



**ESTUDIO DE FIBROCEMENTOS REFORZADOS CON FIBRAS VEGETALES
COMO ALTERNATIVA DE REFUERZO PARA LAS VIVIENDAS
AFECTADAS EN EL MUNICIPIO DE UNE EN CUNDINAMARCA.**

GAONA USME, MARÍA FERNANDA.

CÓDIGO: 10481613324

UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

BOGOTÁ, COLOMBIA

2021.

**ESTUDIO DE FIBROCEMENTOS REFORZADOS CON FIBRAS VEGETALES
COMO ALTERNATIVA DE REFUERZO PARA LAS VIVIENDAS AFECTADAS
EN EL MUNICIPIO DE UNE EN CUNDINAMARCA.**

GAONA USME, MARÍA FERNANDA.

PROYECTO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL.

Director (a):
RODRÍGUEZ CALDERÓN, WILSON.

Línea de Investigación:
DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURA SOSTENIBLE.

Grupo de investigación:
GRESIA.

UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
BOGOTÁ, COLOMBIA

2021

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado ESTUDIO DE FIBROCEMENTOS REFORZADOS CON FIBRAS VEGETALES COMO ALTERNATIVA DE REFUERZO PARA LAS VIVIENDAS AFECTADAS EN EL MUNICIPIO DE UNE EN CUNDINAMARCA. Cumple con los requisitos para optar al título de INGENIERO CIVIL.

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

DEDICATORIA.

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y alcanzar esta meta.

A mis padres, por siempre confiar en mis capacidades, por estar conmigo y brindarme apoyo.

A mi hermana Martha Gaona, por incentivar me a crecer como persona y estar en cada etapa de mi vida.

A mis ángeles, mi hermano y mi cuñado, que siempre estuvieron apoyándome y guiándome para poder alcanzar este logro, sé que desde el cielo estarán feliz al verme realizar mis sueños

AGRADECIMIENTOS.

Primero que todo, doy gracias a Dios por darme fortaleza y principalmente por darme la capacidad de cumplir con mis metas propuestas.

Agradezco profundamente a mis padres, Sara Elisa Usme y Benjamin Gaona, a mi Hermana Martha Gaona, por darme la oportunidad de estudiar, por apoyarme en cada momento y darme las bases para alcanzar este logro.

A mi asesor, el ingeniero Wilson Rodríguez, por estar presente y orientarme en este proyecto.

RESUMEN.

Los fibrocementos han sido ampliamente utilizados desde su invención, y pese a sus desventajas de uso originales, ahora existe la posibilidad de mezclarlos con fibras naturales en lugar de amianto, esta combinación ofrece alternativas amigables con el ambiente que, además, logran conseguir una mejor resistencia aprovechando las propiedades químicas y físicas del material. Con ello en mente, esta investigación se enfoca en un caso de estudio, donde una serie de viviendas en un poblado se han visto afectadas por actividades de explotación minera, generando un desgaste progresivo y exponencial que ha puesto en riesgo la integridad estructural de las casas. El objetivo será elaborar un estado del conocimiento sobre elementos a base de fibras naturales y cemento, a través del desarrollo de un marco teórico que describa las propiedades de las fibras naturales, seguido de un análisis detallado de ensayos en las mismas fibras, a continuación se evaluará el estado actual de las viviendas mediante una serie de encuestas y finalmente se clasificarán e interpretarán los resultados que dejarán concluir ¿Cómo mejorar la durabilidad de las viviendas afectadas con un compuesto a base de cemento con fibras vegetales?

TABLA DE CONTENIDO.

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. TEMA DE INVESTIGACIÓN.	2
1.1 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	3
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.3.1 General.	4
1.3.2 Específicos.	5
CAPÍTULO II. ESTADO DEL ARTE.	6
2.1 INVESTIGACIONES PREVIAS.	6
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO.	10
3.1 MARCO CONCEPTUAL.....	10
3.2 ANÁLISIS DE LAS FIBRAS.....	12
CAPÍTULO IV. DESARROLLO DE LOS ENSAYOS.	16
4.1 ENSAYOS EN FIBRA DE COCO.....	16
4.2 ENSAYOS EN FIBRA DE ALGODÓN.....	18
4.3 ENSAYOS EN FIBRAS DE CAÑA DE AZÚCAR.....	19
4.4 ADAPTACIÓN DEL FORMATO DE INSPECCIÓN.....	22
4.4.1 Identificación catastral.	23
4.4.2 Identificación sobre la edificación.	23
4.4.3 Identificación sobre la estructura.	24
4.4.4 Estado de la edificación.....	25
4.4.5 Condiciones pre existentes.	27
CAPÍTULO IV. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	28
5.1 RESULTADO DE LAS ENCUESTAS.	28
5.2 CLASIFICACIÓN DE LAS GRIETAS.....	31
5.2.1 Interpretación de las grietas.....	31
5.2.2 Daños en muros fuertes de mampostería no reforzada.	32
5.2.3 Daños en muros por rotura diagonal y en esquinas.....	34
5.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	36
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
ANEXOS.....	42

INTRODUCCIÓN.

Conforme avanzan las nuevas tecnologías, cada vez es más frecuente preocuparse por el medio ambiente, de hecho, se puede decir que actualmente una parte sustancial de la ciencia está abocada a desarrollar herramientas y actividades que no solo logren salvaguardar el entorno, sino que además reviertan los daños cada vez más acentuados de las últimas décadas. El ámbito de la ingeniería no es ajeno a esta preocupación y los ingenieros civiles en particular han logrado avanzar pasos enormes en los años recientes, para muestra, hoy se pueden trabajar desde estructuras sostenibles y planes urbanísticos amigables con el ambiente hasta en la combinación de materiales tradicionales con novedosas tecnologías ecológicas, tal es el caso de los fibrocementos compuestos por fibras vegetales.

Los fibrocementos propiamente, existen desde principios del siglo pasado, alcanzaron su cúspide en la década de los 70's hasta que se determinó una correlación con síntomas cancerígenos y fue quedando en desuso. Se elaboran a base de cemento Portland y se refuerzan con fibras que comúnmente era a base de amianto, con lo que se alcanzaba una mejor resistencia por aprovechar las propiedades químicas y físicas del material.

Ahora, con las nuevas tecnologías, existe la posibilidad de mezclar el cemento con fibras vegetales en lugar de amianto, estas se reparten por la masa de cemento, formando un elemento idóneo para soportar los esfuerzos procedentes de las cargas de tracción y compresión. Además de ofrecer una alternativa que como se mencionó al principio, sea amigable con el ambiente. Así, es como a partir de varias necesidades generadas por diversos problemas se desarrolla ingeniosas soluciones.

Esta investigación se enfoca en un caso de estudio particular, donde una serie de viviendas en un poblado se han visto afectadas por actividades de explotación minera, generando un desgaste progresivo y exponencial que ha puesto en riesgo la integridad estructural de las casas. El objetivo será elaborar un estado del conocimiento sobre elementos a base de fibras naturales y cemento que permita reforzar las viviendas que se han venido deteriorando.

CAPÍTULO I. TEMA DE INVESTIGACIÓN.

1.1 JUSTIFICACIÓN.

Las grietas y fisuras en paredes y techos son algunos de los problemas más comunes en las viviendas. En la mayoría de los casos, las grietas surgen en las viviendas antiguas, sin embargo, también es posible que aparezcan en obras más nuevas. Hay que aclarar que no todas las grietas cuentan con la misma relevancia, siempre hay algunas más peligrosas que otras. Lo importante es saber prevenirlas, clasificarlas y corregirlas. Por lo anterior, esta investigación cobra valor al ofrecer una alternativa de solución a un problema recurrente en las veredas de Timasita, San Luis y Puente de Tierra en el municipio de Une en Cundinamarca (Viviescas Restrepo, 2010).

Vale destacar que, entre otros motivos, se justifica realizar el proyecto porque como se expone en la Figura 1, las instalaciones están siendo afectadas por las vibraciones y deslizamientos que surgen de las actividades de explotación minera del sector (Romero, 2020).



Ilustración 1: Registro fotográfico de grietas en viviendas de la vereda Timasita.

Fuente: Propia.

Esta implementación cobra valor en un país como Colombia, rico en recursos naturales, donde su desarrollo y comercialización se pueden volver estratégicos, Además, como valor

agregado los aportes de este proyecto servirán de guía para futuros investigadores o instituciones interesados en el tema de refuerzos con fibras vegetales.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Actualmente, gracias a los rápidos avances de las tecnologías, buena parte de los elementos de construcción están en constante investigación, en busca de mejorar sus beneficios. Es claro, que tanto el cemento como los elementos de construcción obtenidos a partir de este, se han mantenido en perenne evolución. Un punto de inflexión en esta carrera ocurrió hace pocos años, cuando se descubrió lo realmente tóxicas y dañinas que resultaban las fibras de asbesto, inmediatamente surgió un afán por sustituirlas en los fibrocementos; así comenzó la necesidad de encontrar nuevas opciones y eventualmente se dio la inclusión de las fibras de acero, fibras de carbono, fibras de vidrio, fibras de poli vinílico acrílico y más. Exponiendo que optimizaban sustancialmente el rendimiento del material en cuanto a sus características dúctiles, de dureza, de tenacidad, de absorción de energía, de resistencia a la flexión, tracción, compresión, entre otras (Encalada, 2014).

A propósito de los rápidos avances de las tecnologías, paulatinamente van surgiendo nuevos criterios, necesarios de ser tomados en cuenta, tales como: sostenibilidad, disponibilidad, capacidad de reciclaje, consumo de energía eficiente y sobretodo la mínima emisión de dióxido de carbono en los métodos de fabricación. Todos estos orientados a generar productos seguros, sostenibles y amistosos con el ambiente. Colombia particularmente, es pionera en la implementación de la Economía Circular, que desde 2018 se ha introducido en el país para fortalecer su modelo de desarrollo (MinAmbiente, 2018).

Siguiendo esta línea de ideas, hay que destacar que las fibras vegetales son económicas, muy abundantes y siempre que no se sobre exploten, provienen de fuentes renovables, perfilándose como una excelente alternativa para reforzar compuestos a base de cementos. Pero a pesar de todas sus ventajas ampliamente garantizadas en las investigaciones realizadas, las fibras vegetales no se terminan de incorporar plenamente en los fibrocementos disponibles en el mercado, lo anterior debido a su insuficiente estabilidad en

el compuesto, dado que al estar en un medio como el cemento, un medio alcalino, se deterioran y pierden su capacidad de refuerzo, llegando en algunos casos a anularse por completo. (Morán Arias, 2019).

Por otra parte; en las adyacencias de las veredas de Timasita, San Luis y Puente de Tierra, ubicadas en el municipio de Une en Cundinamarca, existe una amplia gama de problemas generados por diversas actividades desde los años 90's, entre estas destacan la erosión y deforestación, la contaminación del agua, contaminación auditiva, pérdida de la diversidad de flora y fauna nativa; en ocasiones ocurren deslizamientos de tierra, que también acaecen la pérdida de las fuentes hídricas, el daño de los cultivos y, el objetivo de este proyecto, daños estructurales en las viviendas de las veredas de influencia. De acuerdo al último censo del DANE, realizado en 2015, el municipio de Une cuenta con 9196 pobladores, esto se traduce en aproximadamente 2000 viviendas afectadas por alrededor de 30 años (DANE, 2015).

Una vez descrito lo anterior y dada la imperiosa necesidad de preservar el medio ambiente sin mermar el desarrollo; esta monografía se plantea analizar al menos 40 artículos científicos para establecer teóricamente la respuesta a la pregunta ¿Cómo mejorar la durabilidad de las viviendas afectadas con un compuesto a base de cemento con fibras vegetales?

1.3 OBJETIVOS.

1.3.1 General.

- Elaborar un estado del conocimiento sobre elementos a base de fibras naturales y cemento que permita reforzar las viviendas que se han venido agrietando en las veredas de Timasita, San Luis y Puente Tierra ubicadas en el municipio de Une, en Cundinamarca.

