



Prototipo de Ladrillo Sustentable con Aluminio para la Construcción de Muros en Viviendas en el Municipio de Girardot - Cundinamarca.

Juan Nicolás Álvarez Rueda

Juan Andrés Neira Rodríguez

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Cundinamarca

Sede Girardot (Cundinamarca)

Programa Ingeniería Civil

Noviembre de 2021

Ladrillo Sustentable con Aluminio para la Construcción de Muros en Viviendas

Ladrillos Ecológicos con Agregados Triturados de Materiales no Ferrosos

Juan Nicolás Álvarez Rueda

Juan Andrés Neira Rodríguez

Monografía presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil

Asesora

María Claudia Vera Guarnizo

Ingeniera Civil, Esp. Especialistas en Patología de la Construcción

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Cundinamarca

Sede Girardot (Cundinamarca)

Programa Ingeniería Civil

Noviembre de 2021

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres Glenda Pilar Rodríguez y Edgar Arturo Neira García, a mis abuelos Aracely Crispín Muñoz y Luis Augusto Quiñonez y a mi tía Jennifer Vásquez Prada que siempre me apoyaron durante todo este trabajo y siempre me inspiraron a seguir todos los días, espero poder devolverles todos sus apoyos en un futuro porque todo lo que soy hoy en día, se los debo a ellos.

Juan Andrés Neira Rodríguez

Este trabajo de grado va dedicado de manera muy especial a mi tío Carlos Álvarez, gracias a su trabajo arduo y sacrificio me fue posible cursar todos los semestres de mi carrera de Ingeniería Civil. También de manera muy especial a mi Abuela y a mi Tía, por estar presentes en el transcurso de este gran trayecto- en mi carrera de Ingeniería Civil- acompañándome y brindándome su apoyo moral, y a todos aquellos que alguna vez me ayudaron, me aconsejaron y me instruyeron; compañeros, maestros, familiares, amigos, docentes, compañeros laborales y semillero SIMATSCON- con su conocimiento a lo largo de mi carrera universitaria y mi vida, que de una u otra forma aportaron a mi formación tanto profesional y como ser humano.

Juan Nicolás Álvarez Rueda

Agradecimientos

Agradezco principalmente a la ingeniera María Claudia Vera Guarnizo, por su tiempo, paciencia y dedicación que nos brindó desde un comienzo, a la ingeniería Martha Liliana Díaz Ochoa por confiar en nosotros y tener lealtad para hacer una opción de grado dirigida hacia el mejoramiento del medioambiente y al ingeniero Jackson Ermizul Monroy por todos sus consejos y por sus acertadas aportaciones. Finalmente, a la Corporación Universitaria Minuto de Dios por permitirme realizar esta investigación y por permitirnos entrar en sus instalaciones para lograr cada uno de los resultados obtenidos.

Juan Andrés Neira Rodríguez

Queremos expresar nuestro especial agradecimiento a la Ing. María Claudia Verá Guarnizo, líder del semillero de investigación SIMATSCON, perteneciente a la Corporación Universitaria Minuto de Dios. Nuestro trabajo se ha visto potenciado grandemente por su apoyo, acompañamiento e influencia a través del grupo de investigación.

Juan Nicolás Álvarez Rueda

Contenido

Lista de Tablas	7
Lista de Figuras.....	8
Lista de Anexos.....	9
Resumen.....	10
Abstract	11
Introducción	12
1. Planteamiento del Problema	14
1.1. Descripción del Problema	14
1.2. Pregunta de Investigación	15
2. Antecedentes	16
2.1. Antecedentes Internacionales.....	16
2.2. Antecedentes Nacionales.....	17
2.3. Antecedentes Regionales.....	20
2. Justificación	21
4. Objetivos	22
4.1. Objetivo General	22
4.2. Objetivos Específicos.....	22
5. Marco Referencial.....	23
5.1. Marco Contextual.....	23
5.2. Marco Teórico	24
5.2.1. Principales Materiales no Ferrosos.....	24
5.2.2. Características del Aluminio	24
5.2.3. Resistencia a la compresión, a la flexión, al corte y a la torsión del Aluminio	24
5.2.3. Reciclaje de Materiales no Ferrosos como el Aluminio	25
5.3. Marco Conceptual	26
5.4. Estado del Arte.....	27
5.5. Marco Legal	30
6. Metodología	31
6.1. Alcance de la Investigación.....	31

Ladrillo Sustentable con Aluminio para la Construcción de Muros en Viviendas

6.2. Enfoque Metodológico.....	31
6.3. Fuentes y Técnicas para Recolección de Información.....	31
6.4. Procesos y Procedimientos en la Elaboración del Prototipo de Ladrillo.....	32
6.4.1. Materiales, Herramientas y Equipos.....	32
6.4.2. Dosificación de la Mezcla de Mortero.....	33
6.4.3. Elaboración de los Especímenes de Ladrillos Sustentables.....	34
6.4.4. Ensayo de resistencia a la compresión.....	37
7. Resultados.....	38
8. Análisis y Discusión de Resultados.....	46
9. Conclusiones.....	47
10. Recomendaciones.....	50
11. Referencias.....	51
12. Anexos.....	56

Lista de Tablas

<i>Tabla 1. Materiales, herramientas y equipos para elaboración del prototipo de ladrillo</i>	32
<i>Tabla 2. Peso y dimensiones ladrillo # 1</i>	35
<i>Tabla 3. Peso y dimensiones ladrillo # 2</i>	35
<i>Tabla 4. Peso y dimensiones ladrillo # 3</i>	35
<i>Tabla 5. Peso y dimensiones ladrillo # 4</i>	36
<i>Tabla 6. Peso y dimensiones ladrillo tolete macizo 1 (arcilla)</i>	36
<i>Tabla 7. Peso y dimensiones ladrillo tolete macizo 2 (arcilla)</i>	36
<i>Tabla 8. Peso y dimensiones Bloque # 4 (Arcilla)</i>	37
<i>Tabla 9. Resistencia a la compresión unidades de mampostería no estructural</i>	37
<i>Tabla 10. Porcentaje de material por tipo de dosificación</i>	39
<i>Tabla 11. Dosificación mezcla, prototipo 1</i>	39
<i>Tabla 12. Dosificación mezcla, prototipo 2</i>	39
<i>Tabla 13. Dosificación mezcla, prototipo 3</i>	40
<i>Tabla 14. Dosificación mezcla, prototipo 4</i>	40
<i>Tabla 15. Pesos y dimensiones de los prototipos de ladrillos</i>	40
<i>Tabla 16. Pesos y dimensiones ladrillos y bloque convencional (arcilla)</i>	41
<i>Tabla 17. Resistencia a la compresión de los ladrillos con triturado de aluminio</i>	41
<i>Tabla 18. Resistencia a la compresión ladrillos tolete macizo de arcilla</i>	42
<i>Tabla 19. Resistencia a la compresión ladrillo en bloque # 4 de arcilla</i>	42
<i>Tabla 20. Resultados ensayo de resistencia a la compresión ladrillo sustentable muestra N° 1.</i>	42
<i>Tabla 21. Resultados ensayo de resistencia a la compresión ladrillo sustentable muestra N° 2.</i>	43
<i>Tabla 22. Resultados ensayo de resistencia a la compresión ladrillo sustentable muestra N° 3.</i>	44
<i>Tabla 23. Resultados ensayo de resistencia a la compresión ladrillo sustentable muestra N° 4.</i>	44
<i>Tabla 24. Resultados ensayo de resistencia a la compresión Tolete de ladrillo 1 (arcilla)</i>	45
<i>Tabla 25. Resultados ensayo de resistencia a la compresión Tolete de ladrillo 2 (arcilla)</i>	45
<i>Tabla 26. Resultados ensayo de resistencia a la compresión Bloque #4 (arcilla)</i>	46

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Ubicación Uniminuto en el municipio de Girardot-Cundinamarca</i>	23
Figura 2. <i>Elaboración de las mezclas de mortero</i>	33
Figura 3. <i>Formaleta para los ladrillos</i>	34
Figura 4. <i>Desencofrado de los prototipos de ladrillo</i>	34

Lista de Anexos

Anexo A. <i>Formato de Entrevista</i>	56
---	----

Resumen

El presente trabajo emerge en el marco del semillero de investigación denominado *Semillero de Investigación de Materiales Sustentables en la Construcción - SIMATSCON* de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, sede Cundinamarca, Centro Regional Girardot, el cual pretende proporcionar espacios de sostenibilidad y conservación del medioambiente. El proyecto se efectúa con el objetivo de elaborar un prototipo de ladrillo sustentable con base de resina de aluminio para la construcción de muros en viviendas de uno y dos pisos en el municipio de Girardot – Cundinamarca, este ladrillo se presenta como una alternativa a la fabricación de ladrillo convencional de arcilla, con el propósito de disminuir el consumo de agregados que son materias primas naturales. Para el desarrollo de la investigación se empleó una metodología de tipo descriptiva, con un enfoque mixto; cualitativo y cuantitativo. Se elaboraron 4 prototipos de ladrillo, con su respectiva dosificación. Además, se realizó la prueba del ensayo de resistencia a la compresión a los prototipos de ladrillos sustentables y al ladrillo convencional, posteriormente, se compararon los resultados obtenidos de laboratorio del prototipo de ladrillo con base de resina de aluminio respecto al ladrillo convencional de arcilla. Los resultados permiten proponer lineamientos de mejoramiento para futuros estudios, porque el ladrillo a base de resina del aluminio puede disminuir los impactos ambientales generados en la obtención de un ladrillo convencional, pero se requiere de un mayor número de pruebas para determinar características físicas y mecánicas adecuadas para su implementación.

