J. (18 de Octubre de 2021). *Residuo- Qué es, clasificación, definición y concepto*. Obtenido de Definicion.de: <https://definicion.de/residuo/>
- Pérez Porto, J., & Gardey, A. (2014 de Noviembre de 2014). *Tamizado - Qué es, definición y concepto*. Obtenido de Definicion.de: <https://definicion.de/tamizado/>
- Pérez Porto, J., & Gardey, A. (16 de marzo de 2023). *Ensayo - Qué es, origen, estructura y tipos*. Obtenido de Definicion.de: <https://definicion.de/ensayo/>
- Pérez Porto, J., & Merino, M. (9 de Septiembre de 2011). *Construcción - Qué es, definición y concepto*. Obtenido de Definicion.de: <https://definicion.de/construccion/>
- Pérez Porto, J., & Merino, M. (23 de Marzo de 2017). *Demolición - Qué es, definición y concepto*. Obtenido de Definicion.de: <https://definicion.de/demolicion/>
- Pinñeros Moreno, M. H., & Herrera Muriel, D. D. (15 de Noviembre de 2018). PROYECTO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES CON AGREGADOS DE PLÁSTICO RECICLADO (PET), APLICADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA. Bogotá: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/b7d5ff9a-9471-49b4-9733-b5467c1485ae/content>
- Rosero Alvarez, D. M. (2019). Propuesta de guía de uso de los agregados reciclados en Colombia provenientes de RCD, basada en normativa internacional y en el desarrollo de investigaciones de universidades colombianas. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/77323>
- Sanchez Pacheco, N. B. (07 de Julio de 2022). REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN. UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/36112/SanchezPachecoNickBrian2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sánchez Paradela, M. L., & Sánchez Gálvez, V. (1991). Comportamiento a tracción de cementos reforzados con fibras de vidrio . *Informes de la construcción*. Obtenido de <https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/1379/2346>
- Santos Jiménez, M. D. (2018). Reciclaje de residuos de construcción y demolición (RCD) de tipo cerámico para nuevos materiales de construcción sostenibles. Madrid. Obtenido de https://oa.upm.es/53564/1/MARIA_DEL_ROCIO_SANTOS_JIMENEZ.pdf
- Unidad De Planeación Minero Enrgética (UMPE). (s.f.). *UPME ministerio de minas y energía* . Obtenido de <https://www1.upme.gov.co/siame/Paginas/home.aspx>
- Valdés Vidal, G., Reyes Ortiz, O. J., & González Peñuela, G. (enero de 2011). Aplicación de los Residuos de hormigón en materiales de construcción. *Waste concrete application in construction materials*, 29(1), 17-33. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/inde/v29n1/v29n1a03.pdf>
- Valdés, G., & Rapimán, J. (2007). Propiedades físicas y mecánicas de bloques de hormigón compuesto con áridos reciclados. La Serena, Chile . Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642007000300010

- Villarroel Rodríguez, R., & Saldarriaga Viera, C. (2015). INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE AGREGADO GRUESO RECICLADO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, ABSORCIÓN Y DURABILIDAD DEL CONCRETO PARA BLOQUE DE MURO. Universidad Nacional de Trujillo. Obtenido de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/19105>
- World Green Building Council (WorldGBC). (2008). Construction and WorldGBC to Collect Global Green Trends Data to Advance the Sharing of Green Information and Intelligence. New York.

Por intermedio del presente documento en mi calidad de autor o titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra que adjunto, titulada **PROPIEDADES DE LOS MATERIALES REUTILIZADOS RCD PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES**, autorizo a la Corporación universitaria Unitec para que utilice en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador o titular de la obra objeto del presente documento.

La presente autorización se da sin restricción de tiempo, ni territorio y de manera gratuita. Entiendo que puedo solicitar a la Corporación universitaria Unitec retirar mi obra en cualquier momento tanto de los repositorios como del catálogo si así lo decido.

La presente autorización se otorga de manera no exclusiva, y la misma no implica transferencia de mis derechos patrimoniales en favor de la Corporación universitaria Unitec, por lo que podré utilizar y explotar la obra de la manera que mejor considere. La presente autorización no implica la cesión de los derechos morales y la Corporación universitaria Unitec los reconocerá y velará por el respeto a los mismos.

La presente autorización se hace extensiva no sólo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato electrónico, y en general para cualquier formato conocido o por conocer. Manifiesto que la obra objeto de la presente autorización es original y la realicé sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es de mi exclusiva autoría o tengo la titularidad sobre la misma. En caso de presentarse cualquier reclamación o por acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión asumiré toda la responsabilidad, y saldré en defensa de los derechos aquí autorizados para todos los efectos la Corporación universitaria Unitec actúa como un tercero de buena fe. La sesión otorgada se ajusta a lo que establece la ley 23 de 1982.

Para constancia de lo expresado anteriormente firmo, como aparece a continuación.

Firma



Nombre KAREN LIZETH ORTEGA MARTINEZ

CC. 1.234.643.362

Página 1