1.3.2 Específicos.

- Analizar tres fibras naturales y su comportamiento en el concreto para determinar su afinidad como refuerzo en conjunto con este.
- Documentar las propiedades mecánicas de estas tres fibras naturales con la finalidad de exponer sus características de forma comparativa.
- Desarrollar un formato de inspección rápida sobre daños existentes en edificaciones adaptado a las viviendas rurales para aplicarlo entre los residentes y detallar más el estado de las viviendas.
- Realizar una clasificación de las patologías estructurales más comunes adaptadas a viviendas rurales.

CAPÍTULO II. ESTADO DEL ARTE.

2.1 INVESTIGACIONES PREVIAS.

El empleo de fibras vegetales para reforzar materiales y estructuras es una técnica que ya acumula algunos años en el mercado, también fue el primer concepto a buscar entre herramientas como Scopus y ScienceDirect. De este primer filtro se encontró que Colombia ha logrado alcanzar una amplia gama de empleos. Por ejemplo, recientemente se ha favorecido el empleo de resinas endurecidas con fibra de vidrio, dado que son de cómoda procesabilidad, poseen costos relativamente bajos y aportan una resistencia mecánica bastante buena. No obstante, las fibras naturales también tienen características claves como lo son; su fácil obtención, costos altamente competitivos y aspectos ambientales y de salud bastante favorables. Con esto en mente, se elaboraron materiales combinados sustituyendo las fibras de vidrio por fibras de origen natural. A continuación, se realizó un estudio comparativo de las características mecánicas de las resinas robustecidas con fibra natural versus las resinas reforzadas con fibras de vidrio, las fibras naturales, además, fueron tratadas someramente con una solución básica para optimizar la compatibilidad con la resina y, conjuntamente, se hicieron ensayos con agentes compatibilizantes entre la matriz y la fibra. La conclusión es que se incrementan los módulos de elasticidad del material, al tratar las fibras con agentes compatibilizantes tipo silano y con el tratamiento alcalino (Gómez, 2009).

Los plásticos reforzados con fibras sintéticas fueron otro de los conjuntos de palabras claves investigados entre Springer y Web of Science, en este caso se halló que los mismos han sido extensamente usados en automoción y aeronáutica, tienen notadas desventajas, entre las que destacan; la elevada densidad, altos consumos de energía en su fabricación y producen residuos contaminantes al eliminarlos. Mientras que las fibras naturales son una alternativa muy provechosa a los refuerzos tradicionales, puesto que los composites obtenidos son menos densos, más económicos, respetuosos con el medioambientalmente e intrínsecamente biodegradables, así que, por lo anterior, pueden ser un sustituto de los materiales tradicionales, y el éxito futuro de muchas industrias. Esto logra que aumente la

demanda de fibras naturales con propiedades mejoradas y nuevas funcionalidades. (Castellón, 2017).

Así, puede observarse como las fibras vegetales se van ubicando en la cima como la mejor alternativa para aplicaciones industriales por su ligero peso, costo bajo, y por ser una materia prima renovable con propiedades superiores sobretodo, cuando se emplea como refuerzo en materiales mezclados con matrices poliméricas. Entre los usos más relevantes destaca el de la construcción, donde se pueden emplear fibras de algodón, fique, yute y cáñamo, por mencionar algunas, aunque existen grandes desafíos a vencer y amplios aspectos a tomar en cuenta por parte de las industrias para lograr la obtención de compuestos con altas propiedades aptas para el consumo masivo (Restrepo, Peláez, & Giraldo, 2016).

Para destacar la innovación del país se investigaron estos mismos conceptos filtrándolos para el territorio nacional, y como se mencionó antes, el uso de fibras vegetales ha ido ganando terreno en la industria, tal es el caso de las fibras vegetales cultivadas aquí, que se emplean para comprobar la estructura de los grupos utilizables y morfología de su superficie antes y después de un tratamiento alcalino, lo anterior suele ir enfocado a su función como refuerzo en agregados de matriz polimérica. Las fibras se someten a una inmersión en hidróxido de sodio disuelto al 6 % w/v por dos días, luego se pasan por una neutralización en ácido acético al 1 % v/v por 60 minutos y finalmente se secan a 60 °C por un día entero. Las metodologías utilizadas para los estudios son la espectroscopia infrarroja a través de la transformada de Fourier (FTIR) y la microscopía electrónica de barrido (SEM). La conclusión fue que el tratamiento alcalino podría favorecer el mecanismo de anclaje del polímero termofijo a la superficie de las fibras y la creación de enlaces entre las moléculas polares de las fibras y el polímero termofijo, disminuyendo el deslizamiento relativo entre matriz y refuerzo durante la aplicación de cargas (Suarez, Restrepo, Quinchía, & Mercado, 2017).

Por otro lado, en Europa, se estima que el rubro de la edificación logra un gasto energético del 40% y es el responsable del 36% de las emisiones de gases de efecto invernadero, así

que, para renovar la eficacia del área, es preciso intervenir tanto en la fabricación de materiales de obra como en la eficacia de los recursos constructivos aplicados a la construcción, lo anterior para lograr que tengan mayores prestaciones, sean más amigables ambientalmente, y para reducir el gasto durante el periodo de vida útil de las edificaciones. Actualmente, los materiales más empleados para la construcción son las piedras naturales, cerámicas, los compuestos de resina y madera o resina y aluminio, y cada día más comunes, los fibrocementos. Cada uno aporta diversas ventajas, los fibrocementos, por ejemplo, son especialmente buenos para mantener las prestaciones mecánicas mientras se reduce el peso y el espesor de los elementos (Ardanuy, 2017).

Continuando en el interior de la Unión Europea, en las décadas recientes, el vertido de residuos sólidos ha supuesto grandes riesgos para muchos ecosistemas, llevando a la puesta en vigor de leyes nuevas asociadas a la elaboración de residuos y a la atención del medio ambiente. La UE tiene unas de las pautas medioambientales más estrictas del mundo, entre las que sobresale la transformación de los desperdicios en recursos, además de defender ideas como la prevención en la reproducción de basuras, reutilización y el abandono de experiencias nocivas y antieconómicas como los vertederos. En respuesta, ha habido un gran auge en el desarrollo de materiales renovables, destacando el esfuerzo realizado para la obtención de productos biodegradables cuyos residuos, no suponen un problema ecológico, para muestra, existen los compuestos de fibras vegetales naturales (NFC) que proceden de fuentes renovables, es decir, son productos biodegradables (López, 2017).

Finalmente, empleando los mismos filtros y sin salir de Latinoamérica, a propósito de destacar los avances en este lado del hemisferio, se expone la estabilidad de compuestos a base de matrices minerales consolidadas con fibras naturales. En principio, la investigación clasifica y describe las fibras naturales, destacando entre otras cosas sus propiedades mecánicas, para luego entrar en materia del refuerzo propiamente, a lo largo de su investigación determina que para reducir la alta absorción de la fibra y la fragilización de la misma dentro de la matriz alcalina, es prudente que se sometan a tratamientos hidrófobos compuestos de los siguientes agentes protectores: Parafina Refinada (PR), Cera de crayón lavable (CL), Candelilla (CA), Mulprox, y Emulwax (Leyva, 2014).

CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO.

3.1 MARCO CONCEPTUAL.

Lo primero a saber es que el campo de estudio de este proyecto se enfoca en el fibrocemento, sus fortalezas y debilidades, con el particular toque de las fibras vegetales. En ese sentido, principalmente hay que conocer que las películas de fibrocemento son unidades fabricadas con cemento portland como aglomerante, con fibras de sílice y celulosa, y agua, para constituirse mediante fraguado y compresión simultáneas. Las dimensiones estándar de las hojas suelen ser de 1220 x 2440 mm, sin embargo, se pueden adquirir más pequeñas sobre todo para cielos rasos. El uso principal actual se orienta a la construcción de cielos rasos, divisiones, entresijos y bases para techos al aplicarlas sobre perfiles de acero o madera (Mariscal, 2001).

En seguida, es prudente mencionar a las fibras, estos son fragmentos de elementos cuya longitud es superior a su diámetro, generalmente pueden hilarse para producir hilos o cuerdas que suelen ser empleados en la industria textil, aunque tienen muchos más usos como, por ejemplo, el refuerzo para composites (Martin Sendra, 2020).

Por su parte, las fibras vegetales para poder diferenciarlas de las anteriores; en su estado más puro, son un tipo de células esclerenquimáticas, que son estiradas y estrechas, cuentan con los extremos agudos y habitualmente constituyen grupos, estas son las denominadas fibras, se hallan especialmente en los tallos, pero también en las raíces, en los frutos, las hojas y las semillas. Su función principal consiste en proporcionarles sostén a la planta (Hernández, y otros, 1986).

El siguiente concepto clave es el refuerzo; en estructuras, un refuerzo se conoce como el compendio de acciones para añadir, alterar o remodelar el régimen estructural de una edificación ya levantada. El refuerzo estructural de residencias está encaminado a acrecentar las capacidades de carga y servicio de una estructura. Se realiza cuando existen nuevas solicitudes como errores en el diseño, fallos de ejecución o cambios en las

condiciones iniciales de diseño como asientos del terreno, fenómenos de subsidencia o sismos, por ejemplo (HORLASA, 2017).

El refuerzo estructural es necesario cuando surgen las grietas o fisuras, estas se entienden como interrupciones expuestas en cualquier obra de ingeniería, ya sean losas, muros, columnas, vigas o taludes y cada una de las ellas significan un suceso anormal en la firmeza o consistencia de los elementos. Estas anomalías son una alarma y dan a entender que algo no anda bien y que hay que buscar la forma de mitigar o controlar las razones de la aparición de éstas (Viviescas Restrepo, 2010).

Definido esto, los factores que delimitan la investigación se ven asociados al tipo de fibra vegetal que se pueda implementar mejor en conjunto con el cemento. Basado en los resultados que arroje la investigación se procederá a tomar una decisión respecto a cuál será el más apropiado, de momento los más relevantes aparecen en la ilustración 2, a continuación:

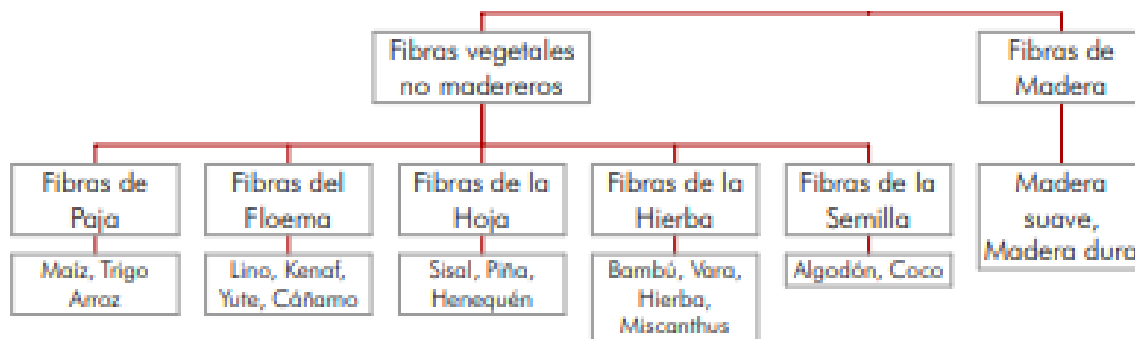


Ilustración 2: Fibras de origen natural más comunes en la industria.

Fuente: (Encalada, 2014).