Palabras clave: Aluminio, ladrillos sustentables, materiales no ferrosos, medioambiente.

Abstract

The present work emerges within the framework of the research seedbed called Sustainable Materials in Construction Research Seedbed - SIMATSCON of the Minuto de Dios University Corporation, Cundinamarca headquarters, Girardot Regional Center, which aims to provide spaces for sustainability and environmental conservation. The project is carried out with the objective of developing a prototype of sustainable brick based on aluminum resin for the construction of walls in one and two-story homes in the municipality of Girardot - Cundinamarca, this brick is presented as an alternative to manufacturing of conventional clay brick, with the purpose of reducing the consumption of aggregates that are natural raw materials. For the development of the research, a descriptive methodology was used, with a mixed approach; qualitative and quantitative. 4 brick prototypes were made, with their respective dosage. In addition, the test of resistance to compression was carried out on the prototypes of sustainable bricks and the conventional brick, later, the results obtained from the laboratory of the prototype of an aluminum resin-based brick were compared with respect to the conventional clay brick. to verify its viability. The results allow proposing improvement guidelines for future studies, because the aluminum resin-based brick can reduce the environmental impacts generated in obtaining a conventional brick, but a greater number of tests are required to determine adequate physical and mechanical characteristics. for its implementation.

Keywords: Aluminum, sustainable bricks, non-ferrous materials, environment.

Introducción

La población mundial se encuentra en constante crecimiento, y con ello la alta contaminación ambiental; en ese aspecto la humanidad busca que, a partir del reciclaje, y la reutilización de algunos productos y materiales se pueda mitigar el impacto ambiental alto. Conforme con el informe del Banco Mundial (2018) “se prevé que en el curso de los próximos 30 años la generación de desechos en el mundo, impulsada por la rápida urbanización y el crecimiento de las poblaciones, aumentará de 2010 millones de toneladas registradas en 2016 a 3400 millones”.

Dentro de los materiales más empleados en el sector de la construcción es el ladrillo, y autores como Barranzuela (2014) afirma que “El ladrillo está destinado principalmente a la construcción de muros, tabiques, suelos, etc., por lo que debe ser invulnerable a los efectos de la intemperie, y poseer suficiente resistencia a la compresión” (p. 3).

No obstante, surge la necesidad de materiales para una construcción sostenible y sustentable, por eso diversos estudios han investigado acerca de la utilización de materiales ecológicos y sostenibles para el sector de la construcción. Tomando este enfoque, los materiales no ferrosos, se vienen convirtiendo en una alternativa de reciclaje como el aluminio que cumple las características de 100% reciclable, además, requiere sólo un 5% de la energía necesaria para regresar al metal primario inicial (Fernández, Arias y Portilla, 2010).

Teniendo en cuenta lo anterior, este proyecto de investigación pretende crear un prototipo de un ladrillo sustentable a base de la resina de metal (aluminio), para ser emplearlos en la construcción de muros para viviendas de uno y dos pisos en el Municipio de Girardot-Cundinamarca.

Ladrillo Sustentable con Aluminio para la Construcción de Muros en Viviendas

Por consiguiente, el trabajo se estructura de la siguiente manera; se presenta una recopilación de estudios previos a nivel internacional, nacional y regional. Seguidamente, se fundamenta la investigación en el marco teórico, luego se compilan conceptos con referencia al tema de estudio, posteriormente, se comprende un estado del arte donde se recopilan diferentes tipos de textos que aportan como referente a la investigación de materiales sustentables para ser empleados en la industria de la construcción, realizando un proceso de revisión bibliográfica, finalmente, se abordan aspectos legales considerados en el marco legal.

La metodología aplicada es de tipo descriptiva, con enfoque mixto; cualitativo y cuantitativo, para la recopilación de información y el desarrollo del proyecto, la investigación abarco tres (3) fases: la fase heurística abarcando la recopilación de información digital de documentos y resultados investigativos, la segunda fase; la hermenéutica abarco el análisis de la información recolectada de los documentos digitales

Finalmente, los resultados determinan que ninguno de los 4 prototipos de ladrillo sustentable registró la resistencia mínima a la compresión de 1,5 Mpa, establecida en la NTC-4205-2. Unidades de arcilla para muros de mampostería no estructural. Sin embargo, se puede establecer que la base de resina del aluminio puede disminuir los impactos ambientales generados en la obtención de un ladrillo convencional, pero se requiere de un mayor número de pruebas para determinar características físicas y mecánicas adecuadas para su implementación.

1. Planteamiento del Problema

1.1. Descripción del Problema

La actual crisis ambiental provocada por el impacto de las actividades humanas, causadas principalmente por la falta de conciencia y por el desconocimiento de alternativas para conservar los recursos naturales, requiere estudiar alternativas para el desarrollo de la construcción de nuevos métodos y modelos para el sector de la construcción que sean amigables con el medioambiente, según Martínez (2010) afirma lo siguiente:

El deterioro socio - ambiental debe replantear la vinculación de la sociedad con su entorno natural, mediante un desarrollo sustentable, y reconocer la existencia de límites al desarrollo social, al crecimiento económico (productivo) y a la explotación (abuso) de los ecosistemas, dado el estado actual de la tecnología, la organización social y la capacidad de la biosfera para absorber los efectos de las actividades humanas (p. 98).

En este contexto, Benavides (2021) de la Revista Construir, comunica que según el informe estadístico global para edificaciones y construcción 2019 (Global Status Report for Buildings and Construction) de la organización Global Alliance for Buildings and Construction, el sector de la construcción es el responsable de la generación de casi el 40% de las emisiones de CO2 relacionadas con la energía y los procesos constructivos.

Cabe resaltar, que en el sector de la construcción uno de los materiales más usados es el ladrillo, pero en su proceso de producción se llega a consumir en promedio 2.0 Kwh por ladrillo, y se libera una gran cantidad de gases de efecto invernadero (González et al., 2019). Sin

Ladrillo Sustentable con Aluminio para la Construcción de Muros en Viviendas

embargo, para la construcción de los ladrillos se siguen utilizando materiales tradicionales, como el adobe, la arcilla cocida y el cemento.

Así, la implementación de materiales constructivos como los materiales no ferrosos.

Según Fernández et al., (2010) consolida lo siguiente:

El desequilibrio ecológico puede remediarse, si desde ya se ponen en funcionamiento actividades de educación, protección y recuperación; el reciclado de un material es la única alternativa que existe para dañar lo menos posible el medioambiente y no vernos rodeados de montones de chatarra y residuos.

Los materiales no ferrosos como el aluminio y el bronce son 100% reciclables, así el refundido del aluminio, por ejemplo, requiere sólo un 5% de la energía necesaria para producir el metal primario inicial. La fundición de aluminio secundario implica su producción a partir de productos usados de dicho metal, los que son procesados para recuperar metales por pretratamiento, fundición y refinado. (pp. 241-242).

De esta manera, las consecuencias de afectación ambiental hacen necesario determinar la reutilización de materiales, que puedan ser utilizados en la fabricación y elaboración de materiales constructivos como los ladrillos.

1.2. Pregunta de Investigación

¿Cómo crear un prototipo de ladrillo sustentable a base de resina de metal (aluminio), para ser empleados en la construcción de muros para viviendas de uno y dos pisos?

2. Antecedentes

En primer lugar, se recopilar diferentes estudios previos relacionados con el tema de estudio en el ámbito internacional, nacional y regional, que aportan a la investigación; crear un prototipo de un ladrillo sustentable a base de la resina de metal para ser emplearlos en la construcción de muros para viviendas de uno y dos pisos en el Municipio de Girardot.

2.1. Antecedentes Internacionales

En primera instancia, se considera la investigación de la Universidad Pública de Navarra de España *Filler de aluminio para la elaboración de ladrillos puzolánicos sin cocción*, este trabajo propone crear ladrillos ecológicos, “Eco-Bricks”, para la construcción con residuos provenientes del reciclado del aluminio (Filler de Aluminio) y la producida por las centrales termoeléctricas como son las Cenizas Volantes de Carbón. Dando como resultado combinaciones parecidas a condiciones extremas de temperatura, resistiendo la estructura de los ladrillos durante los 45 ciclos a los que se les ha sometido, pero desde la utilidad para la construcción, a falta de las pruebas pertinentes, no se cree que los ladrillos de filler puedan sustituir a los ladrillos convencionales como ladrillos caravista empleados en la construcción de edificios, naves, etc. Pero si se cree que puedan ser empleados como tabiquería interna y tabiquería externa de revestimiento de las edificaciones (Oreja, 2011).

Un segundo trabajo es el estudio de Cabo (2011), de la Universidad Pública de Navarra de España denominado *Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción*, este estudio propone la realización de un nuevo material constructivo, denominado Ecoladrillo, inspirado en el tradicional adobe y que sustituya al ladrillo convencional cocido. Realizaron tres niveles de compactación relativamente bajos (1, 5 y 10 MPa). No obstante, se descarta la realización de estos ladrillos a 1 MPa, porque la estructura de los mismos es excesivamente

Ladrillo Sustentable con Aluminio para la Construcción de Muros en Viviendas

abierta. El ecoladrillo tiene buena apariencia y responde a criterios ecológicos y sostenibles, debido al bajo nivel de energía para su fabricación, al ser ladrillos que no requieren de cocción.

Un tercer trabajo lo realiza Orellana y Serrano (2015), el estudio se desarrolla en Ecuador en la Universidad de Cuenca titulado *Reutilización de polímeros como alternativa socio - ambiental y económica en la elaboración de eco bloques*, el trabajo busca innovar en la construcción con la reutilización del plástico, proveniente del Relleno Sanitario de Pichacay, como alternativa socio - ambiental y económico en la elaboración de Eco bloques, considerando sus propiedades Físico - Mecánicas. Dando como resultado la disminución de residuos sólidos que llegan al relleno sanitario y este nuevo producto no genera impactos que puedan alterar las condiciones medio ambientales.