3.2 ANÁLISIS DE LAS FIBRAS.

Las fibras de origen vegetal son un material que se ha utilizado en la construcción desde la prehistoria, cuando ya se creaban precarias moradas con los recursos que el entorno brindaba a esos primeros habitantes. Con el paso del tiempo y su consecuente evolución, surgió la necesidad de buscar refugios cada vez más resistentes, aunque los recursos seguían siendo algo limitados. Es así como de estas necesidades se emprenden a desarrollar nuevas metodologías constructivas en las que se producían varios materiales para obtener obras más resistentes. Los más primitivos fueron una mezcla de áridos con fibra vegetal, un tipo de ladrillo arcaico formado por paja y arcilla, un ejemplar de construcción que hoy por hoy continúa estando presente en algunas zonas del mundo por su facilidad de obtención a nivel primario, por la facilidad de manejo y por sus prestaciones de aislamiento térmico. Actualmente, hay una amplia variedad de fibras que pueden clasificarse de muchas formas, se pueden encontrar fibras cortas y largas, de origen natural o químico y específicamente, de acuerdo a la temática de esta investigación, las más relevantes se describen a continuación (Martín Sendra, 2020).

Fibras estructurales y no estructurales: las primeras son aquellas que ofrecen al concreto de una mayor energía de fractura en masa, deben ser incorporadas de una forma específica que garantice su correcto funcionamiento, mientras tanto, las fibras no estructurales son aquellas en las que sin considerar la función estructural que aporta una varilla de acero, presumen una mejora sobre propiedades específicas como por ejemplo, el aumento de la resistencia al fuego, la abrasión, , el impacto o el control de la fisuración. La incorporación de fibras de refuerzo es posible en concretos en masa, armados o prensados (TexDelta, 2018).

Luego, en concordancia con el primer objetivo, es preciso destacar que entre las fibras vegetales hay un amplio abanico de opciones que van muy bien con el concreto, como las fibras de yute, de sisal, de cáñamo, de lino, entre otras, pero, dadas las limitaciones de la investigación, se han escogido tres; principalmente por su abundancia en el territorio, su

facilidad de obtención y las propiedades que le aportan al concreto. Las seleccionadas se describen a continuación.

Fibra de coco: extraída del coco, una fruta muy común en las costas asiáticas y suramericanas, cuenta con múltiples propiedades que le han abierto paso en sectores ajenos a la alimentación como la ganadería, artesanía, agricultura, decoración, cosmética, e incluso la construcción ecológica, donde recientemente se estudia la capacidad de resistencia estructural de la fibra para poder usarla como agregado en el cemento para mejorar sus prestaciones. Entre sus ventajas destacan el equilibrio óptimo entre la capacidad de aireación y la retención de agua, lo que prevé la aparición de mohos, el proceso de fabricación de la fibra no sobrelleva contaminación a la atmósfera y su obtención no gasta energía, por el otro lado, presenta desventajas tales como una vasta capacidad de hidratación y una eminente salinidad, por ser plantado en franjas costeras por lo que es obligatorio el consumo de agua para su elaboración antes de ser adheridas a la mezcla. (Agencia informativa del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología México, 2016).

Diámetro equivalente (mm)	Densidad kg/m ³	Resistencia a la tracción (Mpa)	Alargamiento de rotura (%)
0.11-0.53	680-1020	108-250	14-41

Tabla 1: Propiedades físicas de la fibra de coco.

Fuente: (Martin Sendra, 2020).

Fibra de algodón: obtenida del Gossypium, un cultivo extendido en casi todo el mundo y sobretodo común en Latinoamérica, es principalmente utilizada como fibra textil y aunque es la fibra más importante de esta industria, recientemente se ha estudiado su utilidad como aislante térmico en la construcción. Tiene un tacto suave y cálido, este aislante adquiere una mayor elasticidad que el corcho, por ejemplo, y una mayor resistencia al aplastamiento tras su termoconformación. Como sus ventajas, exhibe que es una materia prima abundante, por sus características físicas es un buen aislante térmico y cuando se moja su resistencia puede aumentar hasta un 15%, como desventajas, presenta una alta higroscopicidad, es decir, cuando se moja la fibra puede llegar a aumentar su volumen hasta un 40%, el cultivo

necesita grandes cantidades de agua por lo que no es una opción ecológica y sostenible, además, es sensible a los microorganismos (Arquitectura sostenible, 2021).

Diámetro equivalente (mm)	Densidad kg/m ³	Resistencia a la tracción (Mpa)	Alargamiento de rotura (%)
0.12-0.22	1540	287-800	3-7

Tabla 2: Propiedades físicas de la fibra de algodón.

Fuete: (Martin Sendra, 2020).

Fibra de caña de azúcar: como en el caso anterior, su cultivo se presenta en buena parte del mundo y además de la propia fibra, el denominado bagazo, desde hace un tiempo hay investigaciones que revelan que el bagazo ha sido traído para reemplazar parcialmente al cemento. Según estas investigaciones, en la constitución química de su ceniza prepondera el óxido de silicio, adjuntos con alúmina y óxido de hierro, que pueden transformarse con el hidróxido de calcio en la hidratación del cemento y originar materiales que perfeccionen las propiedades mecánicas y de durabilidad del concreto. No obstante, la morfología, volumen y composición de las partículas de ceniza de bagazo de caña son difíciles de procesar en las composiciones de concreto, aunque esto puede remediarse con la ayuda de aditivos plastificantes. Entre sus ventajas están la resistencia a plagas y enfermedades, se obtienen grandes cuantías de caña por hectárea plantada y tiene poco porcentaje de inflorescencias, como desventajas, necesita tener un cuidado minucioso en el abono, ya que consume los nutrientes del suelo velozmente y si se cosecha después de la quema se origina un gran impacto al medio ambiente. Es importante destacar que en el Valle del Cauca hay trece ingenios que satisfacen la demanda nacional de azúcar, pero no mitigan la problemática ambiental de sus residuos, así que es necesario buscar alternativas (Suárez, 2018).

Diámetro equivalente (mm)	Densidad kg/m ³	Resistencia a la tracción (Mpa)	Alargamiento de rotura (%)
0.15-0.25	310-410	220-290	-

Tabla 3: Propiedades físicas de la fibra de caña de azúcar.

Fuete: (Martin Sendra, 2020).

CAPÍTULO IV. DESARROLLO DE LOS ENSAYOS.

4.1 ENSAYOS EN FIBRA DE COCO.

Para la fibra de coco se encontró una investigación que buscaba comprobar la proporción y longitud de fibras requeridas para que se ocasionara un perfeccionamiento en las propiedades mecánicas del concreto. El experimento empleó cuatro tipos de muestras combinando sucesivamente las longitudes de las fibras, entre 2 y 5 centímetros, igualmente se intercaló el porcentaje de volumen de la fibra entre 0.5% y 1.5%. La comparación se hizo respecto a un testigo elaborado con cemento Portland Tipo 1, grava de canto rodado con tamaño máximo de 19 mm y arena mediana, ambas de río, agua potable y cal, la muestra estaba sin fibra alguna. La distribución se muestra en la Tabla 4 (Quintero & González, 2006).

N° de mezcla	Longitud de la fibra (cm)	Volumen de la fibra (%)
1	0	0
2	2	0.5
3	2	1.5
4	5	0.5
5	5	1.5

Tabla 4: Distribución de fibra añadido en las muestras para la realización de los ensayos de concreto reforzado con fibra de coco.

Fuente: (Quintero & González, 2006).

Los resultados de los ensayos de flexión y compresión demostraron que los especímenes que presentaban una resistencia mayor a la muestra piloto eran las que contenían el porcentaje más alto de fibra, siendo descartable la longitud de las fibras empleada, igualmente se observó que en el instante de la falla, el concreto se conserva unido, por lo que se logra aseverar que la adherencia de la fibra a la matriz es recomendable, finalmente, el espécimen que mejores resultados obtuvo fue el M4, con una extensión de las fibras de 5 cm y una proporción de 0,5% sobre el cuerpo total de la mezcla, es decir, la

correspondencia entre la proporción de fibra añadido y la longitud de las fibras es importante en su comportamiento, los resultados experimentales fueron los siguientes:

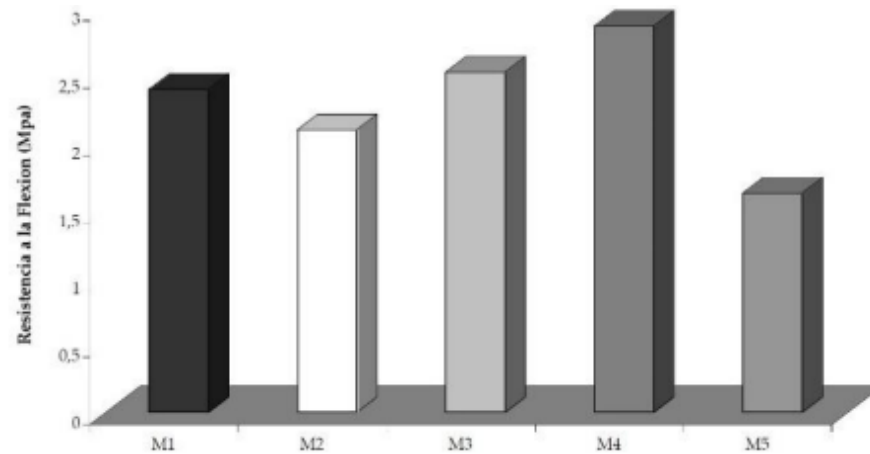


Ilustración 3: Resultados del ensayo de resistencia a flexión del hormigón reforzado con fibra de coco.

Fuente: (Quintero & González, 2006).

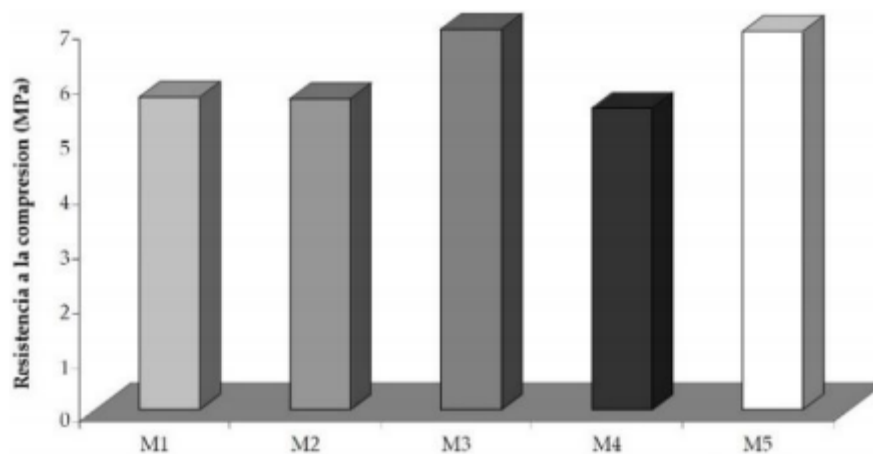


Ilustración 4: Resultados del ensayo de resistencia a compresión del hormigón reforzado con fibra de coco.

Fuente: (Quintero & González, 2006).

4.2 ENSAYOS EN FIBRA DE ALGODÓN.

Para determinar como la fibra de algodón logra reforzar el concreto frente a la resistencia a la compresión y a la flexión, se halló una investigación cuyo objetivo era comprobar el efecto producido de incorporar fibra de algodón y humo de sílice en la mezcla. Para desarrollar el experimento se efectuaron pruebas con fibras de 3 centímetros en cantidades variables de algodón que iban desde 0.2% hasta 0.4% del volumen total de la muestra, igualmente, se sustituyó el agregado de cemento por porcentajes de humo de sílice que variaban entre 3% y 12%. El concreto empleado era cemento Portland con agregados finos de tamaño máximo igual a 4.75 milímetros, agregado grueso con tamaño máximo de 20 milímetros, agua y un súper plastificante para mejorar su trabajabilidad (Saurabh Arvindbhai, 2014).

Los resultados, expuestos en la Tabla 5, demuestran que solo el agregar fibra de algodón de 0.4% del volumen total lograba mejorar la resistencia a la compresión en un 8% respecto a la muestra estándar que tenía una resistencia a la compresión de 24.5 Mpa. Por su parte, la resistencia a la flexión también incrementó un 10.4% respecto a la muestra patrón que se ubicaba en 4.8%. Finalmente, se observó que agregando 0.4% de fibra de algodón y reemplazando 6% de cemento por el humo de sílice, se alcanza un incremento total de resistencia a la flexión de 15.4% (Saurabh Arvindbhai, 2014).

	Resistencia a la compresión		Resistencia a la flexión
	7 días	28 días	28 días
0.4% fibra algodón 0% humo sílice	18.96 Mpa	26.46 Mpa	5.30 Mpa
0% fibra algodón 9% humo sílice	20.31 Mpa	28.96 Mpa	5.74 Mpa
0.2% fibra algodón 9% humo sílice	19.52 Mpa	27.70 Mpa	5.18 Mpa
0.4% fibra algodón 6% humo sílice	19.43 Mpa	27.19 Mpa	5.54 Mpa

Tabla 5: Resultados de los ensayos de esfuerzo con las variaciones de fibra de algodón y humo de sílice.

Fuente: (Saurabh Arvindbhai, 2014).

4.3 ENSAYOS EN FIBRAS DE CAÑA DE AZÚCAR.

Por último, en busca de conocer las mejoras en el refuerzo del concreto al agregarle fibras de caña de azúcar se halló una investigación donde se emplearon múltiples probetas con porcentajes variables de bagazo de caña de azúcar con una proporción del 2.5% del volumen total de la mezcla, que en este caso se hizo con cemento Portland, grava, arena, agua, la fibra de bagazo y un aditivo químico que acrecentara la manipulación de la mezcla. Las pruebas se desarrollaron en dos categorías, para fibras cortas se probaron longitudes de 3 y 4 centímetros y para fibras largas se utilizaron longitudes de 5 y 6 centímetros. Como siempre, se realizó un testigo piloto sin fibra para comparar los resultados, que expusieron lo siguiente; las muestras de fibras largas logran duplicar su capacidad de resistencia trascurridos dos meses desde el ensayo, mientras que las muestras de fibras cortas tienden a ser más inestables durante el proceso y además se comportan peor a largo plazo, lo anterior se muestra en las ilustraciones 5 y 6 (Paricaguán & Muñoz, 2019).

Sin embargo, comparando los resultados de las muestras contra los resultados de la muestra piloto, se aprecia que no son favorables puesto que la resistencia a la compresión de la muestra sin fibras sigue siendo superior a las otras, esto se aprecia en la Ilustración 7.

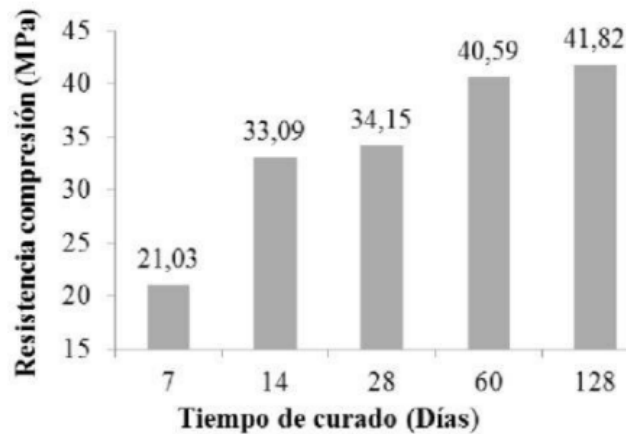


Ilustración 5: Ensayo de resistencia a compresión de concreto reforzado con fibra de caña de azúcar larga.

Fuente: (Paricaguán & Muñoz, 2019).

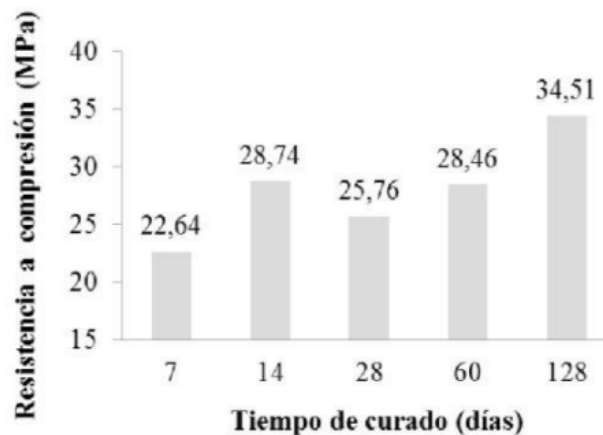


Ilustración 6: Ensayo de resistencia a compresión de concreto reforzado con fibra de caña de azúcar corta.

Fuente: (Paricaguán & Muñoz, 2019).

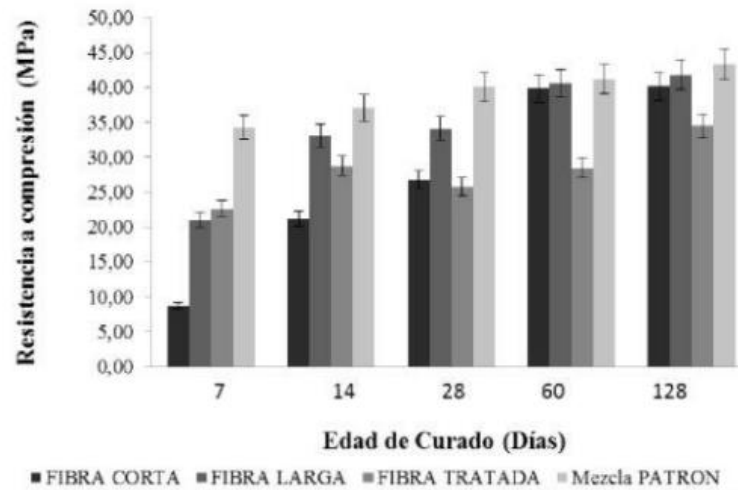


Ilustración 7: Comparativa de resultados de ensayos de compresión de concreto reforzado con fibras de bagazo.

Fuente: (Paricaguán & Muñoz, 2019).

4.4 ADAPTACIÓN DEL FORMATO DE INSPECCIÓN.

El siguiente es un formato de encuesta destinado a diagnosticar los daños existentes en edificaciones rurales y diseñado para ser rellenado por los propios habitantes sin necesidad de poseer más conocimiento sobre el tema que el suministrado por este documento, está conformado por cinco secciones y adaptado a partir de la Guía técnica para la inspección de edificaciones después de un sismo proporcionada por el Instituto Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climático (IDIGER, 2018). Su finalidad, como se describe dentro del formulario, es estrictamente académica y dentro de este capítulo se realiza la descripción de cada sección para lograr su correcta cumplimentación.

Encuesta de inspección rápida sobre daños existentes en las edificaciones del sector				
Instrucciones: Por favor, lea con detenimiento. Complete los espacios vacíos donde corresponda y enmarque en un círculo las preguntas de selección. Encuesta realizada estrictamente con fines académicos, formato adaptado del Instituto Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climático. ¡Muchas gracias por su colaboración!				
Identificación catastral				
Municipio:				
Vereda:				
Nombre del predio:				
Identificación sobre la edificación				
Uso principal:	1. Residencia	4. Salud	7. Industria	
	2. Institución	5. Hotelero	8. Oficina	
	3. Educación	6. Comercio	9. Otro: _____.	
Identificación sobre la estructura				
Sistema estructural	1. Pórticos de concreto	1. Muros de ladrillo	1. Mampostería confinada	
	2. Pórticos de acero	2. Muros de adobe	2. Mampostería reforzada	
	3. Pórticos de madera	3. Material precario	3. Mampostería sin refuerzo	
Estado de la edificación				
Existe colapso	1. Total	2. Parcial	3. No	4. S/D
Hay desviación o inclinación	1. Total	2. Parcial	3. No	4. S/D
Falla o asentamiento de cimentación	1. Total	2. Parcial	3. No	4. S/D
Daños en muros de fachadas	1. Ninguno	2. Leve	3. moderado	4. Fuerte
Daños en muros divisorios	1. Ninguno	2. Leve	3. moderado	4. Fuerte
Daños en acabados exteriores	1. Ninguno	2. Leve	3. moderado	4. Fuerte
Daños en cielos rasos o luminarias	1. Ninguno	2. Leve	3. moderado	4. Fuerte

Daños en cubiertas	1. Ninguno	2. Leve	3. moderado	4. Fuerte
Daños en escaleras	1. Ninguno	2. Leve	3. moderado	4. Fuerte
Clasificación de habitabilidad	1. Habitable	2. Restringir	3. N/habitar	4. Riesgo colapso
Condiciones pre existentes				
Calidad de la construcción	1. Buena	2. Regular	3. Mala	4. S/D
Configuración en planta	1. Buena	2. Regular	3. Mala	4. S/D
Configuración estructural	1. Buena	2. Regular	3. Mala	4. S/D
Tipo de suelo	1. Duro	2. Medio	3. Blando	4. S/D
Tipo de cimentación	1. Superficial	2. Profunda	3. S/D	4. No hay
Calidad de la cimentación	1. Buena	2. Regular	3. Mala	4. S/D
Hubo reparaciones anteriores	1. Total	2. Parcial	3. No	4. S/D
Hubo refuerzos estructurales	1. Total	2. Parcial	3. No	4. S/D

Ilustración 8: Formato Encuesta de inspección rápida sobre daños existentes en las edificaciones del sector.

Fuente: Elaboración propia, adaptada del IDIGER.

4.4.1 Identificación catastral.

El encuestado deberá diligenciar lo mejor posible la información catastral de su vivienda, es decir, el barrio, vereda, predio y construcción. El investigador, por su parte, debe verificar y completar la información de localización del predio mediante el uso de herramientas de geolocalización (IDIGER, 2018).

4.4.2 Identificación sobre la edificación.

El uso principal de la edificación es aquella actividad que se realiza de manera exclusiva o con mayor frecuencia, de modo que:

- Residencia: edificaciones empleadas como viviendas de familias.
- Institución: edificaciones donde organismos de carácter público o privado desarrollan labores culturales, científicas, políticas o sociales.
- Educación: edificaciones destinadas a recibir estudiantes durante jornadas parciales del día o la noche para que estos realicen cursos en distintos niveles.

- Salud: edificaciones cuya función consiste en prestar servicios de atención médica además de desarrollar investigaciones en el campo sanitario y capacitar personal calificado.
- Hotelero: edificaciones con fines turísticos que ofrecen servicios de alojamiento y en algunas ocasiones de alimentación.
- Comercio: edificaciones empleadas para el intercambio de bienes y servicios en una comunidad.
- Industria: igualmente pueden ser públicas o privadas, su finalidad es transformar materias primas en productos procesados, empleando diversas fuentes de energía.
- Oficina: edificaciones donde se realiza un trabajo profesional de gestión, administración entre otros.

4.4.3 Identificación sobre la estructura.

Para poder analizar la estabilidad de la edificación y además tener un registro de la vulnerabilidad de las edificaciones es importante hacer una buena clasificación de las mismas (IDIGER, 2018).

- Pórticos de concreto: compendio estructural organizado por vigas y columnas ensambladas en forma rígida y reticular.
- Pórticos de acero: son elementos estructurales compuestos de acero o aluminio, soldados o atornillados. Pueden ser arriostrados, no arriostrados o en celosía
- Pórticos de madera: Son elementos estructurales muy resistentes, pueden ser pórticos y paneles en madera o en otros materiales.

- Muros de ladrillo: elementos verticales diseñados para resistir cargas verticales y horizontales, normalmente son cerámicos y son los más comunes en la construcción.
- Muros de adobe: similares al anterior, son de ladrillo sin cocer, de arcilla o arena. Tienen mucha menos resistencia que el ladrillo convencional.
- Material precario: este último caso se conforma por elementos improvisados que no aportan ningún tipo de resistencia estructural.
- Mampostería confinada: conformada por cemento o ladrillo con componentes perimetrales de concreto reforzado como viguetas y columnitas, erigidos en torno a las paredes, conformando anillos que confinan las piezas de mampostería.
- Mampostería reforzada: son segmentos de perforación vertical que se robustecen horizontalmente en los sitios de escollo e interiormente con varillas de acero en concreto. Dentro de esta categorización se envuelven dos tipos de construcciones definidas en las NTC de diseño y construcción sismo resistente.
- Mampostería sin refuerzo: construcción en mampostería comúnmente de bloques, fragmentos de ladrillo o cemento que no cuentan con ningún tipo de refuerzo ni aislamiento mediante elementos estructurales.