Finalmente, se cita la investigación de la Universidad Cesar Vallejo del Perú *Prototipo de eco ladrillo para la construcción de viviendas ecológicas en zonas de escasos recursos económicos, villa María del Triunfo, 2018*. Con esta investigación buscan contribuir con el medioambiente con la elaboración de materiales para el sector construcción, por medio de un prototipo de ladrillo que sea fabricado a base de materiales que sean 100% reciclables, para determinar en qué grado se mejora la construcción de viviendas utilizando el prototipo de Eco-Ladrillo en Villa María del Triunfo. Los resultados que se obtuvieron posteriormente fueron favorables (Fermín et al., 2018).

2.2. Antecedentes Nacionales

En Colombia se encuentran estudios que contribuyen con la preservación del medio ambiente, por medio de la implementación de materiales, en este sentido se trae a referencia el estudio de Valero et al., (2015) denominado *Ecobrick ladrillo ecológico a base de papel reciclado para muros divisorios*. El objetivo de esta investigación fue hacer un ladrillo para uso

Ladrillo Sustentable con Aluminio para la Construcción de Muros en Viviendas

en muros divisorios elaborado a base de papel reciclable, para realizarlo desarrollaron algunas muestras de prototipo utilizando diferentes tipos de papel, para así definir el tipo de papel reciclado apropiado que requería para la elaboración del ladrillo ecológico. Por otro lado, a diferencia de la mampostería tradicional, no implementa el mortero para la pega, ya que gracias a su diseño de ensamble la composición de un muro se hará rápido y limpio. De acuerdo a los resultados el material conseguido en esta investigación posee una propiedad que es la resistente al fuego, durante las pruebas se comprobó que no genera llama y que soporta más de una hora el fuego directo sin que la pieza falle a causa de éste. Además, el ladrillo Ecobrick se recomienda únicamente para espacios interiores, teniendo en cuenta que posee vulnerabilidad a la humedad., dejándolo abierto a propuestas que complementen esa falencia evidenciada.

En segundo lugar, se cita la investigación de Di Marco, León y Almeida (2016) de la Universidad Libre de Colombia titulado *Diseño y elaboración de ladrillos con adición de pet (material reciclado), para núcleos rurales del socorro*. El objetivo de la investigación fue la de evaluar las propiedades de resistencia y absorción del ladrillo macizo tipo tolete adicionándole fibras plásticas reciclables e industriales (polietileno tereftalato–PET), las cuales vienen a reemplazar al material granular. Pretendió diseñar y elaborar bloques de ladrillo con adición de PET, utilizando material reciclado provenientes de residuos sólidos generados en los mismos núcleos rurales, donde se efectuó la adecuación del ambiente de experimentación piloto y se valoraron los residuos sólidos generados en los núcleos rurales estudiados (botellas y demás residuos plásticos), materiales requeridos como insumo para la fabricación de ladrillos. Con los resultados obtenidos tras la ejecución del proyecto se puede dar certeza que la adición de fibras como PET reciclado, mejora la manejabilidad del mortero fresco para la fabricación de ladrillos, mejora su absorción, pero teniendo como comparación la muestra patrón no se obtuvo resultados

Ladrillo Sustentable con Aluminio para la Construcción de Muros en Viviendas

favorables para los análisis de resistencia, ya que todos los porcentajes con adición de PET (en forma de cascarilla) demostraron un desempeño negativo con respecto al patrón.

Asimismo, en el departamento de Boyacá según la Corporación Grupo Red Andina (2018) por medio de Boyacá radio, comunican que la Gobernación de Boya en conjunto con aliados estratégicos como la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia - ANDI y empresas siderúrgicas como Diaco, Sidenal y Acerías Paz del Río, trabajan en torno a un proyecto innovador y productivo del manejo de residuos, que beneficie la comunidad boyacense y minimice los impactos ambientales. A través de la formulación y materialización de una planta de tratamiento que genere ladrillos ecológicos, energía renovable y metales no ferrosos, desde una sociedad mixta estaríamos haciendo un trabajo de reducir impacto ambiental y a la vez generando empleos.

Por último, se referencia el trabajo investigativo de López y Guerrero (2020) titulado *Elaboración de bloques ecológicos implementando sistemas de producción alternativos, para la construcción de viviendas sostenibles y sustentables*. El documento presenta estudios realizados a los materiales de la región empleados como materias primas, para el desarrollo y producción de ladrillo ecológico. Tiene como objetivo principal elaborar bloques ecológicos para el estudio de sus propiedades físicas y mecánicas, de acuerdo a los principios técnicos de la normatividad colombiana, para su implementación en sistemas de producción alternativos, aplicados en la construcción de viviendas sostenibles y sustentables. Los resultados obtenidos en este proceso permitieron demostrar constructivamente las cualidades en las unidades de mampostería según los tipos de mezclas estudiados a los que se evaluó las propiedades físicas y mecánicas según la NSR-10 y la Norma Técnica Colombiana, garantizando el cumplimiento de los estándares de calidad y de sismo resistencia requeridos en la ingeniería.

2.3. Antecedentes Regionales

De acuerdo a estudios previos en el municipio de Girardot, los autores Doncel y Betancourth (2020) llevaron a cabo el trabajo investigativo denominado *Prototipo de ladrillo no estructural utilizando mezclas modificadas con fibras de filtros de cigarrillo*. Con el objetivo de desarrollar un prototipo de ladrillo no estructural utilizando mezclas modificadas con fibras de filtros de cigarrillo. Dicho propósito surgió para obtener la documentación de la dosificación de mezclas para fabricación de elementos para mampostería utilizando fibras de filtros de cigarrillo, a partir de la necesidad de contribuir con el medio ambiente y dar alternativas constructivas, con una metodología bajo un método mixto, investigación documental de tipo descriptiva. Con el análisis de los resultados establecieron la caracterización, el beneficio económico y ambiental que genera la producción del prototipo de ladrillo no estructural propuesto y la utilización de un proceso de producción que no consume recursos energéticos.

Asimismo, se cita la investigación de Castaño, Rincón y Pava (2020) titulada *Construcción de ladrillo macizo a base de PET y PP*. Con el fin de desarrollar y analizar ladrillos a base de PET y PP como material ecológico y sustentable para la construcción. se efectuaron diversos ensayos con la finalidad de compararlos con los ladrillos de arcilla cocida de uso común en la región y analizar los resultados para la utilización en muros de mampostería no portante según los lineamientos establecidos por las NTC 4076, 4205, 4205-2, 6033, NSR-10 y las políticas de gestión integral de residuos sólidos. Según los resultados se considerará apropiada la utilización de bloques PET y PP al sector constructivo debido a que no requiere grandes gastos de energía, no causa desechos ni contaminación y es climáticamente aceptable. Finalmente, se puede concluir que se están llevando a cabo investigaciones para que el sector de la construcción pueda contribuir con ambientes sostenibles.

2. Justificación

La presente investigación se enfocará en estudiar uno de los materiales no ferrosos (aluminio), como alternativa para crear un prototipo de un ladrillo sustentable para ser empleado en la construcción de muros para viviendas de uno y dos pisos en Girardot. Desde el enfoque de la construcción, se considera trascendente investigar acerca de materiales no ferrosos como la base de la resina de metal de aluminio. Con el propósito de contribuir en el cuidado del medioambiente y mitigar el daño causado por las actividades ejecutadas en el sector de la construcción.

De esta forma, la investigación planteada ayudará al sector de la construcción al desarrollo de materiales sustentables como el ladrillo para ser empleados de acuerdo con las normas técnicas establecidas, permitiendo el aprovechamiento de los recursos, ayudando a la concientización de la población respecto a la actual crisis ambiental, y dando cumplimiento a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), el articulado a esta propuesta se relaciona con el objetivo 9: Industria, innovación e infraestructura, son esenciales para encontrar soluciones permanentes a los desafíos económicos y ambientales. Para facilitar la promoción de industrias sostenibles y la inversión en investigación e innovación científicas (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2021).

Asimismo, como se encuentra en el marco del Plan de Desarrollo Municipal de Girardot 2020-2023 “Girardot es de Todos Visión 2040”, acciones que permitan la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), destinados a resolver los problemas sociales, económicos y ambientales que aquejan al mundo proyectado a 2030 y como una referencia

Ladrillo Sustentable con Aluminio para la Construcción de Muros en Viviendas en las diversas acciones que se emprendan desde las instituciones públicas como privadas presentes en el municipio. Finalmente, proporciona información que será útil para futuras investigaciones a estudiantes de ingeniería civil por ser un tema socio ambiental del cual pueden surgir nuevos conocimientos.

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

- Elaborar un prototipo de ladrillo sustentable con base de resina de aluminio para la construcción de muros en viviendas de uno y dos pisos en el municipio de Girardot - Cundinamarca.

4.2. Objetivos Específicos

- Establecer las dosificaciones de las mezclas de concreto del prototipo de ladrillo sustentable con base de resina de aluminio.

- Registrar los resultados del ensayo de resistencia a la compresión aplicado a los prototipos de ladrillos sustentables y al ladrillo convencional.

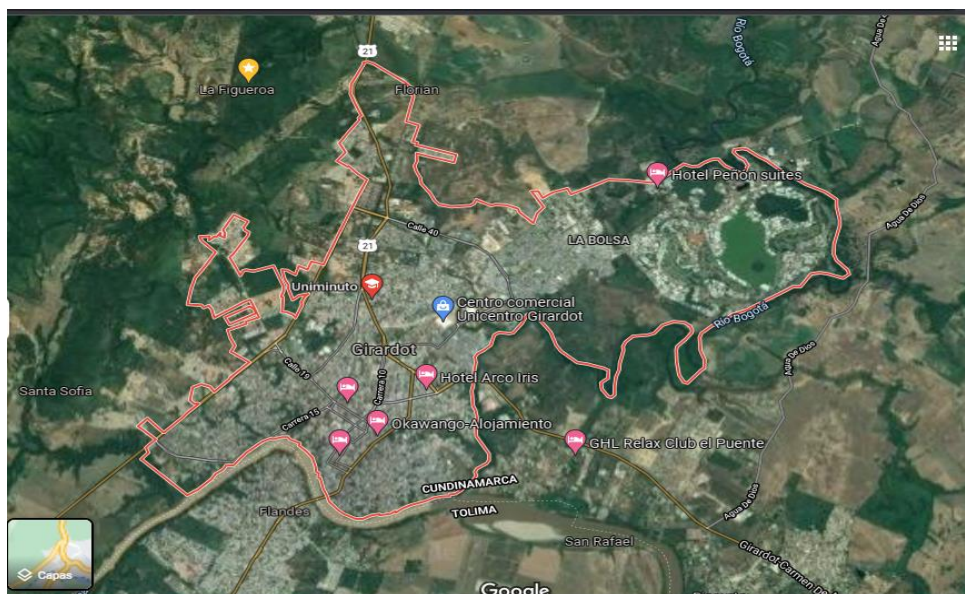
- Comparar los resultados obtenidos de laboratorio del prototipo de ladrillo con base de resina de aluminio respecto al ladrillo convencional de arcilla, para verificar su viabilidad.

5. Marco Referencial

5.1. Marco Contextual

La investigación se desarrolla en el municipio de Girardot, Cundinamarca, en el marco del semillero de investigación denominado *Semillero de Investigación de Materiales Sustentables en la Construcción - SIMATSCON* de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, sede Cundinamarca, Centro Regional Girardot, ubicada en el Alto Magdalena Barrio Rosa blanca. Este semillero es efectuado por los estudiantes del programa de Ingeniería Civil, con el objetivo de gestionar y fomentar la investigación para el desarrollo de materiales sustentables en la construcción, que permita crear espacios de sostenibilidad y conservación del medio ambiente, para contribuir al desarrollo de proyectos de construcciones integrales encaminados a la cultura de un consumismo sostenible.

Figura 1. Ubicación Uniminuto en el municipio de Girardot-Cundinamarca



Nota. La figura muestra la Corporación Universitaria Minuto de Dios, Centro Regional Girardot, ubicada en el Alto Magdalena Barrio Rosa blanca, 2021. Tomada de Google maps.

5.2. Marco Teórico

Para el presente marco teórico, es preciso citar aspectos teóricos que respaldan la investigación: materiales no ferrosos, características del aluminio, resistencia a la compresión y el reciclaje de materiales no ferrosos como el aluminio.

5.2.1. Principales Materiales no Ferrosos

Los materiales no ferrosos abarcan metales que no contienen hierro, por lo general son ligeros y sus propiedades son de mucha importancia y utilidad en la industria. Se encuentran los siguientes metales: El Aluminio, Cinc, Cobre, Estaño, Mercurio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Níquel, Oro, Plata, Platino, Plomo, Selenio, Titanio y Zinc (Soria, 2010).

Por consiguiente, los metales no ferrosos son utilizados en la manufactura como elementos complementarios de los metales ferrosos, también son muy útiles como materiales puros o aleados, los que por sus propiedades físicas y de ingeniería cubren determinadas exigencias o condiciones de trabajo (Fernández et al., 2010, p. 242).

5.2.2. Características del Aluminio

Según el libro de Materiales no ferrosos de Soria (2010) El aluminio es un metal blando, pero con resistencia, de color blanco brillante, ligero, dúctil y muy maleable, además, es apto para el mecanizado y la fundición, debido a su elevado estado de oxidación le forma rápidamente al aire una fina capa superficial de óxido de aluminio (alúmina Al_2O_3) impermeable y adherente que detiene el proceso de oxidación proporcionándole resistencia a la corrosión y durabilidad (p. 18).

5.2.3. Resistencia a la compresión, a la flexión, al corte y a la torsión del Aluminio

En el aluminio el parámetro de la resistencia a la compresión es de un valor del límite de aplastamiento 0,2%, siendo igual al valor del límite elástico 0,2% de tracción. La resistencia a la

Ladrillo Sustentable con Aluminio para la Construcción de Muros en Viviendas

compresión o el límite de aplastamiento tienen importancia principalmente en las piezas sometidas a compresión tales como cojinetes de fricción. La resistencia a la flexión en las aleaciones de aluminio se tiene en cuenta para las de fundición en aquellos casos en que al realizar el ensayo de tracción no es posible determinar el límite elástico con suficiente exactitud a causa de su pequeño valor. La resistencia al cizallamiento es importante para el cálculo de la fuerza necesaria para el corte y para determinadas construcciones, no existen valores normalizados; generalmente está entre el 55 y 80% de la resistencia a la tracción (Soria, 2010, p. 41).

5.2.3. Reciclaje de Materiales no Ferrosos como el Aluminio

Para ayudar a la protección ambiental, el reciclaje de aluminio se vuelve una alternativa como fuente de materia.

Para proceder al reciclaje del aluminio, se debe realizar una clasificación de la chatarra y compactarla adecuadamente. Los residuos de materiales no ferrosos son fáciles de manejar porque son ligeros, no arden, no se oxidan, se pueden transportar sin mayor inconveniente, además son materiales cotizados, rentables y proporcionan una fuente de ingresos y ocupación para la mano de obra no calificada (Fernández et al., 2010, p. 241).

El reciclaje de aluminio es una oportunidad de desarrollo económico y ambiental sostenible. Si esta actividad es una fuente alternativa de materia prima para aquellos países productores de aluminio que sí cuentan con yacimientos de bauxita, lo debería ser aún más para aquellos que no cuentan con este recurso y que se ven obligados a importar el aluminio y a depender de mercados externos (Das et al., citado por Millán, Sánchez y Olaya, 2015, p. 145).

5.3. Marco Conceptual

Es fundamental resaltar algunos conceptos planteados durante la investigación, con el fin de facilitar la comprensión del tema abordado.

Agregados. Son aquellos que provienen de la roca, habitualmente se encuentran en forma de bloques, losetas o fragmentos de distintos tamaños, principalmente en la naturaleza, aunque de igual modo existen otros que son procesados e industrializados por el ser humano (Bermúdez, 2021).

Aluminio. Es el metal más abundante de la corteza terrestre. Sin embargo, debido a su carácter reactivo, no se encuentra en estado natural, sino casi siempre como mineral de aluminio compuesto. El aluminio primario es el que se obtiene directamente de la bauxita y se denomina aluminio secundario al aluminio reciclado (Materials4me, s.f.).

Ladrillo. Son pequeñas piezas cerámicas en forma de paralelepípedo, formadas por tierras arcillosas, moldeadas, comprimidas y sometidas a una cocción. (Barranzuela, 2014).

Medioambiente. Es el espacio en el que se desarrolla la vida de los organismos y que permite su interacción. Está conformado por seres vivos (factores bióticos), por elementos sin vida (factores abióticos) y por elementos artificiales creados por el hombre (Enciclopedia Concepto (2021).

Resistencia a la compresión. La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica principal del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm², MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi) (Osorio, 2020).

5.4. Estado del Arte

Con el propósito de tener una mirada general sobre el estado del conocimiento de las áreas involucradas en la investigación, se efectúa una revisión bibliográfica que presenta la recopilación de diversos documentos relacionados con el tema de estudio.

A continuación, se relaciona una investigación realizada en Perú titulada *Elaboración de ladrillos ecológicos a partir de arena de sílice y arcillas mixtas procedentes de la Compañía Minera Sierra Central S.A.C. Chacapalpa/Oroya – Yauli – Junín*. Realizada por Carrasco y Tinoco (2018), de la Universidad Nacional del Centro del Perú, con el fin de mitigar la contaminación ambiental, reduciendo los niveles de gases de efecto invernadero como el dióxido y monóxido de carbono. para acreditar la factibilidad del ladrillo ecológico a alcanza y proponer como nuevo material sostenible. Para el desarrollo el trabajo se ensaya con 27 ladrillos estabilizados de 10, 15 y 20% con conglomerantes que brindan durabilidad y resistencia al ladrillo ecológico.

Asimismo, se referencia el artículo *Fabricación de ladrillos a base de polímeros PET y virutas metálicas*. Maure, Candanedo, Madrid, Bolobosky, y Marín (2018) El este artículo propone la fabricación de ladrillos de plástico fundido con virutas producto del mecanizado como un elemento constructivo. En esta investigación utilizaron el polietileno de tereftalato, conocido como PET. Los ladrillos construidos obtuvieron una buena resistencia mecánica a la compresión, en comparación con ladrillos convencionales. Es una propuesta autosustentable debido a que se utilizan como materia prima materiales reciclados (PET y virutas metálicas), promoviendo el uso de los recursos disponibles, en lugar de quemarlos o desecharlos.

Otra investigación realizada en Perú de la Universidad San Ignacio de Loyola *Fabricación de ladrillos ecológicos para la construcción utilizando poliestireno expandido granular Biowall*, llevada a cabo por Balvin, Barrios y Canchari (2019). Como objetivo principal elaborar ladrillos

Ladrillo Sustentable con Aluminio para la Construcción de Muros en Viviendas

ecológicos livianos tomando como base una mezcla de poliestireno expandido mezclado con arena concreto, y otros aditivos, para contribuir con la disminución de la contaminación ambiental y del consumo energético, como resultado obtuvieron que el proyecto es viable para ser implementado.