4.4.4 Estado de la edificación.

La evaluación del estado general de una estructura es el mejor indicador del daño en un sistema estructural. Edificios con colapso total o parcial, notablemente inclinados, desplomados o con fallas en la cimentación son un indicador de daño estructural que afecta la estabilidad de toda la edificación, por esto, es importante señalar su condición y clasificarlos como inseguros (IDIGER, 2018).

El nivel de daño se clasifica de la siguiente manera:

- Ninguno: Grietas pequeñas apenas visibles con ancho menor a 0.2 mm sobre la extensión del muro.
- Leve: Agrietamiento apreciable a simple vista, con anchos entre 0.2 mm y 1.0 mm sobre la cara del muro.
- Moderado: Agrietamiento transversal incipiente. Grietas sustancialmente grandes con anchos entre 1.00 mm y 3.0 mm en la extensión del muro.
- Fuerte: Se aprecia disociación, desprendimiento y a veces, desplome de algunas partes del acabado. Agrietamiento diagonal riguroso, con anchos de grietas mayores a 3.00 mm y separación de piezas de mampostería.

La condición de habitabilidad se clasifica de la siguiente manera:

- Habitable: La ocupación está permitida, no se ha encontrado ninguna amenaza aparente de la estructura.
- Uso restringido: Hay evidencia de daños que se describen en anexos. No se debe remover, alterar o cubrir ninguna evidencia hasta la autorización de una autoridad competente.
- No habitable: No está permitida la entrada, hay evidencia de daños severos y es insegura, por lo tanto, no debe ser ocupada.
- Riesgo de colapso: No está permitida la entrada, hay evidencia de daños severos y es insegura, Ingresar pone en riesgo la vida del individuo.

4.4.5 Condiciones pre existentes.

En algunas ocasiones, el daño en los elementos estructurales es tan comprometido, que la existencia de unas condiciones preexistentes óptimas no ayuda a corregir la valoración del inmueble. Esta sección pretende conocer la vulnerabilidad sísmica de la edificación (IDIGER, 2018).

- Buena: Corresponde a una relación de masas simétrica, a muros y demás elementos resistentes. Adicionalmente, no existe condición correspondiente a la clasificación de mala.
- Mala: Se define como la presencia de pórticos y muros discontinuos hasta la cimentación. Existen columnas cortas, piso débil, la relación de aspecto (largo y ancho) es superior a 3.

En cuanto al tipo de suelo, la clasificación se refiere al material del que disponen los estratos de suelo de fundación de la obra y su entorno. Se consideran los siguientes aspectos.

- Duro: El suelo es rígido, no se observan grietas o asentamientos, y no se siente agitación cuando transita un vehículo pesado.
- Medio: El suelo es de mediana resistencia, se pueden exhibir pruebas de hundimiento menores.
- Blando: Se siente la agitación cuando transitan vehículos, las casas han presentado asentamientos importantes desde su construcción. La mayoría de las residencias en la zona, exhiben agrietamientos o hundimientos.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.

5.1 RESULTADO DE LAS ENCUESTAS.

Del total de encuestados, los resultados revelan la siguiente información:

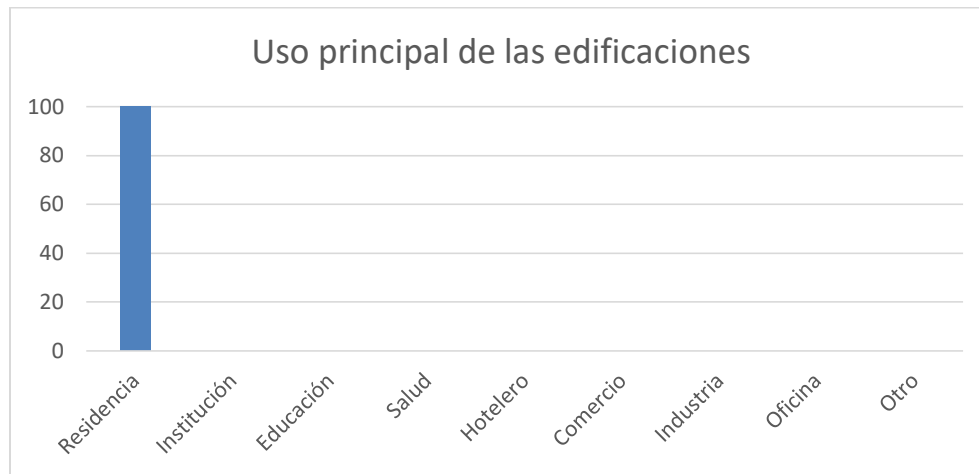


Ilustración 9: Gráfica del uso principal de las edificaciones.

Fuente: Elaboración propia.

El 100% de los encuestados se encontraban ubicados en edificaciones residenciales, esto puede ser debido a la ubicación y el tamaño de la población.

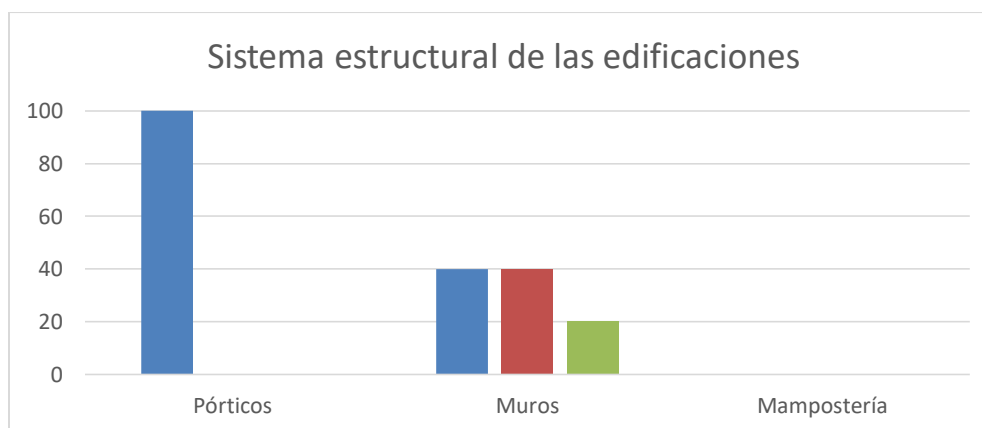


Ilustración 10: Gráfica del sistema estructural de las edificaciones.

Fuente: Elaboración propia.

El sistema estructural de todas las viviendas encuestadas está conformado por pórticos de concreto, mientras tanto, el 40% cuenta con muros de ladrillo, el 40% con muros de adobe y el 20% no especifica, en cuanto a la mampostería no hay datos al respecto.

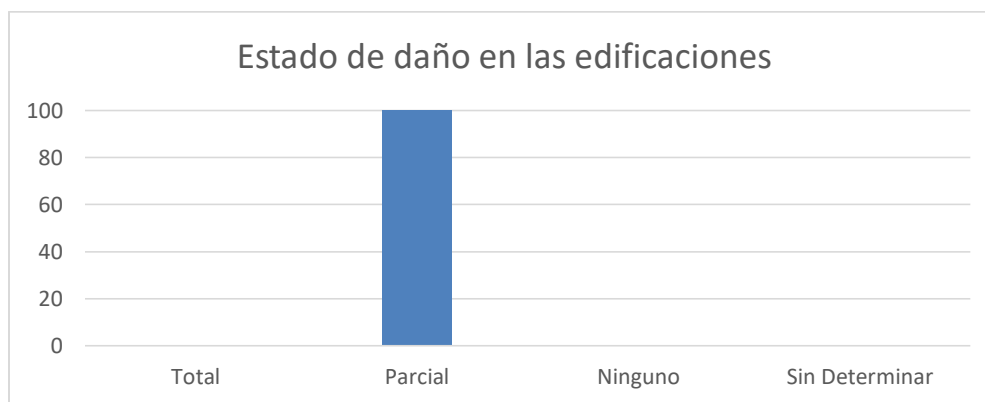


Ilustración 10: Gráfica del estado de daño en las edificaciones.

Fuente: Elaboración propia.

El total de encuestados manifiesta la existencia de un colapso parcial en sus viviendas, con desviaciones, inclinaciones y fallas o asentamientos en las cimentaciones. Todos los entrevistados declaran daños en mayor o menor medida, en los muros de fachadas, muros divisorios, en los acabados exteriores y en las cubiertas, es alarmante que el 20% de los encuestados ha marcado como fuerte el nivel de daños. Vale decir que todas las viviendas son de un piso por lo que no existe daños en escaleras.

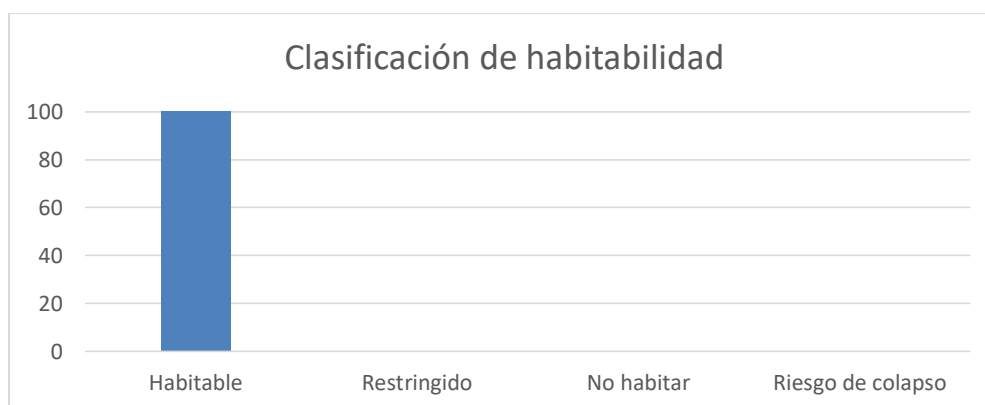


Ilustración 12: Gráfica de clasificación de habitabilidad.

Fuente: Elaboración propia.

Contrario a lo que se esperaría, los habitantes encuestados expresan que sus viviendas todavía son habitables. En cuanto a las condiciones preexistentes, ningún encuestado ha podido marcar una configuración estructural y calidad de construcción buena, igualmente el tipo de cimentación es desconocido en 4 de cada 5 edificaciones, no obstante, la clasificación del suelo se determina como Dura en el 80% de los casos.

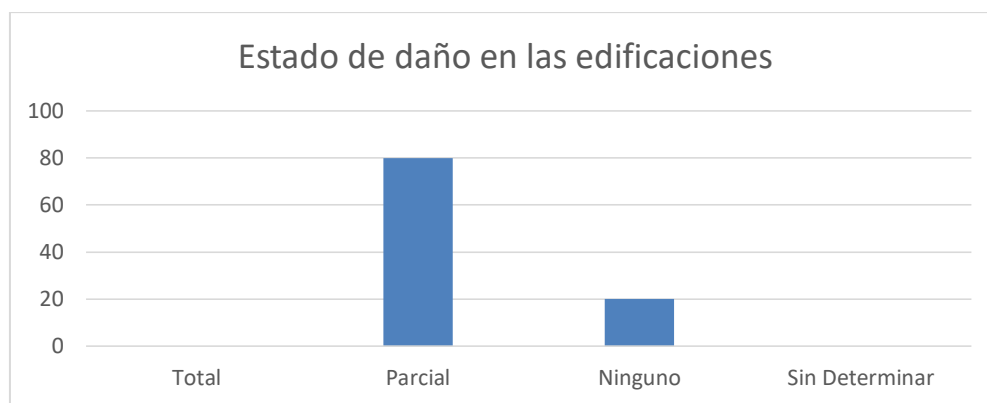


Ilustración 11: Gráfica de estado de reparaciones previas.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en ningún caso se manifiesta la presencia de refuerzos estructurales, aunque el 80% de los entrevistados ha tenido que hacer algún tipo de reparación durante su estancia en la edificación.