En Bolivia, se encuentra el artículo denominado *Nuevo material sustentable: ladrillos ecológicos a base de residuos inorgánicos*, de Gareca, Andrade, Barrón y Villarpando (2020) con el objetivo de determinar las características físicas y mecánicas de ladrillos ecológicos mediante técnicas que permitan identificar el proceso adecuado para producir un ladrillo de óptima calidad, Se trabajó bajo el paradigma positivista, con un enfoque cuantitativo, el alcance es de tipo descriptivo y explicativo. Los métodos utilizados fueron de tipo experimental, documental y de observación. Dando afirmación al impacto positivo al medio ambiente, gracias al reciclaje de plástico, disminuyendo el porcentaje de absorción de agua en un 22.6 % en relación al ladrillo común, pero no así el peso, el cual se incrementa.

También, se cita un artículo realizado con la ayuda de la Universidad Tecnológica de Panama y Universidad Nacional Autónoma de México, por Vergara, Ruíz y Marín (2020) denominado *Estudio de un material compuesto a base de Polietileno de Tereftalato (PET) reforzado con Virutas de Acero y Aluminio*. Este estudio ha permitido definir las condiciones del proceso de fabricación de las placas. Acorde a la textura superficial obtenida, se prevé utilizar el compuesto en cubiertas, sobres de mesas y aplicaciones no estructurales, motivo por el cual se estudia inicialmente su comportamiento mecánico y estructural, enfatizando la reutilización de los desechos en nuevas aplicaciones en colaboración a la disminución de la contaminación mundial.

Por otra parte, en Colombia se han realizado investigaciones para la construcción de ladrillos con diferentes materiales, con el fin de contribuir con el medio ambiente, entre los cuales se traen a referencia algunos de ellos; Inicialmente, se considera el trabajo *Análisis de la*

Ladrillo Sustentable con Aluminio para la Construcción de Muros en Viviendas

implementación de ladrillos fabricados a partir de plástico reciclado como material de construcción, de la Universidad Santo Tomás sustentado por Castillo (2018) con el objetivo de analizar la implementación de ladrillos fabricados a partir de plástico reciclable -Sistema Brickarp- en la construcción de viviendas unifamiliares en Colombia. Concluyendo que contribuye a disminuir la contaminación y deterioro de los recursos naturales, debido a la extracción y desecho de materiales en la construcción tradicional, y al reciclado de un elemento contaminante

Asimismo, se trae a referencia el proyecto de investigación de la Universidad El Bosque de Peña y Rincón (2018) *Evaluación de una alternativa de ladrillo no convencional usando residuos de construcción y demolición (RCD) desde el impacto ambiental y su aplicación en la construcción sostenible en Bogotá, Colombia*. Con la finalidad de la evaluación de un prototipo de ladrillo no convencional usando residuos de construcción y demolición (PVC y ladrillo triturado), este ladrillo se presenta como una alternativa a la producción de ladrillo convencional de arcilla. Acorde con los parámetros cumplieron con los requerimientos de la norma en todas las muestras fabricadas. Por sus propiedades físicas, teniendo el menor porcentaje de absorción y su potencial en la construcción sostenible se propone como alternativa la muestra seis.

En este contexto, se considera el Artículo *Análisis comparativo del desempeño de los ladrillos tradicionales frente a ladrillos pet*, presentado por Ortiz, Cristancho y Avellaneda (2020) con el propósito de establecer las diferencias que se puedan establecer con base a debilidades y fortalezas de cada uno frente a los diferentes factores establecidos para el análisis. Detentando que el propósito de los ensayos de resistencia del concreto es determinar el cumplimiento de la especificación de resistencia y de medir su variabilidad y de acuerdo a los resultados los ladrillos proveen una aislación térmica cinco veces mayor que los ladrillos convencionales, pesan un kilo menos que un ladrillo convencional.

5.5. Marco Legal

Para el marco legal se consideran aspectos legales que hacen parte del estudio abordado; referenciándose la Constitución Política de Colombia de 1991, Normas Técnicas Colombianas NTC del ICONTEC y el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente, NSR-10.

La Constitución Política de Colombia de 1991, en el artículo 79, plantea que todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo.

El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente - NSR-10. En el Título E. Casas de uno y dos pisos; establece la normatividad y los parámetros técnicos de calidad de los ladrillos y bloques utilizadas en los muros confinados, muros no estructurales y muros divisorios.

Título D. Mampostería estructural. Todas las especificaciones de la mampostería empleada en edificaciones que requiere condiciones especiales de refuerzo para la resistencia a cargas y esfuerzos estructurales basados en el cumplimiento de sismo resistencia.

Norma Técnica Colombiana. NTC-4205. Unidades de mampostería de arcilla cocida, ladrillos y bloques cerámicos. NTC 4205-2. Aborda las unidades de mampostería no estructural de arcilla cocida ladrillos y bloques cerámicos; las unidades de perforación horizontal (PH), cuyas celdas o perforaciones son paralelas a la cara o superficie en que se asientan en el muro. El porcentaje máximo de huecos o perforaciones es del 75 % de la sección bruta que las contiene. Las unidades de perforación vertical (PV). Unidades cuyas celdas o perforaciones son perpendiculares a la cara o superficie en que se asientan en el muro. Las unidades macizas (M). Son unidades sin perforaciones. También se consideran unidades macizas aquellas con perforaciones menores al 25 % del volumen total de la unidad. NTC 4205-3; Unidades de mampostería de arcilla cocida, ladrillos y bloques cerámicos, parte 3: mampostería de fachada.

6. Metodología

6.1. Alcance de la Investigación

Para la investigación se utilizó la metodología de la investigación exploratoria y descriptiva. El primer estudio, según Ramos Galarza (2020) la investigación exploratoria es aplicada en fenómenos que no se han investigado previamente y se tiene el interés de examinar sus características y el segundo, según Bernal (2010) en los estudios descriptivos “se muestran, narran, reseñan o identifican hechos, situaciones, rasgos, características de un objeto de estudio, o se diseñan productos, modelos, prototipos, guías, etcétera, pero no se dan explicaciones o razones de las situaciones, los hechos, los fenómenos” (p. 113).

6.2. Enfoque Metodológico

En el análisis de los datos se utilizaron técnicas con enfoque mixto; cualitativo y cuantitativo en la descripción de los procedimientos para la recolección de datos. “implica un conjunto de procesos de recolección, análisis y vinculación de datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio o una serie de investigaciones para responder a un planteamiento del problema” (Hernández, Fernández y Baptista p. 533).

6.3. Fuentes y Técnicas para Recolección de Información

Para la recopilación de información y el desarrollo del proyecto la investigación abarco tres (3) fases: la primera fase: es la fase heurística abarco la recopilación de información digital de los documentos y resultados investigativos; trabajos de grado, artículos, y reseñas investigativas, extraídas de plataformas digitales como Redalyc, Repositorios Institucionales, Scielo, y Google académico,

Ladrillo Sustentable con Aluminio para la Construcción de Muros en Viviendas

Una segunda fase; se aplicó una entrevista que constaba de 3 preguntas, a las empresas que comercializan productos elaborados con aluminio en la ciudad de Girardot (Ver Anexo. A), esta fase es hermenéutica porque abarco el análisis de la información recolectada de los documentos digitales que reposan en las páginas web donde se encontró información y de las entrevistas realizadas.

La Tercera fase: se establecieron las dosificaciones de las mezclas de concreto del prototipo de ladrillo sustentable, se registraron los resultados del ensayo de resistencia a la compresión aplicado a los prototipos de ladrillos sustentables y al ladrillo convencional.

Por último, se compararon los resultados obtenidos de laboratorio del prototipo de ladrillo con base de resina de aluminio respecto al ladrillo convencional de arcilla.

6.4. Procesos y Procedimientos en la Elaboración del Prototipo de Ladrillo

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados, se procede a la elaboración del ladrillo a base de resina de metal (aluminio), para ser emplearlos en la construcción de muros para viviendas de uno y dos pisos. Inicialmente, se procedió a realizar la dosificación de la mezcla, el mezclado, la colocación y el curado.

6.4.1. Materiales, Herramientas y Equipos

En este proceso se describe la lista de materiales, herramientas y equipos utilizados para el desarrollo del prototipo de ladrillo.

Tabla 1. Materiales, herramientas y equipos para elaboración del prototipo de ladrillo

Materiales, herramientas y equipos	
Materia Prima	Herramientas y Equipos
Base de resina de aluminio (reciclado),	Formaleta para los ladrillos

Ladrillo Sustentable con Aluminio para la Construcción de Muros en Viviendas

Arena	Balde para la mezcla
Cemento	Balanza de laboratorio
Agua	Máquina de ensayo de compresión
	Guantes

6.4.2. Dosificación de la Mezcla de Mortero

La dosificación de la mezcla se efectuó en el laboratorio de la empresa A&C Soluciones Civiles S.A.S. de la Ingeniería María Claudia Vera, para lo cual se consideraron diferentes proporciones para la dosificación de la mezcla; Cemento común, arena de río, aluminio y agua. Como se puede observar en la Tabla N° 8.

Figura 2. *Elaboración de las mezclas de mortero*



Una vez establecida las dosificaciones de las mezclas de morteros, se procede a mezclar los materiales (cemento, aluminio, arena), como paso final en la preparación fue agregar agua

Ladrillo Sustentable con Aluminio para la Construcción de Muros en Viviendas por intervalos mientras se mezclaban los materiales empleados. Este procedimiento duró 7 minutos aproximadamente, hasta conseguir una mezcla homogénea y con una buena trabajabilidad.