Todas las encuestas pueden apreciarse de forma individual en los anexos (páginas 35 a 44).

5.2 CLASIFICACIÓN DE LAS GRIETAS.

La morfología de los agrietamientos es compleja y su elucidación suele ser difícil, debido a que pueden ser muchas las fuentes que motivan el agrietamiento, lo que sí es seguro es que las grietas son los síntomas de un profundo daño en las edificaciones y cuando aparecen deben identificarse sus motivos para mitigarlas y prevenir las reproducciones. Fundamentalmente, pueden ser de origen (Toirac, 2004):

- Físico: Por diferencial de humedad o de temperatura
- Químico: Por carbonatación (ataques de cianuro o sulfatos) o corrosión.
- Mecánico: Por la acción de cargas, la vibración de equipos o por fuerzas naturales como la acción de viento, sismos o tsunamis.
- Biológico: Por la acción de organismos o microorganismos de origen animal o vegetal.

Es importante destacar que los agrietamientos descritos en este apartado surgen después de que la edificación ha sido erigida y no son las que ocurren en el estado plástico del concreto como consecuencia del fraguado.

5.2.1 Interpretación de las grietas.

Por fallas en la cimentación: Son el resultado de la interacción terreno-estructura. Un asiento diferencial entre partes de la cimentación producirá esfuerzos superiores a los previstos en la estructura, normalmente son esfuerzos de tracción y tangenciales que se manifiestan como un patrón característico, es decir, una misma familia de grietas aparece en el mismo lugar en plantas sucesivas (Asefa Seguros, 2011).

Por movimientos del terreno: Las inclinaciones por expansividad tienen un resultado que varía según donde se origine el mayor abultamiento, en el centro provoca daños más intensos, que conllevan a movimientos verticales o al levantamiento del eje respecto al perímetro del edificio. Mientras que abultamientos hacia los extremos del edificio,

conlleven mayores asientos en el centro del edificio. Es lo que se conoce como arrufo (SENA, 2003).

Por tensiones tangenciales inducidas: Debido a inclinaciones de asiento y desviaciones como un movimiento diferencial de un pilar respecto al conjunto se pueden formar familias de grietas oblicuas o grietas verticales debido a la fatiga de la resistencia a tensión tangencial por consecuencia del equilibrio de fuerzas (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003).

Por esfuerzos de tracción inducidos: Similar al caso anterior, ocurren por consecuencia del equilibrio de fuerzas, en este caso, el mayor riesgo estructural ocurre cuando las tracciones son en la misma dirección del forjado, porque las grietas serán perpendiculares a ellas y por ende a las viguetas pudiendo llegar a quebrarlas (Asefa Seguros, 2011).

A continuación, se ilustran niveles de daños en distintos elementos estructurales clasificados en tres escalas; leve, modera y severa, las fotos se han obtenido en conjunto con las encuestas realizadas y se comparan con las ilustraciones del Manual de construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistentes de viviendas de mampostería (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2003).

5.2.2 Daños en muros fuertes de mampostería no reforzada.

Leve: Pequeñas grietas en los escollos de unión con el suelo o techo y en la mitad de altura de los pisos. No se muestran deslizamientos horizontales fuera del plano a rotura de mortero en lo extendido de las grietas.

Moderado: Grietas moderadas en los escollos de unión con el suelo o techo y en la mitad de la altura de los pisos que pueden exhibir roturas en el mortero.

Severo: Grietas en las líneas del suelo, cubierta y en la mitad de la altura de los pisos, que pueden presentar fisuras en el mortero y en los extremos de los módulos a lo largo del plano de rotura.

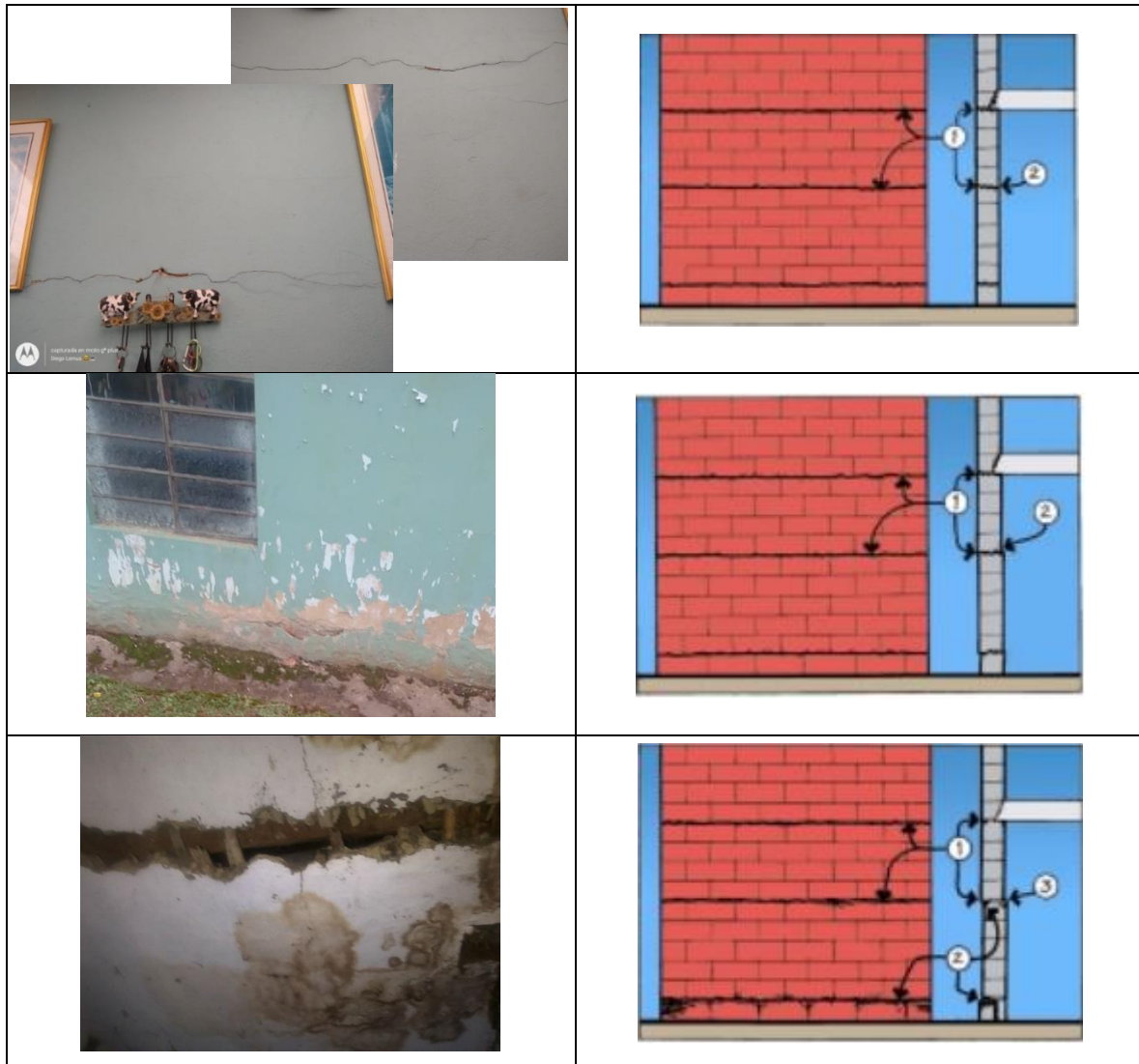


Tabla 6: Comparativa entre grietas reales encontradas versus ilustraciones del AIS para muros de mampostería no reforzada.

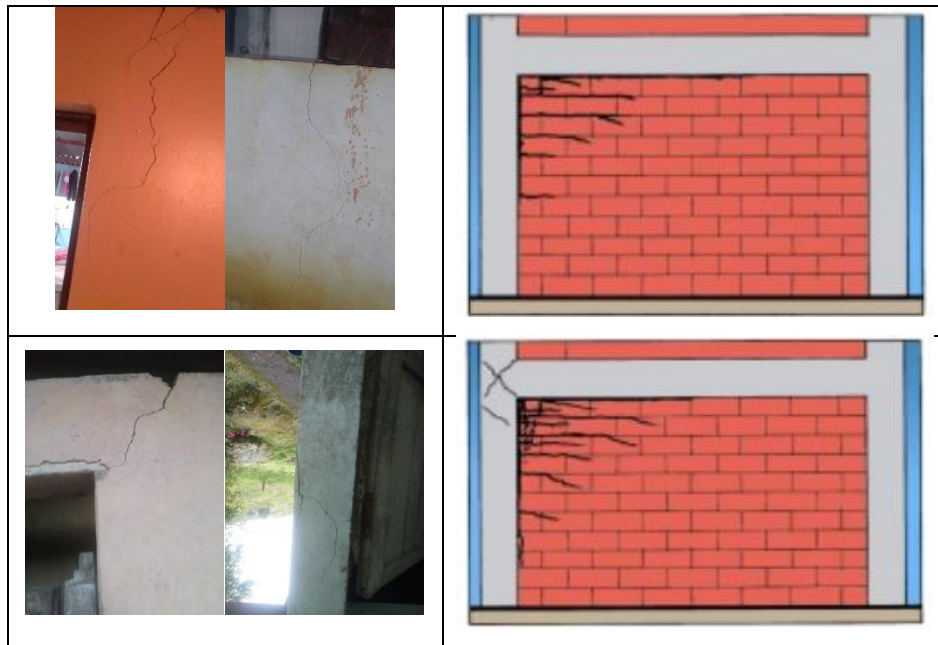
Fuente: Elaboración propia adaptada del Manual de AIS.

5.2.3 Daños en muros por rotura diagonal y en esquinas.

Leve: Separación del mortero alrededor del cuadro sucede antes en la interface viga-panel. Algunas grietas menores pueden ser obvias a lo largo de las hiladas.

Moderado: La cedencia del refuerzo prolongado ocurre antes en las vigas con grietas secundarias en las columnas.

Severo: Grietas extensas en las áreas de articulación de vigas y columnas llevando a fisurar el concreto en el muro. Grietas transversales pasan a través de las piezas de mampostería.



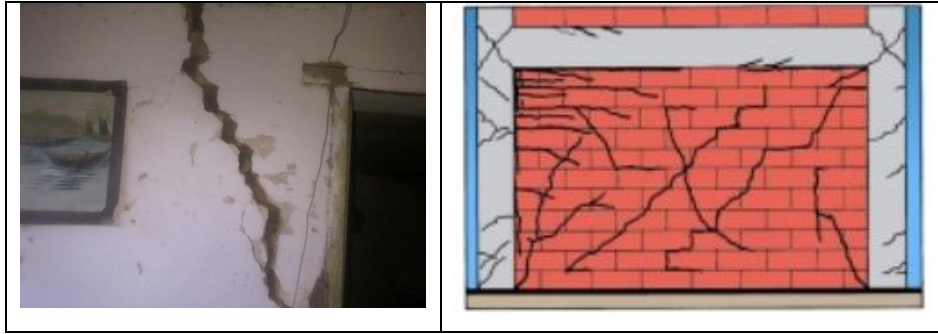


Tabla 7: Comparativa entre grietas reales encontradas versus ilustraciones del AIS para daños en esquinas.

Fuente: Elaboración propia adaptada del Manual de AIS.