6.4.3. Elaboración de los Especímenes de Ladrillos Sustentables

Una vez elaboradas las mezclas de morteros, se procede con el relleno de la formaleta la cual tenía las siguientes dimensiones: 11cm (Ancho) x 23cm (Largo) x 6cm (Profundidad).

Figura 3. *Formaleta para los ladrillos*



Antes de vaciar la mezcla en la formaleta, se procedió a humedecer la superficie del molde con un agente desmoldante para evitar la adherencia del mortero y preservar la integridad del prototipo del ladrillo al momento del desmolde. Además, se marcaron todos los moldes con el respectivo número de muestra. El desmoldado de los prototipos se llevó a cabo a los 8 días siguientes a su fabricación. En este proceso hubo pequeñas cantidades de pérdidas de material. Una (1) unidad de ladrillo se vio comprometida por fracturas en su estructura.

Figura 4. *Desmoldado de los prototipos de ladrillo*

Ladrillo Sustentable con Aluminio para la Construcción de Muros en Viviendas

**Tabla 2.** *Peso y dimensiones ladrillo # 1*

Especimen 1	
Peso (g)	1914
Dimensiones (cm)	Ancho 11cm
	Largo 23 cm
	Altura 6 cm


**Tabla 3.** *Peso y dimensiones ladrillo # 2*

Especimen 2	
Peso (g)	3182
Dimensiones (cm)	Ancho 11cm
	Largo 23 cm
	Altura 6 cm


**Tabla 4.** *Peso y dimensiones ladrillo # 3*

Ladrillo Sustentable con Aluminio para la Construcción de Muros en Viviendas


Espécimen 3	
Peso (g)	2384
Dimensiones (cm)	Ancho 11cm
	Largo 23 cm
	Altura 7 cm


Tabla 5. *Peso y dimensiones ladrillo # 4*

Espécimen 4	
Peso (g)	2337
Dimensiones (cm)	Ancho 11cm
	Largo 23 cm
	Altura 7 cm


Tabla 6. *Peso y dimensiones ladrillo tolete macizo 1 (arcilla)*

Ladrillo Tolete macizo (Arcilla)	
Peso (g) 1	2295
Dimensiones (cm)	Ancho 10 cm
	Largo 20 cm
	Altura 6 cm


Tabla 7. *Peso y dimensiones ladrillo tolete macizo 2 (arcilla)*

Ladrillo Tolete macizo (Arcilla)	
---	--

Ladrillo Sustentable con Aluminio para la Construcción de Muros en Viviendas

Peso (g) 1	2325
Dimensiones (cm)	Ancho 10 cm
	Largo 20 cm
	Altura 6 cm

**Tabla 8.** *Peso y dimensiones Bloque # 4 (Arcilla)*

Bloque # 4 (Arcilla)	
Peso (g)	4235
Dimensiones (cm)	Ancho 20 cm
	Largo 30 cm
	Altura 10 cm

**6.4.4. Ensayo de resistencia a la compresión**

Los prototipos de ladrillo sustentable con aluminio se sometieron a la prueba de laboratorio de compresión, se realizaron con 4 muestras. Según, la NTC 4205-2, las unidades de arcilla para muros de mampostería no estructural, deben cumplir con requisitos de resistencia a la compresión.

Tabla 9. *Resistencia a la compresión unidades de mampostería no estructural*

Tipo	Resistencia mínima a la compresión Mpa (Kgf/cm ²)	
	Prom Unidades	Unidad
Unidades de perforación horizontal (PH)	3,0 (30)	2,0 (20)
Unidades de perforación vertical (PV).	14,0 (140)	10,0 (100)
Las unidades macizas (M).	14,0 (140)	10,0 (100)
Unidades livianas	2,0 (20)	1,5 (15)

Nota. La tabla muestra la resistencia a la compresión que deben cumplir las unidades de arcilla para muros de mampostería no estructural. Datos tomados de la NTC-4205-2.

7. Resultados

Los resultados obtenidos en esta investigación permitieron elaborar un prototipo de ladrillo sustentable con base de resina de aluminio para la construcción de muros en viviendas de uno y dos pisos en Girardot, Cundinamarca.

En primer lugar, se realizó una entrevista a cuatro (4) empresas que comercializan productos elaborados con aluminio en la ciudad de Girardot, con el fin de obtener una percepción, desde el punto de vista empresarial, acerca del manejo que se les da a los residuos de aluminio en estas empresas, donde se les realizó 3 preguntas: 1. ¿Tiene usted cuantificado cuanto es el peso aproximado de los residuos de aluminio que genera en un mes? 2. ¿Cuál es la gestión que usted implementa para el manejo de estos residuos? 3. ¿Cómo ha visto que responde la ciudad frente a la oferta de estos productos o cuales son las épocas del año en que se le genera una mayor demanda de sus productos en base al aluminio?

Ladrillo Sustentable con Aluminio para la Construcción de Muros en Viviendas

Posteriormente, se dio inicio a los procedimientos para la elaboración del prototipo de ladrillo sustentable, donde se establecieron las dosificaciones de las mezclas de concreto con base de resina de aluminio, como se registra en la Tabla N° 10. Porcentaje de material por tipo de dosificación.

Tabla 10. *Porcentaje de material por tipo de dosificación*

Dosificación	Aluminio	Cemento	Arena	Agua
1	50%	50%		750 ml
2	50%	30%	20%	1000 ml
3	50%	25%	25%	750 ml
4	50%	25%	25%	750 ml

Tabla 11. *Dosificación mezcla, prototipo 1*

Dosificación Mezcla	
Material	Porcentaje
Aluminio	50%
Cemento	50%
Agua	750 ml

Tabla 12. *Dosificación mezcla, prototipo 2*

Dosificación Mezcla	
Material	Porcentaje
Aluminio	50%
Cemento	30%
Arena	20%

Ladrillo Sustentable con Aluminio para la Construcción de Muros en Viviendas

Agua	1000 ml
------	---------

Tabla 13. *Dosificación mezcla, prototipo 3*

Dosificación Mezcla	
Material	Porcentaje
Aluminio	50%
Cemento	25%
Arena	25%
Agua	750 ml

Tabla 14. *Dosificación mezcla, prototipo 4*

Dosificación Mezcla	
Material	Porcentaje
Aluminio	50%
Cemento	25%
Arena	25%
Agua	750 ml

Tabla 15. *Pesos y dimensiones de los prototipos de ladrillos*

	Espécimen 1	Espécimen 2	Espécimen 3	Espécimen 4
Peso (g)	1914	3182	2384	2337

Ladrillo Sustentable con Aluminio para la Construcción de Muros en Viviendas

Dimensiones (cm)	Ancho 11cm	Ancho 11cm	Ancho 11cm	Ancho 11cm
	Largo 23 cm	Largo 23 cm	Largo 23 cm	Largo 23 cm
	Altura 6 cm	Altura 6 cm	Altura 7 cm	Altura 7 cm

Tabla 16. Pesos y dimensiones ladrillos y bloque convencional (arcilla)

Ladrillo Tolete macizo (Arcilla) #1 y 2	Bloque # 4 (Arcilla)
Peso (g)	2295 - 2325
Dimensiones (cm)	Ancho 10cm
	Largo 20 cm
	Altura 6 cm
	Ancho 20 cm
	Largo 30 cm
	Altura 10 cm

También, se registraron los resultados del ensayo de resistencia a la compresión aplicado a los prototipos de ladrillos sustentables y al ladrillo convencional (arcilla), para finalmente, realizar la comparación de los resultados obtenidos de laboratorio.

Tabla 17. Resistencia a la compresión de los ladrillos con triturado de aluminio

	Muestra No.	Área (cm²)	Fuerza (kN)	Resistencia		Peso (gr)
				Mpa	Psi	
Ladrillo con Triturado de Aluminio	1	253	10,85	0,5	72,51885	1914
	2	253	13,4	0,62	89,923374	3182
	3	253	8,48	0,39	56,564703	2337
	4	253	8,73	0,4	58,01508	2384

Ladrillo Sustentable con Aluminio para la Construcción de Muros en Viviendas

Promedio	253	10,365	0,4775	69,25550175	2454,25
-----------------	-----	--------	--------	-------------	---------

Tabla 18. Resistencia a la compresión ladrillos tolete macizo de arcilla

	Muestra No.	Área (cm ²)	Fuerza (kN)	Resistencia		Peso (gr)
				Mpa	Psi	
Ladrillo Tolete macizo de Arcilla	1	200	62,1	2,88	417,708576	2295
	2	200	105,68	4,91	712,135107	2325
	Promedio	200	83,89	3,895	564,9218415	2310

Tabla 19. Resistencia a la compresión ladrillo en bloque # 4 de arcilla

	Muestra No.	Área (cm ²)	Fuerza (kN)	Resistencia		Peso (gr)
				Mpa	Psi	
Ladrillo en Bloque # 4 de Arcilla	1	600	70,22	3,26	472,822902	4235

Tabla 20. Resultados ensayo de resistencia a la compresión ladrillo sustentable muestra N° 1

Muestra No.	Área (cm ²)	Fuerza (kN)	Resistencia		Peso (gr)
			Mpa	Psi	
1	253	10,85	0,5	72,5188	1914

Ladrillo Sustentable con Aluminio para la Construcción de Muros en Viviendas





Ladrillo con Triturado de Aluminio	Fecha Toma	18/sept/2021		
	Fecha Fallo	02/nov/2021	Edad de Fallo (Días)	45
				
	Ruptura (Total, parcial)		Parcial	

Tabla 21. Resultados ensayo de resistencia a la compresión ladrillo sustentable muestra N° 2

	Muestra No.	Área (cm ²)	Fuerza (kN)	Resistencia		Peso (gr)
				Mpa	Psi	
	2	253	13,4	0,62	89,923374	3182
Ladrillo con Triturado de Aluminio	Fecha Toma	01/oct/2021				
	Fecha Fallo	02/nov/2021	Edad de Fallo (Días)	31		
						
	Ruptura (Total, parcial)		Parcial			

Ladrillo Sustentable con Aluminio para la Construcción de Muros en Viviendas

Tabla 22. Resultados ensayo de resistencia a la compresión ladrillo sustentable muestra N° 3

	Muestra No.	Área (cm ²)	Fuerza (kN)	Resistencia		Peso (gr)	
				Mpa	Psi		
Ladrillo con Triturado de Aluminio	3	253	8,48	0,39	56,564703	2337	
	Fecha Toma		01/oct/2021				
	Fecha Fallo		02/nov/2021		Edad de Fallo (Días)	32	
	Ruptura (Total, parcial)			Total			

**Tabla 23.** Resultados ensayo de resistencia a la compresión ladrillo sustentable muestra N° 4

	Muestra No.	Área (cm ²)	Fuerza (kN)	Resistencia		Peso (gr)	
				Mpa	Psi		
Ladrillo con Triturado de Aluminio	3	253	8,73	0,40	58,0151	2384	
	Fecha Toma		02/oct/2021				
	Fecha Fallo		02/nov/2021		Edad de Fallo (Días)	32	
	Ruptura (Total, parcial)			Total			





Ladrillo Sustentable con Aluminio para la Construcción de Muros en Viviendas

Tabla 24. Resultados ensayo de resistencia a la compresión Tolete de ladrillo 1 (arcilla)

Muestra No.	Área (cm ²)	Fuerza (kN)	Resistencia		Peso (gr)
			Mpa	Psi	
1	200	62,10	2,88	417,709	2295
Fecha Toma 02/oct/2021					
		Fecha Fallo 02/nov/2021	Edad de Fallo (Días)		31

Ladrillo Tolete de arcilla 1






Ruptura (Total, parcial) **Parcial**

Tabla 25. Resultados ensayo de resistencia a la compresión Tolete de ladrillo 2 (arcilla)

Muestra No.	Área (cm ²)	Fuerza (kN)	Resistencia		Peso (gr)
			Mpa	Psi	
2	200	105,68	4,91	712,135	2325
Fecha Toma 02/oct/2021					
		Fecha Fallo 02/nov/2021	Edad de Fallo (Días)		31

Ladrillo Tolete de arcilla 2

Ruptura (Total, parcial)

Parcial

Tabla 26. Resultados ensayo de resistencia a la compresión Bloque #4 (arcilla)

Muestra No.	Área (cm ²)	Fuerza (kN)	Resistencia		Peso (gr)
			Mpa	Psi	
2	600	70,22	3,26	472,823	4520
	Fecha Toma	02/oct/2021			
	Fecha Fallo	02/nov/2021	Edad de Fallo (Días)	31	

Bloque # 4 de Arcilla**Ruptura (Total, parcial)**

Parcial

8. Análisis y Discusión de Resultados

La investigación tuvo como fin elaborar un prototipo de ladrillo sustentable con base de resina de aluminio para la construcción de muros en viviendas de uno y dos pisos en el municipio de Girardot - Cundinamarca, para ello, se analizaron diferentes documentos de investigaciones, la normativa de los ladrillos y bloques convencionales de arcilla, de acuerdo a ello se establecieron unas tablas de dosificación con diferentes porcentajes, y se realizó el ensayo de resistencia a la compresión a los prototipos de ladrillos sustentables y al ladrillo convencional.

De acuerdo con los resultados obtenidos de las entrevistas reflejan que; se recolecta aproximadamente entre uno y dos kilos por semana. Los residuos sobrantes del aluminio se

Ladrillo Sustentable con Aluminio para la Construcción de Muros en Viviendas

venden y la producción es constante entre los meses de marzo a diciembre, por el contrario, los meses de enero y febrero la producción es menor y se reduce.

Según los resultados, se determinó que ninguno de los 4 prototipos de ladrillo sustentable registró la resistencia mínima a la compresión de 1,5 Mpa, establecida en la NTC-4205-2. Unidades de arcilla para muros de mampostería no estructural. Tabla N° 9, resistencia a la compresión unidades de mampostería no estructural.

Por un lado, se deduce que la forma, dimensiones y peso de los ladrillos sustentables con base de resina de aluminio presentan buenas condiciones, debido a su aspecto y forma, obtenidos durante el proceso de elaboración y curado de los especímenes.

En cuanto a su peso, se encuentra que es un poco más pesado que el ladrillo tolete macizo de arcilla, porque el único espécimen que registro un peso menor fue el espécimen #1 con un peso de 1914g, mientras el espécimen # 2, 3, y 4, registraron un peso de 3182g, 2384g y 2337g respectivamente, mientras que los ladrillos de arcilla (tolete macizo) registraron un peso de 2295g y 2325g, como se puede observar en la Tabla N° 15, pesos y dimensiones de los prototipos de ladrillos y en la Tabla N° 16, Pesos y dimensiones ladrillos y bloque convencional (arcilla).

9. Conclusiones

Conforme con el propósito de la investigación, elaborar un prototipo de ladrillo sustentable con base de resina de aluminio para la construcción de muros en viviendas de uno y dos pisos en el municipio de Girardot - Cundinamarca, se deduce que este objetivo ha sido logrado, al haber realizado 4 prototipos de ladrillos sustentables y poder establecer un comparativo frente a los ladrillos convencionales elaborados de arcilla.

Ladrillo Sustentable con Aluminio para la Construcción de Muros en Viviendas

Con los resultados alcanzados se puede afirmar que se realizó el objetivo de establecer las dosificaciones de las mezclas de concreto del prototipo de ladrillo sustentable con base de resina de aluminio, y que de según las dosificaciones 1, 2, 3 y 4 al aplicar el ensayo de resistencia a la compresión ninguna de las mezclas cumplió con lo requerido en la NTC-4205-2. Unidades de arcilla para muros de mampostería no estructural, esta norma indica que la resistencia mínima a la compresión es de 1,5 Mpa para unidades livianas, y el resultado máximo obtenido en el prototipo de ladrillo sustentable fue en la muestra N° 02, con una dosificación de 50% Aluminio, 30% cemento y 20% de arena, con una resistencia de 0,62 Mpa.

También, se cumplió con el objetivo al realizar una comparación de los resultados obtenidos de laboratorio del prototipo de ladrillo con base de resina de aluminio respecto al ladrillo convencional de arcilla, según, los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos sustentable elaborados las muestras N° 1 y N° 2, presentaron una ruptura parcial, mientras las muestras N° 3 y N° 4 dieron una ruptura total, por otra parte, los dos ladrillos de arcilla y el bloque # 4 de arcilla presentaron una ruptura parcial.

Además, es posible concluir que la muestra N° 2 del ladrillo sustentable, es el prototipo que presento mejor resultado en la prueba de resistencia a la compresión, y se redujo el porcentaje en el uso de cemento y arena, lo que demuestra que en términos de construcción sostenible es viable. Sin embargo, el ladrillo en bloque # 4 de arcilla arrojó una resistencia de 3,26 Mpa, indicando que cumple con los requerimientos mínimos de la NTC-4205-2 (Unidades de perforación horizontal (PH) 3,0 Mpa (30)).

Lo anteriormente expuesto, permite proponer lineamientos de mejoramiento para futuros estudios. Además, se puede establecer que la base de resina del aluminio puede disminuir los impactos ambientales generados en la obtención de un ladrillo convencional, pero se requiere de

Ladrillo Sustentable con Aluminio para la Construcción de Muros en Viviendas

un mayor número de pruebas para determinar características físicas y mecánicas adecuadas para su implementación.

10. Recomendaciones

Para futuras investigaciones se recomienda realizar más ensayos a los prototipos de ladrillos, como la prueba de densidad para determinar una correcta dosificación y los materiales con menor densidad, pero que a la vez conserve las características mecánicas adecuadas, también se puede considerar agregar aditivos, sin embargo, no es conveniente agregar esos químicos a un ladrillo sustentable.

Asimismo, se recomienda realizar el porcentaje de absorción de los ladrillos, para determinar la cantidad de agua que absorbe el ladrillo sustentable con aluminio y el ensayo de flexión para determinar el grado de ductilidad de los prototipos de ladrillos propuestos.

Los autores recomiendan complementar este estudio con otros similares, tanto a nivel regional, como nacional, para establecer de manera precisa la viabilidad de la elaboración de ladrillos sustentables como una alternativa para una construcción sostenible.

En conclusión, este proyecto de investigación genera experiencias como investigadores al facilitar el fortalecimiento de los conocimientos, y buscar alternativas de solución a una problemática como el deterioro ambiental, mediante materiales sustentables. En consecuencia, es necesario que la academia siga fomentando la investigación Universitaria desde los semilleros de investigación, para alcanzar una buena calidad educativa, consolidando el aprendizaje en la educación superior.

11. Referencias

- Balvin Cerrón, R. J.; Barrios Liza, K., y Canchari Sotomayor, J. C. (2019). *Fabricación de ladrillos ecológicos para la construcción utilizando poliestireno expandido granular Biowall*. [Trabajo de grado, Universidad San Ignacio de Loyola].
http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/9586/1/2019_Balvin-Cerron.pdf
- Barranzuela, J. (2014). *Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la Región Piura*. [Tesis de pregrado en Ingeniería Civil. Universidad de Piura, Perú].
https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1755/ICI_199.pdf
- Benavides, C. (12 de marzo de 2021). Sistema de Gestión Ambiental en el sector construcción. *Revista Construir*. <https://revistaconstruir.com/sistema-de-gestion-ambiental-en-el-sector-construccion/>
- Bernal Torres, C.A. (2010), *Metodología de la investigación*. (3a. Ed.) Pearson Educación de Colombia Ltda.
- Cabo Laguna, M. (2011). *Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción*. [Trabajo de grado, Universidad Pública de Navarra, España].
<https://hdl.handle.net/2454/4504>
- Carrasco Díaz, E. L. y Tinoco Orihuela, D. C. (2018). *Elaboración de ladrillos ecológicos a partir de arena de sílice y arcillas mixtas procedentes de la Compañía Minera Sierra Central S.A.C. Chacapalpa/Oroya – Yauli – Junín*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú].
https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5181/T010_74023325_T.pdf?sequence=1

Ladrillo Sustentable con Aluminio para la Construcción de Muros en Viviendas

Castaño, E.; Rincón, R. y Pava, O. (2020). *Construcción de ladrillo macizo a base de PET y PP*.

[Trabajo de grado, Corporación Universitaria Minuto de Dios. Girardot-Colombia].

<https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/12644>

Castillo Moncayo, D. C. (2018). *Análisis de la implementación de ladrillos fabricados a partir de plástico reciclado como material de construcción*. [Tesis de pregrado, Universidad Santo Tomás]

<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/14462>

Concejo Municipal de Girardot (2020). *Plan de desarrollo municipal de Girardot 2020-2023*

“*Girardot es de todos visión 2040*”. <http://www.concejogirardot->

[cundinamarca.gov.co/noticias/plan-de-desarrollo-municipal-de-girardot-20202023-girardot](http://www.concejogirardot-cundinamarca.gov.co/noticias/plan-de-desarrollo-municipal-de-girardot-20202023-girardot)

Corporación Grupo Red Andina. (25 de junio de 2018). Gobierno de Boyacá le apuesta al desarrollo y sostenibilidad para reducir impacto ambiental. *Boyacá Radio*.

<https://boyacaradio.com/noticia.php?id=19750>

Di Marco Morales, R. O., León Téllez, H. A., y Almeida, J. E. (2016). Diseño y elaboración de

ladrillos con adición de pet (material reciclado), para núcleos rurales del socorro. *El*

Centauro, 8(11), 9–24. <https://doi.org/10.18041/2027-1212/centauro.11.2016.2448>

Doncel Amaya, D. E. y Betancourth Barrantes, F. J. (2020). *Prototipo de ladrillo no estructural*

utilizando mezclas modificadas con fibras de filtros de cigarrillo. [Trabajo de grado,

Corporación Universitaria Minuto de Dios].

https://repository.uniminuto.edu/jspui/bitstream/10656/12058/1/T.IC_DoncelDaniel-BetancourthFrancisco_2019.pdf

Enciclopedia Concepto (2021). *Medio ambiente. ¿Qué es el medio ambiente?*

<https://concepto.de/medio-ambiente/>

Ladrillo Sustentable con Aluminio para la Construcción de Muros en Viviendas

Fermín Morí, J. R.; Julcamoro Cruz, P. A.; Martínez Parraga, D. W.; Saccatoma Luque, J. C.

(2018). *Prototipo de eco ladrillo para la construcción de viviendas ecológicas en zonas de escasos recursos económicos, villa María del Triunfo, 2018*. [Trabajo de grado, Universidad Vallejo, Perú]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/31137>

Fernández Henao, S. A.; Arias Montoya, L.; y Portilla de Arias, L. M. (2010). Reciclaje de materiales no ferrosos, en busca de una producción más limpia. *Scientia Et Technica*, XVII (46), 241-246. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84920977045>

Gareca, M.; Andrade, Marcial, P. D; Barrón, F., y Villarpando, H. (2020). Nuevo material sustentable: ladrillos ecológicos a base de residuos inorgánicos. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*, 18(21), 25-61.
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2225-87872020000100003&lng=es&tlng=es.

González Velandia, K. D.; Sánchez Bernal, R.; Pita-Castañeda, D. J., y Pérez Navar, L. F. (2019). Caracterización de las propiedades mecánicas de un ladrillo no estructural de tierra como soporte de material vegetal en muros verdes. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 20(3), e030. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2019.20n3.030>

Hernández Sampieri, R.; Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M. P. (2014), *Metodología de la investigación*. (6a. Ed.) McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.

López Lagos, J. C. y Guerrero Ruales, C. A. (2020). *Elaboración de bloques ecológicos implementando sistemas de producción alternativos, para la construcción de viviendas sostenibles y sustentables*. [Trabajo de grado, Universidad Santo Tomas].
<http://hdl.handle.net/11634/29584>

Ladrillo Sustentable con Aluminio para la Construcción de Muros en Viviendas

Materials4me (s.f.). Conocimiento & ideas, Guía de materiales ¿Qué es el aluminio?

<https://es.materials4me.com/conocimiento-ideas/guia-de-materiales/que-es-el-aluminio/>

Martínez Castillo, R. (2010). La importancia de la educación ambiental ante la problemática actual. *Revista Electrónica Educare*, XIV (1),97- 11.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=194114419010>

Maure, J., Candanedo, M., Madrid, J., Bolobosky, M., y Marín, N. (2018). Fabricación de ladrillos a base de polímeros PET y virutas metálicas. *Revista De Iniciación Científica*, 4, 33-38. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v4.0.1816>

Millán Delgado, F.; Sánchez García, D. P., y Olaya Flórez, J. J. (2015). Reciclaje de aluminio: oportunidades de desarrollo en Bogotá (Colombia). *Gestión y Ambiente*, 18(2),135-152.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169443282008>

Oreja Arratibel, J. (2011). *Filler de aluminio para la elaboración de ladrillos puzolánicos sin cocción*. [Trabajo de grado, Universidad Pública de Navarra, España]. <https://academica-e.unavarra.es/xmlui/handle/2454/4206>

Orellana Ríos, N. J. y Serrano López, M. A. (2015). *Reutilización de polímeros como alternativa socio ambiental y económica en la elaboración de eco bloques*. [Trabajo de grado, Universidad de Cuenca, Ecuador]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/22243>

Ortiz Castellanos, E; Cristancho Fernández, D., y Avellaneda, B. (2020). Análisis comparativo del desempeño de los ladrillos tradicionales frente a ladrillos Pet. *Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, 11, (1), 54-63.

<http://revistas.unitecnar.edu.co/index.php/sth/article/view/36/95>

Ladrillo Sustentable con Aluminio para la Construcción de Muros en Viviendas

- Osorio, J.D. (2020). Resistencia mecánica del concreto y resistencia a la compresión. *360 en Concreto Argos*. <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/resistencia-mecanica-del-concreto-y-compresion>
- Peña Castañeda, S., y Rincón Pineda, H. (2018). *Evaluación de una alternativa de ladrillo no convencional usando residuos de construcción y demolición (RCD) desde el impacto ambiental y su aplicación en la construcción sostenible en Bogotá, Colombia*. [Trabajo de grado, Universidad El Bosque].
<https://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/3318>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2021). *Objetivos de desarrollo sostenible*.
<https://www1.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
- Ramos Galarza, C. (Julio de 2020). *Los alcances de una investigación*. Obtenido de Cienciamerica: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7746475.pdf>
- Soria Soria, M. (2010). *Libro Electrónico: Materiales no ferrosos*. [Trabajo de diploma, Universidad de Holguín “Oscar Lucero Moya”].
<https://repositorio.uho.edu.cu/xmlui/handle/uho/615>
- Valero Lozano, A. J.; Vargas, Y.A.; Vargas Vargas, N. R. (2015). *Ecobrick ladrillo ecológico a base de papel reciclado para muros divisorios*. [Trabajo de trabajo, Universidad la Gran Colombia]. <https://repository.ugc.edu.co/handle/11396/4039>
- Vergara, D.; Ruíz, L. y Marín, N. (2020). *Estudio de un material compuesto a base de Polietileno de Tereftalato (PET) reforzado con Virutas de Acero y Aluminio*.
http://laccei.org/LACCEI2020-VirtualEdition/work_in_progress/WP586.pdf

12. Anexos

Anexo A. Formato de Entrevista



FORMATO DE ENTREVISTA PARA INVESTIGACIÓN

Esta entrevista fue diseñada y realizada por estudiantes del programa de Ingeniería Civil de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, Centro Regional Girardot, como parte del trabajo de grado “Prototipo de Ladrillo Sustentable con Aluminio para la Construcción de Muros en Viviendas en el Municipio de Girardot – Cundinamarca” y consta de 3 preguntas.

El objetivo de esta entrevista es poder obtener una percepción, desde el punto de vista empresarial, acerca del manejo que se les da a los residuos de aluminio, la cual será una fuente para la investigación.

El origen de la información obtenida será completamente confidencial y no comprometerá de ninguna manera a las personas o empresas que participen.

Información General del Entrevistado:

Nombre de la Empresa o Negocio: _____

Dirección: _____

Cargo del entrevistado: _____

Fecha de la entrevista: _____

La producción de materiales hechos con aluminio al final deja cierta cantidad de residuos de este mismo material.

1. ¿Tiene usted cuantificado cuanto es el peso aproximado de los residuos de aluminio que genera en un mes?

2. ¿Cuál es la gestión que usted implementa para el manejo de estos residuos?

De acuerdo a su experiencia en la comercialización de productos elaborados con aluminio en la ciudad de Girardot.

3. ¿Cómo ha visto que responde la ciudad frente a la oferta de estos productos o cuales son las épocas del año en que se le genera una mayor demanda de sus productos en base al aluminio?