5.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Bajo las condiciones del proyecto, se puede concluir que para prolongar la vida útil y mejorar el estado de las viviendas afectadas con un compuesto a base de cemento con fibras vegetales la más apropiada sería la fibra de caña de azúcar, esta decisión se fundamenta en los siguientes criterios:

- Si bien, la resistencia de la fibra de caña de azúcar (220-290 Mpa) es más baja que la fibra de algodón (alcanza los 800 Mpa), produce menos desperdicio y es menos nocivo para el ambiente.
- La caña de azúcar es ampliamente producida en Colombia, pero el bagazo tiende a convertirse en desperdicio difícil de tratar, emplearlo para producir la fibra sería una gran utilidad para ese desperdicio.
- Dada la basta cantidad de fibra de caña de azúcar que se puede producir, se podría abordar una amplia cantidad de viviendas en un lapso relativamente corto de tiempo.

El resultado de las encuestas revela que los habitantes de las veredas evaluadas habitan viviendas que necesitan atención pronta y oportuna.

Es destacable mencionar que poner en práctica esta dinámica colocaría a Colombia al frente de la innovación y el desarrollo sostenible en la región, sobretodo porque atacaría una problemática que se repite en varios sectores del territorio.

El desarrollo de los objetivos se concluye como satisfactorio, porque se logró un desarrollo concreto que permitió resolver la hipótesis planteada al principio.

En vista de las limitaciones de tiempo y contenido de esta investigación se sugiere ampliar las variables, tales como los tipos de fibras y las condiciones de mezclas para poder ampliar y motivar la profundización en esta materia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Agencia informativa del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología México. (11 de 2016). La fibra de coco, una alternativa sostenible para la construcción de cubiertas. *iResiduo*. Obtenido de <https://iresiduo.com/noticias/mexico/conacyt/16/11/21/fibra-coco-alternativa-sostenible-construccion-cubiertas>
- Ardanuy, M. (2017). *Refuerzos de fibras vegetales para materiales de construcción más sostenibles*. Cataluña: Publicaciones UPC. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/112237/Ardanuy%2c%20Monica.%20Refuerzos%20de%20fibras%20vegetales%20para%20materiales%20de%20construccion%20mas%20sostenibles.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arquitectura sostenible. (01 de 2021). El algodón como aislante natural y material sostenible. *Arquitectura sostenible*. Obtenido de <https://arquitectura-sostenible.es/algodon-aislante-natural-material-sostenible/>
- Asefa Seguros. (2011). *Patologías en cimentaciones. Análisis de grietas. 2ª Parte*. Madrid: Publicaciones Asefa Seguros. Obtenido de <https://www.asefa.es/comunicacion/patologias/51-patologias-en-cimentaciones-analisis-de-grietas-2o-parte>
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2003). *Manual de construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistente de viviendas de mampostería*. Medellín: FOREC.
- Castellón, M. d. (2017). *Fabricación y caracterización de materiales compuestos de matriz polimérica reforzados con fibras vegetales*. Publicaciones Universidad de Jaén.
- DANE. (2015). *Censo General 2015*. Une: Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- Encalada, A. L. (2014). *Estudio de compuestos cementíceos reforzados con fibras vegetales*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/41816044.pdf>
- Gómez, J. S. (2009). *DISEÑO DE UN MATERIAL COMPUESTO CON FIBRA NATURAL PARA SUSTITUIR LA UTILIZACIÓN DE FIBRA DE VIDRIO*. Medellín: Publicaciones Universidad EAFIT.

- Hernández, L., Martínez, N., Gómez, I., Espejo, A., López, A., & Ceja, J. (1986). *Las Fibras Vegetales*. México, D.F: Casa Abierta Al Tiempo.
- HORLASA. (27 de 05 de 2017). *HORLASA Construcción y servicios*. Obtenido de <https://horlasa.com/blog/tipos-refuerzo-estructural-rehabilitacion-edificios/>
- IDIGER. (2018). *Guía técnica para inspección de edificaciones después de un sismo*. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá.
- Leyva, M. d. (2014). *Durabilidad de compuestos a base de matrices minerales reforzados con fibras naturales*. Nuevo León: Publicaciones Universidad Autónoma de Nuevo León.
- López, A. (2017). *Estudio comparativo de diferentes tipos de fibras naturales para la fabricación de materiales compuestos biodegradables*. Leganés: Publicaciones UC3M. Obtenido de https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/28644/TFG_Andres_Lopez_Gorria_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mariscal, J. (2001). *ANÁLISIS DE PLACAS PLANAS DE FIBROCEMENTO EN SECCIÓN MIXTA CON PERFILES DE ACERO*. Manizales: Publicaciones UNAL.
- Martin Sendra, A. (2020). *Estudio comparativo de fibras naturales para reforzar el hormigón*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/160345/Mart%C3%ADn%20-%20Estudio%20comparativo%20de%20%20fibras%20naturales%20para%20reforzar%20hormig%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- MinAmbiente. (14 de 11 de 2018). *MINAMBIENTE*. Obtenido de Colombia le apuesta a las 9R en economía circular: <https://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/4225-colombia-le-apuesta-a-las-9r-en-economia-circular>
- Morán Arias, J. (2019). *Implantación de la Fibra de Carbono en Arquitectura. Estudio sobre cemento reforzado con fibra de carbono*. Madrid: Publicaciones Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/41816044.pdf>
- Paricaguán, B., & Muñoz, L. (2019). *Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar*. Valencia: Publicaciones

- Universidad de Carabobo. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/707/70760276009/html/>
- Quintero, S., & González, L. (2006). *Uso de fibra de estopa de coco para mejorar las propiedades mecánicas del concreto*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/28200147_Uso_de_fibra_de_estopa_de_coco_para_mejorar_las_propiedades_mecanicas_del_concreto
- Restrepo, S., Peláez, G., & Giraldo, D. (2016). *Uso de fibras vegetales en materiales compuestos de matriz polimerica: una revisión con miras a su aplicación en el diseño de nuevos productos*. Medellín: Publicaciones Universidad de Antioquia. Obtenido de <file:///D:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-UsodeFibrasVegetalesEnMaterialesCompuestosDeMatriz-5767279.pdf>
- Romero, D. W. (Noviembre de 2020). Personero Municipal. (M. F. Usme, Entrevistador)
- Saurabh Arvindbhai, J. (2014). *Effect on Strength of Concrete Incorporating Cotton Fiber and Silica Fume Conflow-SP Compressive strength Flexural strength*. Nueva Delhi: GEC, DAHOD. Obtenido de <http://ijsrd.com/Article.php?manuscript=IJSRDV2I6041>
- SENA. (2003). *Construcción de casas sismo resistentes de uno y dos pisos*. Medellín: Publicaciones del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA.
- Suares, J., Restrepo, J., Quinchía, A., & Mercado, F. (2017). *Fibras vegetales colombianas como refuerzo en compuestos de matriz polimérica*. Envigado: Publicaciones Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Suárez, K. (08 de 2018). Materiales de Construcción Sustentables. *Medium*. Obtenido de <https://medium.com/@kioooxsua/materiales-de-construcci%C3%B3n-sustentables-1427acc507eb>
- TexDelta. (03 de 2018). Fibras de refuerzo para hormigón. *El Blog de TexDelta*, 1. Obtenido de <https://texdelta.com/blog/fibras-de-refuerzo-para-hormigon/>
- Toirac, J. (2004). *Patología de la construcción grietas y fisuras en obras de hormigón; origen y prevención*. Santo Domingo: Redalyc. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/870/87029104.pdf>

Viviescas Restrepo, J. c. (2010). *Grietas en construcciones ocasionadas por problemas geotécnicos*. Medellín: Publicaciones Universidad EAFIT. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/47251294.pdf>

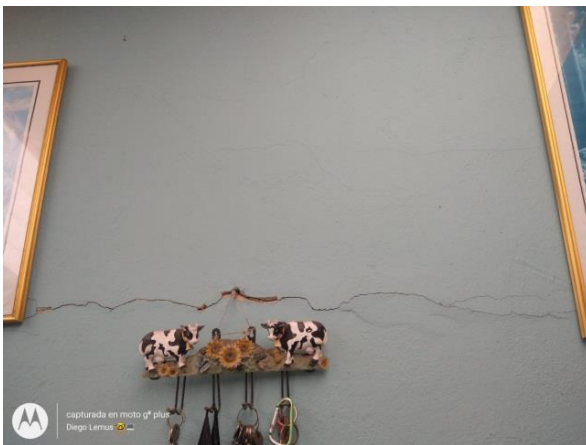
ANEXOS.

Registro de encuestas:

Encuesta de inspección rápida sobre daños existentes en las edificaciones del sector				
Instrucciones: Por favor, lea con detenimiento. Complete los espacios vacíos donde corresponda y enmarque en un círculo las preguntas de selección. Encuesta realizada estrictamente con fines académicos, formato adaptado del Instituto Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climático. ¡Muchas gracias por su colaboración!				
Identificación catastral				
Municipio	UNE CUNDINAMARCA			
Vereda	Timasita			
Nombre del predio	los robles			
Identificación sobre la edificación				
Uso principal:	1. Residencia.	X	4. Salud	7. Industria
	2. Institución		5. Hotelero	8. Oficina
	3. Educación		6. Comercio	9. Otro: _____.
Identificación sobre la estructura				
Sistema estructural	1. Pórticos de concreto.	X	4. Muros de ladrillo.	X
	2. Pórticos de acero		5. Muros de adobe	
	3. Pórticos de madera		6. Material precario	
7. Mampostería confinada		8. Mampostería reforzada		9. Mampostería sin refuerzo
Estado de la edificación				
Existe colapso	1. Total		2. Parcial.	X
Hay desviación o inclinación	1. Total		2. Parcial.	X
Falla o asentamiento de cimentación	1. Total		2. Parcial.	X
Daños en muros de fachadas	1. Ninguno		2. Leve.	X
Daños en muros divisorios	1. Ninguno		2. Leve.	X
Daños en acabados exteriores	1. Ninguno		2. Leve.	X
Daños en cielos rasos o luminarias	1. Ninguno	X	2. Leve	
Daños en cubiertas	1. Ninguno		2. Leve.	X
Daños en escaleras	1. Ninguno		2. Leve	
Clasificación de habitabilidad	1. Habitable	X	2. Restringir	
3. N/habitar			4. Riesgo colapso	
Condiciones pre existentes				
Calidad de la construcción	1. Buena		2. Regular.	X
Configuración en planta	1. Buena		2. Regular.	X
Configuración estructural	1. Buena		2. Regular	
Tipo de suelo	1. Duro.	X	2. Medio	
Tipo de cimentación	1. Superficial		2. Profunda	
Calidad de la cimentación	1. Buena		2. Regular.	X
3. Mala			4. S/D	

Hubo reparaciones anteriores	1. Total	2. Parcial. X	3. No	4. S/D
Hubo refuerzos estructurales	1. Total	2. Parcial	3. No. X	4. S/D
Descripción de edificación				
dormitorios	1. uno	2. dos. X	3. tres o mas	4. No hay
baño	1. uno. X	2. dos	3. No hay	
cocina	1. uno X	2. dos	3. No hay	
Descripción de daños				
la estructura de la casa presenta algunos daños como son grietas en las paredes como en el suelo por sucesos de movimiento de tierra				

Registro fotográfico:



Encuesta de inspección rápida sobre daños existentes en las edificaciones del sector				
Instrucciones: Por favor, lea con detenimiento. Complete los espacios vacíos donde corresponda y enmarque en un círculo las preguntas de selección. Encuesta realizada estrictamente con fines académicos, formato adaptado del Instituto Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climático. ¡Muchas gracias por su colaboración!				
Identificación catastral				
Municipio	UNE CUNDINAMARCA			
Vereda	Timasita			
Nombre del predio	Canoitas			
Identificación sobre la edificación				
Uso principal:	1. Residencia. X	4. Salud	7. Industria	
	2. Institución	5. Hotelero	8. Oficina	
	3. Educación	6. Comercio	9. Otro: _____.	
Identificación sobre la estructura				
Sistema estructural	1. Pórticos de concreto. X	4. Muros de ladrillo.	7. Mampostería confinada	
	2. Pórticos de acero	5. Muros de adobe. X	8. Mampostería reforzada	
	3. Pórticos de madera	6. Material precario	9. Mampostería sin refuerzo	
Estado de la edificación				
Existe colapso	1. Total	2. Parcial. X	3. No	4. S/D
Hay desviación o inclinación	1. Total	2. Parcial. X	3. No	4. S/D
Falla o asentamiento de cimentación	1. Total	2. Parcial. X	3. No	4. S/D
Daños en muros de fachadas	1. Ninguno	2. Leve. X	3. moderado	4. Fuerte
Daños en muros divisorios	1. Ninguno	2. Leve. X	3. moderado	4. Fuerte
Daños en acabados exteriores	1. Ninguno	2. Leve. X	3. moderado	4. Fuerte
Daños en cielos rasos o luminarias	1. Ninguno. X	2. Leve	3. moderado	4. Fuerte
Daños en cubiertas	1. Ninguno	2. Leve. X	3. moderado	4. Fuerte
Daños en escaleras	1. Ninguno	2. Leve	3. moderado	4. Fuerte
Clasificación de habitabilidad	1. Habitable X	2. Restringir	3. N/habitar	4. Riesgo colapso
Condiciones pre existentes				
Calidad de la construcción	1. Buena	2. Regular. X	3. Mala	4. S/D
Configuración en planta	1. Buena	2. Regular. X	3. Mala	4. S/D
Configuración estructural	1. Buena	2. Regular	3. Mala. X	4. S/D
Tipo de suelo	1. Duro.	2. Medio X	3. Blando	4. S/D
Tipo de cimentación	1. Superficial	2. Profunda	3. S/D. X	4. No hay
Calidad de la cimentación	1. Buena	2. Regular. X	3. Mala	4. S/D
Hubo reparaciones anteriores	1. Total	2. Parcial. X	3. No	4. S/D

Hubo refuerzos estructurales	1. Total	2. Parcial	3. No. X	4. S/D
Descripción de edificación				
dormitorios	1. uno	2. dos.	3. tres o más. X	4. No hay
baño	1. uno. X	2. dos	3. No hay	
cocina	1. uno X	2. dos	3. No hay	
Descripción de daños				

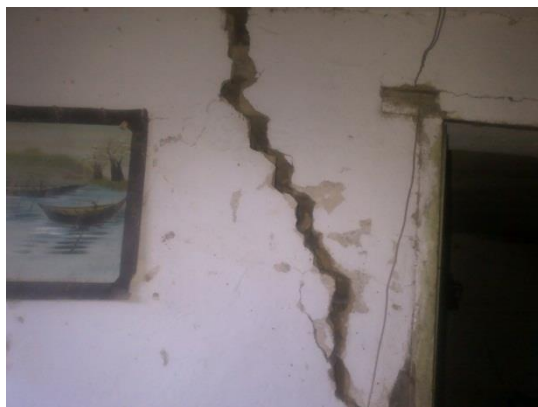
Registro fotográfico:



Encuesta de inspección rápida sobre daños existentes en las edificaciones del sector				
Instrucciones: Por favor, lea con detenimiento. Complete los espacios vacíos donde corresponda y enmarque en un círculo las preguntas de selección. Encuesta realizada estrictamente con fines académicos, formato adaptado del Instituto Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climático. ¡Muchas gracias por su colaboración!				
Identificación catastral				
Municipio	UNE CUNDINAMARCA			
Vereda	Timasita			
Nombre del predio	Manantial			
Identificación sobre la edificación				
Uso principal:	1. Residencia. X	4. Salud	7. Industria	
	2. Institución	5. Hotelero	8. Oficina	
	3. Educación	6. Comercio	9. Otro: _____.	
Identificación sobre la estructura				
Sistema estructural	1. Pórticos de concreto. X	4. Muros de ladrillo.	7. Mampostería confinada	
	2. Pórticos de acero	5. Muros de adobe.X	8. Mampostería reforzada	
	3. Pórticos de madera	6. Material precario	9. Mampostería sin refuerzo	
Estado de la edificación				
Existe colapso	1. Total	2. Parcial. X	3. No	4. S/D
Hay desviación o inclinación	1. Total. X	2. Parcial.	3. No	4. S/D
Falla o asentamiento de cimentación	1. Total	2. Parcial. X	3. No	4. S/D
Daños en muros de fachadas	1. Ninguno	2. Leve.	3. moderado.	4. Fuerte. X
Daños en muros divisorios	1. Ninguno	2. Leve.	3. moderado	4. Fuerte. X
Daños en acabados exteriores	1. Ninguno	2. Leve.	3. moderado	4. Fuerte. X
Daños en cielos rasos o luminarias	1. Ninguno. X	2. Leve	3. moderado	4. Fuerte
Daños en cubiertas	1. Ninguno	2. Leve. X	3. moderado	4. Fuerte
Daños en escaleras	1. Ninguno	2. Leve	3. moderado	4. Fuerte
Clasificación de habitabilidad	1. HabitableX	2. Restringir	3. N/habitar	4. Riesgo colapso
Condiciones pre existentes				
Calidad de la construcción	1. Buena	2. Regular.	3. Mala. X	4. S/D
Configuración en planta	1. Buena	2. Regular. X	3. Mala	4. S/D
Configuración estructural	1. Buena	2. Regular	3. Mala. X	4. S/D
Tipo de suelo	1. Duro.	2. Medio. X	3. Blando	4. S/D
Tipo de cimentación	1. Superficial	2. Profunda. X	3. S/D.	4. No hay
Calidad de la cimentación	1. Buena	2. Regular. X	3. Mala	4. S/D
Hubo reparaciones anteriores	1. Total	2. Parcial.	3. No. X	4. S/D
Hubo refuerzos estructurales	1. Total	2. Parcial	3. No. X	4. S/D
Descripción de edificación				

dormitorios	1. uno. X	2. dos.	3. tres o mas	4. No hay
baño	1. uno. X	2. dos	3. No hay	
cocina	1. uno	2. dos	3. No hay. X	
Descripción de daños				

Registro fotográfico:



Encuesta de inspección rápida sobre daños existentes en las edificaciones del sector				
Instrucciones: Por favor, lea con detenimiento. Complete los espacios vacíos donde corresponda y enmarque en un círculo las preguntas de selección. Encuesta realizada estrictamente con fines académicos, formato adaptado del Instituto Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climático. ¡Muchas gracias por su colaboración!				
Identificación catastral				
Municipio	UNE CUNDINAMARCA			
Vereda	Timasita			
Nombre del predio	Los pinos			
Identificación sobre la edificación				
Uso principal:	1. Residencia. X	4. Salud	7. Industria	
	2. Institución	5. Hotelero	8. Oficina	
	3. Educación	6. Comercio	9. Otro: _____.	
Identificación sobre la estructura				
Sistema estructural	1. Pórticos de concreto.X	4. Muros de ladrillo.	7. Mampostería confinada	
	2. Pórticos de acero	5. Muros de adobe	8. Mampostería reforzada	
	3. Pórticos de madera	6. Material precario	9. Mampostería sin refuerzo	
Estado de la edificación				
Existe colapso	1. Total	2. Parcial. X	3. No	4. S/D
Hay desviación o inclinación	1. Total	2. Parcial. X	3. No	4. S/D
Falla o asentamiento de cimentación	1. Total	2. Parcial. X	3. No	4. S/D
Daños en muros de fachadas	1. Ninguno	2. Leve. X	3. moderado	4. Fuerte
Daños en muros divisorios	1. Ninguno	2. Leve. X	3. moderado	4. Fuerte
Daños en acabados exteriores	1. Ninguno	2. Leve. X	3. moderado	4. Fuerte
Daños en cielos rasos o luminarias	1. Ninguno.X	2. Leve	3. moderado	4. Fuerte
Daños en cubiertas	1. Ninguno	2. Leve. X	3. moderado	4. Fuerte
Daños en escaleras	1. Ninguno	2. Leve	3. moderado	4. Fuerte
Clasificación de habitabilidad	1. HabitableX	2. Restringir	3. N/habitar	4. Riesgo colapso
Condiciones pre existentes				
Calidad de la construcción	1. Buena	2. Regular. X	3. Mala	4. S/D
Configuración en planta	1. Buena	2. Regular. X	3. Mala	4. S/D
Configuración estructural	1. Buena	2. Regular	3. Mala. X	4. S/D
Tipo de suelo	1. Duro. X	2. Medio	3. Blando	4. S/D
Tipo de cimentación	1. Superficial	2. Profunda	3. S/D. X	4. No hay
Calidad de la cimentación	1. Buena	2. Regular. X	3. Mala	4. S/D
Hubo reparaciones anteriores	1. Total	2. Parcial. X	3. No	4. S/D
Hubo refuerzos estructurales	1. Total	2. Parcial	3. No. X	4. S/D
Descripción de edificación				

dormitorios	1. uno	2. dos.	3. tres o más.X	4. No hay
baño	1. uno. X	2. dos	3. No hay	
cocina	1. uno X	2. dos	3. No hay	
Descripción de daños				

Registro fotográfico:



Encuesta de inspección rápida sobre daños existentes en las edificaciones del sector				
Instrucciones: Por favor, lea con detenimiento. Complete los espacios vacíos donde corresponda y enmarque en un círculo las preguntas de selección. Encuesta realizada estrictamente con fines académicos, formato adaptado del Instituto Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climático. ¡Muchas gracias por su colaboración!				
Identificación catastral				
Municipio	UNE CUNDINAMARCA			
Vereda	Timasita			
Nombre del predio	El Recuerdo			
Identificación sobre la edificación				
Uso principal:	1. Residencia. X	4. Salud	7. Industria	
	2. Institución	5. Hotelero	8. Oficina	
	3. Educación	6. Comercio	9. Otro: _____.	
Identificación sobre la estructura				
Sistema estructural	1. Pórticos de concreto.X	4. Muros de ladrillo. X	7. Mampostería confinada	
	2. Pórticos de acero	5. Muros de adobe	8. Mampostería reforzada	
	3. Pórticos de madera	6. Material precario	9. Mampostería sin refuerzo	
Estado de la edificación				
Existe colapso	1. Total	2. Parcial. X	3. No	4. S/D
Hay desviación o inclinación	1. Total	2. Parcial. X	3. No	4. S/D
Falla o asentamiento de cimentación	1. Total	2. Parcial. X	3. No	4. S/D
Daños en muros de fachadas	1. Ninguno	2. Leve. X	3. moderado	4. Fuerte
Daños en muros divisorios	1. Ninguno	2. Leve. X	3. moderado	4. Fuerte
Daños en acabados exteriores	1. Ninguno	2. Leve. X	3. moderado	4. Fuerte
Daños en cielos rasos o luminarias	1. Ninguno.X	2. Leve	3. moderado	4. Fuerte
Daños en cubiertas	1. Ninguno	2. Leve. X	3. moderado	4. Fuerte
Daños en escaleras	1. Ninguno	2. Leve	3. moderado	4. Fuerte
Clasificación de habitabilidad	1. HabitableX	2. Restringir	3. N/habitar	4. Riesgo colapso
Condiciones pre existentes				
Calidad de la construcción	1. Buena	2. Regular. X	3. Mala	4. S/D
Configuración en planta	1. Buena	2. Regular. X	3. Mala	4. S/D
Configuración estructural	1. Buena	2. Regular	3. Mala. X	4. S/D
Tipo de suelo	1. Duro. X	2. Medio	3. Blando	4. S/D
Tipo de cimentación	1. Superficial	2. Profunda	3. S/D. X	4. No hay
Calidad de la cimentación	1. Buena	2. Regular. X	3. Mala	4. S/D
Hubo reparaciones anteriores	1. Total	2. Parcial. X	3. No	4. S/D
Hubo refuerzos estructurales	1. Total	2. Parcial	3. No. X	4. S/D
Descripción de edificación				

dormitorios	1. uno	2. dos. X	3. tres o mas	4. No hay
baño	1. uno. X	2. dos	3. No hay	
cocina	1. uno X	2. dos	3. No hay	
Descripción de daños				

Registro fotográfico:

