

**TENDENCIA DE IMPACTO AMBIENTAL EN MATERIALES CONSTRUCTIVOS
DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES NO VIS: CASO DE ESTUDIO CONJUNTO
JARDÍN DEL RÍO DEL MUNICIPIO SAN JUAN DE PASTO**

MARIA JOSE GOYES MONTENEGRO

**UNIVERSIDAD CESMAG
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y BELLAS ARTES
PROGRAMA DE ARQUITECTURA
SAN JUAN DE PASTO
2025**

**TENDENCIA DE IMPACTO AMBIENTAL EN MATERIALES CONSTRUCTIVOS
DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES NO VIS: CASO DE ESTUDIO CONJUNTO
JARDÍN DEL RÍO DEL MUNICIPIO SAN JUAN DE PASTO**

MARIA JOSE GOYES MONTENEGRO

Trabajo de grado como requisito parcial para optar al título de Arquitecto

**Asesor:
Mario German Martínez Caicedo
Magister en construcción**

**UNIVERSIDAD CESMAG
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y BELLAS ARTES
PROGRAMA DE ARQUITECTURA
SAN JUAN DE PASTO
2025**

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

San Juan de Pasto, 14 de agosto de 2025

El pensamiento que se expresa
en esta obra es de exclusiva
responsabilidad del autor
y no compromete la ideología
de la Universidad CESMAG.

DEDICATORIA

Me parece haber sido sólo un niño jugando en la orilla del mar, divirtiéndose y buscando una piedra más lisa o una concha más bonita de lo normal, mientras el gran océano de la verdad yacía ante mis ojos con todo por descubrir”.

Isaac Newton (1642 – 1727)

AGRADECIMIENTOS

Agradezco, en primer lugar y principalmente, a Dios, a mis padres, mi hermana, y a mis gatitos por su incondicional apoyo, creer en mí y mis capacidades a lo largo de todo el proceso de formación en mi carrera dentro del programa de arquitectura.

De igual manera, deseo expresar mi más profundo y sincero agradecimiento al Arquitecto Magíster en Construcción Mario Germán Martínez Caicedo, asesor de mi trabajo de grado, por su constante acompañamiento, paciencia y dedicación en cada etapa de esta investigación. Su compromiso, exigencia académica y generosa disposición para compartir su conocimiento no solo guiaron el desarrollo metodológico y técnico de este estudio, sino que también inspiraron en mí un mayor sentido crítico y una visión más amplia sobre la sostenibilidad en la arquitectura, así mismo al arquitecto Jorge cárdenas por la dedicación que me brindo en la materia de proyecto final de carrera. Su apoyo ha sido esencial para convertir este proyecto en una experiencia de aprendizaje enriquecedora y significativa.

Y finalmente agradezco a los grupos de trabajo que hicieron parte de todo este proceso de crecimiento a lo largo de mi carrera, de quien aprendí, compartí, enseñé y fui feliz en toda esta época universitaria.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. ASPECTOS GENERALES DEL TRABAJO DE GRADO	22
1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN	22
1.2 CONTEXTUALIZACIÓN	22
1.2.1 Macro Contexto.	23
1.2.2 Micro Contexto.	25
1.3 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	28
1.3.1 Planteamiento del problema.	28
1.3.2 Formulación del problema.	28
1.4 JUSTIFICACIÓN	29
1.5 OBJETIVOS	31
1.5.1 Objetivo General.	31
1.5.2 Objetivos Específicos:	31
1.6 ÁREA DE INVESTIGACIÓN	32
1.7 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	32
1.8 ANTECEDENTES	33
1.8.1 Investigaciones aplicadas y aportes al problema.	33
1.8.2 Justificación del término “tendencia”.	34
1.9 ESTADO DEL ARTE	35
1.9.1 Evolución histórica de la sostenibilidad en la construcción.	35
1.9.2 Vacíos identificados y aporte del estudio.	40
1.9.3 Contexto investigativo del estudio.	40
1.10 MARCO TEÓRICO	40
1.10.1 Impacto ambiental en la construcción.	41
1.10.2 Ciclo de vida de los edificios.	41
1.10.3 Materiales de construcción y sostenibilidad.	42
1.10.4 Evaluación del impacto acumulativo.	42
1.10.5 Arquitectura ecológica y sostenibilidad.	43
1.10.6 Herramientas de medición del impacto ambiental: Eco-indicador 99.	43
1.10.7 Estrategias de mitigación y materialidad sostenible.	43
1.11 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	44
1.12 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	44
1.13 METODOLOGÍA	45
1.13.1 Paradigma.	45
1.13.2 Enfoque.	45
1.13.3 Método.	46
1.13.4 Población.	46
1.13.5 Muestra.	46
1.13.6 Tipo de Investigación.	47
1.13.7 Diseño de Investigación.	47

1.13.8 Técnicas de Recolección de la Información.	47
1.13.9 Instrumentos de Recolección de la Información.	48
1.13.10 Procesamiento de la Información.	48
2. EL PAISAJE FÍSICO DEL CONJUNTO JARDÍN DEL RÍO, BASE DEL ANÁLISIS AMBIENTAL	50
2.1 DETERMINANTES GEOGRÁFICAS	51
2.2 TAMAÑO Y DISTRIBUCIÓN	52
2.2.1 Arquitectónico.	58
2.2.2 Estructural.	62
2.3 GENERALIDADES	82
3. ANATOMÍA DE LA CONSTRUCCIÓN, INVENTARIO Y MATERIALES	84
3.1 PLANIMETRÍA DEL CASO DE ESTUDIO	84
3.2 VOLUMEN (M3)	112
3.3 VOLUMEN DEL ACERO	114
3.3.1 Calculo del peso del acero:	116
3.4 PESO ESPECÍFICO DE LOS MATERIALES	129
4. MATERIALIDAD BAJO LA LUPA, REVELANDO EL IMPACTO AMBIENTAL	131
4.1 ECO INDICADOR 99	132
4.2 INDICADORES DE IMPACTO AMBIENTAL DE CADA MATERIAL	133
4.3 CALCULO DE IMPACTO EN MILIPUNTOS	135
4.4 TENDENCIA DE IMPACTO AMBIENTAL	140
5. FUTURO SOSTENIBLE, ESCENARIOS DE MITIGACIÓN Y PROYECCIÓN DEL IMPACTO	142
5.1 ECO INDICADORES DE MATERIALES A SUSTITUIR	142
5.2 ESCENARIOS DE MITIGACIÓN DE IMPACTO	144
5.3 ANÁLISIS COMPARATIVO Y RESULTADOS	153
CONCLUSIONES	161
RECOMENDACIONES	167
BIBLIOGRAFÍA	170
ANEXOS	173

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Esquema de muros.	88
Tabla 2. Esquema de columnas.	96
Tabla 3. Esquema de vigas.	98
Tabla 4. Esquema de Zapatas.	101
Tabla 5. Esquema de Forjados.	104
Tabla 6. Esquema de Ventanas.	105
Tabla 7. Esquema de puertas.	107
Tabla 8. Volumen total de cada material del conjunto habitacional (32 viviendas).	112
Tabla 9. Cálculo de acero en columnas, muro de contención, zapatas, vigas longitudinales y transversales.	116
Tabla 10. Peso en unidades de kg de cada material presente en el caso de estudio.	129
Tabla 11. Eco Indicadores de impacto ambiental presentes en el caso de estudio.	133
Tabla 12. Impacto en milipuntos y porcentaje de impacto.	135
Tabla 13. Escenario uno de mitigación de impacto ambiental.	145
Tabla 14. Escenario dos de mitigación de impacto ambiental.	147
Tabla 15. Escenario tres de mitigación de impacto ambiental	149
Tabla 16. Escenario cuatro de mitigación de impacto ambiental.	151
Tabla 17. Valores del Peso y la Tendencia de impacto ambiental del modelo original y de los diferentes escenarios de mitigación.	156

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Plano de Localización Geográfica, Colombia – Nariño - San Juan de Pasto.	24
Figura 2. Plano de Localización Geográfica, comuna 9 de San Juan de Pasto.	25
Figura 3. Planta urbana Conjunto Jardín del Río.	26
Figura 4. Tipología de Vivienda NO VIS – Casa Típica - Conjunto Jardín del Río.	27
Figura 5. Topografía - Río Pasto – Asoleación y Vientos - Conjunto Jardín del Río.	52
Figura 6. Estado actual de las viviendas.	53
Figura 7. Planta Baja Arquitectónica – Parqueaderos.	54
Figura 8. Planta General Arquitectónica – Urbana – Primer Piso.	55
Figura 9. Módulo - Conjunto Residencial Jardín Del Río.	56
Figura 10. Zonificación - Vivienda Unifamiliar No Vis.	57
Figura 11. Corte Fachada - Conjunto Residencial Jardín Del Río.	58
Figura 12. Fachada - Vivienda Unifamiliar No Vis.	59
Figura 13. Corte A1-A1 - Corte A-A – Corte B-B.	60
Figura 14. Isometría Arquitectónica – Vivienda Unifamiliar No Vis.	61
Figura 15. Isometría Estructural – Vivienda Unifamiliar No Vis.	62
Figura 16. Detalles Constructivos Vigas Longitudinales - Ejes C - D – E.	63
Figura 17. Detalles Constructivos Vigas Transversales - Ejes 1 – 2 – 3 – 4.	69
Figura 19. Detalle de Losas y Puntos Fijos.	77
Figura 20. Planta Estructural – Cimentación.	79

Figura 21. Planta Estructural – Primer Piso.	80
Figura 22. Planta Estructural – Segundo y Tercer Piso.	81
Figura 23. Primer piso vivienda unifamiliar	84
Figura 24. Segundo piso vivienda unifamiliar.	85
Figura 25. Tercer piso vivienda unifamiliar – altillo.	86
Figura 26. Alzado vivienda unifamiliar.	87
Figura 27. Clasificación de muros nivel +3.00.	93
Figura 28. Clasificación de muros nivel +6.00.	94
Figura 29. Clasificación de muros nivel +9.00.	95
Figura 30. Clasificación de columnas nivel +3.00.	97
Figura 31. Clasificación de vigas - parqueaderos.	100
Figura 32. Clasificación de zapatas - cimentación.	103
Figura 33. Clasificación de Puertas y Ventanas nivel +3.00.	109
Figura 34. Clasificación de Puertas y Ventanas nivel +6.00.	110
Figura 35. Clasificación de Puertas y Ventanas nivel +9.00.	111
Figura 36. Logo de Aplicación De Software: Para calcular el VOLUMEN de los materiales.	114
Figura 37. Logo de Aplicación de software: Para calcular el volumen del ACERO.	114
Figura 38. Aplicación de software: Volumen de acero correspondiente al caso de estudio.	115
Figura 39. Densidad de los materiales en unidades de kg/m3.	128
Figura 40. Manual de eco indicadores de impacto ambiental.	132
Figura 41. Matriz de niveles de impacto.	137

Figura 42. Gráfica de barras del impacto ambiental en milipuntos (mPt).	138
Figura 43. Gráfica circular del porcentaje de impacto ambiental.	139
Figura 44. Grafica lineal de la tendencia de impacto ambiental.	140
Figura 45. Manual de Eco-indicadores de impacto ambiental de los materiales alternativos propuestos para la mitigación.	142
Figura 46. Densidad de los materiales en unidades de kg/m ³ .	143
Figura 47. Grafica lineal de la Tendencia de impacto ambiental del modelo original y de los diferentes escenarios de mitigación.	155
Figura 48. Grafica de las tendencias de mitigación de impacto ambiental.	157
Figura 49. Gráfica del Peso de mitigación de impacto ambiental.	159

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. SEGUNDO ENCUENTRO INTERNACIONAL DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN – PONENTE.....	173
ANEXO B. TERCER CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN ARQUITECTURA Y MEDIO AMBIENTE CIAM – ASISTENTE.....	174
ANEXO C. CONGRESO INTERNACIONAL I+ES – ASISTENTE	175
ANEXO D. PÓSTER DE INVESTIGACIÓN	176
ANEXO E. PLANOS CURADURÍA URBANA SEGUNDA DE PASTO.....	177
ANEXO F. MODELADO 3D EN ARCHICAD.....	178
ANEXO G. CÁLCULO DEL ACERO EN DL NET NIMBUS	179
ANEXO H. MANUAL ECO INDICADOR 99	180
ANEXO I. INVENTARIO Y ANÁLISIS DE IMPACTO DE MATERIALES EN EXCEL	181
ANEXO J. ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN.....	182

GLOSARIO

CICLO DE VIDA (CV): Etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema de producto, desde la adquisición de materias primas o su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final.

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (ACV): Metodología estandarizada que permite cuantificar los impactos ambientales asociados a un producto, proceso o actividad mediante la evaluación del ciclo de vida completo, desde la extracción de materias primas hasta la disposición final.

INVENTARIO DE CICLO DE VIDA (ICV): Evaluación detallada de todos los materiales, recursos y componentes utilizados durante la vida útil del edificio. Incluye desde la construcción hasta el mantenimiento y eventual demolición, con el objetivo de comprender el impacto ambiental, económico y social de cada etapa.

EVALUACIÓN DE IMPACTOS DEL CICLO DE VIDA (EICV): Análisis sistemático de los impactos ambientales, sociales y económicos asociados a un producto o servicio a lo largo de su ciclo de vida. Desde la extracción de materias primas hasta la producción, uso y disposición final, su objetivo es identificar, cuantificar y evaluar los efectos de cada etapa, facilitando la toma de decisiones para mejorar la sostenibilidad y reducir los impactos negativos.

ESCENARIOS DE MITIGACIÓN: Proyecciones o modelos que describen acciones y estrategias técnicas, económicas y políticas potenciales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y otros impactos ambientales negativos.

IMPACTO AMBIENTAL: Alteración negativa de las condiciones ambientales, como contaminación del aire, agua o suelo, degradación de hábitats, pérdida de biodiversidad, etc., causada por actividades humanas.

RECURSOS NATURALES: Elementos de la naturaleza renovables y no renovables que son aprovechados por los seres humanos para satisfacer sus necesidades, como agua, aire, minerales, fuentes de energía, etc.

ACERO: Material estructural intensivo en energía y emisiones de gases de efecto invernadero, presente en elementos como malla electrosoldada, varilla lisa o corrugada, herrajes, lámina steel deck y perfilería metálica.

ALUMINIO: Material no ferroso utilizado en ventanas, barandillas y otros elementos arquitectónicos, que combina propiedades como ligereza, resistencia a la corrosión, facilidad de moldeo y buen aislamiento térmico y acústico.

CIELO RASO: Revestimiento interior suspendido formado por paneles de yeso laminado fijados a una estructura metálica, utilizado para ocultar instalaciones y proporcionar un acabado liso y uniforme.

HORMIGÓN REFORZADO: Material compuesto por hormigón (cemento, grava, arena y agua) reforzado con barras o mallas de acero, lo que aumenta su resistencia a la tracción y flexión, utilizado en elementos estructurales como vigas, losas y columnas.

MAMPOSTERIA REFORZADA: Sistema constructivo que utiliza ladrillos o bloques junto con refuerzos de acero o concreto para aumentar la resistencia y estabilidad de las estructuras, haciéndolas más seguras y duraderas, especialmente frente a edificios de mayor altura y sismos. Se utiliza principalmente en muros portantes y estructuras con requisitos de carga.

MAMPOSTERIA: Técnica de construcción que utiliza unidades individuales, como ladrillos, bloques de concreto o piedra, que se ensamblan utilizando mortero. Puede ser maciza (sin huecos) o hueca. Se emplea en muros no portantes o divisores.

LADRILLO PERFORADO: Ladrillo que contiene huecos distribuidos en su interior diseñado para permitir el paso de barras de refuerzo de acero y la colocación de mortero en su interior. Este tipo de ladrillo proporciona mayor resistencia estructural y estabilidad, siendo ideal para construir muros en sistemas de mampostería reforzada, especialmente en zonas sísmicas.

LADRILLO HUECO: Pieza cerámica con perforaciones interiores utilizada en muros divisorios no estructurales, que proporciona aislamiento térmico y acústico.

LOSA COLABORANTE (STEEL DECK): Sistema de losa mixta formada por una chapa metálica de acero galvanizado que actúa como encofrado permanente y una capa de hormigón armado vertida in situ, lo que genera un elemento estructural ligero y resistente.

MURO DE CIMENTACIÓN: Elemento estructural de hormigón armado, parcialmente enterrado, que transmite las cargas de la edificación al terreno y proporciona estabilidad contra movimientos horizontales.

PISO LAMINADO: Recubrimiento para pisos formado por paneles sintéticos multicapa que imitan la apariencia de madera natural.

MORTERO DE RELLENO: Mezcla de cemento, arena y agua que se usa para llenar cavidades en mampostería reforzada, fijando el refuerzo y aumentando la resistencia del muro.

MORTERO DE PEGA: Mezcla de cemento, arena y agua que se utiliza para unir piezas de mampostería, como ladrillos o bloques, garantizando la cohesión y estabilidad del muro.

VIVIENDA NO VIS: Tipo de vivienda que no pertenece a la categoría de Vivienda de Interés Social (VIS). Está destinada a segmentos de mayor capacidad económica, con precios superiores al límite establecido para VIS, y suele ofrecer características y acabados de mayor calidad o en ubicaciones privilegiadas.

RESUMEN

El presente trabajo investigativo tuvo como objetivo evaluar la tendencia de impacto ambiental generada por los materiales constructivos empleados en viviendas unifamiliares no VIS. Se utilizó como caso de estudio el conjunto residencial Jardín del Río en el municipio de San Juan de Pasto, analizando una vivienda representativa de las 32 que conforman el conjunto. Se empleó una metodología con un enfoque cuantitativo, un paradigma positivista y utilizando un método científico. Se emplearon herramientas de recolección de datos como el eco-indicador 99. Los resultados evidenciaron que los materiales de construcción evaluados presentan una tendencia de impacto ambiental negativo, siendo los muros en mampostería estructural y el refuerzo de acero los componentes con mayor afectación. Por ello, se formularon cuatro escenarios de mitigación proponiendo el uso de materiales alternativos con menor huella ambiental. El escenario propuesto logró una reducción aproximada del 40% en comparación con los materiales convencionales. Se concluye que las viviendas no VIS analizadas presentan una tendencia de alto impacto ambiental debido al empleo de materiales poco sostenibles. Se recomienda implementar estrategias de construcción más conscientes del entorno, utilizar materiales con menor huella ecológica y establecer normativas que prioricen la sostenibilidad en la planificación y ejecución de proyectos.

Palabras claves: Viviendas unifamiliares, Impacto ambiental, Mitigación.

ABSTRACT

The objective of this research work was to evaluate the environmental impact trend generated by the construction materials used in non-VIS single-family homes. The Jardín del Río residential complex in the municipality of San Juan de Pasto was used as a case study, analyzing a representative home of the 32 that make up the complex. A methodology was used with a quantitative approach, a positivist paradigm and using a scientific method. Data collection tools such as eco-indicator 99 were used. The results showed that the construction materials evaluated present a trend of negative environmental impact, with structural masonry walls and steel reinforcement being the components with the greatest impact. For this reason, four mitigation scenarios were formulated proposing the use of alternative materials with a lower environmental footprint. The proposed scenario achieved an approximate reduction of 40% compared to conventional materials. It is concluded that the non-VIS homes analyzed present a trend of high environmental impact due to the use of unsustainable materials. It is recommended to implement construction strategies that are more aware of the environment, use materials with a lower ecological footprint and establish regulations that prioritize sustainability in the planning and execution of projects.

Keywords: single-family homes, environmental impact, mitigation.

INTRODUCCIÓN

El uso excesivo de recursos naturales ha generado un deterioro ambiental progresivo, afectando el equilibrio entre la producción natural y el consumo humano. En las últimas décadas, la preocupación por la sostenibilidad ha aumentado, en especial en el sector de la construcción y las obras civiles, que se reconocen como una de las principales fuentes de impacto ambiental al contribuir significativamente al cambio climático y a las emisiones de gases de efecto invernadero. De acuerdo con USAID, los proyectos de infraestructura consumen cerca del 50% de los recursos naturales, el 14% del agua potable, el 40% de las materias primas y el 72% de la electricidad mundial, lo que convierte a este sector en un foco prioritario de estudio.¹

En respuesta a esta problemática, han surgido herramientas como el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), el cual examina de manera imparcial y basada en evidencia los impactos ambientales generados por un producto o proceso desde su origen hasta su disposición final.² Aunque en Latinoamérica la aplicación del ACV es relativamente reciente, su importancia ha crecido como insumo para el diseño de políticas públicas y la toma de decisiones ambientales.³ En Colombia, el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS) ha planteado metas de reducción de emisiones y estrategias hacia la neutralidad de carbono al año 2050, lo que refuerza la necesidad de estudios aplicados en vivienda y urbanismo.⁴

El presente trabajo tiene como tema de investigación el análisis de ciclo de vida de la vivienda unifamiliar no vis en San Juan de Pasto, Nariño, con el fin de evaluar los impactos ambientales asociados a sus materiales y procesos constructivos. La investigación se desarrolla tomando como caso de estudio el conjunto residencial Jardín del Río, seleccionado por sus características tipológicas y representatividad dentro del contexto urbano.

El estudio se realiza porque existe un crecimiento acelerado de la ciudad, acompañado de deficiencias en la planificación urbana, lo que incrementa la huella ambiental de la vivienda.⁵ Comprender los impactos en esta escala resulta clave para identificar oportunidades de mejora en el diseño arquitectónico y en la gestión

¹ USAID. Documento Técnico de Soporte - Recomendaciones de Política Pública de Construcción y Urbanismo Sostenible. Informe Final. Bogotá: Consultoría para la formulación de la Política Nacional de Construcción y Urbanismo Sostenible (PCUS) para el Departamento Nacional de Planeación, 2013.

² LEIVA, Miguel. Teoría del Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Escuela de Organización Industrial – EOI.

³ UNEP/SETAC. Avances en el ciclo de vida en América Latina. París: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2014.

⁴ CONSEJO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE. Estrategia de largo plazo para la construcción sostenible en Colombia. Bogotá: CCCS, 2020.

⁵ ONU-HÁBITAT. Perfil Urbano de San Juan de Pasto. Nairobi: Programa de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, 2017.

de materiales de construcción.

Se hace para aportar conocimiento sobre los impactos diferenciales entre tipologías de vivienda, así como para fortalecer la base de datos nacional de inventarios de ciclo de vida, insumo aún limitado en Colombia. Trabajos previos, como el de Velasco Pantoja en el barrio Juan Pablo II de Pasto, han demostrado la utilidad de esta metodología para comprender los patrones de impacto ambiental en viviendas de interés social, pero también evidencian la necesidad de ampliar el análisis hacia otras tipologías residenciales.⁶ De manera complementaria, investigaciones como la de González, Pérez y Galeano, realizada en un edificio residencial en Bogotá, han contribuido a fortalecer la experiencia metodológica en Colombia y ofrecen un marco de comparación valioso.⁷

Metodológicamente, la investigación se desarrolló a través de un análisis de ciclo de vida (ACV) bajo las directrices de las normas ISO 14040, que definen los principios y requisitos para su aplicación.⁸ Se utilizó la unidad funcional por metro cúbico de construcción como medida de referencia, lo que permitió reflejar con precisión la proporción de impacto atribuida a cada material. La evaluación se realizó aplicando el método Eco-indicador 99 (EI99), que mide la magnitud de la afectación ambiental considerando salud humana, calidad del ecosistema y consumo de recursos, donde un mayor valor en mili puntos indica un impacto más alto.⁹

Como principales resultados, el estudio evidenció que los materiales con mayor participación en el volumen de la edificación son también los de mayor incidencia en la huella ambiental, en particular el acero y el concreto. Este hallazgo demuestra la necesidad de replantear su uso en proyectos de vivienda social y en políticas de construcción sostenible. En términos generales, se identificó una tendencia que refleja el patrón constructivo de la ciudad y señala los puntos críticos donde es posible intervenir para reducir impactos futuros. En este sentido, el uso del término “tendencia” en el título del trabajo se justifica porque los resultados obtenidos no surgen de un análisis aislado, sino que corroboran hallazgos de investigaciones previas realizadas en la misma ciudad¹⁰ y en otros

⁶ VELASCO PANTOJA, Santiago. Tendencia de impacto ambiental en viviendas de interés social: caso de estudio barrio Juan Pablo II – Pasto. Trabajo de grado (Arquitectura). Pasto: Universidad CESMAG, 2022.

⁷ GONZÁLEZ, Krystle Danitza; PÉREZ, Luisa Fernanda; GALEANO, Erika. Análisis del ciclo de vida de un edificio residencial en Colombia. *Inventum*. 2019, vol. 14, no. 27, p. 3-14. Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO.

⁸ INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 14040: Environment Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework. Ginebra: ISO, 2006.

⁹ PRÉ CONSULTANTS. Eco-indicator 99 Methodology Report. Amersfoort: PRé Consultants, 2001.

¹⁰ VELASCO PANTOJA, Óp. Cit., p.10.

contextos nacionales¹¹. De este modo, el presente estudio se inserta en una línea de evidencias acumuladas que permiten hablar de un patrón reiterado en el impacto ambiental de los materiales de construcción en vivienda, y no únicamente de un caso particular.

En conclusión, la investigación responde a la necesidad de visibilizar el impacto ambiental del sector de la construcción en Pasto, justificar la pertinencia de aplicar metodologías como el ACV en contextos locales y establecer un puente entre los compromisos globales de sostenibilidad y las prácticas cotidianas de la arquitectura en ciudades intermedias. Asimismo, aporta al campo académico al documentar un caso de estudio replicable, que puede servir de base para análisis comparativos y para la formulación de lineamientos de política pública en vivienda sostenible en Colombia.

¹¹ GONZÁLEZ, PÉREZ y GALEANO, Óp. Cit., p.3.

1. ASPECTOS GENERALES DEL TRABAJO DE GRADO

1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN

Es ampliamente reconocido que las cuestiones ambientales están estrechamente vinculadas a la planificación urbana deficiente. La construcción de ciudades ha llevado a la extracción excesiva de recursos naturales, el consumo elevado de energía, la generación de residuos de construcción y un impacto negativo en la biodiversidad. Es crucial comprender que el nivel de impacto ambiental depende de factores determinantes como la localización, la escala y el uso, el mantener una armonía entre el medio ambiente, lo social y lo económico es esencial.

En el marco de esta investigación de muestreo, el análisis integral proporcionará información valiosa para abordar no solo los problemas ambientales actuales, sino también para orientar futuros desarrollos urbanos hacia prácticas más sostenibles, es así, que se plantea el tema de esta investigación la cual busca establecer y analizar la tendencia de impacto ambiental generada específicamente por los materiales constructivos del caso de estudio (Conjunto Jardín del Río, construido en 2016 y clasificado como NO VIS)

Lo anterior con el objeto de identificar los materiales con impactos ambientales más significativos, comprender las prácticas de construcción y si factores como el estrato socioeconómico o el año de construcción han influido en la toma de decisiones más sostenibles o, por el contrario, han exagerado la tendencia de impacto ambiental. Abordar las problemáticas generadas por este tipo de edificaciones ayuda a proponer estrategias de mitigación que reduzcan su afectación directa sobre el medio ambiente, mejorando así la calidad de futuras construcciones en beneficio de la población que reside en ellas.

1.2 CONTEXTUALIZACIÓN

San Juan de Pasto, la principal ciudad de Nariño, Colombia, se destaca como un punto de convergencia único donde el crecimiento urbano se entrelaza con la fascinante topografía andina, mientras se impulsa una mayor conciencia sobre la sostenibilidad y la preservación de su legado arquitectónico. Ubicada al sur de la Cordillera Occidental, al pie del Volcán Galeras y a una altitud aproximada de 2.527 metros sobre el nivel del mar, la ciudad abarca alrededor de 2.367 hectáreas y alberga una población de aproximadamente 455.678 habitantes.

La posición de San Juan de Pasto resulta especialmente intrigante, ya que su ubicación geográfica se extiende hacia el sur, limitando con la frontera de Ecuador, hacia el norte con el departamento del Cauca, hacia el oriente con Putumayo, y hacia el occidente con el Océano Pacífico. Estas condiciones geográficas han dejado su huella en varios aspectos de la ciudad, desde la configuración de su arquitectura hasta la elección de materiales de construcción,

adaptándose a un rango de temperaturas que oscilan entre los 10 y 20 grados Celsius. Además, la topografía montañosa de los Andes donde se asienta la ciudad ha influido significativamente en su desarrollo urbano, con las onduladas laderas que han promovido un crecimiento más vertical y han establecido límites físicos que guían la planificación urbana. Como resultado, la arquitectura local se integra de manera armoniosa con el entorno natural, creando una interesante relación entre las creaciones humanas y el paisaje circundante.

Es importante resaltar la actividad sísmica relacionada con el Volcán Galeras, reconocido como el volcán más activo de Colombia. A lo largo de su historia, ha registrado numerosas erupciones de humo y ceniza que han afectado a San Juan de Pasto en distintas ocasiones. Estos eventos sísmicos han motivado la necesidad de reconstruir y adaptar las estructuras arquitectónicas, dando lugar a la implementación de nuevos sistemas constructivos más resistentes. A pesar de estos desafíos, la ciudad ha logrado conservar algunos edificios históricos que reflejan la influencia de la arquitectura colonial española.

1.2.1 Macro Contexto. San Juan de Pasto, una joya enclavada en los Andes y capital de Nariño, Colombia, se despliega majestuosamente al pie del Volcán Galeras, generando un entorno geográfico genuinamente único. Conformada por 12 comunas y 17 corregimientos distribuidos a lo largo de su extenso territorio, es una ciudad compacta y policéntrica, caracterizada por una compleja organización morfológica. El entramado urbano de San Juan de Pasto se entrelaza a través de sus comunas, cada una con una narrativa propia en la evolución de la urbe: desde la histórica Comuna Uno, en el centro neurálgico, hasta la expansiva Comuna Nueve en las zonas periféricas. Cada área refleja la riqueza y diversidad de esta metrópoli en constante desarrollo¹².

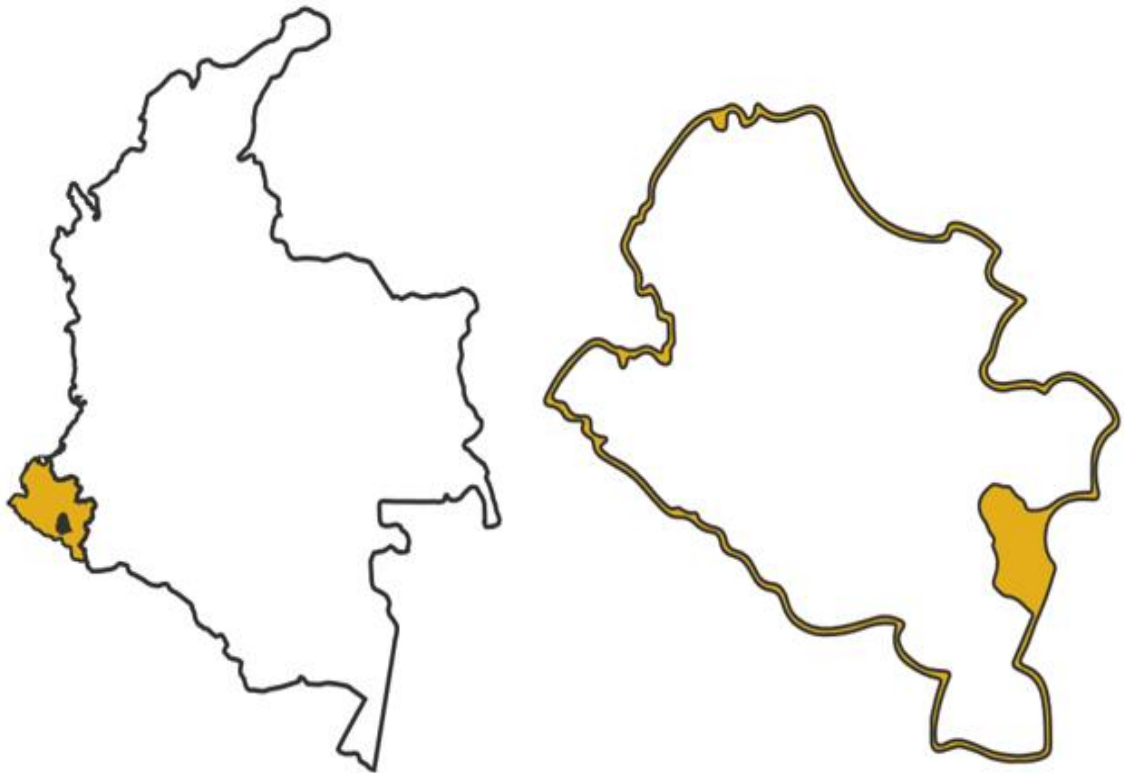
A lo largo de su evolución urbana, San Juan de Pasto ha experimentado un desarrollo planificado, guiado por diferentes propuestas delineadas en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), con el objetivo de equilibrar el crecimiento con la conservación del patrimonio y el medio ambiente. Este plan estratégico ha delimitado áreas para diversos fines, desde residenciales y comerciales hasta conservación ecológica, otorgando especial atención a la cuenca hidrográfica del río Pasto como un componente natural fundamental para la ordenación del territorio. Esto ha dado lugar a una armoniosa integración de la ciudad, adaptándose a las cambiantes necesidades de la población. La topografía montañosa no ha sido un obstáculo, sino más bien un impulso para el crecimiento vertical en algunas zonas, mientras que la demanda de expansión ha promovido un desarrollo más horizontal en otras áreas.

¹² ROSERO MONTEZUMA, Anyi Karina. Diagnóstico de la estructura territorial del municipio de Pasto como propuesta para el desarrollo turístico regional. Bogotá: s.n., 2010.

Las últimas propuestas han abrazado la innovación tecnológica y la sostenibilidad ambiental en la planificación urbana, promoviendo el uso de materiales eco-amigables, la creación de más espacios verdes, la apertura de calles peatonales y la adaptación a los retos climáticos, entre otros aspectos cruciales que guiarán el futuro desarrollo.

San Juan de Pasto, en su constante búsqueda de equilibrio, ha demostrado una notable habilidad para integrar armónicamente su entorno natural con el dinamismo urbano. Este éxito se ve fortalecido día a día por investigaciones cada vez más avanzadas y específicas, enfocadas en el desarrollo ambiental urbano y en comprender exhaustivamente el ciclo de vida de los edificios. Este enfoque, respaldado por la continua actualización de conocimientos, refleja el compromiso inquebrantable de la ciudad con la sostenibilidad y una evolución responsable en su entorno urbano.

Figura 1. Plano de Localización Geográfica, Colombia – Nariño - San Juan de Pasto.



Fuente: Esta investigación

1.2.2 Micro Contexto. El caso de estudio en cuestión se localiza en la Comuna 9 de San Juan de Pasto, Nariño, Colombia, como se ilustra en la (Figura 2). Esta zona se distingue por su variada mezcla de entornos naturales y desarrollo urbano, elementos relevantes que influyen directamente en la huella de carbono, su ubicación ofrece espacios naturales para el esparcimiento y la recreación, lo que puede tener un impacto positivo en la calidad del aire y la vida de los habitantes. Por otro lado, la proximidad al río Pasto, si bien agrega un atractivo natural, también plantea desafíos ambientales y de planificación urbana, como la vulnerabilidad a las inundaciones, la gestión adecuada de los residuos y la preservación de la calidad del agua, así como la mitigación de posibles impactos ambientales derivados del desarrollo urbano.

Figura 2. Plano de Localización Geográfica, comuna 9 de San Juan de Pasto.



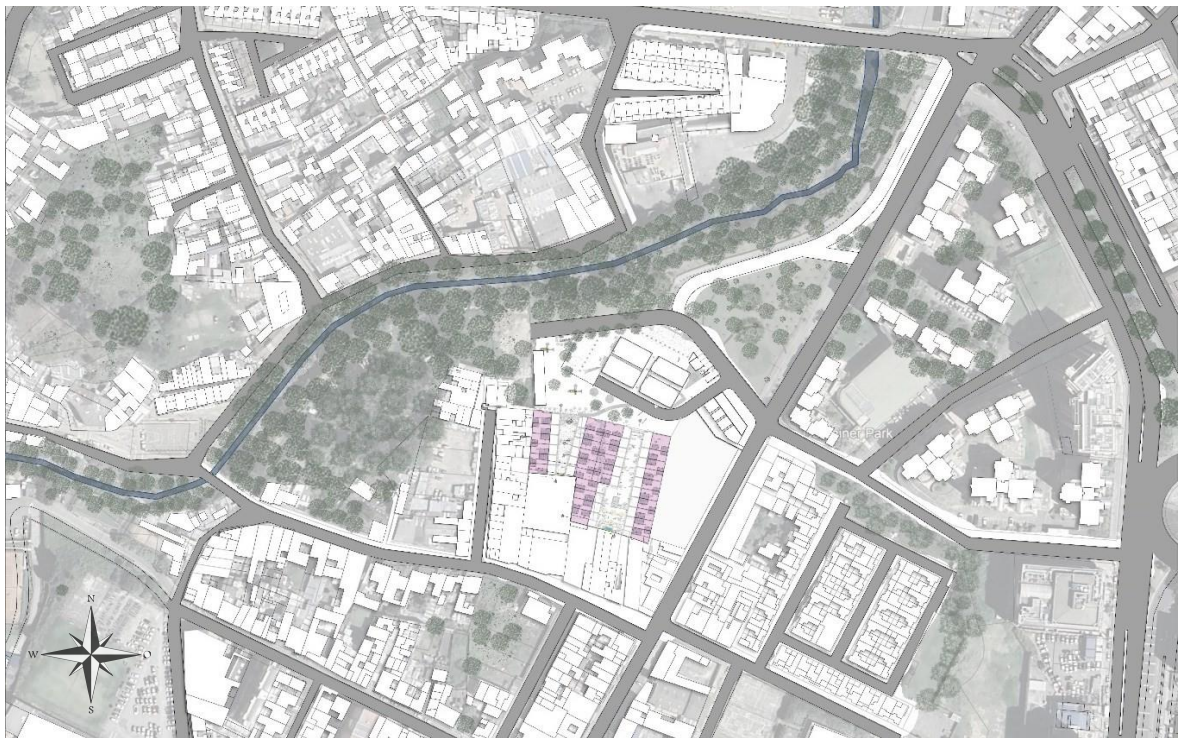
Fuente: Esta investigación

Por otra parte, el desarrollo urbano de la comuna 9 ubicada en la zona periférica norte de la ciudad, puede proporcionar un contexto relevante para analizar prácticas sostenibles en la construcción y el diseño urbano, ya que se enfoca en el uso de materiales sostenibles de alta calidad y durabilidad, así como revestimientos fabricados con materiales reciclados. Se prioriza la eficiencia energética mediante medidas como el aislamiento térmico, la instalación de

paneles solares y la recolección de aguas pluviales. Además, se busca obtener certificaciones ambientales reconocidas, como LEED (Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental), lo que implica la generación de menos residuos y la necesidad de menos reemplazos a lo largo del tiempo. La buena infraestructura vial y la conectividad con otras partes de la ciudad, incluida la vía panamericana que atraviesa el país, también son aspectos destacados.

Para ilustrar lo anterior, el estudio de caso evaluado, el Conjunto Residencial Jardín del Río (Figura 3), cumple con los requisitos de esta investigación. Actualmente, ocupa una extensión de terreno de 2755,313 m², con una superficie construida total de 8628,462 m², distribuida en tres pisos

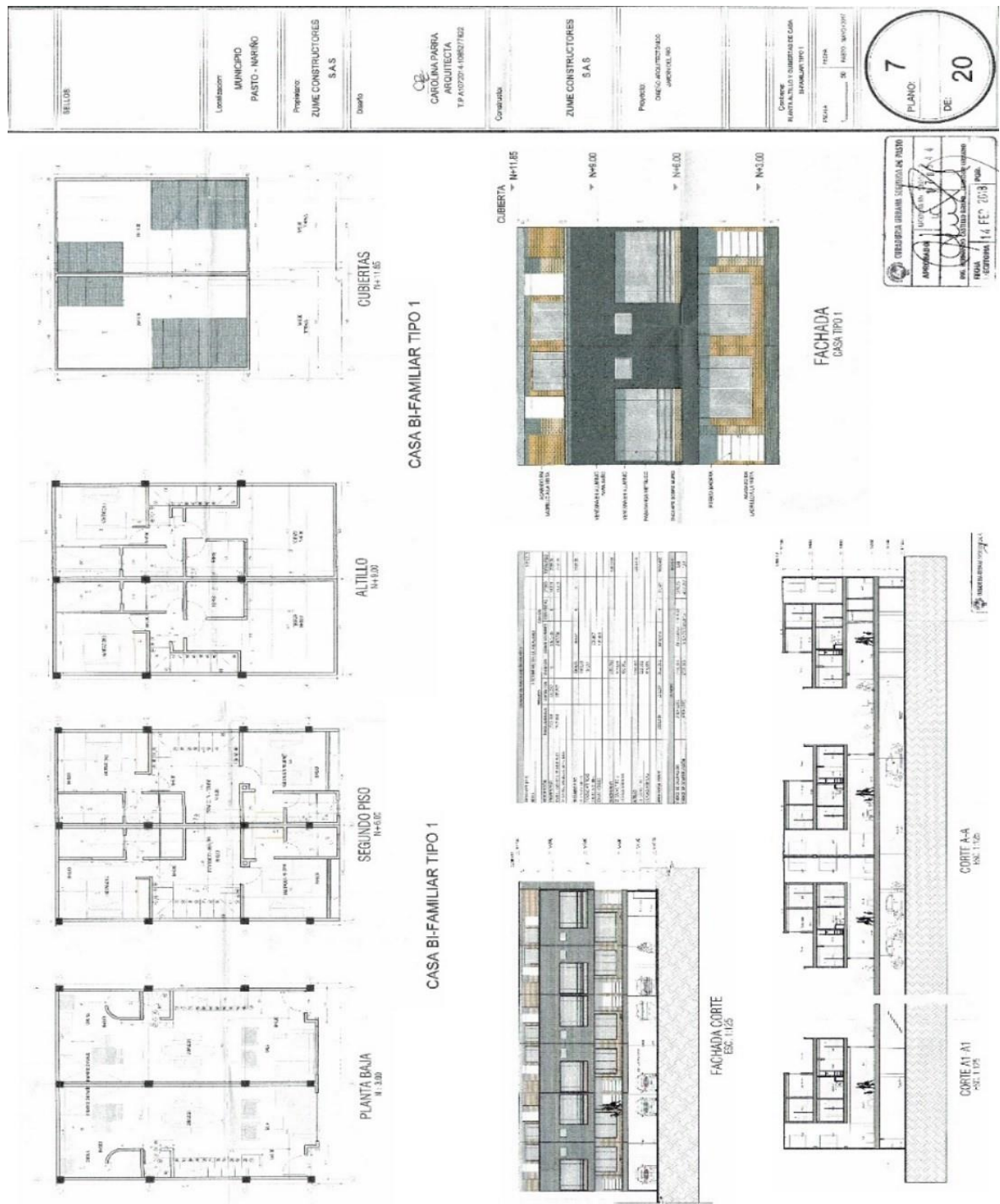
Figura 3. Planta urbana Conjunto Jardín del Río.



Fuente: Esta investigación

Clasificado como tipológico, un enfoque estratégico que intensifica la investigación sobre la huella de carbono es esencial, como también estimar que cuando estas prácticas se replican en numerosas viviendas, generan un impacto ambiental negativo significativo, no solo a nivel local, sino también a nivel urbano. Además, al aplicar estrategias de mitigación en un mayor número de espacios construidos con características similares, se logra una relevancia mayor para el estudio.

Figura 4. Tipología de Vivienda NO VIS – Casa Típica - Conjunto Jardín del Río.



Fuente: Curaduría urbana segunda – san juan de pasto.

1.3 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.3.1 Planteamiento del problema. La construcción, como sector estratégico en el desarrollo urbano, se ha consolidado como una de las actividades de mayor impacto ambiental, al demandar un elevado consumo de recursos naturales y energéticos, y generar una proporción considerable de emisiones contaminantes. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente estima que este sector es responsable del 35% del consumo global de recursos, el 38% del uso de energía y cerca del 12% del agua potable, además de producir el 40% de las emisiones de carbono a nivel mundial.¹³ Este panorama evidencia el síntoma central: la edificación de viviendas incrementa la presión sobre los ecosistemas y plantea riesgos para la estabilidad ambiental y social.

La causa principal de este fenómeno radica en el uso intensivo de materiales de construcción convencionales, como el acero y el concreto, cuya fabricación y aplicación demandan altos niveles de energía y provocan una significativa huella de carbono. Coelho y De Brito señalan que los impactos ambientales de la construcción no solo se generan en la fase de ejecución de obras, sino también en la extracción de materias primas y en la disposición de residuos al final de la vida útil de los edificios.¹⁴ Esta situación se agrava en contextos de urbanización acelerada, como el caso de San Juan de Pasto, donde el crecimiento de la ciudad ha estado acompañado de deficiencias en la planificación territorial y un escaso enfoque en la sostenibilidad de sus procesos constructivos.¹⁵

De mantenerse esta dinámica, el pronóstico es desfavorable: se incrementará la huella ecológica urbana y se dificultará el cumplimiento de las metas nacionales e internacionales en mitigación del cambio climático. En consecuencia, resulta necesario profundizar en metodologías que permitan cuantificar y visibilizar los impactos de los materiales de construcción. En este escenario, el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) constituye una herramienta metodológica pertinente, al ofrecer un enfoque integral para evaluar la magnitud y distribución de dichos impactos en casos concretos, y al mismo tiempo proporcionar insumos para replantear prácticas constructivas en ciudades intermedias como Pasto.

1.3.2 Formulación del problema. La industria de la construcción, crucial para el progreso, se enfrenta a importantes desafíos ambientales. Los materiales convencionales como el cemento y el acero generan una gran huella ecológica. En el Conjunto Residencial Jardín del Río, estos dos materiales son los más utilizados, evidenciando claramente un impacto ambiental significativo. Se

¹³ ORGANIZACIÓN DE NACIONES UNIDAS – ONU. Informe sobre medio ambiente y desarrollo sostenible. Nueva York: ONU, 2019.

¹⁴ COELHO, A.; DE BRITO, J. Influence of construction and demolition waste management on the environmental impact of buildings. Waste Management. 2011, vol. 31, no. 3, p. 431-438.

¹⁵ ALCALDÍA MUNICIPAL DE PASTO. Plan de Ordenamiento Territorial (POT) 2020–2035. Pasto: Alcaldía de Pasto, 2020.

emplearon herramientas estándar como el Eco Indicador 99 para medir este problema, revelando su magnitud. La falta de regulaciones y la arraigada preferencia por los materiales tradicionales agravan esta tendencia, especialmente dado que la construcción está ubicada cerca del río, exacerbando su impacto ambiental. Además, los desafíos en la transición hacia materiales más sostenibles se ven complicados por la resistencia al cambio y la necesidad de evaluar su viabilidad económica. Sin embargo, estas barreras no deben impedir la urgencia de adoptar prácticas constructivas más sostenibles.

La necesidad de esta intervención es crucial para entender la importancia de priorizar modelos de estrategias constructivas más amigables que permitan el mejor desarrollo de edificaciones de tipo NO VIS y poder proporcionar una funcionalidad adecuada del espacio. Lograr no solo direccionar la investigación hacia un entendimiento del estado actual real de la problemática si no también enfocado a la propuesta de proyecciones arquitectónicas que aporten a la mitigación de la misma. Es por lo anterior, que, para el desarrollo del presente estudio, se establece como parte principal el interrogante de ¿Cuál es la tendencia de impacto ambiental generada por materiales constructivos utilizados en viviendas unifamiliares no vis específicamente, el caso de estudio, conjunto Jardín del Río, y cómo es posible mitigarla?

1.4 JUSTIFICACIÓN

La investigación sobre el impacto ambiental causado por los materiales de construcción en el desarrollo de ciudades sostenibles se centra específicamente en el Conjunto Residencial Jardín del Río en San Juan de Pasto, Nariño. Dada su ubicación estratégica junto al río Pasto, enfrenta desafíos ambientales particulares. La preservación del río no solo conserva un recurso vital para la comunidad, sino que también promueve la biodiversidad local. Al respecto Garrett al afirma que "Los ríos saludables son esenciales para la biodiversidad y el bienestar humano, ya que proporcionan agua dulce, regulan el clima y mitigan los efectos de las inundaciones"¹⁶

La falta de regulaciones y la arraigada preferencia por materiales tradicionales son factores que agravan esta tendencia, lo que resulta en un alto índice de afectación a lo largo del desarrollo y la funcionalidad del proyecto. Las investigaciones centradas en la materialidad juegan un papel crucial para identificar los aspectos específicos y reales relacionados con la generación de residuos, contaminación, transformación del entorno y uso significativo de energía, especialmente durante la etapa constructiva del ciclo de vida de la vivienda, en ese orden de ideas

¹⁶ GARRETT, Rachael, et al. Apoyando las socio-bioeconomías de bosques en pie y ríos que fluyen saludables en la Amazonia. USA, 2023. p.7. Disponible en: https://www.laamazoniaquequeremos.org/wp-content/uploads/2023/08/PB-Bioeconomia-es_approved.pdf

Cabello¹⁷, esgrime que es ampliamente reconocido que los materiales de construcción tienen un impacto en el medio ambiente durante todo su ciclo de vida, comenzando desde la extracción y procesamiento de materias primas, y continuando hasta su disposición final como residuo.

Estas investigaciones se apoyan en herramientas estandarizadas de medición, como el Eco Indicador 99, que revelan la magnitud del problema y qué materiales tienen el mayor impacto. Por este motivo, se introducen nuevos elementos en la planificación con el fin de reducir la huella de carbono. Esta contribución directa a la planificación y ejecución de proyectos es fundamental para el diseño futuro de edificaciones más respetuosas con el medio ambiente, sentando las bases para un desarrollo urbano más consciente y sostenible en la ciudad y sirviendo como modelo replicable para proyectos futuros en San Juan de Pasto y otras áreas con desafíos similares. Además, la investigación proporcionará información valiosa para profesionales del sector, autoridades gubernamentales y la comunidad en general, promoviendo la transición hacia entornos construidos más sostenibles.

Hoy en día, existe una política global sobre ciudades sostenibles y construcción sostenible según el BID¹⁸. Por lo tanto, este estudio también busca contribuir a esa política global. En resumen, esta investigación representa una oportunidad crucial para influir en la toma de decisiones en el ámbito de la construcción, abriendo la puerta a un enfoque más consciente y responsable hacia el entorno de San Juan de Pasto. La mitigación de la tendencia de impacto ambiental de los materiales de construcción a través de la implementación de alternativas ecológicas no solo es un imperativo ético, sino también una necesidad ineludible para garantizar la habitabilidad del planeta para las generaciones futuras.

La conveniencia, de este documento radica en investigar y confrontar la tendencia del impacto ambiental en la vivienda unifamiliar no vis, específicamente en el conjunto Jardín del Río. Este enfoque responde a problemas urgentes y contribuirá significativamente a su mitigación.

Su relevancia social, de esta investigación busca abordar la problemática ambiental y convertirse en un modelo para arquitectos. Proporciona pautas para determinar la tendencia del impacto ambiental, con construcciones sostenibles, específicamente en la elección de materiales, beneficiando a toda la comunidad, más concretamente al Conjunto Residencial Jardín del Río.

¹⁷ CABELLO, Francisco Julio Arenas. Los materiales de construcción y el medio ambiente. Eco sostenible, 2008, no 41, p. 30-37. Par. 11. Disponible en: https://huespedes.cica.es/gimadus/17/03_materiales.html

¹⁸ BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO. Evaluación de la Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles. En: BID, 2016.

El valor teórico, se apoya en modelos de arquitectura sostenible y herramientas para evaluar el impacto ambiental durante la construcción. Se integran modelos teóricos existentes y normativas que rigen, proporcionando un marco metodológico sólido para la evaluación del impacto ambiental en el conjunto Jardín del Río. Esto sugiere una potencial generalización y aplicabilidad del enfoque a entornos urbanos con desafíos ambientales comparables.

El valor metodológico, se sustenta en principios sólidos, específicamente la ISO 14040 y los ECO INDICADORES 99. Establecen directrices claras para el análisis del ciclo de vida, proporcionando un marco robusto para evaluar el impacto ambiental en el conjunto residencial Jardín del Río. Cuantificar las afectaciones permitirá implementar buenas prácticas y medidas de mitigación, asegurando la eficaz planificación, operación y control de futuros proyectos.

Las implicaciones prácticas, no solo arrojan luz sobre la problemática ambiental en viviendas unifamiliares, sino que también tienen repercusiones futuras en el medio ambiente. Este enfoque práctico proporciona datos concretos que pueden guiar acciones y decisiones para minimizar el impacto en el medio ambiente y promover prácticas más sostenibles en el diseño y construcción de viviendas a futuro.

El interés, está dirigido tanto al grupo de estudio, en este caso, las viviendas del conjunto Jardín del Río, como a la comunidad en general. Los resultados tienen el potencial de impactar directamente en la calidad de vida de los residentes y de orientar futuros proyectos hacia prácticas más sostenibles.

La novedad, radica en la aplicación de una metodología rigurosa como la ISO 14040 a la arquitectura. Este enfoque innovador abre nuevas perspectivas para el análisis del impacto ambiental en la construcción de viviendas, contribuyendo así a la evolución del sector hacia prácticas más respetuosas con el medio ambiente.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General. Determinar por medio del Eco-Indicador 99 la tendencia de impacto ambiental generada por los materiales constructivos de la vivienda unifamiliar no vis, usando como caso de estudio el conjunto Jardín del Río del municipio San Juan de Pasto.

1.5.2 Objetivos Específicos:

- Delimitar las determinantes físicas del Conjunto Residencial Jardín del Río para establecer el alcance del estudio.
- Cuantificar los materiales constructivos que hacen parte del Conjunto Jardín del Río para calcular su peso en kilogramos.

- Aplicar el eco-indicador 99 como instrumento de medición para la identificación del impacto ambiental que genera el Conjunto Jardín del Río.
- Formular recomendaciones de materialidad que mitiguen el impacto ambiental en futuros desarrollos de vivienda unifamiliar no vis.

1.6 ÁREA DE INVESTIGACIÓN

Este estudio, alineado con el programa educativo de Arquitectura de la Universidad Cesmag, se enmarca en la investigación del Medio Ambiente. Su foco se centra en evidenciar y argumentar el impacto medioambiental generado por las viviendas unifamiliares no vis en la ciudad de San Juan de Pasto. Estas viviendas no solo tienen repercusiones negativas a nivel sectorial, sino que también afectan a toda la ciudad, influyendo en las condiciones medioambientales y el desarrollo urbano.

Además de identificar y comprender estas implicaciones, el estudio proporciona recomendaciones específicas sobre la elección de materiales que pueden mitigar el impacto ambiental en futuros desarrollos de viviendas unifamiliares no vis. El enfoque está dirigido hacia la sostenibilidad, buscando una mayor integración con el componente medioambiental y el entorno que se ocupa. Se espera que los resultados obtenidos contribuyan al desarrollo de una ciudad más sostenible y permitan una mitigación más efectiva del impacto en el entorno natural.

1.7 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Este estudio, alineado con el programa educativo de Arquitectura de la Universidad Cesmag, se enmarca bajo la línea de investigación de Ciudad, Paisaje Y Territorio. Explora la relación directa entre las construcciones de viviendas NO VIS y sus implicaciones en el entorno medioambiental, derivadas de la implementación de materiales específicos de alto impacto y la falta de integración estructural con el entorno. Este enfoque permite cuantificar el estado actual del impacto que promueve un entendimiento del fenómeno a nivel urbano.

Además de evaluar el impacto actual, buscan transformar el modelo arquitectónico vigente de las construcciones en San Juan de Pasto. Estas propuestas buscan integrar la funcionalidad necesaria, acorde con su condición de viviendas de estrato alto, sin dejar de abordar los impactos ambientales existentes. El objetivo es proyectar el desarrollo urbano de la ciudad hacia un modelo más sostenible, aprovechando de manera óptima los recursos y brindando beneficios tanto a nivel urbano como a los usuarios específicos de estos espacios a desarrollar.

1.8 ANTECEDENTES

Ningún estudio parte de cero; toda investigación se construye sobre conocimientos previos que permiten comprender mejor el problema planteado. En este apartado se presentan las investigaciones aplicadas, políticas y proyectos de referencia que constituyen los antecedentes directos del presente estudio, los cuales orientan el enfoque metodológico y fortalecen su pertinencia en el contexto local y nacional.

En Colombia, desde 2015 se han implementado políticas y regulaciones que buscan reducir los impactos ambientales del sector. Entre ellas destacan el CONPES 3919 y la Política Nacional de Edificaciones Sostenibles, que promueven prácticas de eficiencia energética y gestión responsable de materiales¹⁹. Asimismo, la Resolución 0549 de 2015 del Ministerio de Vivienda establece lineamientos técnicos para edificaciones sostenibles²⁰, mientras que, a nivel local, instrumentos como el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) en San Juan de Pasto refuerzan el vínculo entre planeación urbana y sostenibilidad²¹. Estas normas han contribuido a enmarcar los problemas ambientales de la construcción y orientar los objetivos de investigaciones recientes, incluida la presente.

Diversos estudios recientes han abordado el impacto ambiental en edificaciones y viviendas, especialmente mediante metodologías como el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y el Eco indicador 99, lo que permite establecer patrones de comportamiento ambiental en los materiales de construcción.

1.8.1 Investigaciones aplicadas y aportes al problema. De manera complementaria, distintos estudios han contribuido de forma directa a la formulación del problema y los objetivos de esta investigación.

En el contexto local, Velasco Pantoja²² analizó el barrio Juan Pablo II en Pasto, aplicando el método Eco-indicador 99 para determinar la tendencia de impacto ambiental en viviendas de interés social. Sus hallazgos evidenciaron que los materiales más comunes, como concreto y ladrillo, son también los de mayor incidencia negativa⁶. Este antecedente es crucial porque muestra un patrón replicable y señala la necesidad de corroborar si este comportamiento se mantiene en otras tipologías residenciales.

De forma complementaria, Uribe Granados aplicó el ACV a procesos constructivos bajo la norma ISO 14040, concluyendo que la sostenibilidad debe evaluarse de

¹⁹ DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Documento CONPES 3919: Política Nacional de Construcción Sostenible. Bogotá: DNP, 2018.

²⁰ MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Resolución 0549 de 2015. Bogotá: MVCT, 2015.

²¹ ALCALDÍA DE PASTO. Plan de Ordenamiento Territorial (POT) 2021-2033. Pasto: Alcaldía de Pasto, 2021.

²² VELASCO PANTOJA, Óp. Cit., p. 10.

forma integral, incorporando criterios sociales, ambientales y económicos. Su aporte metodológico reafirma la pertinencia del ACV como herramienta para medir impactos y orientar decisiones en proyectos de vivienda²³. Además, destaca su aplicabilidad en contextos locales.

En el contexto internacional, Huedo Dordá²⁴ propuso un modelo de evaluación ambiental de la envolvente de edificaciones, demostrando que las decisiones tomadas en fase de diseño influyen de manera significativa en el consumo energético y en las emisiones de CO₂ durante todo el ciclo de vida de la edificación²⁵. Este aporte resulta pertinente para esta investigación, en la medida en que evidencia que las elecciones relacionadas con los materiales y las soluciones constructivas generan impactos que trascienden toda la vida útil del edificio. En consecuencia, sustenta la importancia de centrar el análisis en los materiales de construcción como parte central de los objetivos específicos de este trabajo.

González, Pérez y Galeano²⁶, en Bogotá, desarrollaron un análisis de ciclo de vida en un edificio residencial, identificando que la etapa de uso concentraba más del 90% de los impactos, principalmente por consumo energético. Este antecedente evidencia la importancia de ampliar el análisis a distintas tipologías, pues las dinámicas de impacto pueden variar según el tipo de edificación. También subrayan la necesidad de mejorar la eficiencia energética.

Finalmente, desde la planificación urbana, Rueda²⁷ introdujo el concepto de urbanismo ecológico, con indicadores que permiten medir la sostenibilidad de los tejidos urbanos. Aunque no se centra únicamente en materiales, su aporte refuerza la necesidad de vincular la vivienda con el territorio y la ciudad. Propone integrar sostenibilidad y planificación de manera conjunta.

1.8.2 Justificación del término “tendencia”. Los antecedentes reseñados muestran una constante: tanto en investigaciones locales como internacionales, los materiales convencionales (concreto, ladrillo, acero) aparecen de forma reiterada como los principales responsables del impacto ambiental en la construcción. Estos resultados, al repetirse en distintos estudios, permiten identificar un patrón o tendencia documentada en la literatura.

²³ URIBE GRANADOS, María Jimena. Aplicación del análisis del ciclo de vida a diferentes procesos de la construcción. Bogotá: Universidad de Los Andes, 2022.

²⁴ HUEDO DORDÁ, Patricia. La evaluación del impacto ambiental de la envolvente del edificio como herramienta de apoyo en la fase de diseño, aplicada a viviendas. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2014.

²⁵ *Ibíd.*

²⁶ GONZÁLEZ, PÉREZ y GALEANO, Óp. Cit., p.30.

²⁷ RUEDA, Salvador et al. Urbanismo ecológico. Barcelona: Agencia de Ecología Urbana, 2012.

Por ello, el presente trabajo no utiliza la palabra “tendencia” de manera arbitraria, sino que la fundamenta en la evidencia previa y en el marco de una investigación mayor del semillero E.L.E. (Energy, Land & Environment) de la Universidad CESMAG, dentro del cual este estudio constituye un aporte puntual. En este sentido, la investigación busca corroborar y contrastar la tendencia ya identificada en estudios anteriores mediante un caso específico: la vivienda unifamiliar no vis en el conjunto residencial Jardín del Río en San Juan de Pasto.

De esta manera, los antecedentes no solo permiten identificar una tendencia documentada, sino también justifican la pertinencia de contrastarla en este caso de estudio, aportando datos adicionales que fortalecen la construcción colectiva de conocimiento sobre impactos ambientales en la vivienda en Colombia.

1.9 ESTADO DEL ARTE

El estado del arte expone la situación actual del conocimiento sobre la sostenibilidad y el impacto ambiental en la construcción, destacando los principales enfoques teóricos, metodológicos y conceptuales desarrollados a nivel global. Este apartado busca delimitar los fundamentos teóricos que sustentan la investigación y los vacíos existentes que justifican su realización.

1.9.1 Evolución histórica de la sostenibilidad en la construcción. El punto de partida conceptual se remonta a 1987, cuando las Naciones Unidas publicaron el Informe Brundtland, introduciendo el término desarrollo sostenible como aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer las de las generaciones futuras²⁸. Este hito transformó la forma de entender la relación entre crecimiento económico, sociedad y medio ambiente, extendiéndose posteriormente al campo de la arquitectura y la construcción. A lo largo del tiempo, la sostenibilidad en la construcción ha tenido distintos matices.

1940-1960: La prioridad era la reconstrucción tras la Segunda Guerra Mundial. El énfasis estaba en la funcionalidad y rapidez de las edificaciones, sin considerar criterios ambientales. Sin embargo, comenzaron a explorarse nociones de diseño bioclimático que sentaron bases para el futuro²⁹.

Década de 1970: Surgieron los primeros movimientos de arquitectura solar y bioclimática, que buscaron aprovechar recursos naturales como la luz y la ventilación, lo que introdujo por primera vez la idea de reducir el consumo energético en edificaciones³⁰.

²⁸ NACIONES UNIDAS. Informe de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo: Nuestro Futuro Común. Nueva York: ONU, 1987.

²⁹ CHACÓN VARGAS, Jairo Raúl. Historia ampliada y comentada del análisis de ciclo de vida (ACV). Revista de la Facultad de Ciencias Económicas, 2008, vol. 16, no. 2, p. 203-220.

³⁰ LARICO, Juan. Diseño bioclimático y arquitectura sostenible. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés, 1999.

Década de 1980: Aunque la sostenibilidad no era aún un concepto central, se dieron avances en eficiencia energética y captación solar pasiva³¹. Se empezó a reconocer la importancia del confort térmico y del aprovechamiento pasivo de la energía.

Década de 1990: Aparecieron las primeras certificaciones ambientales, como BREEAM en Reino Unido. Estas metodologías de evaluación establecieron criterios para medir y clasificar la sostenibilidad de los edificios, influyendo en la formulación de políticas públicas³².

Finales de 1990 – 2000: El diseño bioclimático se consolidó como un referente en la arquitectura sostenible. Este enfoque, que considera las condiciones climáticas locales para optimizar recursos, comenzó a aplicarse en América Latina²².

2000-2010: Se extendió el uso de materiales certificados, como la madera con sello FSC, lo cual garantizó la procedencia sostenible de los insumos de construcción³³. También se impulsaron certificaciones ambientales en edificaciones.

2010-2015: La crisis climática y los informes científicos pusieron en evidencia el agotamiento de recursos y el aumento de residuos de construcción. Esto motivó a integrar metodologías como el análisis de ciclo de vida (ACV) en la arquitectura²¹.

2016-2020: Las normativas internacionales, como la ISO 14040, y métodos como el Eco-indicador 99 se consolidaron como herramientas para evaluar impactos. Su aplicación fortaleció la medición ambiental en proyectos de construcción.

Avances metodológicos y teóricos relevantes:

Título: Historia ampliada y comentada del análisis de ciclo de vida (ACV)

Autor: Jairo Raúl Chacón Vargas ³⁴

Año: 2008

³¹ CARRILLO GONZÁLEZ, Graciela; GONZÁLEZ PARODI, Gretchen. Gestión de proyectos empresariales: el ecodiseño, un instrumento para la sostenibilidad. Caracas: Universidad Central de Venezuela, 2007.

³² RODRÍGUEZ, Jorge. Certificación BREEAM y sostenibilidad ambiental en edificaciones. Madrid: Editorial Síntesis, 1994.

³³ JIMÉNEZ, Pedro. La madera certificada FSC y la sostenibilidad en construcción. Santiago de Chile: Universidad de Chile, 2004.

³⁴ CHACÓN VARGAS, Jairo Raúl. Historia ampliada y comentada del análisis de ciclo de vida (ACV). Revista de la Facultad de Ciencias Económicas, 2008, vol. 16, no. 2, p. 203-220.

Este artículo realiza un análisis exhaustivo de la evolución histórica y de las tendencias del ACV desde sus inicios en la década de 1960 hasta la actualidad. Se documentan los factores que despertaron interés mundial en la herramienta y se repasan los hitos más significativos en su desarrollo en Estados Unidos, incluyendo los primeros intentos de estandarización y metodologías aplicadas. Posteriormente, se analiza la adopción del ACV en países europeos pioneros, como Reino Unido, Alemania, Bélgica, Suecia, Suiza e Italia, mostrando cómo estas naciones establecieron modelos replicables que permitieron la expansión del ACV en otras regiones. También se abordan experiencias en Asia, destacando Japón, China, Corea y Tailandia, y se dedica una sección a América Latina, resaltando el liderazgo de México, Chile, Brasil, Argentina y Colombia en investigación y aplicación de ACV. Finalmente, se identifican organizaciones y foros mundiales como UNEP-SETAC, que han promovido la difusión y estandarización del ciclo de vida, evidenciando que el ACV se ha consolidado como una herramienta global de gestión ambiental y planeamiento sostenible, permitiendo análisis comparativos y seguimiento de impactos acumulativos en diversos sectores.

Título: Gestión de proyectos empresariales: el ecodiseño, un instrumento para la sostenibilidad

Autores: Graciela Carrillo González, Gretchen González Parodi ³⁵

Año: 2007

El ensayo analiza la implementación de estrategias y herramientas de sostenibilidad en la gestión de proyectos empresariales, destacando la integración del ecodiseño como metodología para reducir impactos negativos y optimizar el uso de recursos. Se exploran herramientas como auditorías ambientales, análisis del ciclo de vida de productos y evaluaciones de impacto ambiental, demostrando cómo estas se aplican en distintos contextos organizacionales para promover prácticas más sostenibles. Se enfatiza la necesidad de balancear criterios económicos, ambientales y sociales, evidenciando que las organizaciones pueden mejorar su reputación y competitividad al mismo tiempo que disminuyen la huella ambiental de sus procesos productivos. El trabajo aborda, además, la adopción de estándares internacionales y normas de certificación ambiental como referentes en la planificación y ejecución de proyectos sostenibles. Se resalta cómo estas estrategias han generado un cambio de paradigma, pasando de una visión centrada únicamente en la eficiencia económica hacia un enfoque integral que incorpora la protección del medio ambiente y el bienestar social, proporcionando un marco conceptual útil para la evaluación y planificación de proyectos de construcción sostenible, en línea con las tendencias globales de responsabilidad ambiental.

³⁵ CARRILLO GONZÁLEZ y GONZÁLEZ PARODI, Óp. Cit., p. 20.

Título: Aplicación del análisis del ciclo de vida a diferentes procesos de la construcción

Autora: María Jimena Uribe Granados³⁶

Año: 2022

Este estudio desarrolla una metodología basada en la norma ISO 14040 para evaluar de manera integral los impactos ambientales de los procesos de construcción, incorporando aspectos económicos y sociales. Utiliza indicadores como el Eco-indicador 99 para cuantificar los efectos negativos asociados a materiales, actividades y fases constructivas, permitiendo establecer comparaciones entre distintas estrategias y procesos. La investigación destaca la importancia de considerar el ciclo de vida completo de los edificios, desde la extracción de materias primas hasta la disposición final, incluyendo transporte, construcción, uso y fin de vida. Los resultados subrayan que la sostenibilidad debe evaluarse de manera integral, equilibrando criterios ambientales con aspectos económicos y sociales, para garantizar que las decisiones constructivas reduzcan el impacto sobre el entorno. La propuesta metodológica permite generar información precisa y confiable, facilitando la toma de decisiones en proyectos de vivienda y edificaciones en general, y sirve como referencia para futuras investigaciones que busquen consolidar la integración de análisis de impacto ambiental en la planificación y diseño de proyectos constructivos sostenibles.

Título: El urbanismo ecológico

Autor: Salvador Rueda et al.³⁷

Año: 2012

Esta investigación aborda la planificación urbana desde una perspectiva ecológica, evaluando la sostenibilidad de los tejidos urbanos mediante indicadores que consideran densidad, diversidad, funcionalidad y cohesión social. La Agencia De Ecología Urbana De Barcelona propone un modelo urbano que integra dimensiones vertical, horizontal y subterránea, permitiendo medir impactos ambientales, movilidad sostenible, uso eficiente del suelo, gestión de residuos y promoción de áreas verdes. Además, se enfatiza la participación ciudadana en la planificación urbana, promoviendo entornos habitables y respetuosos con la biodiversidad. Los resultados evidencian que la planificación urbana no solo debe enfocarse en aspectos morfológicos, sino también funcionales, integrando análisis de impacto ambiental y social.

³⁶ URIBE GRANADOS, María Jimena. Aplicación del análisis del ciclo de vida a diferentes procesos de la construcción. Bogotá: Universidad de Los Andes, 2022.

³⁷ RUEDA, Op. Cit., p.15.

Este enfoque multidimensional facilita la toma de decisiones que optimicen la sostenibilidad de los proyectos urbanos, considerando efectos acumulativos en el tiempo y promoviendo un equilibrio entre crecimiento urbano y conservación ambiental. La metodología propuesta constituye una referencia global para evaluar la eficiencia y sostenibilidad de las políticas urbanas en distintas ciudades.

Título: Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA)

Autor: Walter Klöpffer ³⁸

Año: 2008

El estudio amplía el enfoque tradicional del ACV incorporando dimensiones económicas y sociales, además de la ambiental. Propone la metodología LCSA, que evalúa la sostenibilidad de productos y servicios considerando el triple balance: ambiental, social y económico. Se presentan herramientas para cuantificar impactos en toda la cadena de valor, desde la producción hasta la disposición final, incluyendo consumo de energía, emisiones, costos y repercusiones sociales. La investigación evidencia la tendencia global de integrar análisis multidimensionales para garantizar un enfoque más holístico y consistente de la sostenibilidad, orientando políticas, normativas y procesos productivos hacia una reducción efectiva de impactos negativos. Este enfoque permite establecer indicadores comparables y facilita la toma de decisiones estratégicas que promuevan un equilibrio entre desarrollo económico, responsabilidad social y cuidado ambiental, consolidándose como referencia metodológica en estudios de sostenibilidad a nivel internacional y como guía para la evaluación de proyectos de construcción más integrales y sostenibles.

Título: Life Cycle Assessment in the Built Environment: A Critical Review

Autores: Moncaster, A. M.; Symons, K. ³⁹

Año: 2013

Esta revisión crítica analiza la aplicación del ACV en edificaciones a nivel internacional, evaluando metodologías, indicadores y resultados reportados en diferentes países y contextos constructivos. Se identifican limitaciones como la falta de estandarización, insuficiencia de datos locales y dificultad de comparar resultados entre estudios, evidenciando vacíos en el conocimiento que deben ser abordados por investigaciones futuras. Asimismo, el trabajo presenta tendencias

³⁸ KLÖPFFER, Walter. Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA). Journal of Cleaner Production, 2008, vol. 16, p. 1146–1154.

³⁹ MONCASTER, A. M.; SYMONS, K. Life Cycle Assessment in the Built Environment: A Critical Review. Building and Environment, 2013, vol. 60, p. 81–90.

globales en la evaluación ambiental, mostrando cómo se están incorporando enfoques más completos y multidimensionales que consideran efectos acumulativos y sostenibilidad a lo largo de todo el ciclo de vida de la construcción. La revisión subraya la necesidad de metodologías consistentes y comparables que permitan realizar estudios fiables, sirviendo como referencia para investigadores y profesionales que buscan mejorar la eficiencia ambiental y la sostenibilidad en proyectos de construcción.

1.9.2 Vacíos identificados y aporte del estudio. A nivel global, los estudios coinciden en la necesidad de adaptar las metodologías internacionales de ACV a contextos locales, debido a la falta de bases de datos regionales y a la diversidad de condiciones constructivas. Este vacío justifica la relevancia de investigaciones que, como la presente, aplican herramientas de evaluación ambiental en contextos específicos. En este sentido, el estudio sobre la vivienda unifamiliar NO VIS en San Juan de Pasto aporta al estado actual del conocimiento al aplicar metodologías internacionales reconocidas (ACV y Eco indicador 99) en un entorno urbano colombiano, contribuyendo al fortalecimiento de datos locales y a la discusión sobre sostenibilidad en la construcción residencial.

1.9.3 Contexto investigativo del estudio. El presente Estado del Arte se centra en la revisión de investigaciones y metodologías que aportan a la comprensión del impacto ambiental en la construcción desde una perspectiva global y generalizada. Este trabajo forma parte del Semillero E.L.E. (Energy, Land & Environment) de la Universidad CESMAG, en el municipio de San Juan de Pasto. La participación en este semillero permitió incorporar los resultados acumulativos de investigaciones anteriores dentro de una macro investigación sobre impacto ambiental urbano, cuyos objetivos incluyen la identificación de tendencias y la corroboración de hipótesis previamente establecidas por estudios locales y regionales. Dentro de esta macro investigación ya existen resultados previos, como los de Velasco Pantoja, que analizó viviendas de interés social, y Zambrano Bravo, que estudió viviendas en altura; ambos emplearon metodologías basadas en ACV y Eco-indicador 99 para identificar tendencias de impacto ambiental. El presente estudio se enfoca en corroborar estos hallazgos en un caso de estudio propio, validando patrones y contribuyendo al conocimiento acumulativo del semillero E.L.E., lo que permite integrar los resultados en un marco más amplio de análisis de sostenibilidad y planificación urbana.

1.10 MARCO TEÓRICO

El marco teórico constituye la base conceptual de la investigación y orienta la aplicación metodológica. En este contexto, la tipología de Vivienda Unifamiliar No VIS, según la definición del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia, integra condiciones de habitabilidad y estándares de diseño y construcción, con un valor que oscila entre 135 y 150 salarios mínimos legales

mensuales vigentes y que no supera los 500 salarios mínimos⁴⁰. Las bases conceptuales que se presentan a continuación articulan el impacto ambiental de los materiales de construcción como eje central y están organizadas en bloques temáticos alineados con los objetivos específicos del estudio, de modo que se evite dispersión y se garantice la coherencia entre teoría y práctica en el caso de estudio Jardín del Río.

1.10.1 Impacto ambiental en la construcción. El impacto ambiental en la construcción se define como el conjunto de alteraciones sobre el medio natural y la salud humana producidas por actividades extractivas, productivas y de gestión de residuos asociadas a la edificación. Informes internacionales señalan que la edificación y su operación son responsables de una parte significativa del consumo energético y de las emisiones de gases de efecto invernadero⁴¹. En el caso de los materiales, la extracción y la fabricación concentran gran parte de las cargas ambientales (uso de energía, emisiones, uso de agua y generación de residuos). Asimismo, investigaciones como la de Calderón Vázquez⁴² evidencian que incluso en viviendas económicas, el consumo energético y la huella asociada constituyen una dimensión crítica para evaluar el impacto ambiental. Para esta investigación, entender el impacto ambiental es esencial para delimitar las determinantes físicas del Conjunto Residencial Jardín del Río (Objetivo 1), ya que orienta la selección de la tipología No VIS, la unidad de análisis conjunto habitacional y no vivienda individual, y la identificación de los efectos más relevantes asociados a la fase de producción de materiales⁴³.

1.10.2 Ciclo de vida de los edificios. El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) proporciona el marco para evaluar impactos ambientales de un producto o sistema en todas sus etapas: extracción de materias primas, producción, construcción, uso y fin de vida⁴⁴. La norma ISO 14040 establece principios y requisitos para aplicar el ACV de manera sistemática y comparable, garantizando transparencia y consistencia metodológica⁴⁵.

En edificación, cada etapa aporta impactos diferenciados; sin embargo, la fase de producción de materiales suele ser especialmente intensiva en consumo

⁴⁰ MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Definición y lineamientos para tipologías de vivienda No VIS. Bogotá: MinVivienda, 2018.

⁴¹ INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Ginebra: IPCC, 2022.

⁴² CALDERÓN VÁZQUEZ, Roberto. Modelo de metabolismo energético, a partir del consumo eléctrico de la vivienda económica de Mexicali, Baja California. 2011. Tesis Doctoral.

⁴³ PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE – UNEP. Global Environment Outlook. Nairobi: UNEP, 2019.

⁴⁴ CHACÓN VARGAS, Jairo Raúl. Historia ampliada y comentada del análisis de ciclo de vida (ACV). Revista de la Facultad de Ciencias Económicas, 2008, vol. 16, no. 2, p. 203-220.

⁴⁵ INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. 14040: Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework. Ginebra: ISO, 2006.

energético y emisiones. Investigaciones como la de Sanes Orrego⁴⁶ refuerzan que el ACV debe entenderse como un método integral para vincular sostenibilidad y sistemas productivos, aportando criterios para medir la huella ambiental de manera objetiva. Esta consideración justifica que la presente investigación delimite su alcance a la fase de producción (Objetivo 1), puesto que el inventario corresponde a los insumos ya incorporados en la vivienda y su impacto embebido, lo cual permite un análisis focalizado, reproducible y pertinente dentro del marco del ACV conceptualizado por Leiva⁴⁷. Asimismo, el ACV fundamenta la decisión metodológica de trabajar con un conjunto habitacional tipológico, garantizando que el estudio sea representativo, viable y comparable con tendencias documentadas en la literatura.

1.10.3 Materiales de construcción y sostenibilidad. La sostenibilidad de los materiales se evalúa por parámetros como energía incorporada, reciclabilidad, durabilidad, toxicidad y disponibilidad de contenidos reciclados. Se distingue entre materiales convencionales (cemento, acero, ladrillo) con alta intensidad energética en su producción y alternativas más sostenibles (madera certificada, materiales con contenido reciclado, aditivos puzolánicos) que reducen huella ecológica⁴⁸. Cuantificar los materiales en kilogramos es imprescindible para convertir el inventario en entradas válidas para un ACV y para cualquier indicador de impacto ambiental: el peso y la composición condicionan directamente la magnitud del impacto. Esto enlaza con el Objetivo 2, que exige la cuantificación de los materiales del Conjunto Jardín del Río, pues solo a partir de esa medición rigurosa se pueden calcular cargas ambientales comparables y proponer sustituciones o escenarios de mitigación.

1.10.4 Evaluación del impacto acumulativo. La Evaluación de Impacto Acumulativo (EIAc) considera la suma e interacción de impactos que se producen en un territorio por múltiples actividades y a lo largo del tiempo, revelando efectos sinérgicos que no aparecen en análisis aislados⁴⁹. En contextos urbanos la reiteración de patrones constructivos (uso sistemático de ciertos materiales) puede consolidar tendencias de daño que afectan la calidad del ecosistema y la salud poblacional. Aplicar un enfoque acumulativo fundamenta la elección de instrumentos que integren diversas categorías de impacto en una visión global (no fragmentada) del daño ambiental. Esto respalda el Objetivo 3, ya que la valoración con herramientas integradoras es necesaria para contabilizar la carga total de impactos producto del conjunto de materiales y orientar decisiones preventivas y de política urbana.

⁴⁶ SANES ORREGO, Aida. El análisis de ciclo de vida (ACV) en el desarrollo sostenible: propuesta metodológica para la evaluación de la sostenibilidad de sistemas productivos. 2012. Tesis Doctoral.

⁴⁷ LEIVA, Miguel. Teoría del Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Escuela de Organización Industrial – EOI. Madrid: EOI, 2015.

⁴⁸ CILENTO, A.; ACOSTA, J. Materiales sostenibles en la construcción. Bogotá: Universidad Nacional, 2018.

⁴⁹ MAZA, J. Evaluación de impactos acumulativos en proyectos urbanos. Medellín: UPB, 2015.

1.10.5 Arquitectura ecológica y sostenibilidad. La arquitectura ecológica plantea principios de diseño que buscan la eficiencia energética, la minimización de la demanda hídrica, la selección de materiales de bajo impacto y la integración con el entorno natural⁵⁰. Este enfoque no solo busca disminuir los impactos acumulativos a lo largo del ciclo de vida de la edificación, sino que también proporciona un marco de interpretación para las herramientas de medición ambiental. En la práctica, la selección material y las soluciones pasivas influyen decisivamente en las emisiones y consumos futuros; por ello, la arquitectura ecológica constituye el marco conceptual desde el cual se interpreta la medición del impacto ambiental. Su consideración es especialmente relevante para el Objetivo 3, ya que permite que la aplicación del Eco-indicador 99 no se reduzca a un ejercicio técnico de cálculo, sino que se convierta en una herramienta para evaluar si las decisiones constructivas y de diseño del Conjunto Jardín del Río se alinean o no con los principios de sostenibilidad integral que promueve la arquitectura ecológica. De esta forma, los resultados obtenidos con el Eco-indicador 99 trascienden la cuantificación de impactos y se transforman en insumos para orientar estrategias de diseño y materialidad más responsables.

1.10.6 Herramientas de medición del impacto ambiental: Eco-indicador 99. El Eco-indicador 99, desarrollado y difundido por PRÉ Consultants, transforma inventarios del ACV en tres categorías de daño: salud humana, calidad de los ecosistemas y agotamiento de recursos, mediante un modelo de daños que permite sumar, ponderar y comparar impactos⁵¹. Su uso es frecuente en investigación de productos, ecodiseño y evaluación de materiales, y se ha aplicado en estudios de construcción para priorizar materiales y procesos con mayor contribución al daño ambiental. En este marco teórico se expone qué es el Eco-indicador 99, qué mide y cómo se integra conceptualmente con el ACV; no obstante, cabe aclarar que el Eco-indicador 99 no constituye una variable de investigación, sino un instrumento de medición cuya aplicación práctica y procesamiento de datos se describen en el apartado metodológico de este trabajo (véase sección de metodología). De ese modo queda claro su papel como fundamento conceptual y su lugar operativo dentro del estudio.

1.10.7 Estrategias de mitigación y materialidad sostenible. Las estrategias de mitigación que reducen la huella ambiental se basan en la sustitución por materiales con menor energía incorporada, el empleo de contenido reciclado, la optimización de procesos productivos y la economía circular (reutilización y reciclaje en fin de vida)⁵². Ejemplos aplicables al contexto local incluyen el uso de aditivos puzolánicos en cementos, incremento del contenido reciclado en acero y

⁵⁰ CALDERÓN, P. *Arquitectura ecológica: teoría y práctica*. Barcelona: Gustavo Gili, 2012.

⁵¹ PRÉ CONSULTANTS. *Eco-indicator 99 Methodology Report*. Amersfoort: PRÉ Consultants, 2001.

⁵² PACHECO-TORGAL, F.; JALALI, S. *Eco-efficient construction and building materials*. Londres: Woodhead Publishing, 2011.

la incorporación de materiales locales y de baja energía embebida como tierra estabilizada o bloques con residuo industrial. Estas estrategias sirven de base para las recomendaciones prácticas exigidas en el Objetivo 4: a partir de los resultados de impacto (medidos mediante el instrumento eco indicador 99) se pueden formular propuestas concretas de materialidad y buenas prácticas que mitiguen la huella ambiental en futuros desarrollos de vivienda unifamiliar No VIS, vinculando la teoría con la acción técnica y política.

En síntesis, el marco teórico articula conceptos clave que explican y justifican cada decisión metodológica de la investigación, teniendo como eje central el impacto ambiental de los materiales de construcción. Cada bloque temático aporta al cumplimiento de los objetivos: desde la delimitación del alcance (Objetivo 1), pasando por la cuantificación de materiales (Objetivo 2), la evaluación integral de impactos (Objetivo 3) y, finalmente, la formulación de estrategias de mitigación (Objetivo 4). De esta manera, se asegura la coherencia entre teoría y práctica, garantizando que la investigación no solo mida impactos, sino que también ofrezca soluciones orientadas hacia la sostenibilidad en la construcción de vivienda unifamiliar No VIS.

1.11 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

En el ámbito de la investigación, es esencial tener en cuenta una variedad de factores para comprender completamente el panorama. En primer lugar, es crucial medir la cantidad y tipo de materiales utilizados en la construcción, como madera, acero y concreto. Luego, se utilizan los eco indicadores 99, estándares que consideran daños a recursos, al ecosistema y a la salud, para tener una idea clara del impacto ambiental. Una vez que se ha aplicado esta metodología de manera general, se analizan otras variables importantes, como las emisiones de gases de efecto invernadero, el consumo energético durante la producción (incluyendo la maquinaria utilizada) y el transporte desde el origen hasta el lugar de construcción. En un estudio específico, se examinan aspectos más detallados, como las emisiones durante la construcción, los procesos de construcción, la utilización de recursos naturales y la durabilidad de los materiales. La eficiencia y sostenibilidad de los métodos de construcción son cruciales para identificar prácticas que puedan reducir el impacto ambiental. Explorar opciones más respetuosas con el medio ambiente y evaluar su viabilidad económica y técnica es fundamental. Este enfoque integral no solo mejora la comprensión de la situación, sino que también puede allanar el camino hacia prácticas más sostenibles en el futuro.

1.12 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

La hipótesis inicial plantea que el impacto siempre se espera que sea alto, ya que es imposible alcanzar un impacto ambiental cero (no hasta que exista una fuente de energía infinita). Esta afirmación se sustenta en la naturaleza intrínseca de los materiales convencionales utilizados en la construcción, como el cemento y el

acero, que históricamente han demostrado generar una huella ecológica considerable. Al observar el inventario del Conjunto Residencial Jardín del Río, específicamente la preeminencia de estos dos materiales en mayor cantidad, se evidencia una clara tendencia de impacto ambiental. La investigación se centrará en confirmar y cuantificar esta tendencia, así como en explorar estrategias y alternativas que puedan mitigar, en la medida de lo posible, dicho impacto ambiental.

1.13 METODOLOGÍA

1.13.1 Paradigma. Se contempló el paradigma Positivista, donde se postula que el conocimiento se adquiere mediante la observación imparcial, la medición de los hechos y la recopilación de datos empíricos. Se emplean métodos científicos rigurosos y cuantitativos para garantizar resultados reproducibles y mensurables. Desde esta perspectiva, se considera que hay leyes naturales universales que rigen el comportamiento de los fenómenos observados, buscando identificar patrones y regularidades consistentes en diferentes contextos. Los investigadores, en línea con este enfoque, se dedican a descubrir patrones específicos relacionados con los materiales utilizados en viviendas unifamiliares no visibles. Priorizando la observación y la medición sistemática, su objetivo es comprender la realidad actual y formular predicciones válidas. También se enfocan en controlar variables relevantes para entender mejor las relaciones causa-efecto derivadas de la elección de ciertos materiales de construcción en este tipo de viviendas. La materialidad seleccionada se convierte así en el punto central que desencadena las dinámicas específicas exploradas en la investigación.

1.13.2 Enfoque. Un enfoque de investigación cuantitativa para analizar la tendencia ambiental inducida por los materiales de construcción se justificó por diversas razones. En primer lugar, este enfoque permitió una medición precisa y objetiva de variables específicas relacionadas con el impacto ambiental, como las emisiones de carbono, el consumo de recursos naturales y la generación de residuos. La capacidad de cuantificar estos aspectos proporciona una base sólida para la comparación entre diferentes tipos de materiales. Además, facilitó comparaciones estadísticas que ayudaron a identificar patrones y relaciones significativas entre variables. Esto no solo mejoró la comprensión del impacto relativo de los materiales de construcción, sino que también contribuyó a la toma de decisiones informadas. Asimismo, su capacidad para analizar conjuntos de datos extensos, comúnmente presentes en estudios ambientales, fue crucial para revelar patrones a gran escala y extraer conclusiones significativas. Además, los métodos cuantitativos simplificaron la búsqueda de relaciones causales entre el tipo de material de construcción y su impacto ambiental, proporcionando información valiosa para la formulación de políticas y prácticas sostenibles en la industria de la construcción.

La metodología de investigación se apoyó en herramientas como los eco indicadores 99 (basados en la norma ISO 14040), que sirvieron como base para la recopilación y evaluación de datos. Estos indicadores ambientales especializados ofrecieron una estructura metodológica sólida, garantizando una mayor coherencia y comparabilidad en los resultados, lo que fortaleció la validez y confiabilidad de la investigación. Esta combinación de un enfoque cuantitativo con herramientas como los eco indicadores 99 proporcionó un marco integral para comprender las complejas interacciones entre los materiales de construcción y el medio ambiente, permitiendo una medición consistente y estandarizada de los impactos ambientales asociados con estos materiales.

1.13.3 Método. La aplicación del Método Científico, fue crucial para asegurar la validez y objetividad de los resultados. Al seguir un enfoque científico, se establecieron pasos claros y sistemáticos que incluyen la formulación de hipótesis, el diseño de experimentos o estudios, la recopilación de datos, el análisis estadístico y la interpretación de los hallazgos. Este enfoque riguroso permitió una evaluación imparcial de las variables en juego, garantizando que los resultados obtenidos sean confiables y replicables. Además, al emplear el método científico, se promovió la transparencia y verificabilidad de los procesos de investigación, fortaleciendo la credibilidad de los descubrimientos y contribuyendo al avance del conocimiento en el campo de la sostenibilidad en la construcción.

1.13.4 Población. La población en este contexto hace referencia al conjunto de casas que se analizaron (Conjunto Residencial Jardín del Río), conformado por 32 viviendas, distribuidas en 7 atípicas con un área de 1.289,916 M2 y 25 típicas con área de 3.722,866 M2, cada una distribuida en tres pisos más parqueadero común con un área de 1.656,281 M2. Este conjunto, de uso residencial y clasificado como estrato alto, se establece como un prototipo de arquitectura moderna en la región, no fue solo hasta el 2016 el año de su construcción. Además, el entorno del Conjunto Jardín del Río se distingue por sus zonas comunes y circulaciones amplias, diseñadas con vegetación que no solo añade un elemento estético, sino que también puede influir en aspectos ambientales relevantes, como la calidad del aire y la regulación térmica. La combinación de estas características permite explorar y comprender a fondo las tendencias ambientales generadas por los materiales constructivos en un entorno residencial no vis, destacando la intersección entre diseño arquitectónico y sostenibilidad ambiental.

1.13.5 Muestra. La muestra seleccionada para el presente estudio consistía en un conjunto de 32 viviendas, del cual se elige específicamente solo una casa para un análisis detenido. La elección de una vivienda individual se fundamenta en la necesidad de realizar un estudio detallado, preciso y representativo que permita comprender a profundidad la tendencia de impacto ambiental de sus materiales constructivos y la huella de impacto que genera a escala de ciudad.

Al optar por un enfoque tipológico en la selección del caso de estudio, se aseguró la representatividad del análisis. Este criterio se basa en la premisa de que la casa seleccionada comparte características arquitectónicas y constructivas con las demás viviendas del conjunto. Dicha tipología facilita la extrapolación de los resultados, permitiendo proyectar las conclusiones a las 32 viviendas en su totalidad. Este enfoque estratégico buscó maximizar la relevancia y aplicabilidad de los resultados obtenidos, contribuyendo así a una comprensión más holística de las tendencias, proporcionando un marco de referencia sólido para concluir los hallazgos a un conjunto más amplio de viviendas, sentando las bases para recomendaciones informadas.

1.13.6 Tipo de Investigación. La presente investigación adoptó un enfoque Correlacional para explorar la relación entre una variable independiente, los diferentes tipos de materiales de construcción utilizados en las viviendas seleccionadas y una variable dependiente, su impacto ambiental asociado. Este método busca identificar patrones y establecer conexiones significativas entre las variables estudiadas, a través de análisis estadísticos y evaluaciones detalladas, el cual pretende determinar la existencia de relaciones cuantificables entre la elección de materiales constructivos específicos y el grado de impacto ambiental que estos generan. Este enfoque correlacional permitirá comprender la asociación entre ambos factores y proporcionar perspectivas valiosas para la toma de decisiones.

1.13.7 Diseño de Investigación. El estudio realizado se encuadró en un diseño Experimental de tipo Cuasiexperimental, ya que combina la caracterización inicial del conjunto con la simulación de escenarios alternativos. En un primer momento, se elaboró un inventario base de los materiales constructivos del Conjunto Residencial Jardín del Río y se calculó el impacto ambiental asociado a su producción. Este diagnóstico permitió establecer un punto de partida confiable. Posteriormente, se generaron escenarios de mitigación, en los cuales se modificaron algunos materiales con el fin de observar cómo estas variaciones influían en la tendencia de impacto ambiental. Aunque no se trata de un experimento de laboratorio, existe una manipulación intencional de los materiales y una comparación sistemática de los resultados obtenidos. De esta manera, el diseño cuasiexperimental no se limita a describir la situación actual, sino que permite proyectar los efectos de posibles cambios y evaluar su pertinencia para el conjunto habitacional. Este enfoque asegura conclusiones más aplicables y útiles en la búsqueda de alternativas sostenibles.

1.13.8 Técnicas de Recolección de la Información. La técnica de recolección utilizada en la investigación corresponde a la aplicación de un Test Estandarizado de Análisis Ambiental, diseñado para cuantificar y comparar el impacto generado por los materiales de construcción. La elección de esta técnica se fundamenta en su capacidad de proporcionar resultados objetivos, replicables y comparables, permitiendo estructurar la información en dimensiones medibles que reducen la

subjetividad y aseguran la validez de los datos.

El test aplicado no fue concebido como un instrumento improvisado, sino que corresponde a una herramienta previamente estructurada y validada en el campo de la evaluación ambiental, basada en lineamientos de metodologías reconocidas como la ISO 14040 y el Análisis de Ciclo de Vida (ACV). En esta investigación, se empleó de forma general, sin desagregar o resolver cada dimensión de manera independiente, ya que su función fue servir como marco integral de recolección de datos. Su consideración metodológica permitió contar con una técnica confiable y académica, garantizando que la información recopilada pudiera transformarse en indicadores ambientales consistentes y ser utilizada directamente en la aplicación del Eco-indicador 99 para la identificación del impacto ambiental del conjunto habitacional.

El propósito del test fue evaluar la tendencia de impacto ambiental en el Conjunto Residencial Jardín del Río, organizando la información en torno a variables propias del ciclo de vida de los materiales (como energía incorporada, emisiones de CO₂, residuos generados, uso del agua y posibilidades de reciclaje). No obstante, dichas variables no se analizaron de manera aislada, sino como parte de un marco de evaluación integral que, en la etapa posterior, fue sintetizado en un solo valor mediante la aplicación del Eco-indicador 99 como instrumento de medición.

1.13.9 Instrumentos de Recolección de la Información. El principal instrumento de recolección de datos utilizado en la investigación es el Eco-indicador 99, una herramienta de medición, un método estandarizado que permite transformar la información del inventario de materiales en un valor único de impacto ambiental. En la práctica, se realizó un inventario detallado de los materiales del Conjunto Residencial Jardín del Río, registrando la cantidad en kilogramos de cada insumo.

El cálculo consistió en multiplicar la cantidad de material por el valor asignado por el Eco-indicador 99, lo que generó un indicador integral que ya contempla todas las variables relevantes, como energía incorporada, emisiones de CO₂, residuos, uso de agua y reciclabilidad. De esta manera, se obtuvo un valor único de impacto ambiental por vivienda y para el conjunto completo, proporcionando resultados objetivos, comparables y replicables.

Este procedimiento asegura que la recolección de información refleje la práctica real de medición del impacto ambiental, permitiendo interpretar los resultados de forma coherente y consistente con las normativas internacionales, como la ISO 14040 y el Análisis de Ciclo de Vida (ACV).

1.13.10 Procesamiento de la Información. Para procesar la información recopilada, se utilizó Excel, donde se organizaron los datos del inventario de materiales y se realizaron los cálculos necesarios para aplicar el Eco-indicador 99,

generando tablas y gráficos que muestran la tendencia del impacto ambiental de cada material y del conjunto en general.

Se integró también ArchiCAD para modelar en 3D el Conjunto Residencial Jardín del Río, lo que permitió determinar con precisión las áreas y volúmenes de cada material, garantizando que los datos ingresados al Eco-indicador 99 reflejen fielmente las cantidades reales de los materiales. Además, esta herramienta agiliza el análisis al proporcionar esquemas de información detallada de las características físicas en un entorno tridimensional, mejorando la confiabilidad del estudio.

Para cuantificar el acero figurado, se empleó el software DL NET Nimbus, diseñado para optimizar la comercialización de este material en Colombia y a nivel mundial. Este programa, especializado en la gestión detallada de cartillas de acero, cumple con los estándares de especificaciones y normativas, abarcando diversos tipos de figuras con sus respectivas características. La función principal de DL NET Nimbus es generar pedidos precisos y consistentes para proyectos de construcción, siendo una herramienta excepcional para el trabajo de grado. Siguiendo el proceso, el software proporciona puntualmente las dimensiones específicas del volumen de acero necesario, lo que se alineó perfectamente con los requisitos de la investigación, permitiendo obtener datos concretos sobre la cantidad de acero figurado involucrado en los materiales de construcción analizados, integrándose directamente al valor único proporcionado por el Eco-indicador 99.

En conjunto, estas herramientas permitieron procesar, organizar y visualizar la información de manera integral, asegurando que los datos del inventario, los cálculos de impacto y la representación espacial estuvieran alineados. Este proceso garantizó que el Eco-indicador 99 se aplicara de forma práctica y confiable, obteniendo un valor único de impacto ambiental que sintetiza todas las variables evaluadas y sirve como base para la interpretación, comparación y propuestas de mitigación ambiental.

2. EL PAISAJE FÍSICO DEL CONJUNTO JARDÍN DEL RÍO, BASE DEL ANÁLISIS AMBIENTAL

La investigación realizada se centró en documentar sobre el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), limitando el alcance del estudio a una fase específica del ciclo de vida de las viviendas: la construcción. Este enfoque siguió las directrices de la norma ISO 14040 sobre análisis del ciclo de vida, principios y marco de referencia. La decisión de enfocarse en esta fase se fundamentó en la necesidad de llevar a cabo un estudio detallado, preciso y representativo que permitiera comprender a fondo la tendencia del impacto ambiental generado por los materiales constructivos, así como el impacto negativo en general a escala de la ciudad.

El análisis se llevó a cabo en el diseño original del Conjunto Residencial Jardín del Río, ubicado en el municipio de Pasto, Nariño, Colombia, construido en el año 2016. Este conjunto residencial se encuentra en la comuna 9, en la zona periférica norte de la ciudad, caracterizada por su topografía variada, su cercanía al río Pasto, la presencia de numerosas zonas verdes y una temperatura promedio de 12.8°C. Su desarrollo urbano incluye sectores residenciales de estrato alto, con viviendas de mayor tamaño y arquitectura distintiva, además de estructuras reforzadas debido a la frecuencia sísmica de la región.

El caso de estudio abarca una extensión de terreno de 2755,313 m², con una superficie total construida de 8628,462 m², que incluye 32 viviendas distribuidas en 7 áticas con un área de 1.289,916 m² y 25 típicas con un área de 3.722,866 m² cada una, distribuidas en tres pisos más un parqueadero común con un área de 1.656,281 m².

Fue fundamental seleccionar una representación de viviendas unifamiliares no visibles y de carácter tipológico para limitar la cantidad de casos posibles en la ciudad. Esta elección contribuyó significativamente a la evaluación de impactos acumulativos realizada por el grupo de semilleros de investigación E.L.E. (Energy Land Environment) de la Universidad Cesmag en el municipio de San Juan de Pasto.

Adoptar un enfoque tipológico implicó elegir específicamente una vivienda para un análisis detallado (en este contexto, la casa espejo) de entre las 32 viviendas del conjunto residencial. Esta tipología facilitó la extrapolación de los resultados, permitiendo proyectar las conclusiones al conjunto de viviendas en su totalidad.

Como resultado, se obtuvo el Inventario de Ciclo de Vida (ICV) del módulo construido en unidades de m³, que posteriormente se convirtieron a kg para multiplicarlos por los eco indicadores 99 establecidos y evaluar el impacto ambiental de la tendencia.

El objetivo fue identificar los materiales con impactos ambientales más significativos, comprender las prácticas de construcción y determinar si factores como el estrato socioeconómico o el año de construcción influyeron en la toma de decisiones más sostenibles. Abordar las problemáticas generadas por este tipo de edificaciones ayudó a proponer estrategias de mitigación que reduzcan su afectación directa sobre el medio ambiente, mejorando así la calidad de futuras construcciones en beneficio de la población que reside en ellas.

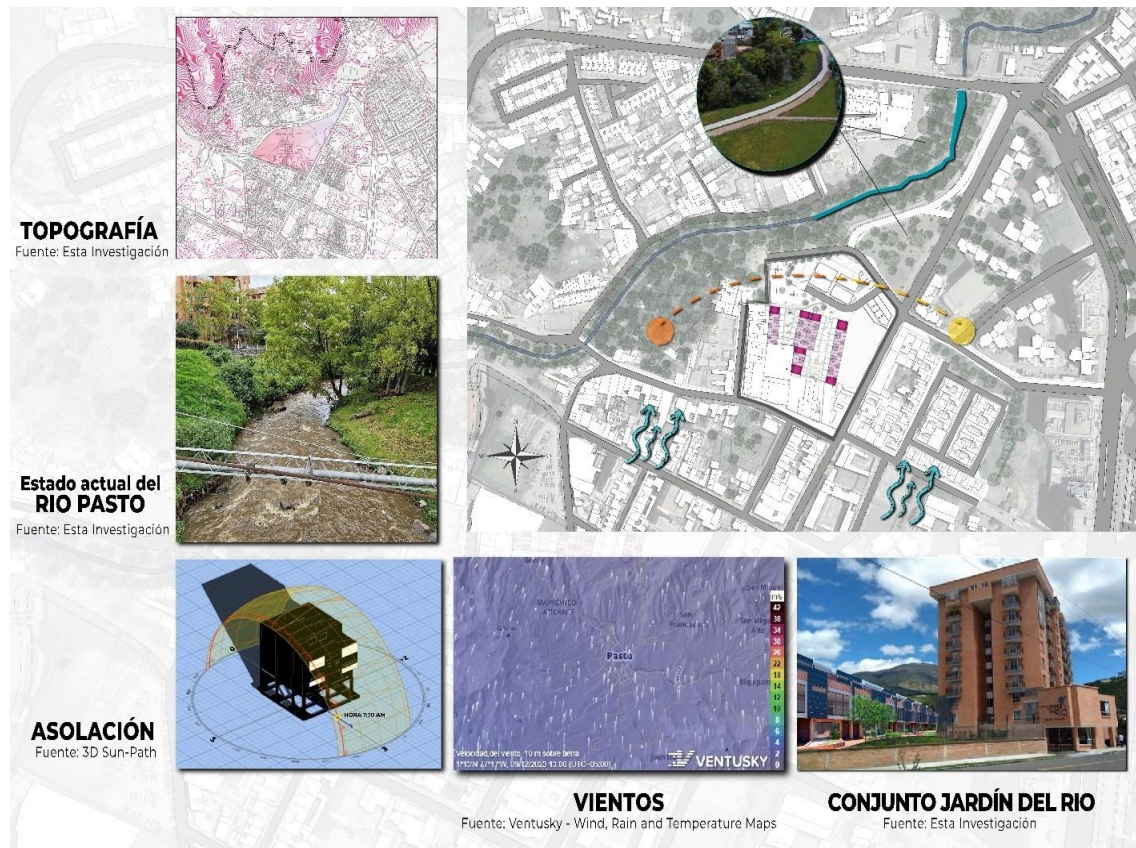
2.1 DETERMINANTES GEOGRÁFICAS

San Juan de Pasto, la encantadora capital del departamento de Nariño en Colombia, está situada en un entorno geográfico montañoso que ha influido en su desarrollo a lo largo del tiempo. Enmarcada por la grandiosidad de los Andes, la topografía montañosa de la región ha jugado un papel crucial en la distribución de la población y la planificación urbana, creando desafíos y oportunidades únicas. Sus coordenadas geográficas son Latitud 1°12'52.48"N y Longitud 77°16'41.22"O, y se divide en 12 comunas que abarcan una superficie de 6.181 kilómetros cuadrados. Su cabecera municipal se encuentra a una altitud de 2.527 metros sobre el nivel del mar, lo que da lugar a un clima frío en la región con temporadas de lluvias y sequías. Este clima puede afectar la durabilidad de los materiales de construcción, influyendo así en su selección y en la resistencia estructural de los edificios.

El Río Pasto, una arteria vital que serpentea por la ciudad, no solo proporciona agua esencial, sino que también ha guiado la planificación urbana y la gestión del riesgo de inundaciones. Estrategias como la planificación del Parque Lineal Río Pasto, que busca recuperar las riberas y zonas inundables, mitigar el riesgo y generar espacios públicos, se han propuesto en el Plan de Ordenamiento Territorial. La sismicidad inherente a la región andina también añade otra capa de consideración en la construcción, dando lugar a normativas específicas y elecciones de materiales adaptadas a posibles eventos sísmicos.

Con una biodiversidad rica y su conexión geográfica al sistema volcánico de los Andes, San Juan de Pasto es un entorno donde la interacción entre la geografía y la planificación urbana es esencial para lograr un desarrollo sostenible y armónico. Estas características geográficas han influido en el desarrollo histórico de San Juan de Pasto y seguirán siendo factores cruciales a tener en cuenta en su crecimiento y sostenibilidad a futuro.

Figura 5. Topografía - Rio Pasto – Asoleación y Vientos - Conjunto Jardín del Río.



Fuente: Esta investigación,

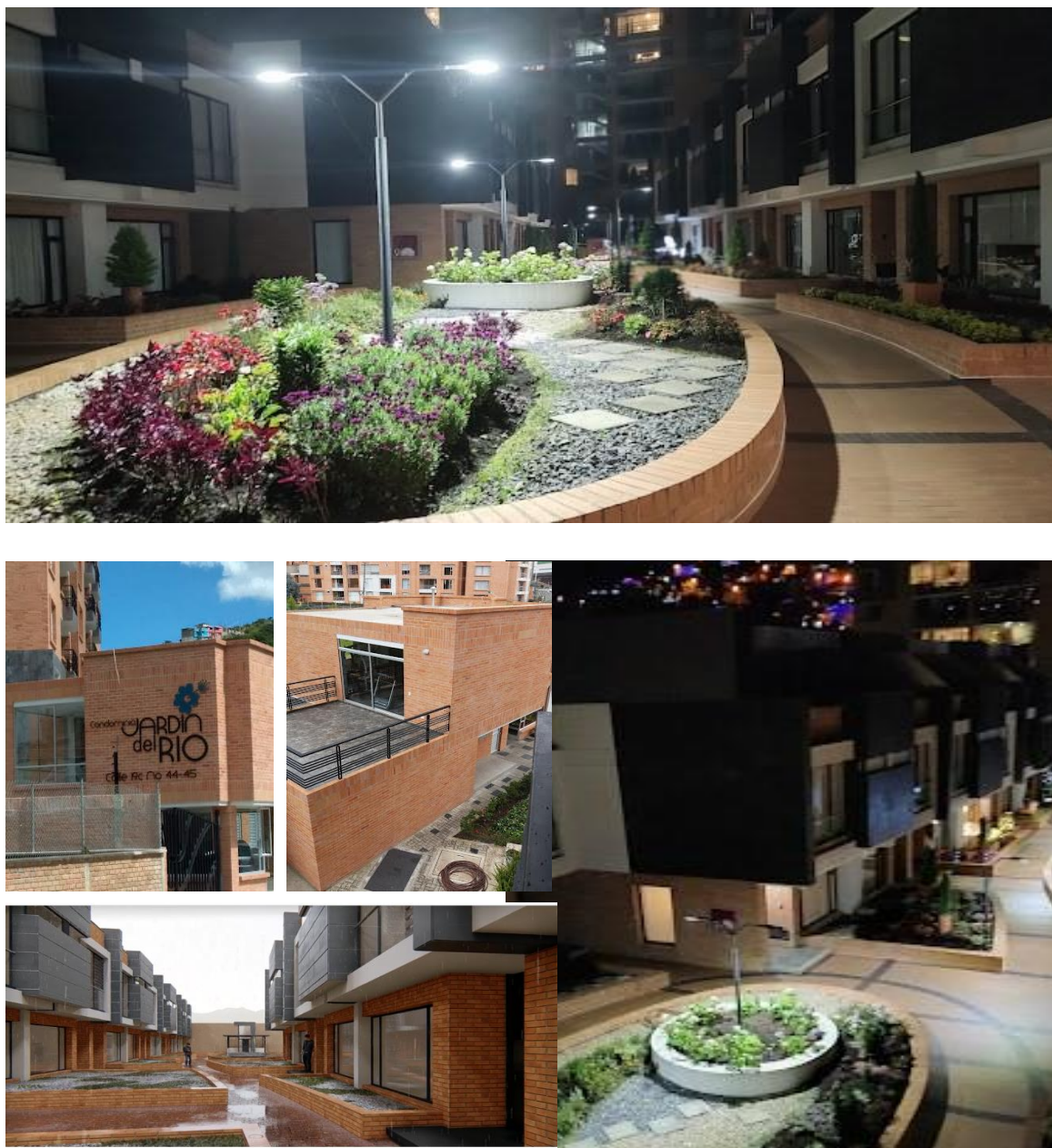
La figura que antecede muestra detalles topográficos, de asoleación y vientos del conjunto residencial Jardín del Río en Pasto, Colombia. Se observa un mapa topográfico que indica que el área tiene un terreno plano y se inclina a medida que se acerca al río. También se muestran simulaciones de asoleación y dirección de los vientos predominantes. Además, se incluye una fotografía del conjunto residencial Jardín del Río, más el mapa de su ubicación en la comuna 9.

2.2 TAMAÑO Y DISTRIBUCIÓN

La Vivienda Unifamiliar NO VIS, expedidas por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia. Se establece que el mínimo habitable es de 60 metros cuadrados, área que aplica a las no VIS unifamiliar, bifamiliar y multifamiliar. Al someterse a un análisis exhaustivo, se revelaron aspectos funcionales y espaciales distintivos, en donde la mayoría de los espacios cumplen e incluso superan las áreas normativas, en este contexto, una sola casa abarca un área de 62 m2.

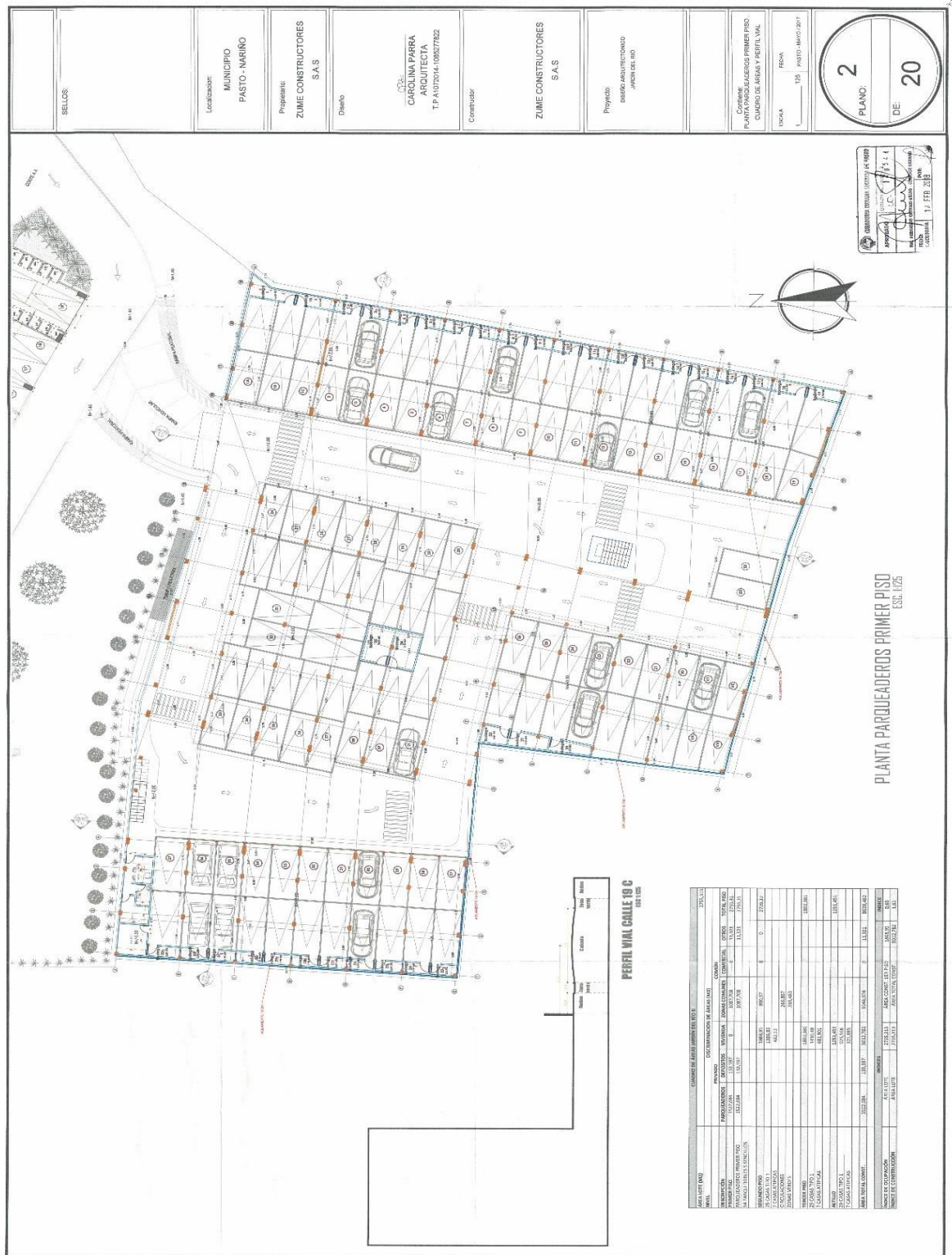
La disposición modular refleja un enfoque de vivienda adosada, con una estructura compartida entre sus unidades residenciales, así como comparten las 32 viviendas, el mismo piso del parqueadero, sin retiros laterales (sus retiros son frontal y posterior en patio).

Figura 6. Estado actual de las viviendas.



Fuente: Esta investigación.

Figura 7. Planta Baja Arquitectónica – Parquaderos.



Fuente: Curaduría urbana segunda – San Juan de Pasto.

Figura 8. Planta General Arquitectónica – Urbana – Primer Piso.



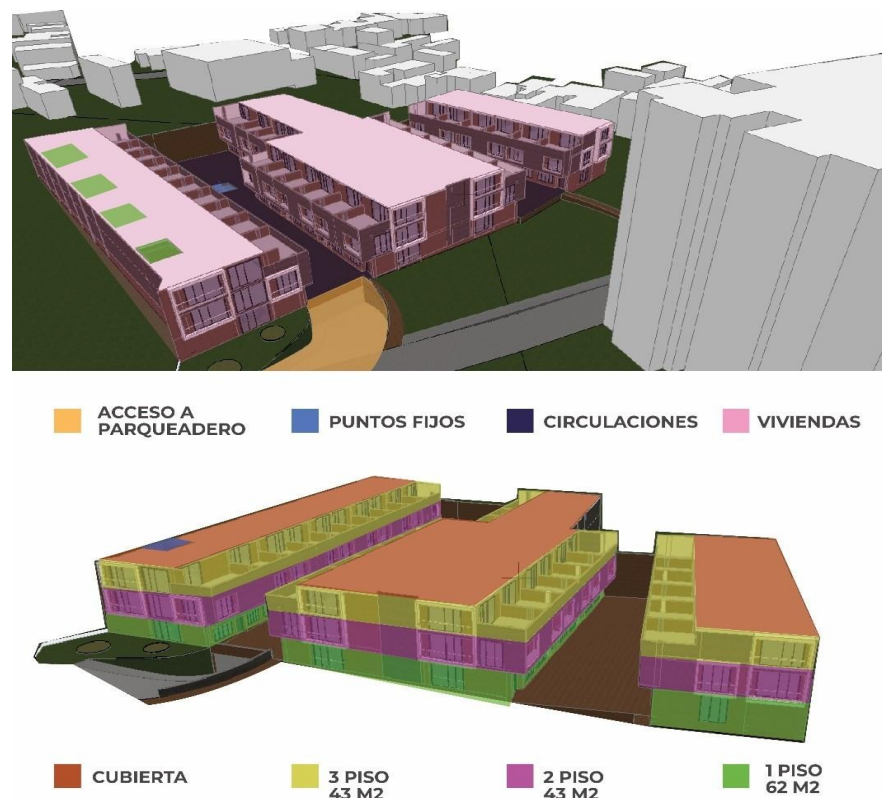
ESTRUCTURA  ADOSADA - COMPARTEN

Fuente: Curaduría urbana segunda – san juan de pasto.

La zonificación de cada vivienda se agrupo en tres áreas: En el primer piso, el área social fusiona sala y comedor, junto con el área de servicio como cocina y aseo, el segundo piso un área privada que alberga dos habitaciones cada una con baño y una sala de estar, junto con el tercer piso que cuenta con una habitación adicional, un baño, patio de ropas y terraza. Tres habitaciones con closets, bien iluminadas y ventiladas naturalmente gracias a ventanas estratégicas y un tragaluz. Es importante destacar que, debido a su estatus socioeconómico alto, las viviendas presentan acabados detallados y completos, lo que añade materiales que impactan.

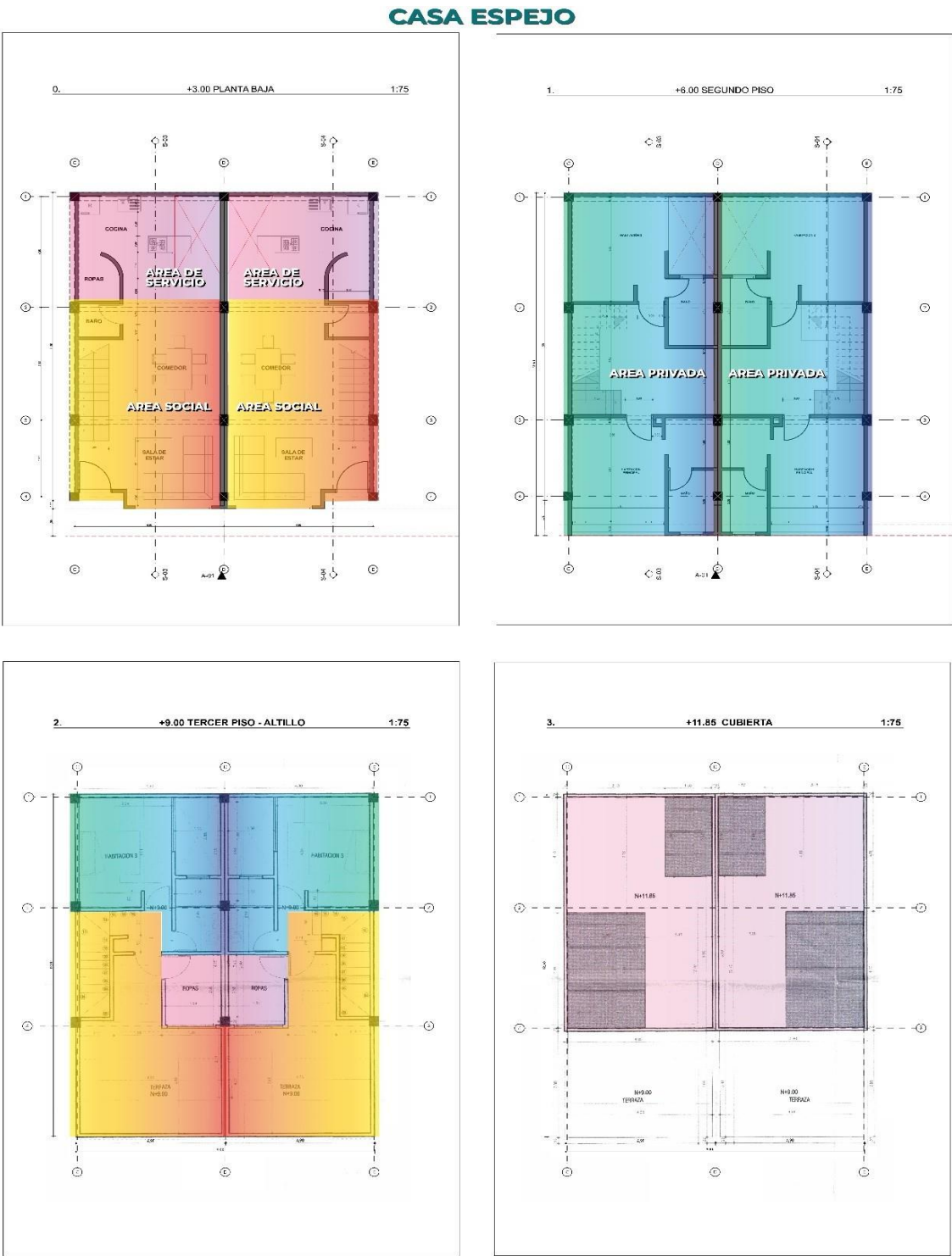
En resumen, el conjunto abarca una extensión de terreno de 2.755,313 m², con una superficie construida de 8.628,462 m², para un total de 32 viviendas distribuidas en 7 atípicas con un área de 1.289,916 M2 y 25 típicas con área de 3.722,866 M2, cada una abarca un área de 62 m2, con un total construido por casa de 148.914,64 m2 distribuidos en sus tres pisos, más parqueadero común con un área de 1.656,281 M2. Estos datos reflejan no solo la distribución de su diseño, sino también la atención al detalle en la construcción, haciendo de Jardín del Río un ejemplo destacado en la región.

Figura 9. Módulo - Conjunto Residencial Jardín Del Río.



Fuente: Esta investigación.

Figura 10. Zonificación - Vivienda Unifamiliar No Vis.



Fuente: Esta investigación.

2.2.1 Arquitectónico. Es fundamental abordar diversos aspectos para proporcionar una imagen completa y comprensiva. En Primer lugar, su adaptación al entorno natural y urbano que lo rodea considera factores como la orientación solar, las vistas y la armonización con la topografía circundante. Orientando de esta manera la posición de las viviendas en una perspectiva donde se logró obtener una iluminación natural mediante estratégicas ventanas y tragaluces. Aunque su contribución a la sostenibilidad podría mejorar en términos de procesos y materiales ecológicos, aporta positivamente a través de diversos espacios exteriores como (extensas áreas verdes, patios, terrazas y jardines) resultado de un paisajismo único que mejoran significativamente la calidad de vida de quienes habitan estas residencias.

Todos estos datos fueron recaudados gracias a la planimetría obtenida en la curaduría segunda de san juan de pasto, ya que fue posible reconocer todas estas determinantes físicas que delimitan el estudio de la vivienda. Permiten entender la distribución de espacios en diferentes niveles de la vivienda, crucial para analizar la funcionalidad de cada área y cómo se conectan entre sí los diferentes ambientes, proporciona una visión detallada de la disposición estructural, revelando la ubicación de elementos como vigas, columnas, muros y otros componentes esenciales para esta investigación haciendo posible cuantificar el inventario real de sus materiales constructivos para el respectivo cálculo de la tendencia de impacto ambiental que estos mismos generan.

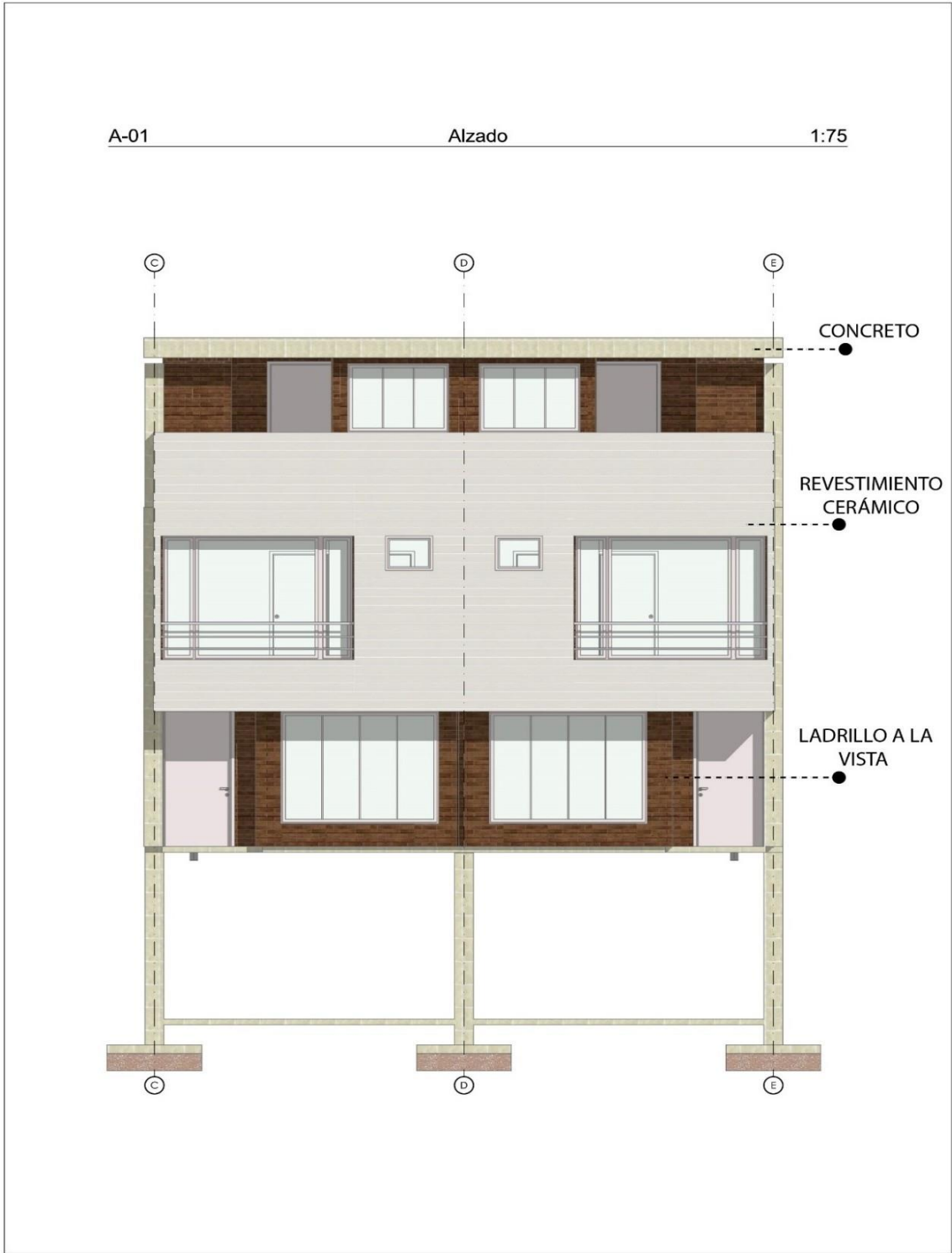
Entre sus características distintivas se evidencia por medio de líneas limpias, formas geométricas simples, minimalistas y un enfoque en la funcionalidad, un estilo arquitectónico moderno. Materiales arquitectónicos presentes, como ejemplo en su fachada el revestimiento cerámico, aporta significativamente a este estilo por su variedad de diseños y tamaños, brindando dinamismo y modernidad a la fachada, aparte muchos revestimientos cerámicos son duraderos y resistentes a los efectos de impacto, lo que los convierte en una opción sostenible a largo plazo.

Figura 11. Corte Fachada - Conjunto Residencial Jardín Del Río.



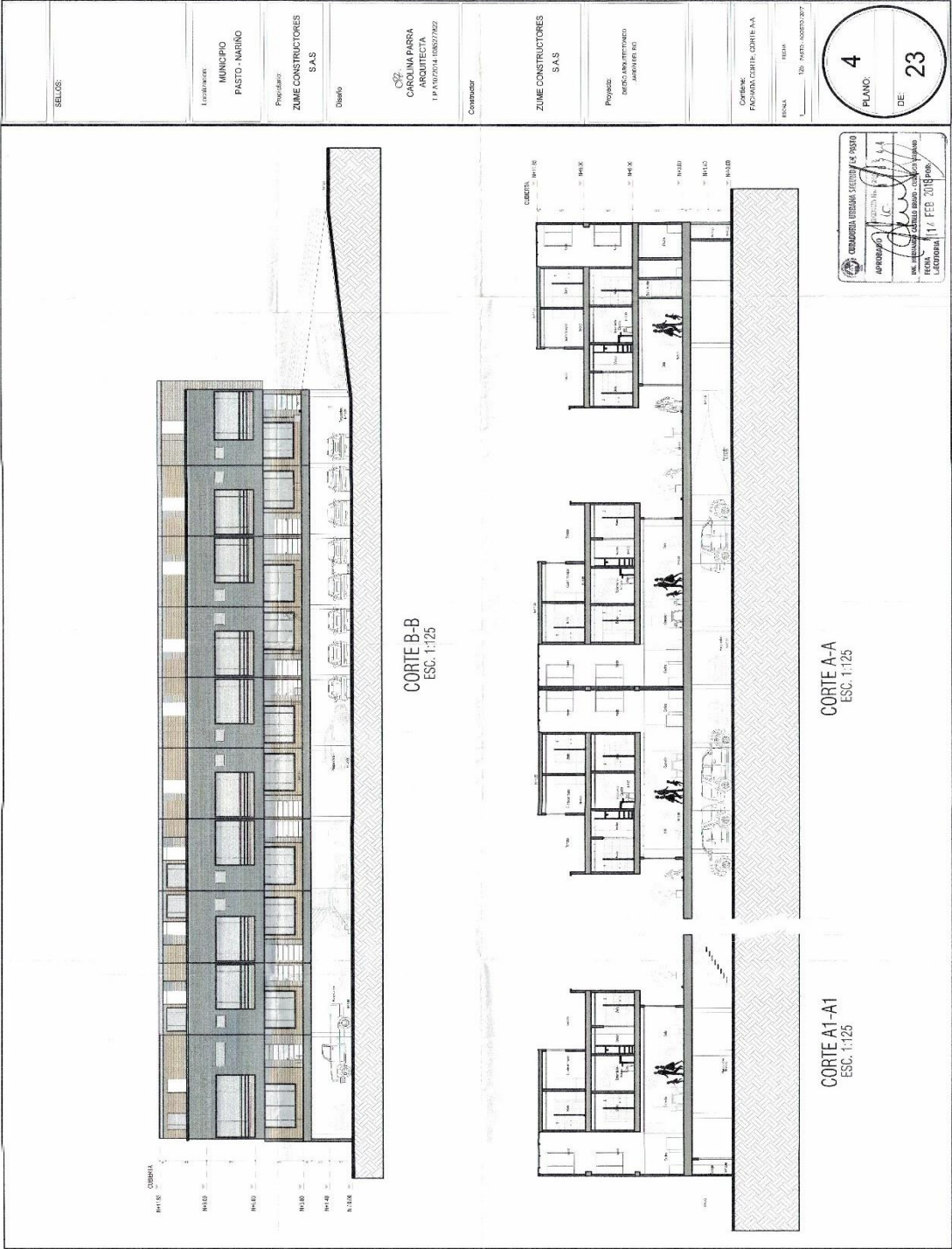
Fuente: Curaduría urbana segunda – san juan de pasto.

Figura 12. Fachada - Vivienda Unifamiliar No Vis.



Fuente: Esta investigación.

Figura 13. Corte A1-A1 - Corte A-A – Corte B-B.



Fuente: Curaduría urbana segunda – san juan de pasto.

En las figuras 11, 12 y 13 se pueden observar los planos arquitectónicos del conjunto residencial. Se ilustran cortes, corte fachada y fachada, así como la distribución de las viviendas unifamiliares de tres niveles más parqueaderos. La figura 12 abarca la materialidad utilizada en la fachada, mientras que la figura 13 incluye una sección transversal que muestra la elevación de uno de los bloques de múltiples viviendas, revelando diseños similares con efecto espejo. Los planos contienen anotaciones y especificaciones técnicas, como áreas y dimensiones. En general, las imágenes ofrecen una representación detallada de la disposición y distribución de los espacios en este conjunto residencial."

Figura 14. Isometría Arquitectónica – Vivienda Unifamiliar No Vis.

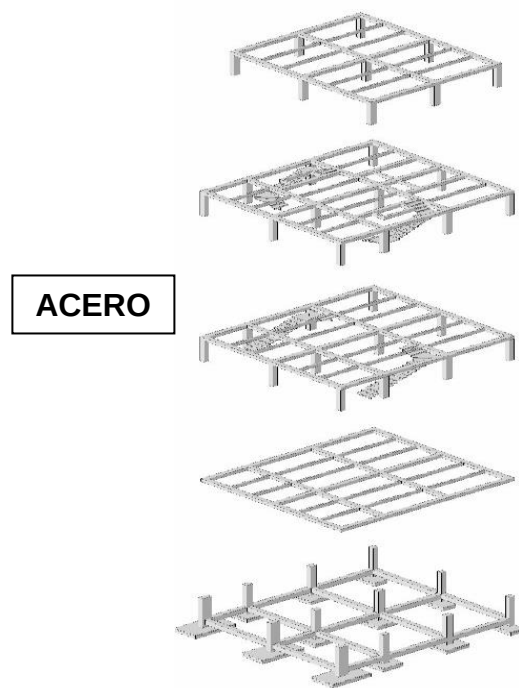


Fuente: Esta investigación.

La figura 14 muestra una isometría detallada de los componentes constructivos de dos casas espejo unifamiliar objeto de estudio. Se pueden identificar los diferentes materiales y elementos estructurales, como la losa colaborante (steel deck), las columnas y vigas de concreto reforzado, los muros de carga y divisorios de mampostería, la fachada enchapada en cerámica, los acabados de pisos laminados y las puertas y ventanas de aluminio/vidrio. Además, se muestran detalles como los puntos fijos, el muro de cimentación y las zapatas aisladas. La imagen proporciona una vista explosionada y etiquetada de cada uno de los componentes que conforman la construcción de la vivienda unifamiliar.

2.2.2 Estructural. Materiales comunes en la construcción tradicional, generan una producción intensiva en energía y gases de efecto invernadero como lo es el acero, presente en esta investigación mediante materiales estructurales como malla electrosoldada, varilla lisa o corrugada, herrajes (conectores, ganchos, tornillos), lamina steel deck, perfilería metálica. La planimetría proporciona una visión detallada de la disposición estructural, revelando la ubicación de elementos como zapatas y vigas de cimentación, muros de contención, muros en mampostería reforzada, columnas, y otros componentes esenciales para esta investigación haciendo posible cuantificar el inventario real de sus materiales estructurales para el respectivo cálculo de la tendencia de impacto ambiental que estos mismos generan.

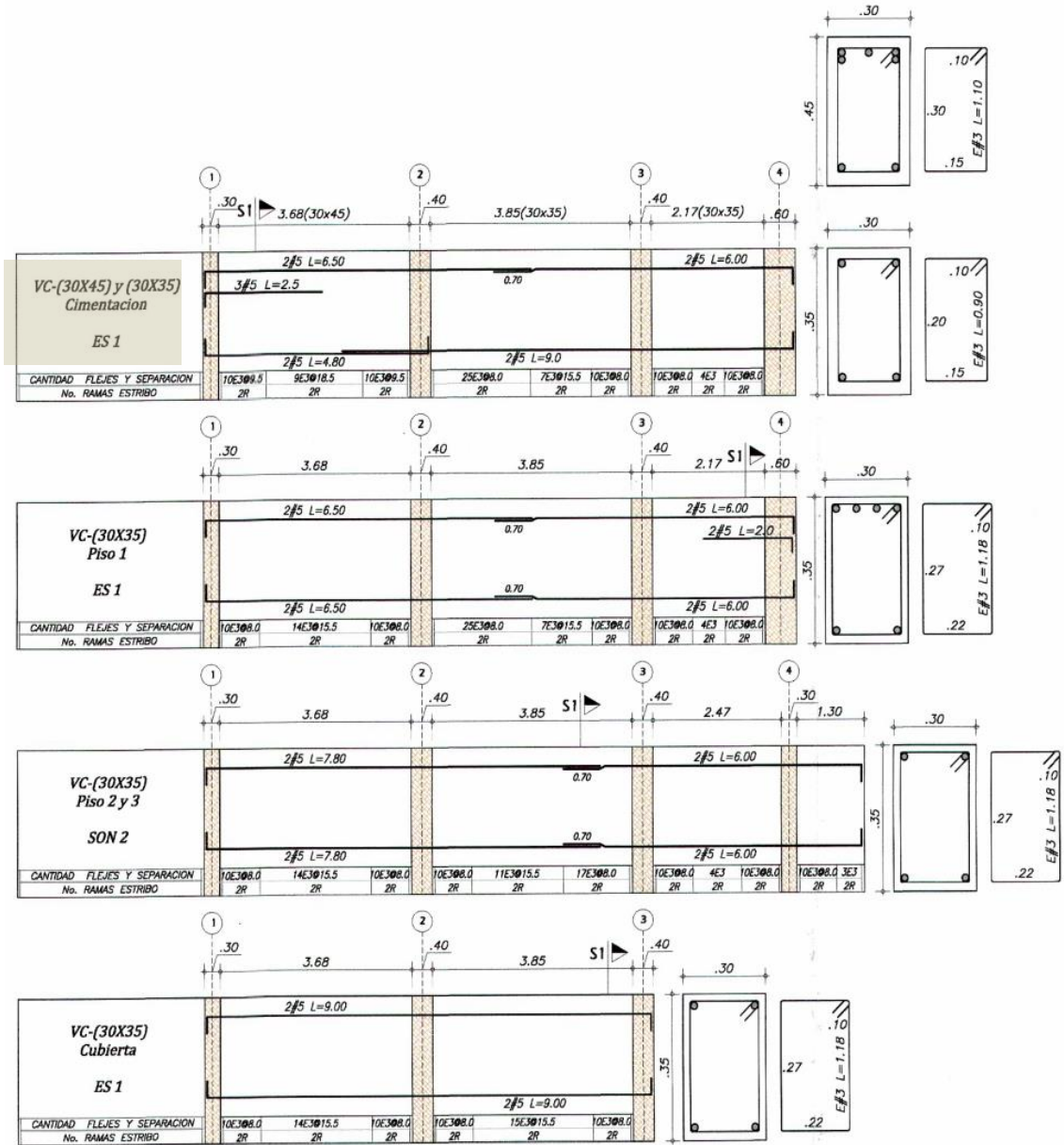
Figura 15. Isometría Estructural – Vivienda Unifamiliar No Vis.

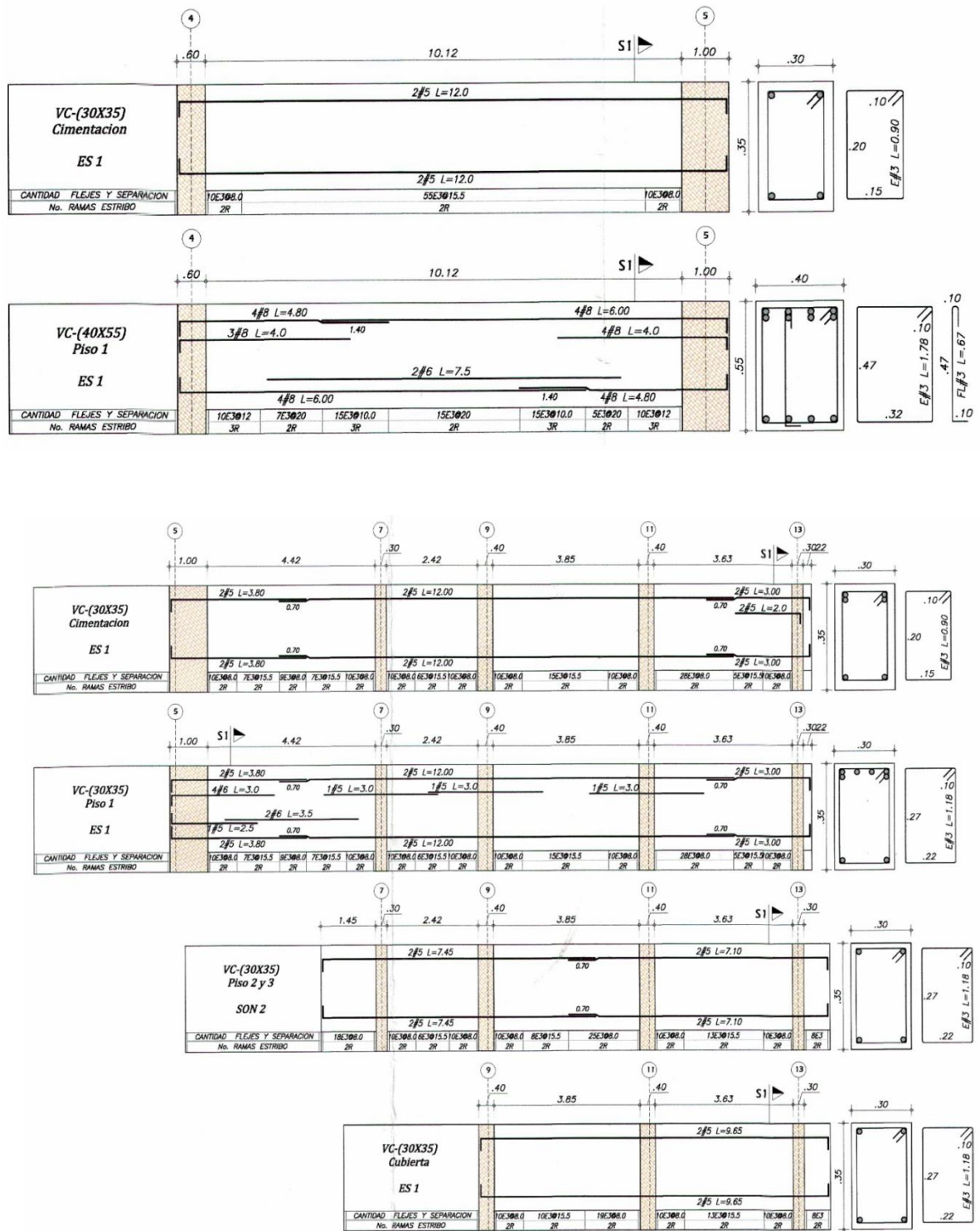


Fuente: Esta investigación.

Figura 16. Detalles Constructivos Vigas Longitudinales - Ejes C - D – E.

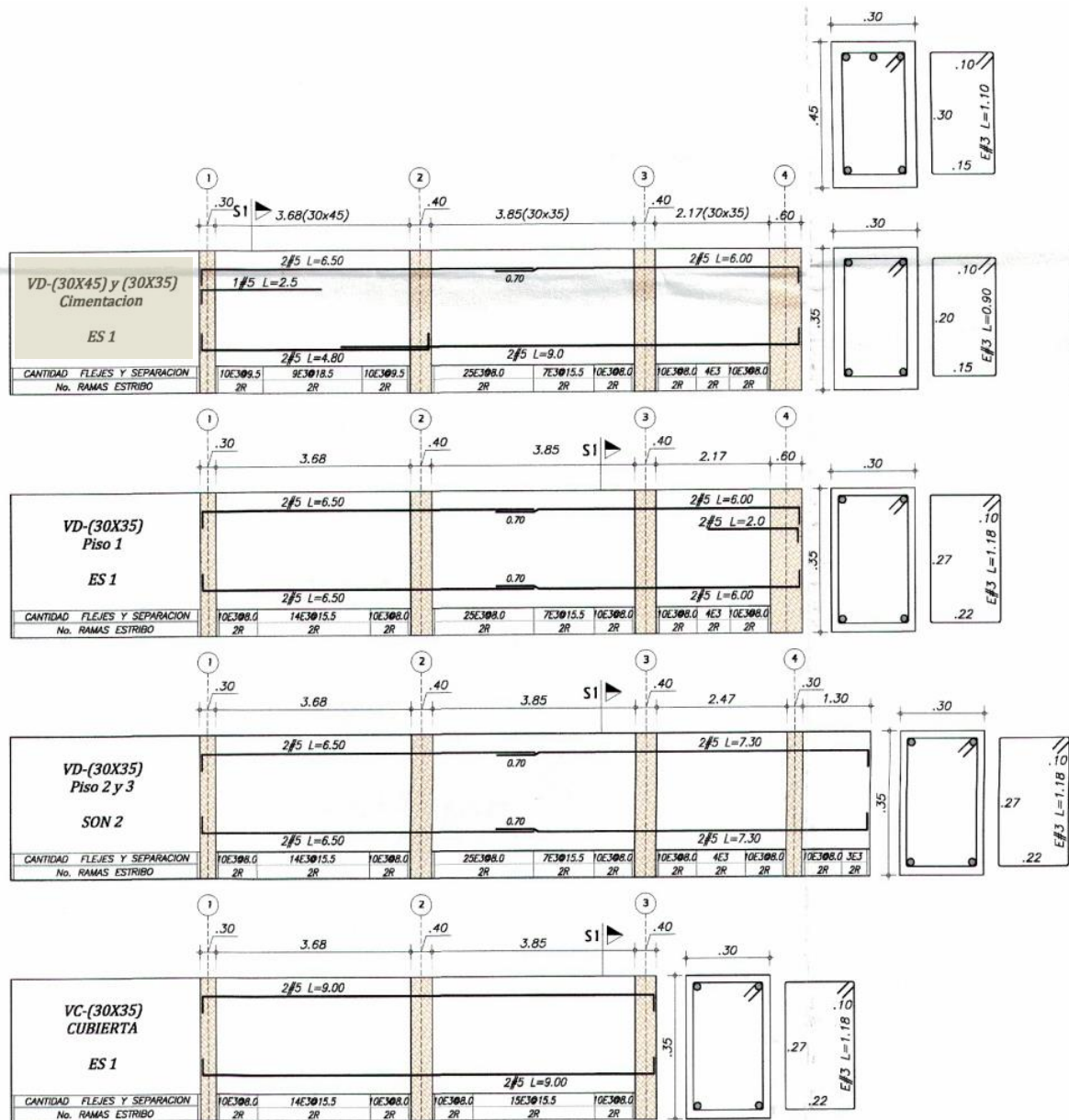
- Despiece viga eje C - Escala 1:100 – Pisos (cimentación-primer-segundo-tercer piso y cubierta)

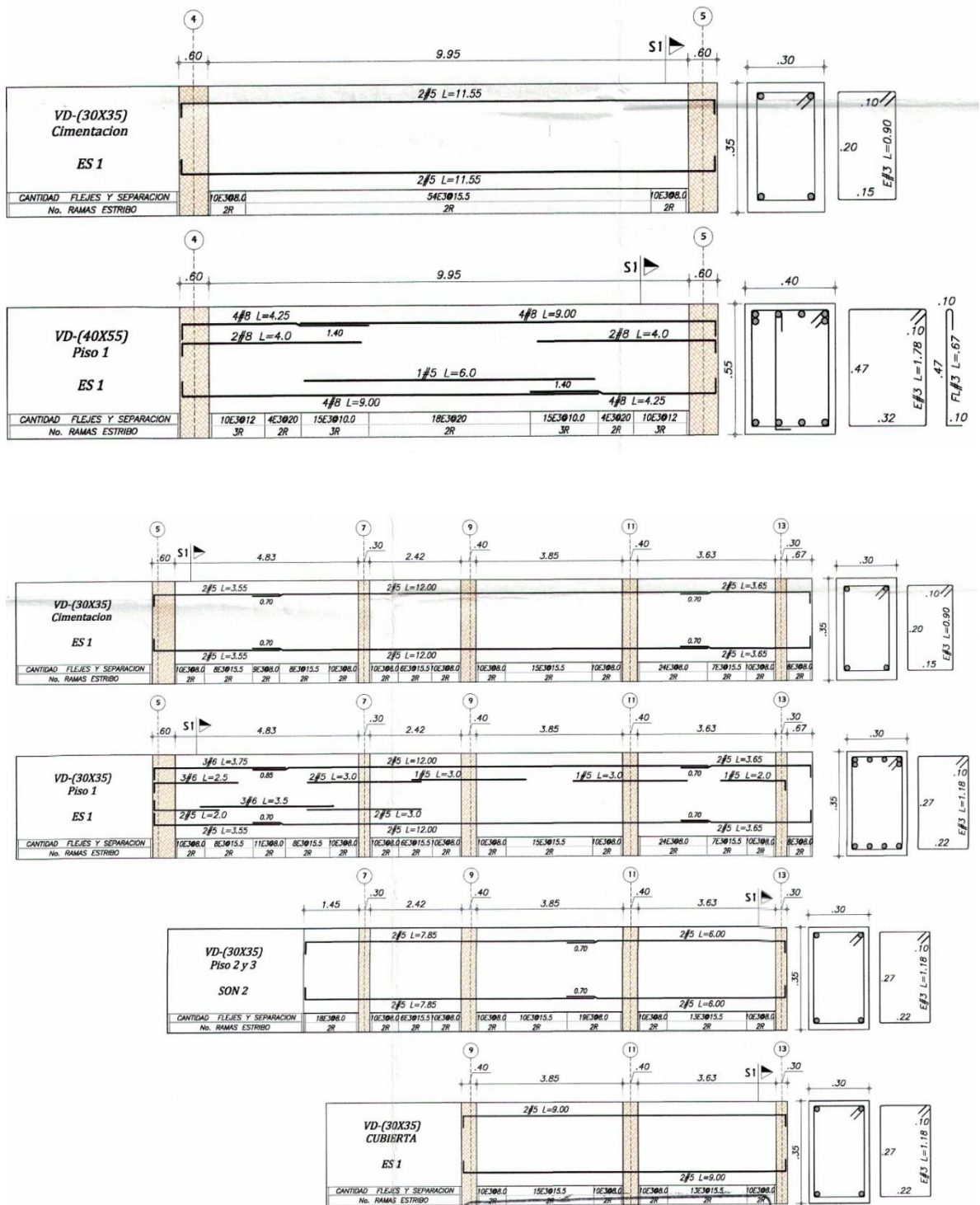




Fuente: Curaduría urbana – san juan de pasto.

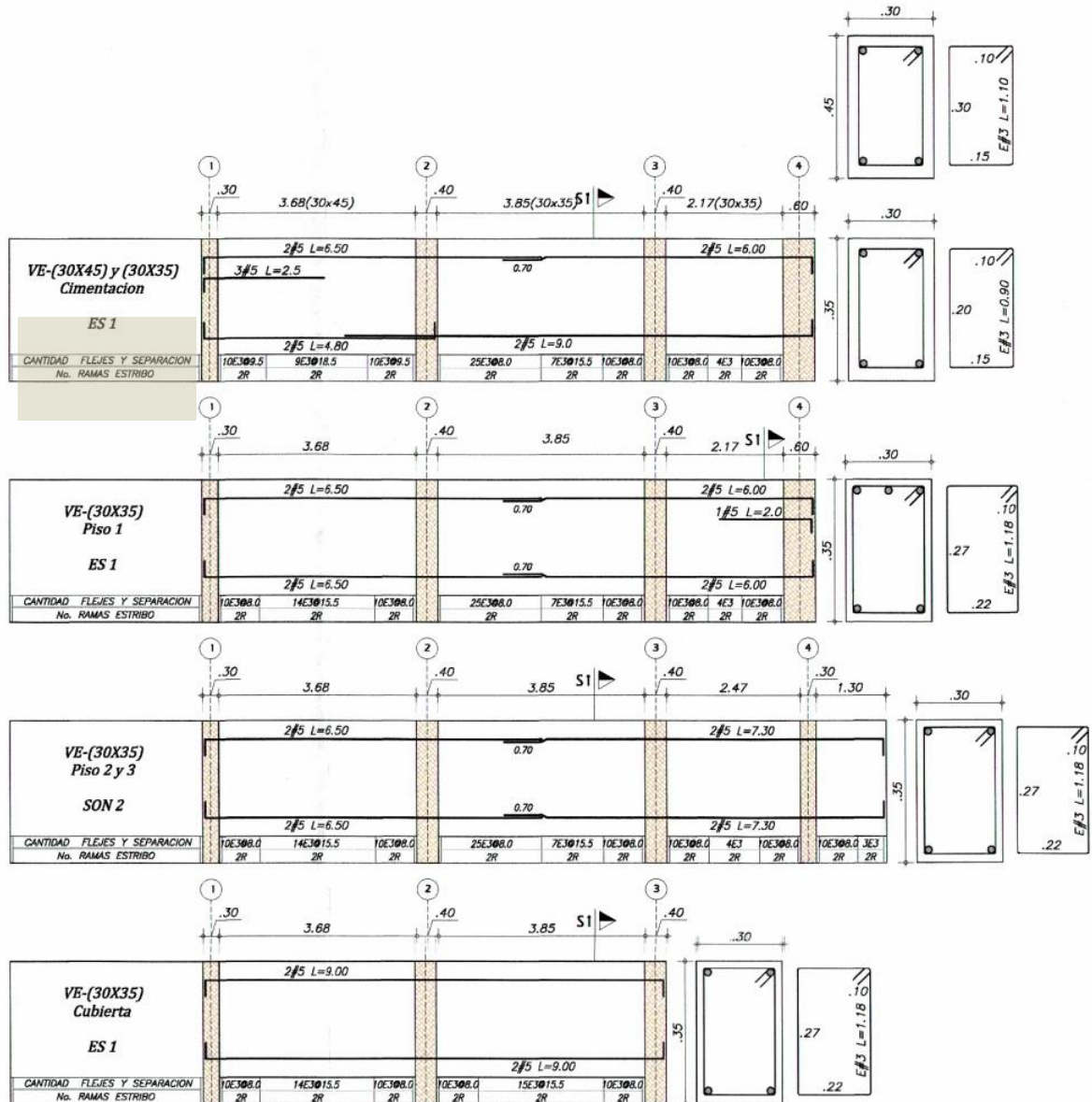
- Despiece viga eje D - Escala 1:100 – Pisos (cimentación-primer-segundo-tercer piso y cubierta)

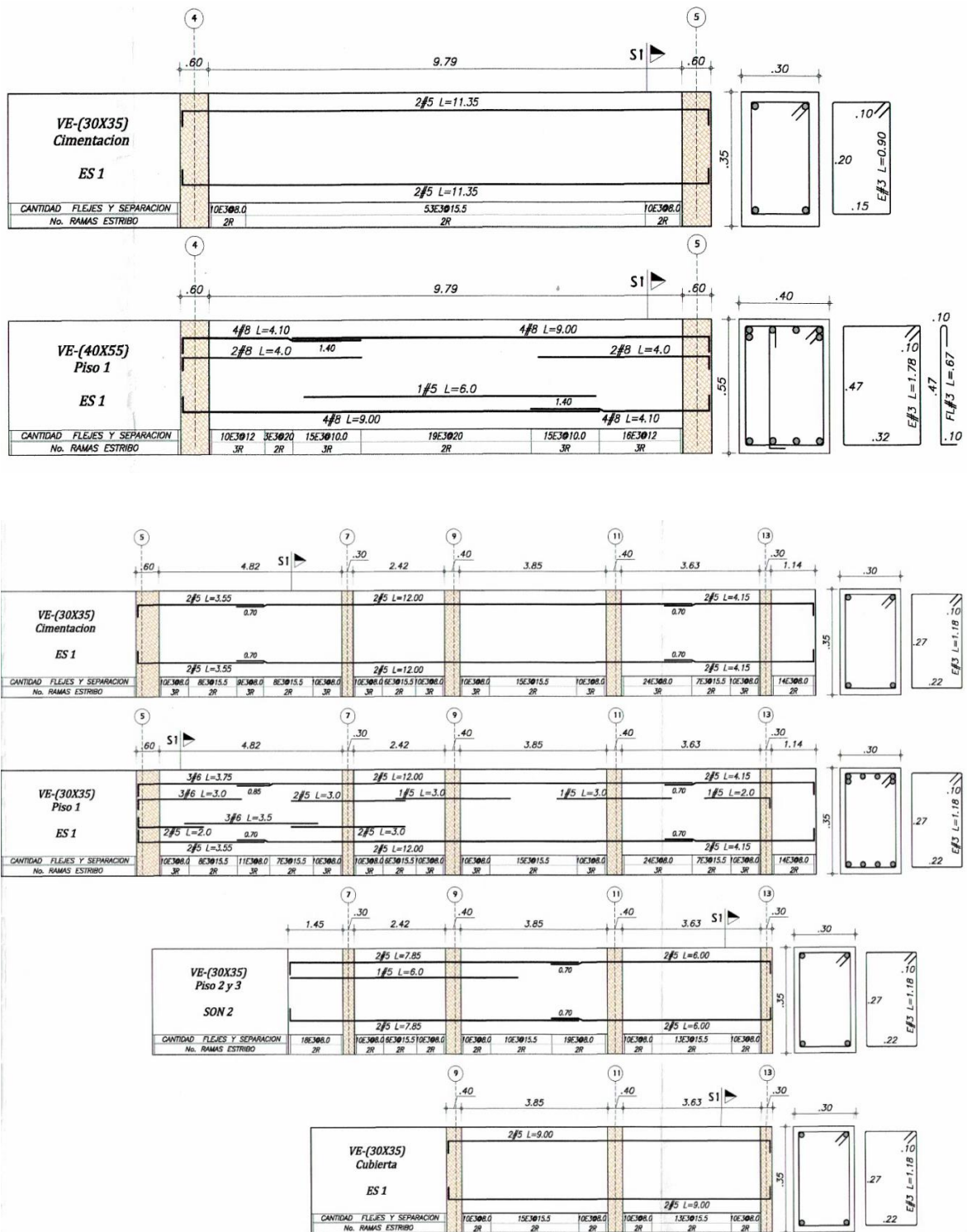




Fuente: Curaduría urbana segunda – san juan de pasto.

- Despiece viga eje E - Escala 1:100 – Pisos (cimentación-primer-segundo-tercer piso y cubierta)

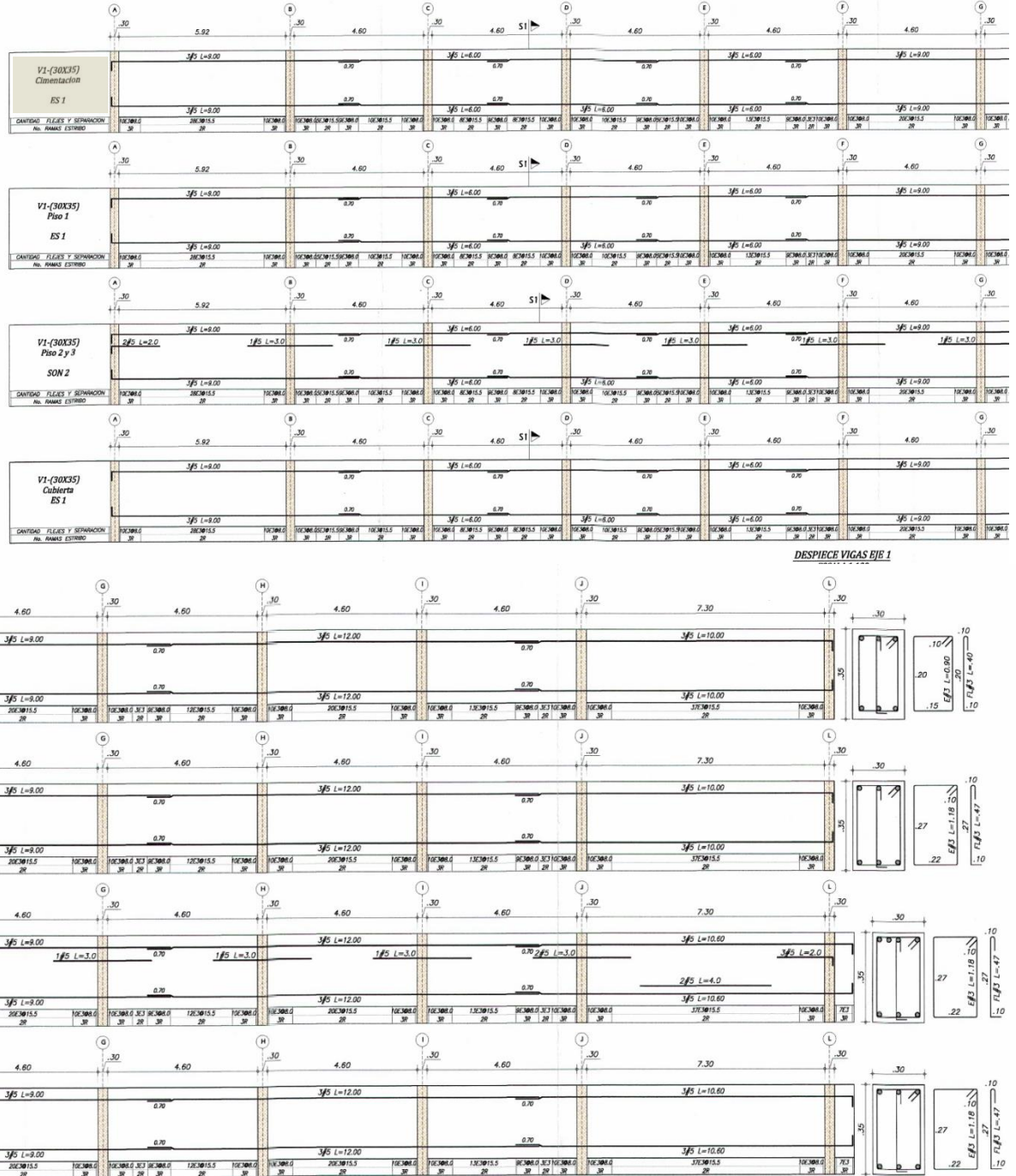




Fuente: Curaduría urbana segunda – san juan de pasto.

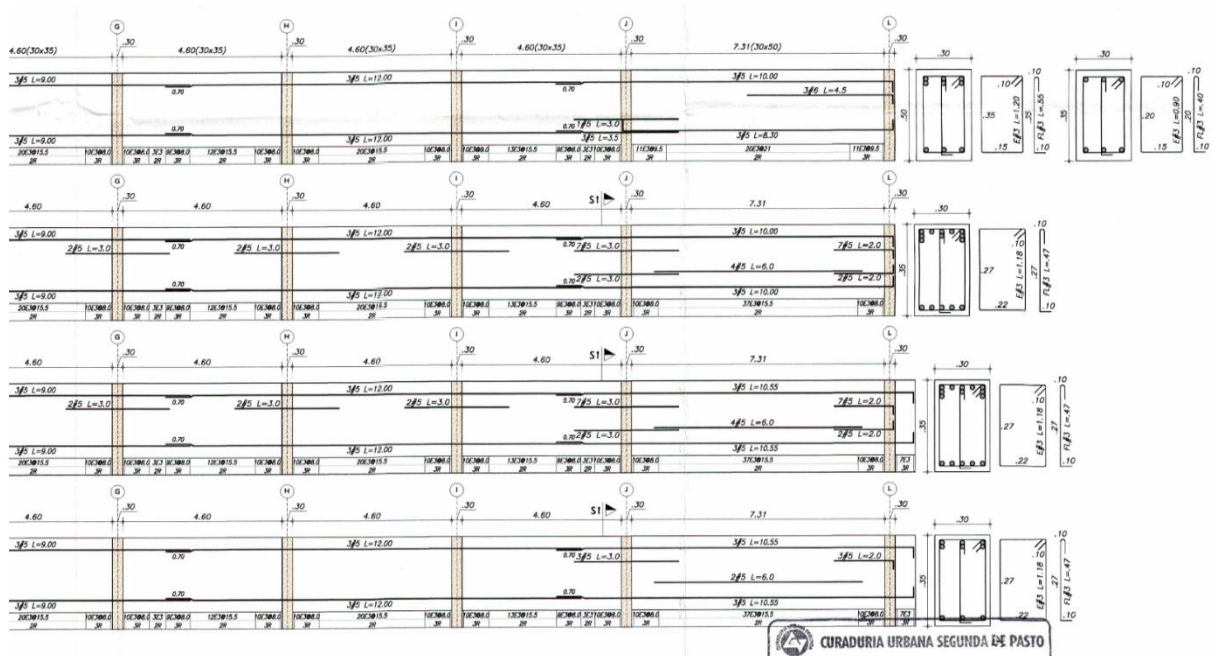
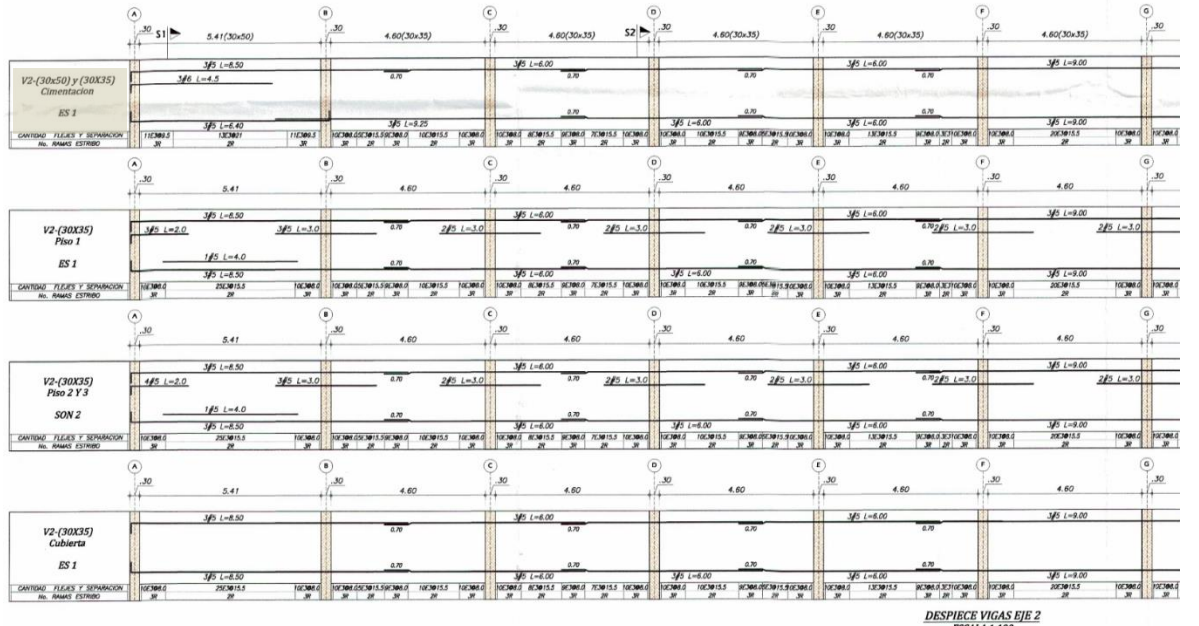
Figura 17. Detalles Constructivos Vigas Transversales - Ejes 1 – 2 – 3 – 4.

- Despiece viga eje 1 - Escala 1:100 – Pisos (cimentación-primer-segundo-tercer piso y cubierta)



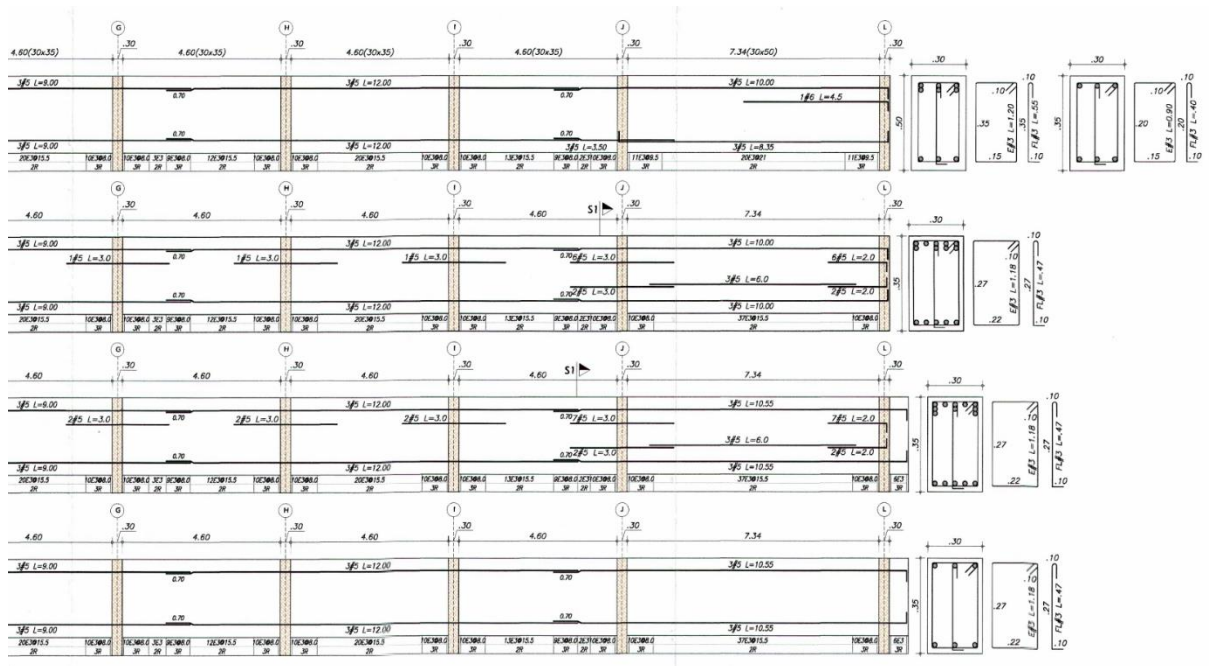
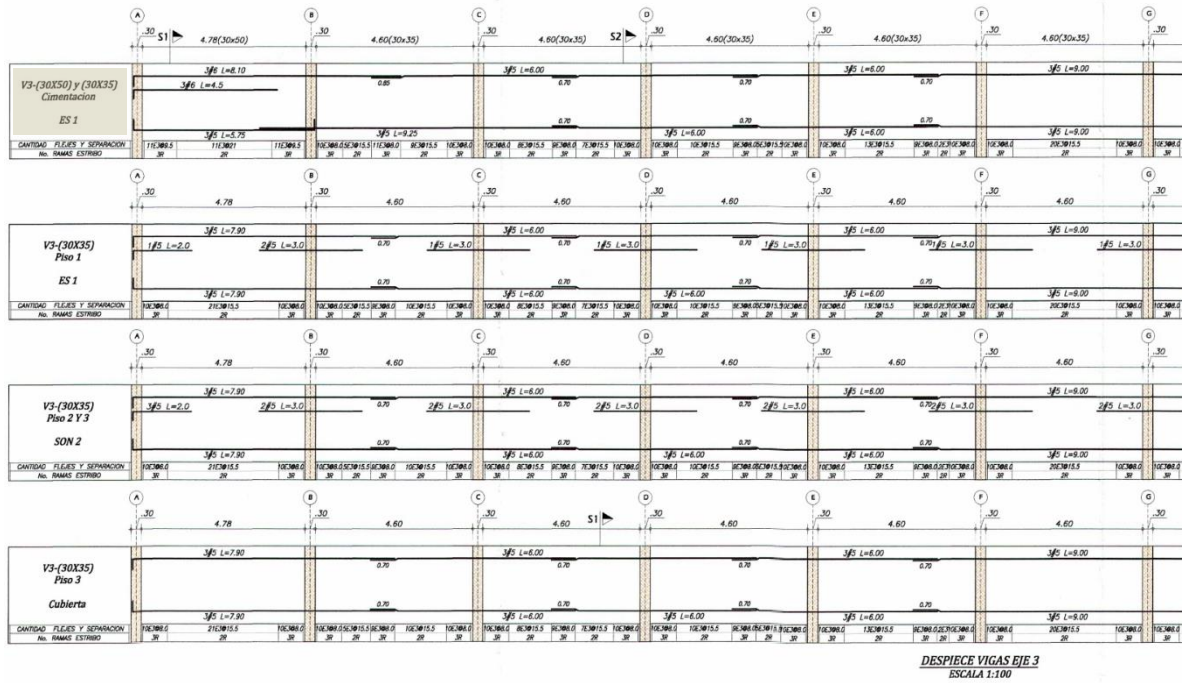
Fuente: Curaduría urbana segunda – san juan de pasto.

- Despiece viga eje 2 - Escala 1:100 – Pisos (cimentación-primer-segundo-tercer piso y cubierta)



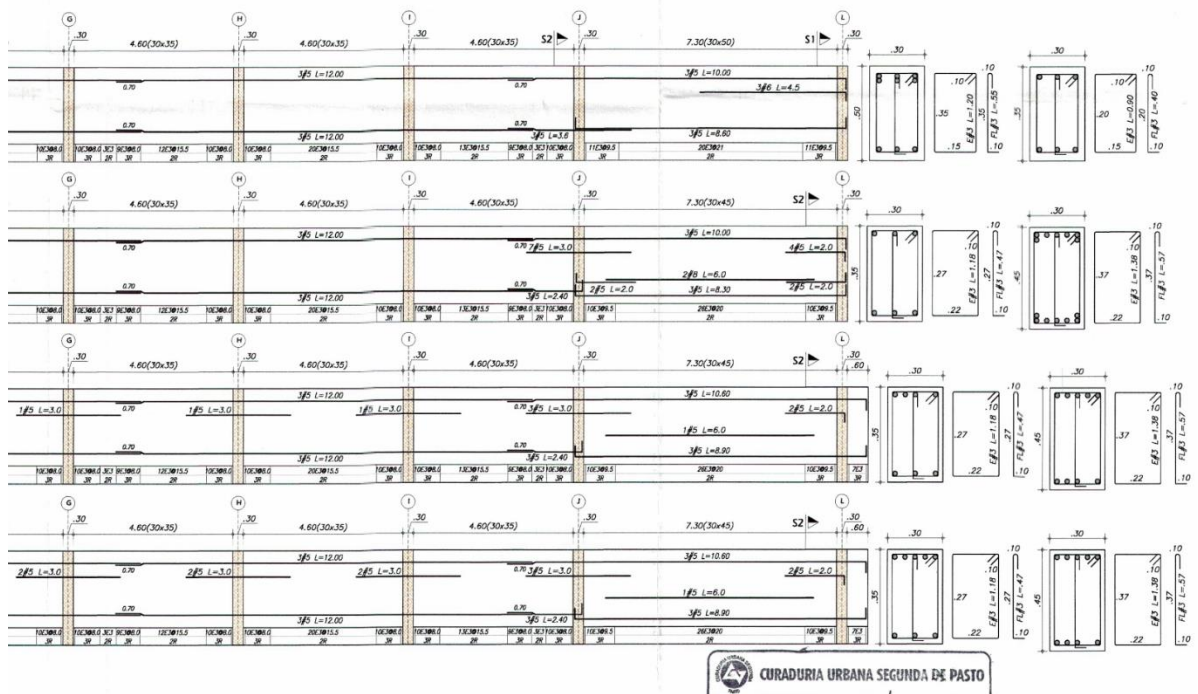
Fuente: Curaduría urbana segunda – san juan de pasto.

- Despiece viga eje 3 - Escala 1:100 – Pisos (cimentación-primer-segundo-tercer piso y cubierta)



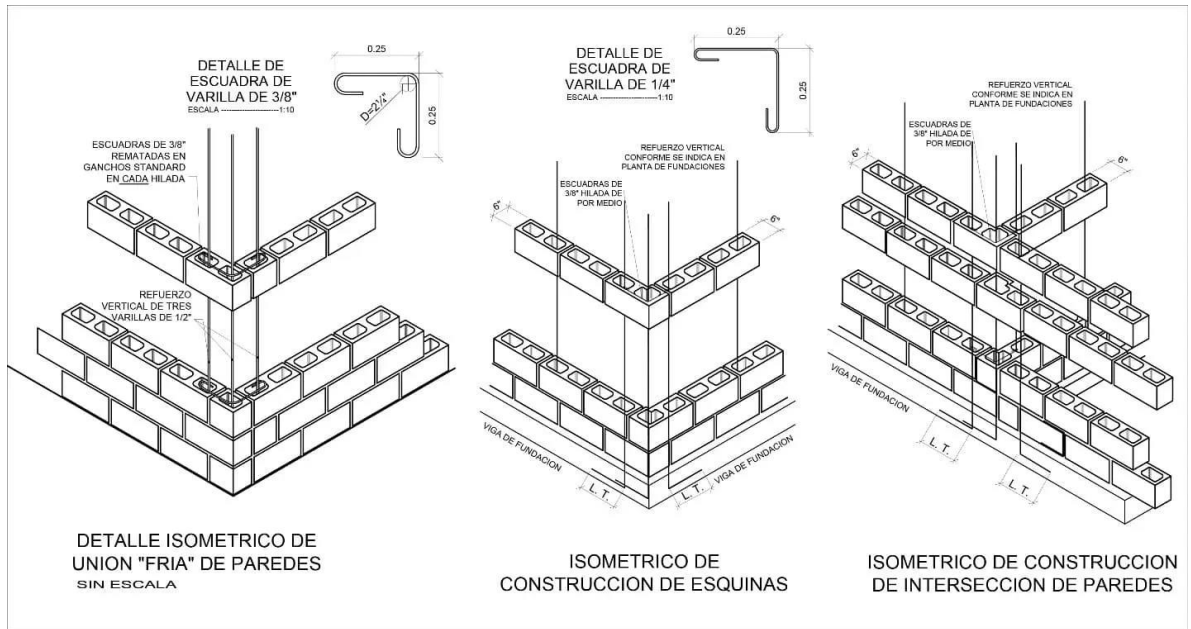
Fuente: Curaduría urbana segunda – san juan de pasto.

- Despiece viga eje 4 - Escala 1:100 – Pisos (cimentación-primer-segundo-tercer piso y cubierta)

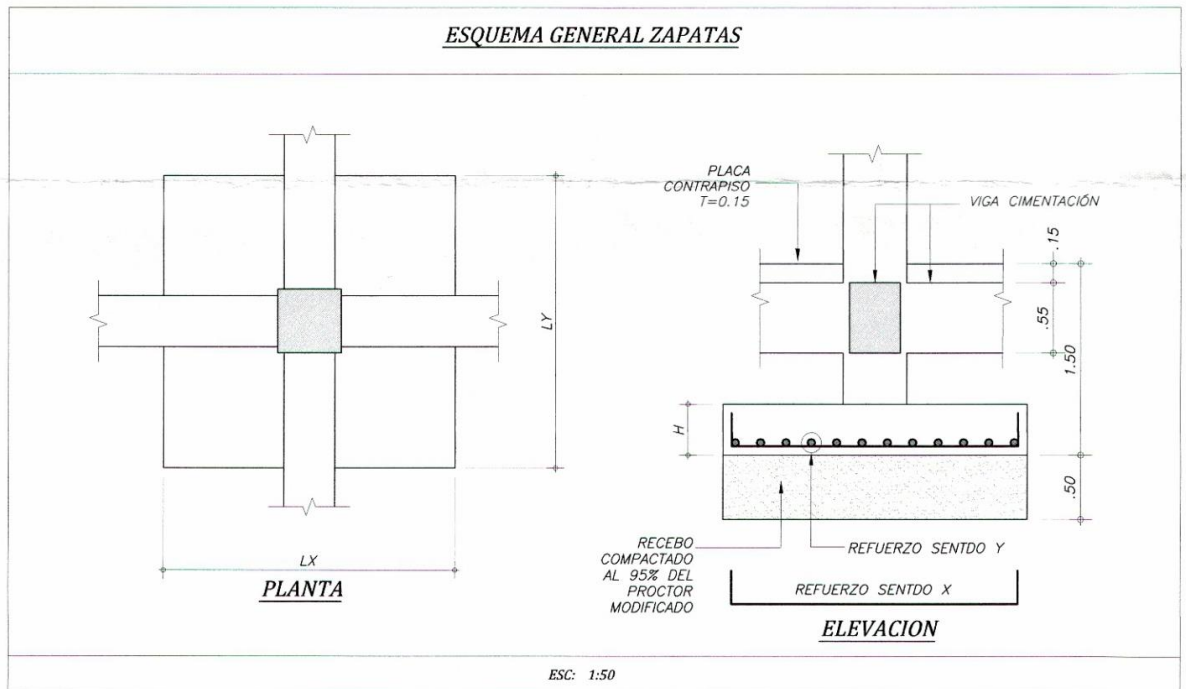


Fuente: Curaduría urbana segunda – san juan de pasto.

- Detalle Mamposteria Reforzada

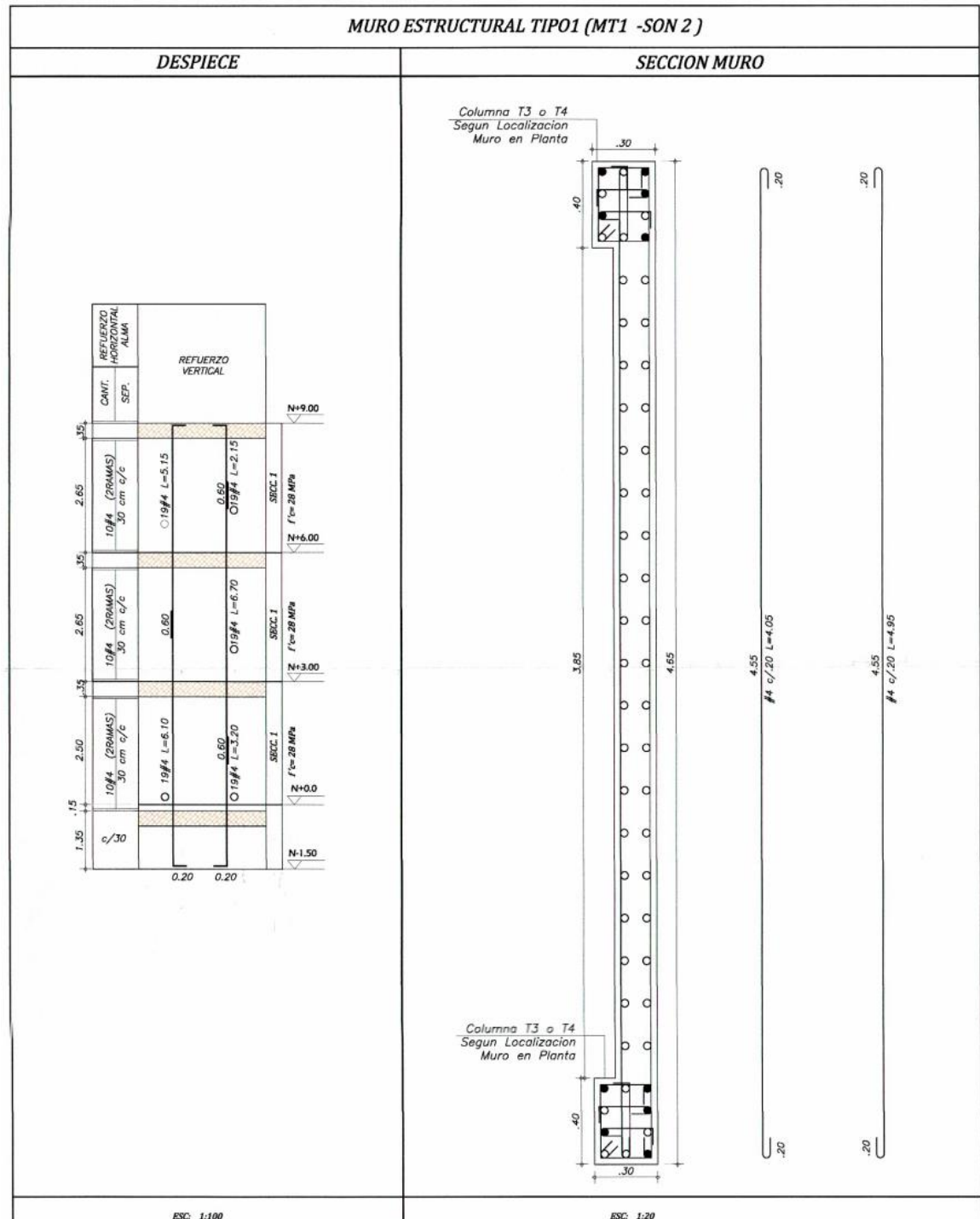


- Detalle zapata



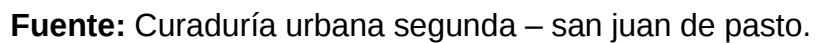
Fuente: Curaduría urbana segunda – san juan de pasto.

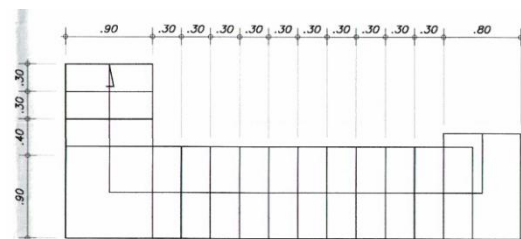
- Detalle Muro Estructural



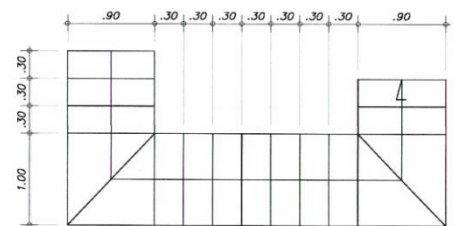
Fuente: Curaduría urbana segunda – san juan de pasto.

- Detalle de Losas

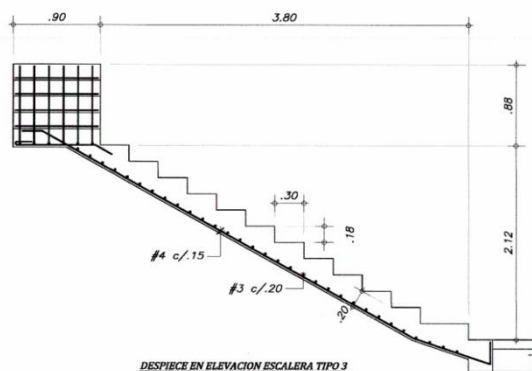




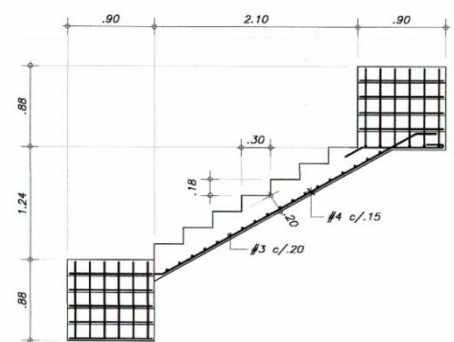
PLANTA ESCALERA TIPO 3
PISO 1 A 2
ESCALA 1:50



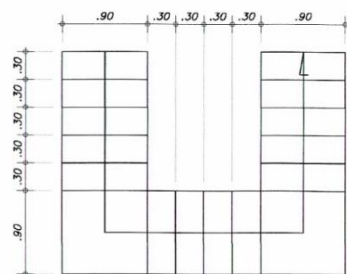
PLANTA ESCALERA TIPO 3
PISO 2 A 3
ESCALA 1:50



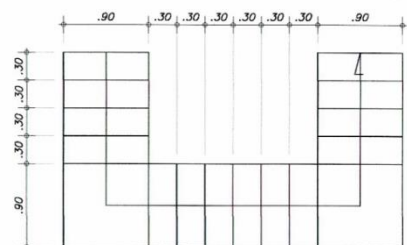
DESPIECE EN ELEVACION ESCALERA TIPO 3
PISO 1 A 2
ESCALA 1:50



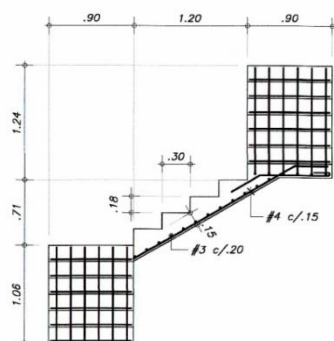
DESPIECE EN ELEVACION ESCALERA TIPO 3
PISO 2 A 3
ESCALA 1:50



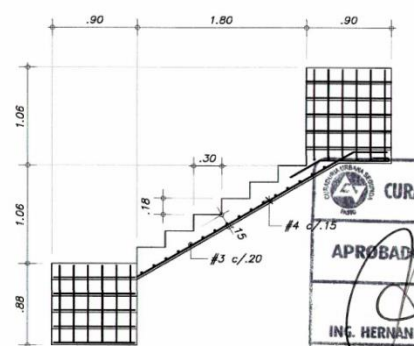
PLANTA ESCALERA TIPO 4
ESCALA 1:50



PLANTA ESCALERA TIPO 5
ESCALA 1:50



DESPIECE EN ELEVACION ESCALERA TIPO 4
ESCALA 1:50



DESPIECE EN ELEVACION ESCALERA TIPO 5
ESCALA 1:50

Fuente: Curaduría urbana segunda – san juan de pasto.

La elección de una estructura maciza en un conjunto residencial cercano a un río responde a factores de seguridad y diseño. Su solidez puede estar determinada por la actividad sísmica de la zona, garantizando estabilidad ante eventos catastróficos. Además, la proximidad al río exige medidas contra inundaciones, como muros estructurales de contención en el parqueadero y refuerzos en la placa para resistir cargas hidrostáticas.

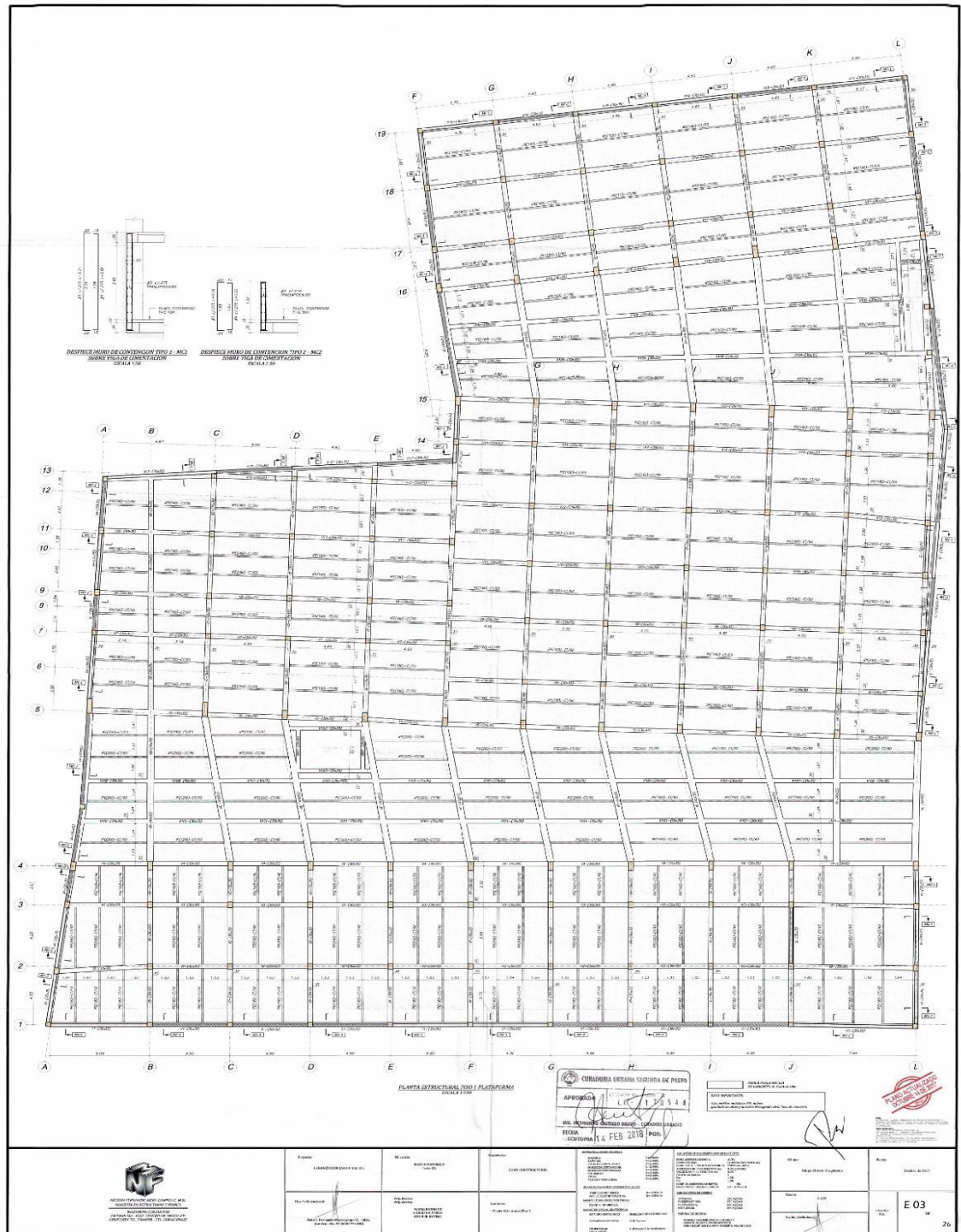
Las normativas locales, especialmente en áreas de riesgo, pueden requerir estándares más estrictos, mientras que la topografía y la posibilidad de deslizamientos refuerzan la necesidad de una estructura resistente. Asimismo, en el parqueadero, la carga de los vehículos sobre suelo húmedo exige mayor solidez y durabilidad. En conclusión, esta estructura responde a un enfoque integral que prioriza seguridad, funcionalidad y, posiblemente, aspectos estéticos.

Figura 20. Planta Estructural – Cimentación.



Fuente: Curaduría urbana segunda – san juan de pasto.

Figura 21. Planta Estructural – Primer Piso.



Fuente: Curaduría urbana segunda – san juan de pasto.

Architectural drawings of a building project, including floor plans and sections.

The drawings are labeled with grid lines (A-L, 1-19) and dimensions. The main floor plan is titled "PLANTA ESTRUCTURAL BLOQUE 1 PRIO 2.3" and shows a large rectangular structure with internal divisions and dimensions. A smaller section is shown to the left, labeled "SECCION A-A".

Below the main floor plan, there are two smaller drawings: "PLANTA ESTRUCTURAL BLOQUE 2 PRIO 2.3" and "SECCION B-B".

At the bottom left, there are three small diagrams showing cross-sections of the building, labeled "SECCION C-C", "SECCION D-D", and "SECCION E-E".

At the bottom right, there is a stamp from the "CURADORA DEBILITADA SEGUNDA DE PISO" and a date stamp "FECHA 14 FEB 2018 POR".

At the bottom center, there is a table with columns for "Proyecto", "Estructura", "Fundación", "Cimentación", "Columnas", "Vigas", "Muros", "Techos", "Suelos", "Paredes", "Puertas", "Ventanas", "Escaleras", "Ascensores", "Servicios", "Otros".

At the bottom right, there is a table with columns for "Proyecto", "Estructura", "Fundación", "Cimentación", "Columnas", "Vigas", "Muros", "Techos", "Suelos", "Paredes", "Puertas", "Ventanas", "Escaleras", "Ascensores", "Servicios", "Otros".

81

2.3 GENERALIDADES

Este análisis destaca la funcionalidad y características esenciales de cada material, subrayando su contribución a la estabilidad, estética y eficiencia en la construcción del conjunto residencial Jardín del Río.

Losa Colaborante (Steel Deck): Aporta resistencia estructural y eficiencia en la construcción debido a su combinación de acero y concreto. Ideal para proyectos que requieren rapidez en la ejecución.

Cielo Raso (Panel Yeso): Proporciona un acabado limpio y moderno. Su versatilidad en diseño permite integrar soluciones técnicas y estéticas en el espacio interior.

Columnas/Vigas (Concreto Reforzado): Garantizan la solidez estructural. El concreto reforzado es esencial para soportar cargas significativas, brindando estabilidad y durabilidad.

Muro Divisorio (Mampostería/Ladrillo Hueco): Ofrece versatilidad y aislamiento acústico. La combinación de mampostería y ladrillo hueco proporciona resistencia y una solución práctica para divisiones internas.

Muro de Carga (Mampostería Reforzada/Ladrillo Perforado Estructural): Brinda resistencia estructural y estabilidad. La mampostería reforzada con ladrillo perforado estructural es ideal para elementos que requieren mayor capacidad de carga.

Fachada Enchapada (Cerámica): Aporta estética y durabilidad. El revestimiento cerámico es una elección moderna y resistente para la fachada, permitiendo variedad en diseño y fácil mantenimiento.

Puntos Fijos Flotantes (Barandilla Aluminio / Vidrio): Combina funcionalidad y diseño. El uso de aluminio y vidrio en barandillas proporciona una solución estética y duradera para elementos de seguridad.

Acabado de Piso (Laminado): Añade calidez y fácil mantenimiento. Los pisos laminados ofrecen una apariencia elegante y son una opción eficiente en términos de instalación y limpieza.

Puertas en Madera: Agrega calidez y estética clásica. Las puertas de madera ofrecen una solución atemporal y versátil en diseño interior.

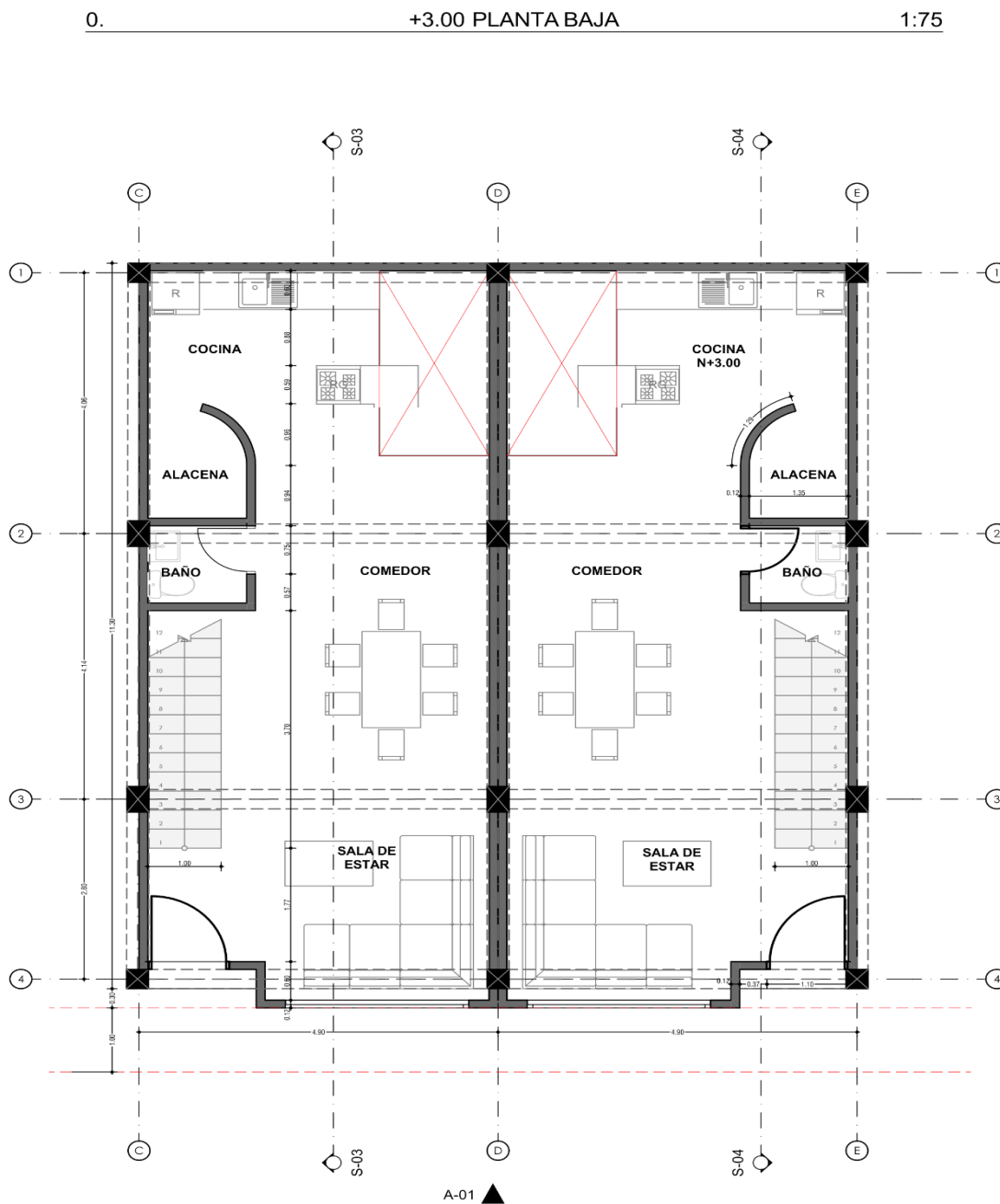
Ventanas (Vidrio / Aluminios): Proporcionan iluminación y eficiencia energética. La combinación con aluminio en ventanas garantiza durabilidad y aislamiento térmico.

Muro de Cimentación / Zapatas Aisladas (Concreto Reforzado): Garantiza la estabilidad estructural. El uso de concreto reforzado en la cimentación y zapatas aisladas es esencial para la seguridad y la distribución adecuada de cargas.

3. ANATOMÍA DE LA CONSTRUCCIÓN, INVENTARIO Y MATERIALES

3.1 PLANIMETRÍA DEL CASO DE ESTUDIO

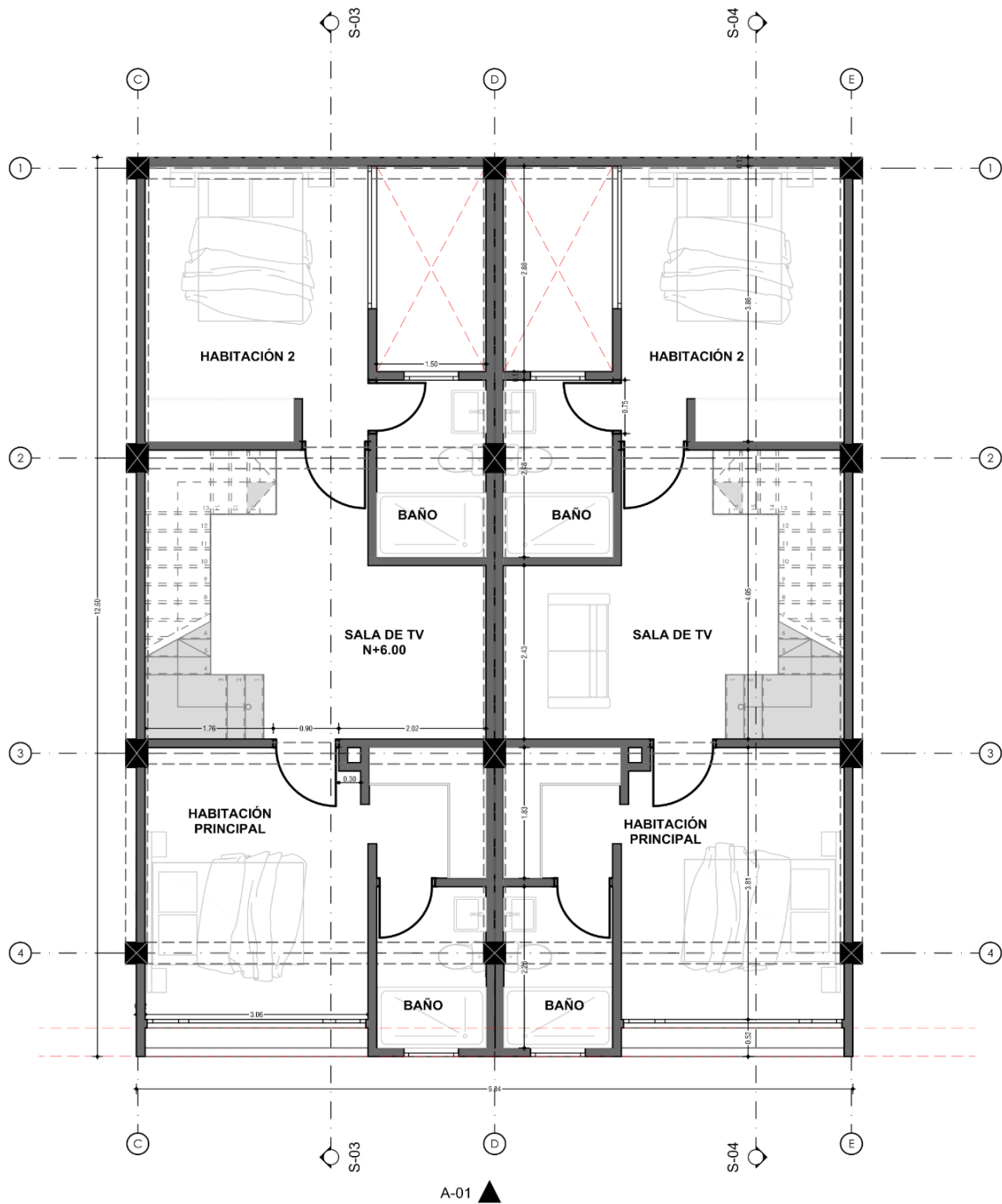
Figura 23. Primer piso vivienda unifamiliar



Fuente: Esta investigación.

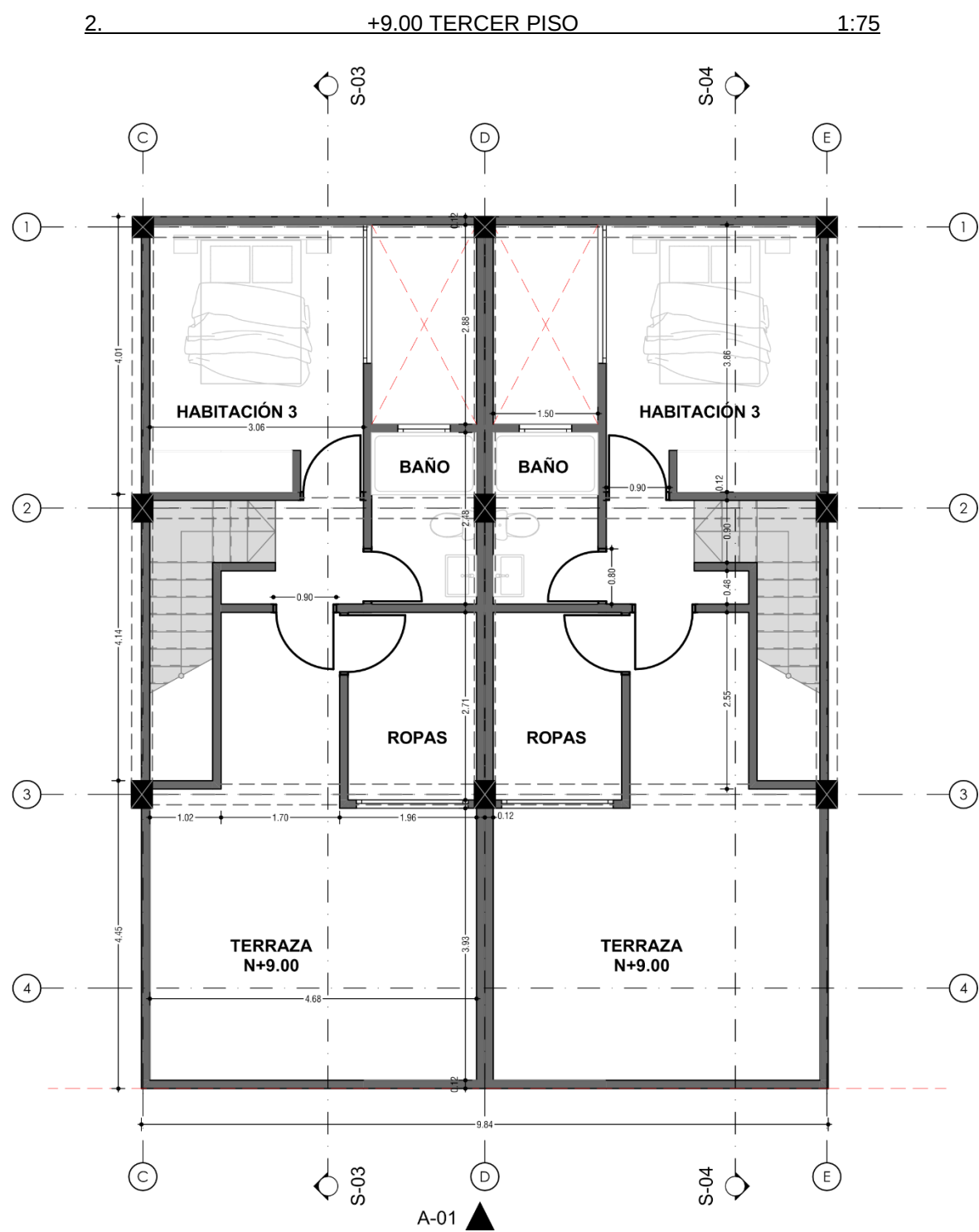
Figura 24. Segundo piso vivienda unifamiliar.

1. +6.00 SEGUNDO PISO 1:75



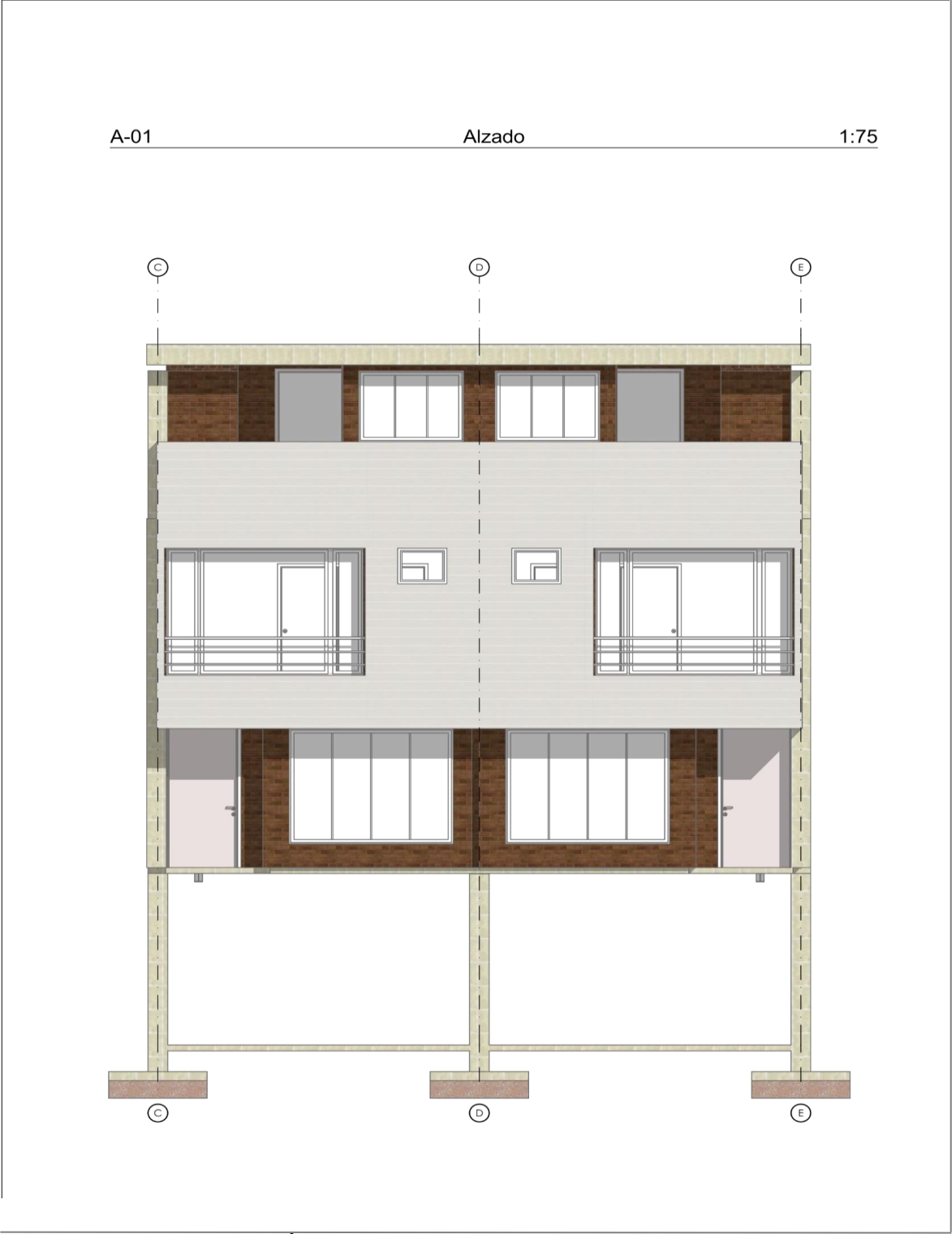
Fuente: Esta investigación.

Figura 25. Tercer piso vivienda unifamiliar – altillo.



Fuente: Esta investigación.

Figura 26. Alzado vivienda unifamiliar.



Fuente: Esta investigación.

Tabla 1. Esquema de muros.

MUROS									
ID DE ELEMENTO	NOMBRE DEL PISO DE ORIGEN	ALTURA	ANCHO	ESPESOR	ÁREA	VOLUMEN	CANTIDAD	SUPERFICIES (TODAS)	PREVISUALIZACIÓN PLANTA 2D
M0	+0.0 PARQUEADEROS	3.60	0.25	0.25	2.53	7.28	1	CONCRETO	
M1	+6.00 SEGUNDO PISO	3.00	0.12	0.12	0.04	0.11	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
M2	+6.00 SEGUNDO PISO	3.00	0.12	0.12	0.02	0.06	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
M3	+6.00 SEGUNDO PISO	3.00	0.12	0.12	0.10	0.27	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
M4	+6.00 SEGUNDO PISO	3.00	0.12	0.12	0.10	0.27	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
M5	+6.00 SEGUNDO PISO	3.00	0.12	0.12	0.02	0.06	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
M6	+6.00 SEGUNDO PISO	3.00	0.12	0.12	0.04	0.11	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
M7	+9.00 ALTILLO	2.85	0.12	0.12	0.06	0.14	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
M8	+9.00 ALTILLO	2.85	0.12	0.12	0.06	0.15	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
M9	+9.00 ALTILLO	2.85	0.12	0.12	0.07	0.18	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
M10	+9.00 ALTILLO	2.85	0.12	0.12	0.07	0.18	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
ME - 001	+3.00 PLANTA BAJA	3.00	0.12	0.12	0.05	0.20	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
ME - 002	+3.00 PLANTA BAJA	3.00	0.12	0.12	1.19	3.15	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
ME - 003	+3.00 PLANTA BAJA	8.40	0.12	0.12	0.55	4.25	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
ME - 004	+3.00 PLANTA BAJA	8.40	0.12	0.12	0.55	4.25	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
ME - 005	+3.00 PLANTA BAJA	3.00	0.12	0.12	1.19	3.15	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
ME - 006	+3.00 PLANTA BAJA	3.00	0.12	0.12	0.05	0.20	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
ME - 007	+3.00 PLANTA BAJA	3.00	0.12	0.12	0.07	0.20	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
ME - 008	+3.00 PLANTA BAJA	3.00	0.12	0.12	0.40	0.56	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
ME - 009	+3.00 PLANTA BAJA	3.00	0.12	0.12	0.07	0.20	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
ME - 010	+3.00 PLANTA BAJA	3.00	0.12	0.12	0.40	0.56	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	

ME - 021	+6.00 SEGUNDO PISO	3.65	0.12	0.12	0.16	0.55	1	Revestimiento - Oscuro; LADRILLO	
ME - 022	+6.00 SEGUNDO PISO	3.00	0.12	0.12	1.19	3.15	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
ME - 023	+6.00 SEGUNDO PISO	3.00	0.12	0.12	1.19	3.15	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
ME - 024	+6.00 SEGUNDO PISO	3.65	0.12	0.12	0.16	0.55	1	Revestimiento - Oscuro; LADRILLO	
ME - 025	+6.00 SEGUNDO PISO	0.90	0.12	0.12	0.38	0.34	1	Revestimiento - Oscuro; LADRILLO	
ME - 026	+6.00 SEGUNDO PISO	3.00	0.12	0.12	0.37	0.29	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
ME - 027	+6.00 SEGUNDO PISO	4.85	0.12	0.12	0.21	0.92	1	Revestimiento - Oscuro; LADRILLO	
ME - 046	+6.00 SEGUNDO PISO	4.85	0.12	0.12	0.21	0.92	1	Revestimiento - Oscuro; LADRILLO	
ME - 047	+6.00 SEGUNDO PISO	3.00	0.12	0.12	0.37	0.29	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
ME - 048	+6.00 SEGUNDO PISO	0.90	0.12	0.12	0.38	0.34	1	Revestimiento - Oscuro; LADRILLO	
ME - 049	+9.00 ALTILLO	1.80	0.12	0.12	0.38	0.69	1	Revestimiento - Oscuro; LADRILLO	
ME - 050	+9.00 ALTILLO	1.20	0.12	0.12	0.47	0.57	1	Revestimiento - Oscuro; LADRILLO	
ME - 051	+9.00 ALTILLO	2.75	0.12	0.12	0.89	2.15	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
ME - 052	+9.00 ALTILLO	2.85	0.12	0.12	0.89	2.15	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
ME - 053	+9.00 ALTILLO	1.20	0.12	0.12	0.47	0.57	1	Revestimiento - Oscuro; LADRILLO	
ME - 054	+9.00 ALTILLO	1.80	0.12	0.12	0.38	0.69	1	Revestimiento - Oscuro; LADRILLO	
MI - 013	+3.00 PLANTA BAJA	2.27	0.12	0.12	0.18	0.40	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	

ID DE ELEMENTO	NOMBRE DEL PISO DE ORIGEN	ALTURA	ANCHO	ESPESOR	ÁREA	VOLUMEN	CANTIDAD	SUPERFICIES (TODAS)	PREVISUALIZACIÓN PLANTA 2D
MI - 014	+3.00 PLANTA BAJA	2.40	0.12	0.12	0.16	0.38	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MI - 015	+3.00 PLANTA BAJA	2.40	0.12	0.12	0.14	0.35	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MI - 016	+3.00 PLANTA BAJA	2.40	0.12	0.12	0.18	0.44	1	Ladrillo - Marrón	
MI - 017	+3.00 PLANTA BAJA	2.36	0.12	0.12	0.18	0.42	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MI - 018	+3.00 PLANTA BAJA	2.36	0.12	0.12	0.16	0.38	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MI - 019	+3.00 PLANTA BAJA	2.40	0.12	0.12	0.18	0.35	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MI - 020	+3.00 PLANTA BAJA	2.36	0.12	0.12	0.18	0.43	1	Ladrillo - Marrón	
MI - 028	+6.00 SEGUNDO PISO	3.00	0.12	0.12	0.14	0.41	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MI - 029	+6.00 SEGUNDO PISO	3.00	0.12	0.12	0.08	0.32	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MI - 030	+6.00 SEGUNDO PISO	3.00	0.12	0.12	0.36	1.03	1	Revestimiento - Oscuro; LADRILLO	
MI - 031	+6.00 SEGUNDO PISO	3.00	0.12	0.12	0.44	1.27	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MI - 032	+6.00 SEGUNDO PISO	5.80	0.12	0.12	0.19	0.97	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MI - 033	+6.00 SEGUNDO PISO	3.00	0.12	0.12	0.26	0.79	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MI - 034	+6.00 SEGUNDO PISO	3.00	0.12	0.12	0.07	0.21	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MI - 035	+6.00 SEGUNDO PISO	5.40	0.12	0.12	0.67	2.34	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MI - 036	+6.00 SEGUNDO PISO	5.85	0.12	0.12	0.19	0.70	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MI - 037	+6.00 SEGUNDO PISO	5.85	0.12	0.12	0.19	0.70	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	

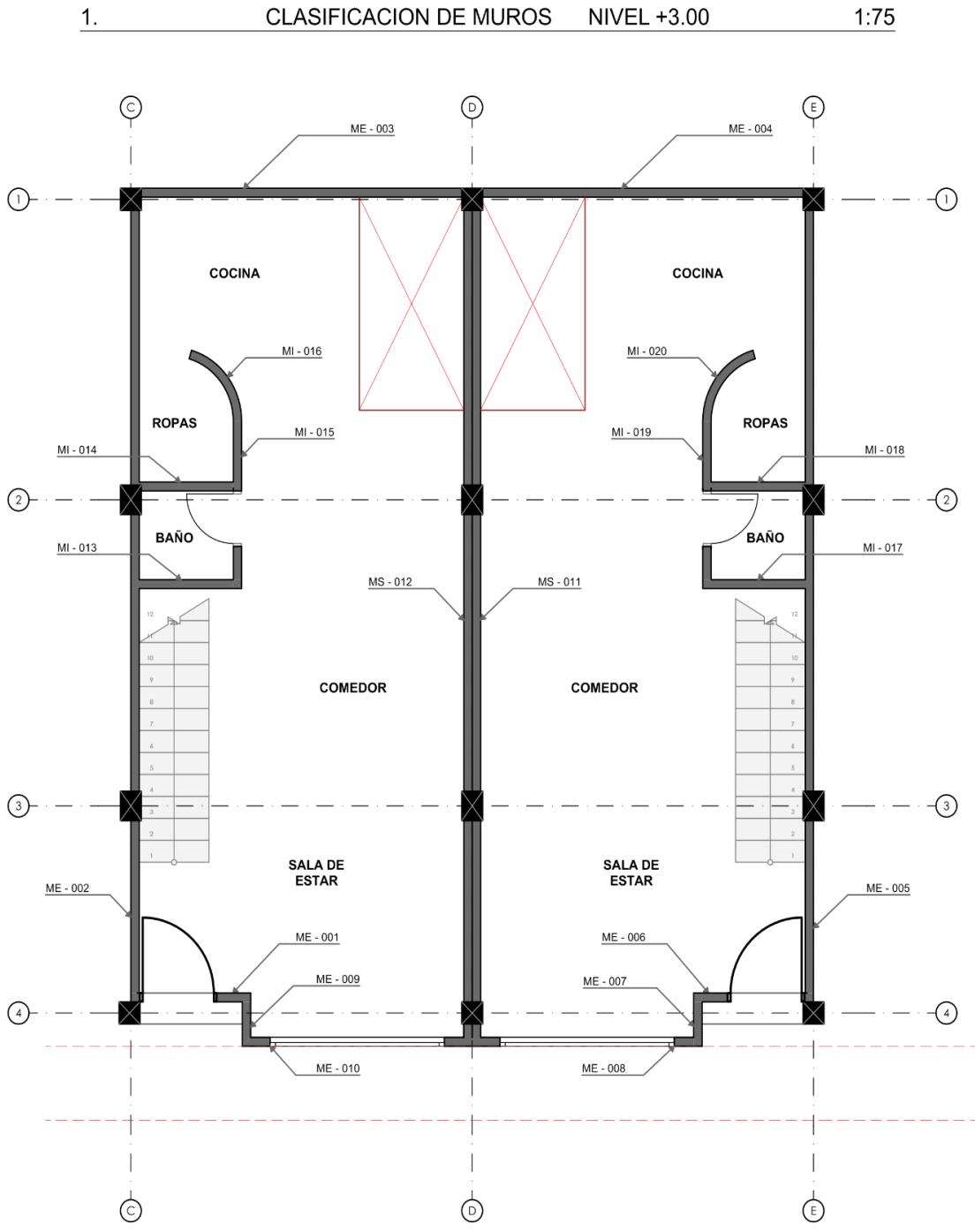
MI - 038	+6.00 SEGUNDO PISO	5.40	0.12	0.12	0.67	2.43	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MI - 039	+6.00 SEGUNDO PISO	3.00	0.12	0.12	0.07	0.21	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MI - 040	+6.00 SEGUNDO PISO	3.00	0.12	0.12	0.25	0.79	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MI - 041	+6.00 SEGUNDO PISO	5.80	0.12	0.12	0.19	0.97	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MI - 042	+6.00 SEGUNDO PISO	3.00	0.12	0.12	0.44	1.27	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MI - 043	+6.00 SEGUNDO PISO	3.00	0.12	0.12	0.36	1.03	1	Revestimiento - Oscuro; LADRILLO	
MI - 044	+6.00 SEGUNDO PISO	3.00	0.12	0.12	0.08	0.32	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MI - 045	+6.00 SEGUNDO PISO	3.00	0.12	0.12	0.14	0.41	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MI - 057	+9.00 ALTILLO	2.85	0.12	0.12	0.12	0.28	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MI - 058	+9.00 ALTILLO	2.85	0.12	0.12	0.22	0.31	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MI - 059	+9.00 ALTILLO	2.85	0.12	0.12	0.24	0.35	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MI - 060	+9.00 ALTILLO	2.85	0.12	0.12	0.11	0.28	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MI - 061	+9.00 ALTILLO	2.85	0.12	0.12	0.39	0.98	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MI - 062	+9.00 ALTILLO	2.85	0.12	0.12	0.24	0.59	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MI - 065	+9.00 ALTILLO	2.85	0.12	0.12	0.24	0.59	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MI - 066	+9.00 ALTILLO	2.85	0.12	0.12	0.39	0.98	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MI - 067	+9.00 ALTILLO	2.85	0.12	0.12	0.12	0.32	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MI - 068	+9.00 ALTILLO	2.85	0.12	0.12	0.12	0.32	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MI - 069	+9.00 ALTILLO	2.85	0.12	0.12	0.26	0.64	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MI - 070	+9.00 ALTILLO	2.85	0.12	0.12	0.26	0.68	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MS-055	+6.00 SEGUNDO PISO	1.20	0.12	0.12	0.47	0.56	1	Revestimiento - Oscuro; LADRILLO	

MUROS									
ID DE ELEMENTO	NOMBRE DEL PISO DE ORIGEN	ALTURA	ANCHO	ESPESOR	ÁREA	VOLUMEN	CANTIDAD	SUPERFICIES (TODAS)	PREVISUALIZACIÓN PLANTA 2D
MS-056	+6.00 SEGUNDO PISO	1.20	0.12	0.12	0.47	0.56	1	Revestimiento - Oscuro; LADRILLO	
MS-063	+9.00 ALTILLO	2.75	0.12	0.12	0.89	2.32	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MS-064	+9.00 ALTILLO	2.75	0.12	0.12	0.89	2.32	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MS - 011	+3.00 PLANTA BAJA	6.00	0.12	0.12	1.21	7.05	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
MS - 012	+3.00 PLANTA BAJA	6.00	0.12	0.12	1.21	7.05	1	LADRILLO; Ladrillo - Marrón	
					29.73 m ²	88.35 m ³			

Fuente: Esta investigación.

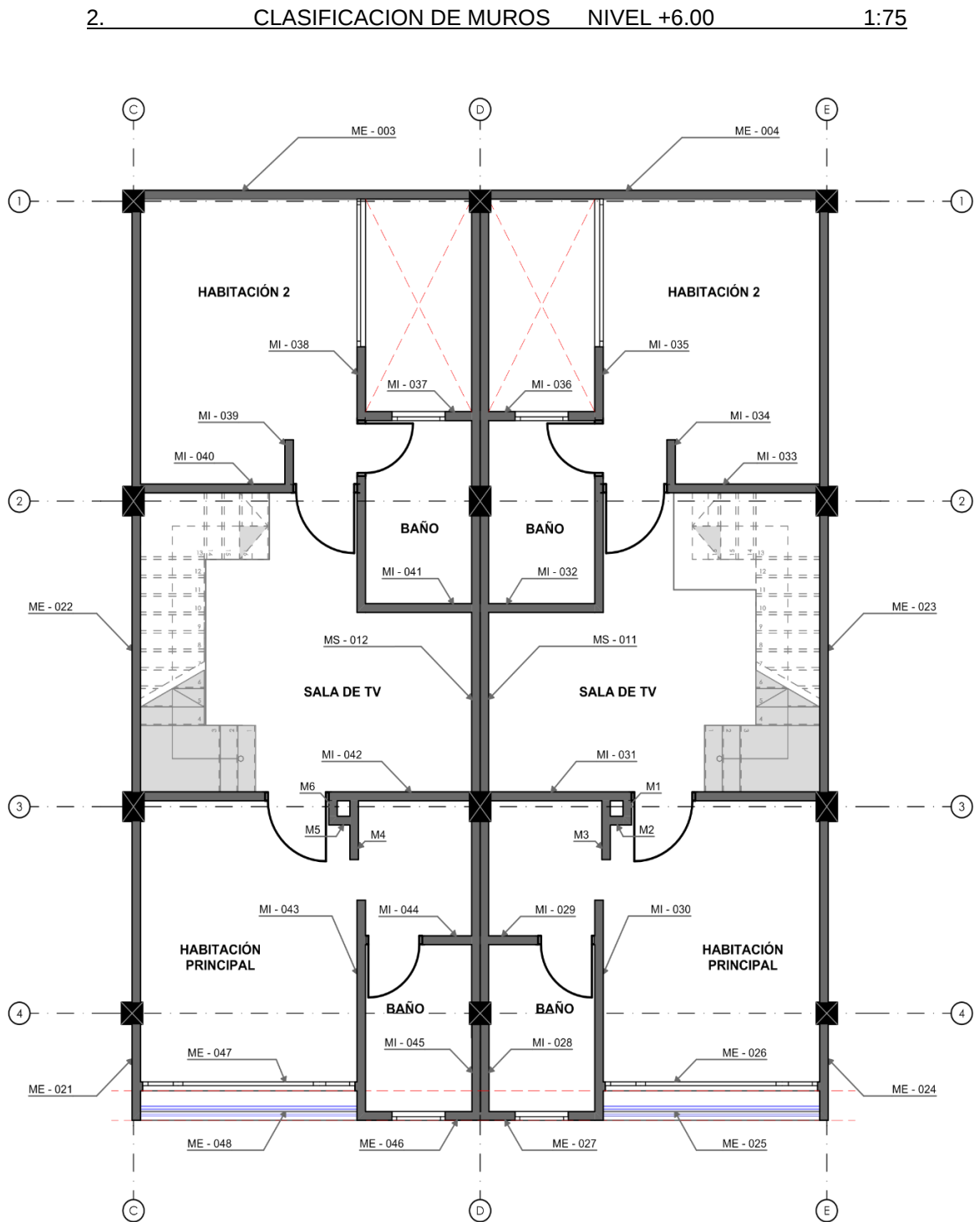
La tabla 1. Contempla información detallada sobre los diferentes muros presentes en los distintos pisos de origen (la mayoría son 3.00 metros de altura y 0.12 metros de ancho, ubicados en PLANTA BAJA y SEGUNDO PISO), incluye datos como espesores, áreas, volúmenes, cantidades y materiales utilizados, siendo los comunes el LADRILLO PERFORADO y LADRILLO HUECO. Además, proporciona una breve descripción del material de los muros como (MS-056), que es Revestimiento - Oscuro. También se especifica el significado de los identificadores de los elementos: **ME** (Muro Externo), **MI** (Muro Interno) y **MS** (Muro Separador).

Figura 27. Clasificación de muros nivel +3.00.



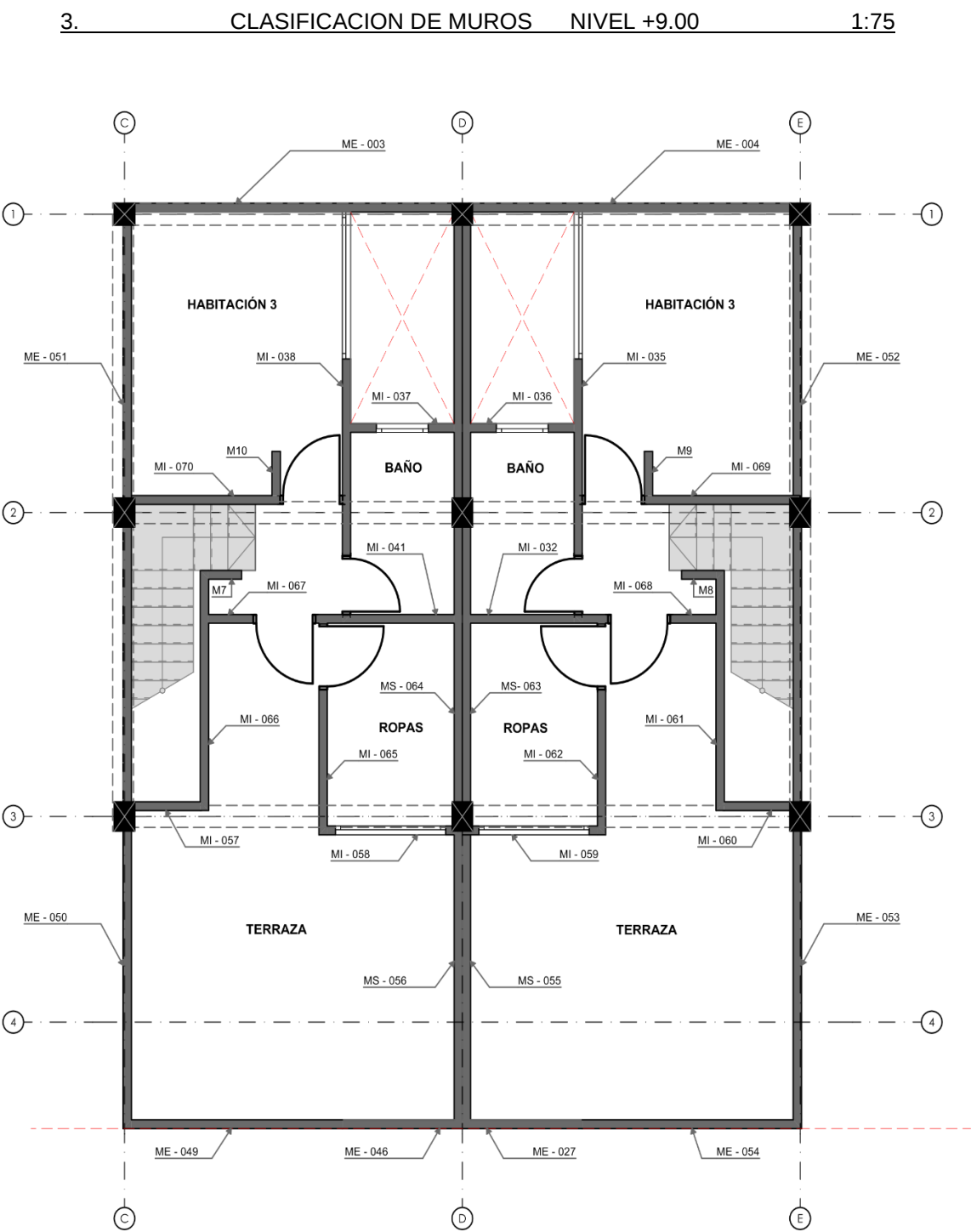
Fuente: Esta investigación.

Figura 28. Clasificación de muros nivel +6.00.



Fuente: Esta investigación.

Figura 29. Clasificación de muros nivel +9.00.



Fuente: Esta investigación.

Tabla 2. Esquema de columnas.

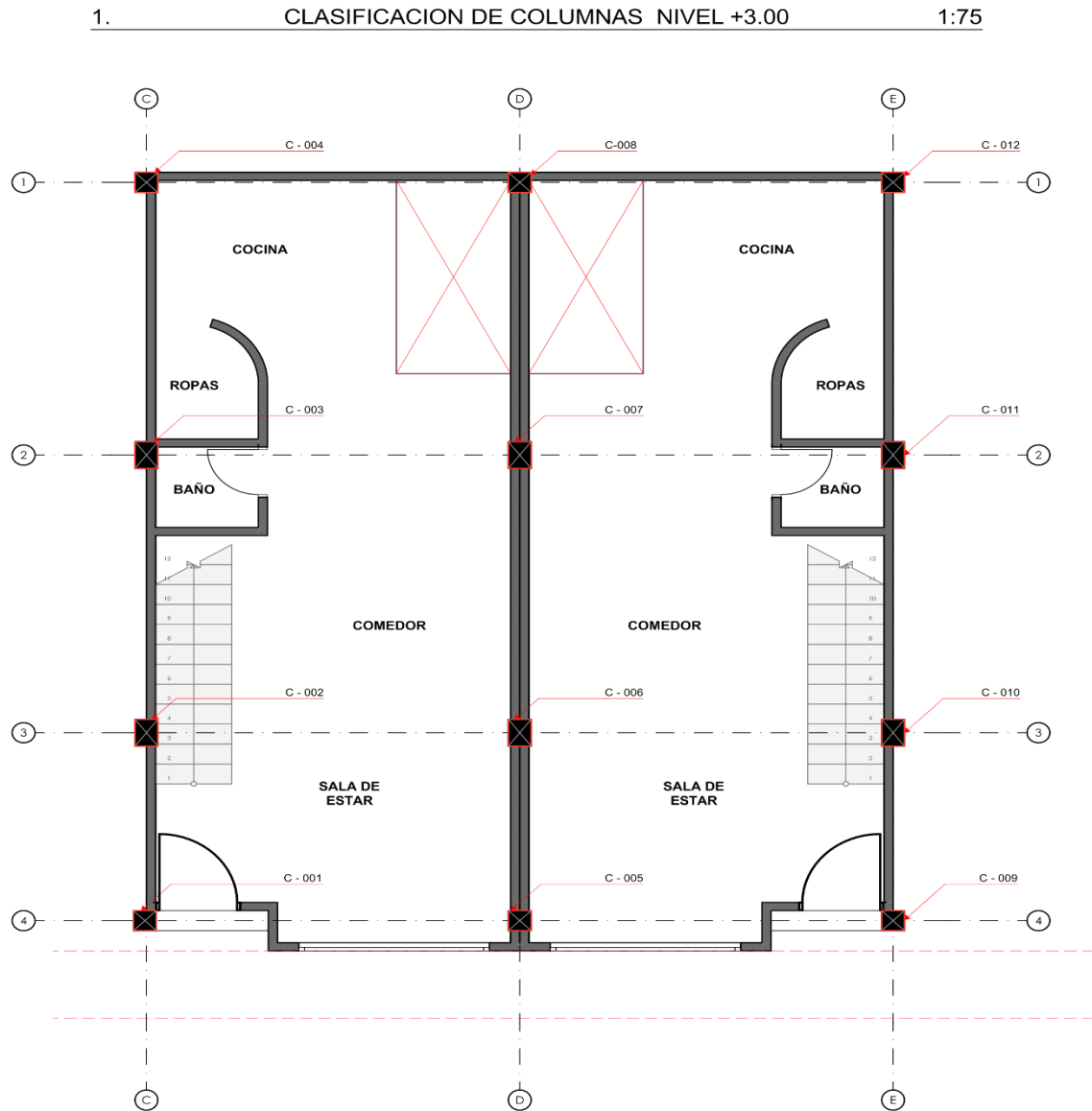
COLUMNAS								
ID de Elemento	Material de Construcción	PISO DE ORIGEN	ALTURA	ESPESOR	ÁREA	VOLUMEN	MATERIALES	Previsualización Planta 2D
C - 001	HORMIGON ESTRUCTURAL	+3.00 PLANTA BAJA	6.00	0.30	0.09	0.54	CONCRETO	
C - 002	HORMIGON ESTRUCTURAL	CIMENTACIÓN	11.85	0.40	0.12	1.42	CONCRETO	
C - 003	HORMIGON ESTRUCTURAL	CIMENTACIÓN	11.85	0.40	0.12	1.42	CONCRETO	
C - 004	HORMIGON ESTRUCTURAL	CIMENTACIÓN	11.85	0.30	0.09	1.07	CONCRETO	
C - 005	HORMIGON ESTRUCTURAL	+3.00 PLANTA BAJA	6.00	0.30	0.09	0.53	CONCRETO	
C - 006	HORMIGON ESTRUCTURAL	CIMENTACIÓN	11.85	0.40	0.12	1.43	CONCRETO	
C - 007	HORMIGON ESTRUCTURAL	CIMENTACIÓN	11.85	0.40	0.12	1.43	CONCRETO	
C - 008	HORMIGON ESTRUCTURAL	CIMENTACIÓN	11.85	0.30	0.09	1.07	CONCRETO	
C - 009	HORMIGON ESTRUCTURAL	+3.00 PLANTA BAJA	6.00	0.30	0.09	0.54	CONCRETO	
C - 010	HORMIGON ESTRUCTURAL	CIMENTACIÓN	11.85	0.40	0.12	1.42	CONCRETO	
C - 011	HORMIGON ESTRUCTURAL	CIMENTACIÓN	11.85	0.40	0.12	1.42	CONCRETO	
C - 012	HORMIGON ESTRUCTURAL	CIMENTACIÓN	11.85	0.30	0.09	1.07	CONCRETO	
C - 013	HORMIGON ESTRUCTURAL	CIMENTACIÓN	3.15	0.60	0.18	0.62	CONCRETO	
C - 014	HORMIGON ESTRUCTURAL	CIMENTACIÓN	3.15	0.60	0.18	0.62	CONCRETO	
C - 015	HORMIGON ESTRUCTURAL	CIMENTACIÓN	3.15	0.60	0.18	0.62	CONCRETO	
					1.80 m²	15.22 m³		

Fuente: Esta investigación.

La Tabla 2. Presenta información técnica detallada sobre las columnas presentes en el caso de estudio, incluyendo sus dimensiones y ubicaciones en los distintos niveles de la vivienda. Se especifica la identificación de cada elemento (**C-001**, **C-002**, **C-003**, etc.), el material de construcción, que en todos los casos es HORMIGÓN ESTRUCTURAL, y el piso de origen, donde algunas columnas se

encuentran en CIMENTACIÓN y otras en +3.00 PLANTA BAJA. Además, se detallan la altura, el espesor, el área y el volumen calculado de cada columna. La última fila de la tabla, denominada **"previsualización en 2d"**, asigna una representación gráfica específica a cada una.

Figura 30. Clasificación de columnas nivel +3.00.



Fuente: Esta investigación.

Tabla 3. Esquema de vigas.

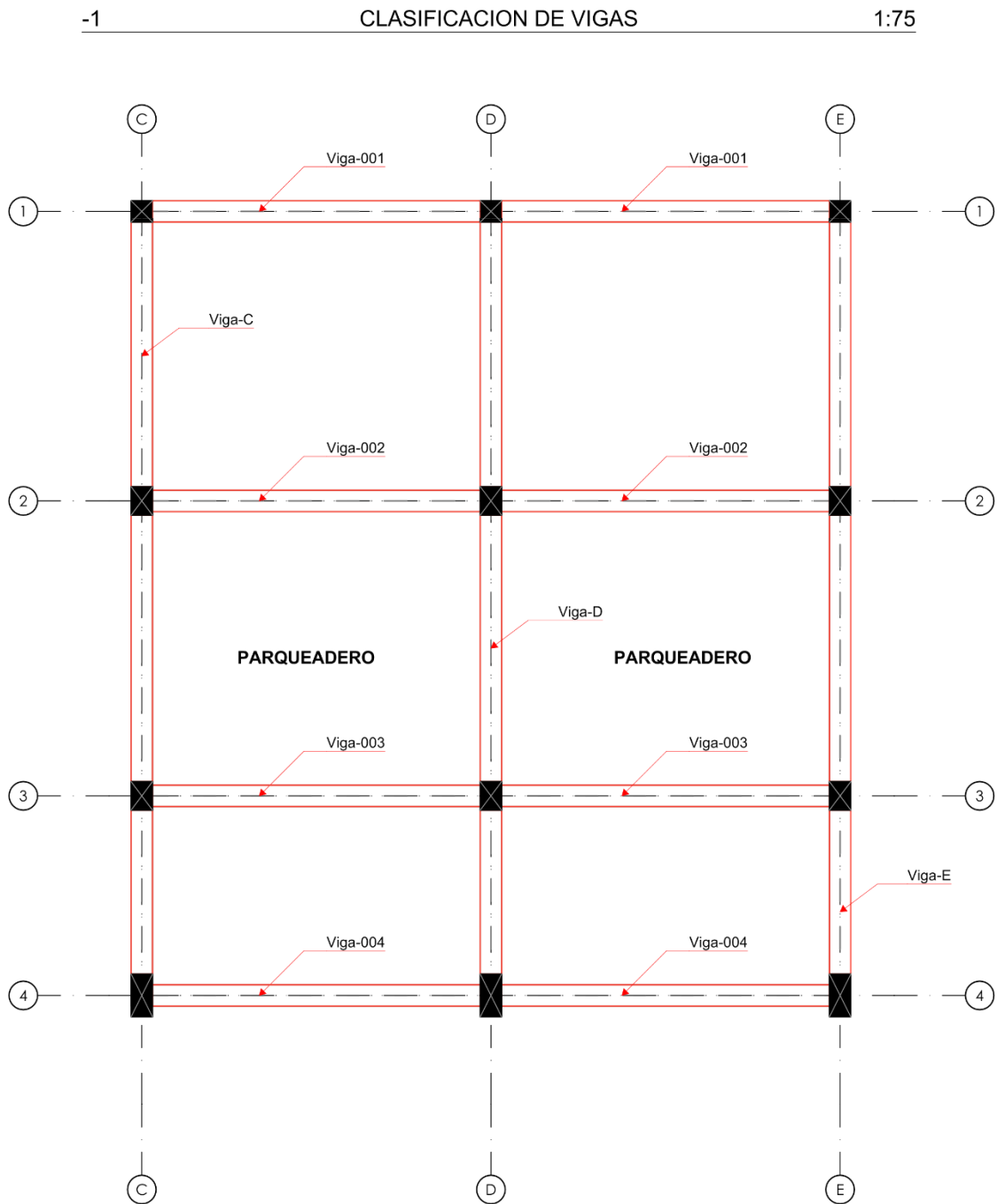
VIGAS									
ID ELEMENTO	PISO DE ORIGEN	ELEVACION DESDE NIVEL DE PISO	ALTURA	ANCHO	CANTIDAD	ÁREA	VOLUMEN	MATERIAL	AXONOMETRÍA 3D
Viga-001	CIMENTACIÓN	-3.15	0.35	0.30	1	2.94	1.03	CONCRETO	
Viga-001	+3.00 PLANTA BAJA	0.00	0.35	0.30	1	2.76	0.97	CONCRETO	
Viga-001	+6.00 SEGUNDO PISO	3.00	0.35	0.30	1	2.76	0.97	CONCRETO	
Viga-001	+9.00 ALTILLO	6.00	0.35	0.30	1	2.76	0.97	CONCRETO	
Viga-001	+11.85 CUBIERTA	8.70	0.35	0.30	1	2.76	0.97	CONCRETO	
Viga-002	CIMENTACIÓN	-3.15	0.35	0.30	1	2.85	1.00	CONCRETO	
Viga-002	+3.00 PLANTA BAJA	0.00	0.35	0.30	1	2.76	0.97	CONCRETO	
Viga-002	+6.00 SEGUNDO PISO	3.00	0.35	0.30	1	2.76	0.97	CONCRETO	
Viga-002	+9.00 ALTILLO	6.00	0.35	0.30	1	2.76	0.97	CONCRETO	
Viga-002	+11.85 CUBIERTA	8.70	0.35	0.30	1	2.76	0.97	CONCRETO	
Viga-003	CIMENTACIÓN	-3.15	0.35	0.30	1	2.85	1.00	CONCRETO	
Viga-003	+3.00 PLANTA BAJA	0.00	0.35	0.30	1	2.76	0.97	CONCRETO	
Viga-003	+6.00 SEGUNDO PISO	3.00	0.35	0.30	1	2.76	0.97	CONCRETO	
Viga-003	+9.00 ALTILLO	6.00	0.35	0.30	1	2.76	0.97	CONCRETO	
Viga-003	+11.85 CUBIERTA	8.70	0.35	0.30	1	2.76	0.97	CONCRETO	
Viga-004	CIMENTACIÓN	-3.15	0.35	0.30	1	2.94	1.03	CONCRETO	
Viga-004	+3.00 PLANTA BAJA	0.00	0.35	0.30	1	2.76	0.97	CONCRETO	
Viga-004	+6.00 SEGUNDO PISO	3.00	0.35	0.30	1	2.76	0.97	CONCRETO	
Viga-004	+9.00 ALTILLO	6.00	0.35	0.30	1	2.76	0.97	CONCRETO	
Viga-C	CIMENTACIÓN	-3.15	0.35	0.30	1	3.30	1.16	CONCRETO	
Viga-C	+3.00 PLANTA BAJA	0.00	0.35	0.30	1	2.92	1.02	CONCRETO	
Viga-C	+6.00 SEGUNDO PISO	3.00	0.35	0.30	1	2.97	1.04	CONCRETO	
Viga-C	+9.00 ALTILLO	6.00	0.35	0.30	1	2.97	1.04	CONCRETO	
Viga-C	+11.85 CUBIERTA	8.70	0.35	0.30	1	2.24	0.78	CONCRETO	

VIGAS									
ID ELEMENTO	PISO DE ORIGEN	ELEVACION DESDE NIVEL DE PISO	ALTURA	ANCHO	CANTIDAD	ÁREA	VOLUMEN	MATERIAL	AXONOMETRÍA 3D
Viga-D	CIMENTACIÓN	-3.15	0.35	0.30	1	3.03	1.06	CONCRETO	
Viga-D	+3.00 PLANTA BAJA	0.00	0.35	0.30	1	2.92	1.02	CONCRETO	
Viga-D	+6.00 SEGUNDO PISO	3.00	0.35	0.30	1	2.97	1.04	CONCRETO	
Viga-D	+9.00 ALTILLO	6.00	0.35	0.30	1	2.97	1.04	CONCRETO	
Viga-D	+11.85 CUBIERTA	8.70	0.35	0.30	1	2.24	0.78	CONCRETO	
Viga-E	CIMENTACIÓN	-3.15	0.35	0.30	1	3.30	1.16	CONCRETO	
Viga-E	+3.00 PLANTA BAJA	0.00	0.35	0.30	1	2.92	1.02	CONCRETO	
Viga-E	+6.00 SEGUNDO PISO	3.00	0.35	0.30	1	2.97	1.04	CONCRETO	
Viga-E	+9.00 ALTILLO	6.00	0.35	0.30	1	2.97	1.04	CONCRETO	
Viga-E	+11.85 CUBIERTA	8.70	0.35	0.30	1	2.24	0.78	CONCRETO	
						95.91 m ²	33.63 m ³		

Fuente: Esta investigación.

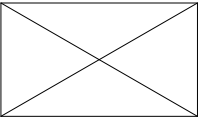
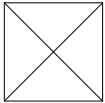
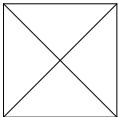
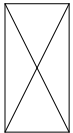
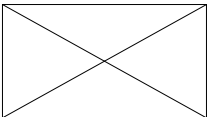
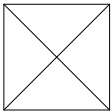
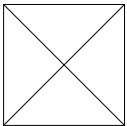
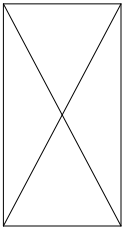
La Tabla 3. Presenta información detallada sobre las vigas utilizadas en el caso de estudio. Incluye el ID de cada elemento, distinguiendo entre **vigas longitudinales (1-2-3-4)** y **vigas transversales (C-D-E)**, así como el piso de origen (cimentación, planta baja, segundo piso, altillo y cubierta). Además, se especifican la elevación desde el nivel de piso, las dimensiones (altura y ancho), la cantidad de vigas, el área y el volumen de cada una. El material de construcción utilizado en todas las vigas es concreto. Finalmente, la última columna presenta una axonometría en 3D como representación visual de cada viga.

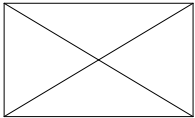
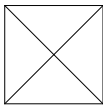
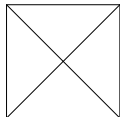
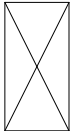
Figura 31. Clasificación de vigas - parqueaderos.



Fuente: Esta investigacion.

Tabla 4. Esquema de Zapatas.

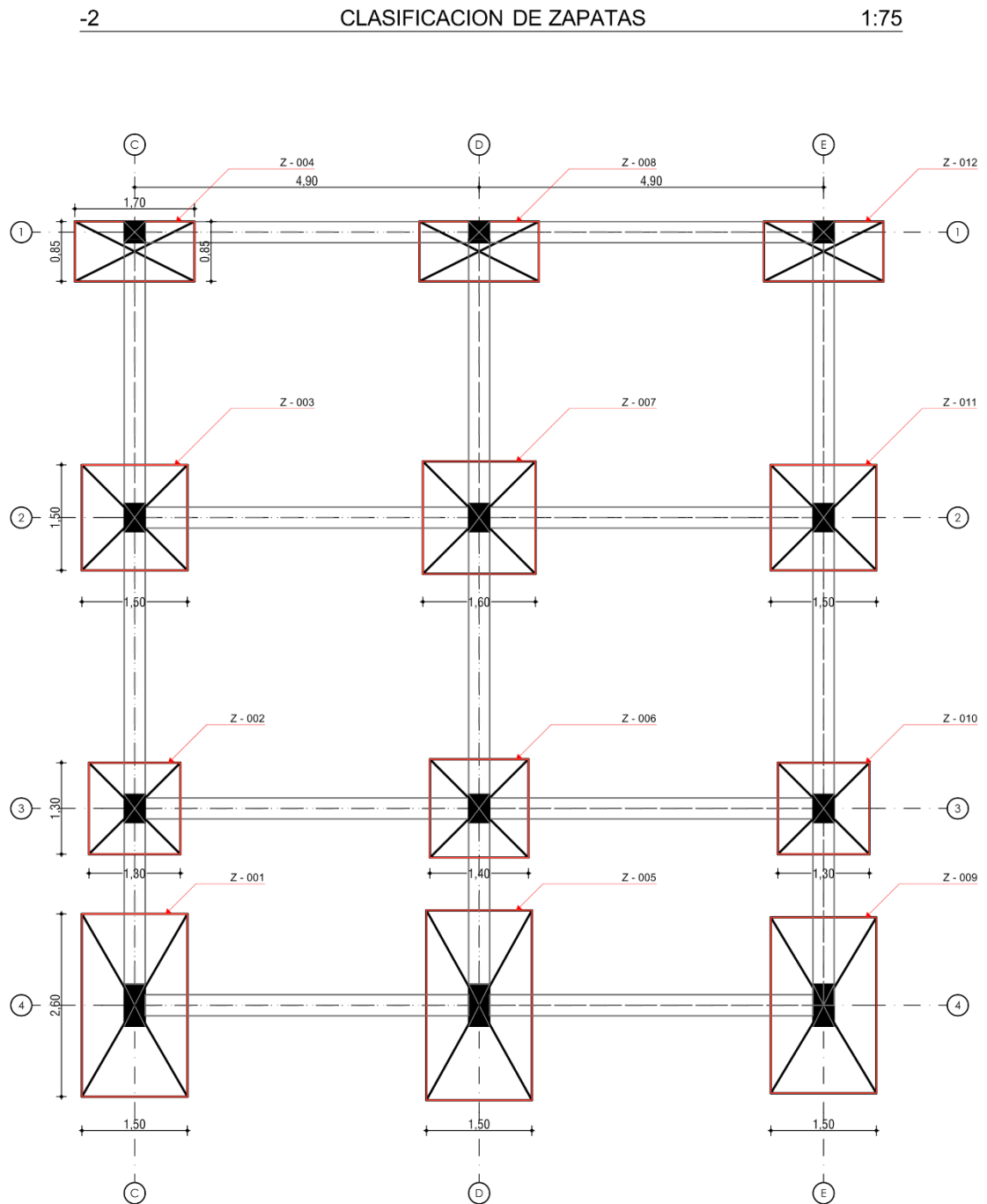
ZAPATAS							
ID ELEMENTO	PISO DE ORIGEN	ALTURA	ANCHO	ÁREA	VOLUMEN	MATERIAL	VISTA EN PLANTA
Z - 001	CIMENTACIÓN	0.15	1.50	3.90	0.59	CONCRETO	
Z - 002	CIMENTACIÓN	0.15	1.30	1.69	0.25	CONCRETO	
Z - 003	CIMENTACIÓN	0.15	1.50	2.25	0.34	CONCRETO	
Z - 004	CIMENTACIÓN	0.15	1.70	1.45	0.22	CONCRETO	
Z - 005	CIMENTACIÓN	0.15	1.50	4.05	0.61	CONCRETO	
Z - 006	CIMENTACIÓN	0.15	1.40	1.96	0.29	CONCRETO	
Z - 007	CIMENTACIÓN	0.15	1.60	2.56	0.38	CONCRETO	
Z - 008	CIMENTACIÓN	0.15	1.70	1.45	0.22	CONCRETO	

ZAPATAS							
ID ELEMENTO	PISO DE ORIGEN	ALTURA	ANCHO	ÁREA	VOLUMEN	MATERIAL	VISTA EN PLANTA
Z - 009	CIMENTACIÓN	0.15	1.50	3.75	0.56	CONCRETO	
Z - 010	CIMENTACIÓN	0.15	1.30	1.69	0.25	CONCRETO	
Z - 011	CIMENTACIÓN	0.15	1.50	2.25	0.34	CONCRETO	
Z - 012	CIMENTACIÓN	0.15	1.70	1.45	0.22	CONCRETO	
				28.45 m ²	4.27 m ³		

Fuente: Esta investigacion.

La Tabla 4. Presenta información detallada sobre las diferentes zapatas (elementos de cimentación) presentes en este caso de estudio, identificadas como Z-001, Z-002, Z-003, etc. La tabla incluye el piso de origen que es CIMENTACIÓN, la altura que es 0.15 para todas, el ancho que varía entre 1.30 y 1.70 metros, área, volumen y el material que es **Concreto Armado**. Además, la última columna muestra una representación gráfica de la vista en planta de cada zapata. Esta tabla es parte de la documentación técnica del proyecto, detallando las especificaciones dimensionales y de material para cada zapata de cimentación.

Figura 32. Clasificación de zapatas - cimentación.



Fuente: Esta investigación.

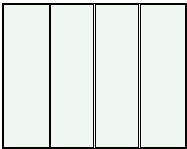
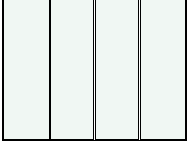
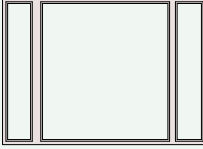
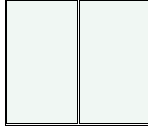
Tabla 5. Esquema de Forjados.

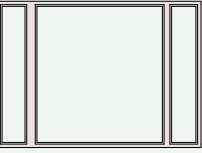
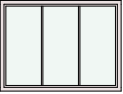
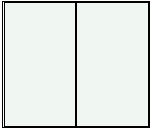
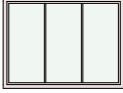
FORJADOS						
ID DE ELEMENTO	PISO DE ORIGEN	TIPO DE ELEMENTO	ESPESOR	ÁREA	VOLUMEN	SUPERFICIES (TODAS)
FOR - 001	+0.0 PARQUEADEROS	Forjado	0.10	114.11	11.41	CONCRETO
FOR - 002	+3.00 PLANTA BAJA	Forjado	0.10	47.01	4.70	CONCRETO
FOR - 003	+3.00 PLANTA BAJA	Forjado	0.10	47.01	4.70	CONCRETO
FOR - 004	+6.00 SEGUNDO PISO	Forjado	0.10	43.82	4.38	CONCRETO
FOR - 005	+6.00 SEGUNDO PISO	Forjado	0.10	43.06	4.31	CONCRETO
FOR - 006	+9.00 ALTILLO	Forjado	0.10	43.93	4.39	CONCRETO
FOR - 007	+9.00 ALTILLO	Forjado	0.10	43.93	4.39	CONCRETO
FOR - 008	+11.85 CUBIERTAS	Forjado	0.10	9.72	0.97	VIDRIO
FOR - 008	+11.85 CUBIERTAS	Forjado	0.35	83.81	26.50	CONCRETO
				476.40 m²	65.75 m³	

Fuente: Esta investigación.

La Tabla 5. Presenta información detallada sobre los forjados identificados como FOR-001, FOR-002, FOR-003, etc. La tabla incluye el piso de origen de cada forjado, tales como: +0.0 PARQUEADEROS, +3.00 PLANTA BAJA, +6.00 SEGUNDO PISO, +9.00 ALTILLO y +11.85 CUBIERTAS. También proporciona el espesor de cada forjado, el material de construcción, que es CONCRETO presente en casi todos los pisos, a excepción del vidrio, que se encuentra en el vacío del punto fijo. Además, se especifican el área y el volumen calculado de cada forjado.

Tabla 6. Esquema de Ventanas.

VENTANAS								
ID VENTANA	PISO DE ORIGEN	DESCRIPCION	TAMAÑO A X H	ÁREA	VOLUMEN	SUPERFICIES (TODAS)	SÍMBOLO 2D	VISTA DESDE LADO OPUESTO A LADO DE ABERTURA
V -01	+3.00 PLANTA BAJA	VENTANA EXTERIOR	2.50×1.95	4.88	0.59	VIDRIO; ALUMINIO		
V -02	+3.00 PLANTA BAJA	VENTANA EXTERIOR	2.50×1.95	4.88	0.59	VIDRIO; ALUMINIO		
V -03	+6.00 SEGUNDO PISO	VENTANA DE BAÑO	0.75×0.60	0.45	0.05	VIDRIO; ALUMINIO		
V -04	+6.00 SEGUNDO PISO	VENTANA HABITACION PRINCIPAL	3.00×2.15	6.45	0.77	VIDRIO; ALUMINIO		
V -05	+6.00 SEGUNDO PISO	VENTANA DE BAÑO	0.75×1.50	1.13	0.14	VIDRIO; ALUMINIO		
V -06	+6.00 SEGUNDO PISO	VENTANA HABITACION 2	2.00×1.50	3.00	0.36	VIDRIO; ALUMINIO		
V -07	+6.00 SEGUNDO PISO	VENTANA HABITACION 2	2.00×1.70	3.40	0.41	VIDRIO; ALUMINIO		
V -08	+6.00 SEGUNDO PISO	VENTANA DE BAÑO	0.75×1.50	1.13	0.14	VIDRIO; ALUMINIO		

VENTANAS								
ID VENTANA	PISO DE ORIGEN	DESCRIPCION	TAMAÑO A X H	ÁREA	VOLUMEN	SUPERFICIES (TODAS)	SÍMBOLO 2D	VISTA DESDE LADO OPUESTO A LADO DE ABERTURA
V -09	+6.00 SEGUNDO PISO	VENTANA HABITACION PRINCIPAL	3.00×2.15	6.45	0.77	VIDRIO; ALUMINIO		
V -10	+6.00 SEGUNDO PISO	VENTANA DE BAÑO	0.75×0.60	0.45	0.05	VIDRIO; ALUMINIO		
V -11	+9.00 ALTILLO	VENTANA CUARTO DE ROPAS	1.60×1.20	1.92	0.23	VIDRIO; ALUMINIO		
V -12	+9.00 ALTILLO	VENTANA DE BAÑO	0.75×1.50	1.13	0.14	VIDRIO; ALUMINIO		
V -13	+9.00 ALTILLO	VENTANA HABITACION 3	2.00×1.50	3.00	0.36	VIDRIO; ALUMINIO		
V -14	+9.00 ALTILLO	VENTANA HABITACION 3	2.00×1.70	3.40	0.41	VIDRIO; ALUMINIO		
V -15	+9.00 ALTILLO	VENTANA DE BAÑO	0.75×1.50	1.13	0.14	VIDRIO; ALUMINIO		
V -16	+9.00 ALTILLO	VENTANA CUARTO DE ROPAS	1.60×1.20	1.92	0.23	VIDRIO; ALUMINIO		
				44.72 m²	5.38 m³			

Fuente: Esta investigación.

Tabla 7. Esquema de puertas.

PUERTAS										
ID ELEMENTO	DESCRIPCION	PISO DE ORIGEN	DIMENSIONES A x H	ESPESOR DEL MARCO	CANTIDAD	MATERIALES	ÁREA	VOLUMEN	VISTA EN PLANTA	VISTA FRONTAL
P-01	PUERTA EXTERIOR	+3.00 PLANTA BAJA	1.10×2.40	0.12	1	Metal - Acero Inoxidable; ALUMINIO; Madera – Caoba Horizontal	2.64	0.32		
P-02	PUERTA DEL BAÑO	+3.00 PLANTA BAJA	0.75×2.00	0.12	1	Metal - Acero Inoxidable; Madera - Caoba Horizontal	1.50	0.18		
P-03	PUERTA DEL BAÑO	+3.00 PLANTA BAJA	0.75×2.00	0.12	1	Metal - Acero Inoxidable; Madera - Caoba Horizontal	1.50	0.18		
P-04	PUERTA EXTERIOR	+3.00 PLANTA BAJA	1.10×2.40	0.12	1	Metal - Acero Inoxidable; ALUMINIO; Madera – Caoba Horizontal	2.64	0.32		
P-05	PUERTA DEL BAÑO	+6.00 SEGUNDO PISO	0.80×2.10	0.12	1	Metal - Acero Inoxidable; Madera - Caoba Horizontal	1.68	0.20		
P-06	PUERTA HABITACION PRINCIPAL	+6.00 SEGUNDO PISO	0.90×2.10	0.12	1	Metal - Acero Inoxidable; Madera - Caoba Horizontal	1.89	0.23		
P-07	PUERTA HABITACION 2	+6.00 SEGUNDO PISO	0.90×2.10	0.12	1	Metal - Acero Inoxidable; Madera - Caoba Horizontal	1.89	0.23		
P-08	PUERTA DEL BAÑO	+6.00 SEGUNDO PISO	0.75×2.10	0.12	1	Metal - Acero Inoxidable; Madera - Caoba Horizontal	1.58	0.19		
P-09	PUERTA DEL BAÑO	+6.00 SEGUNDO PISO	0.75×2.10	0.12	1	Metal - Acero Inoxidable; Madera - Caoba Horizontal	1.58	0.19		
P-10	PUERTA HABITACION 2	+6.00 SEGUNDO PISO	0.90×2.10	0.12	1	Metal - Acero Inoxidable; Madera - Caoba Horizontal	1.89	0.23		
P-11	PUERTA HABITACION PRINCIPAL	+6.00 SEGUNDO PISO	0.90×2.10	0.12	1	Metal - Acero Inoxidable; Madera - Caoba Horizontal	1.89	0.23		
P-12	PUERTA DEL BAÑO	+6.00 SEGUNDO PISO	0.80×2.10	0.12	1	Metal - Acero Inoxidable; Madera - Caoba Horizontal	1.68	0.20		

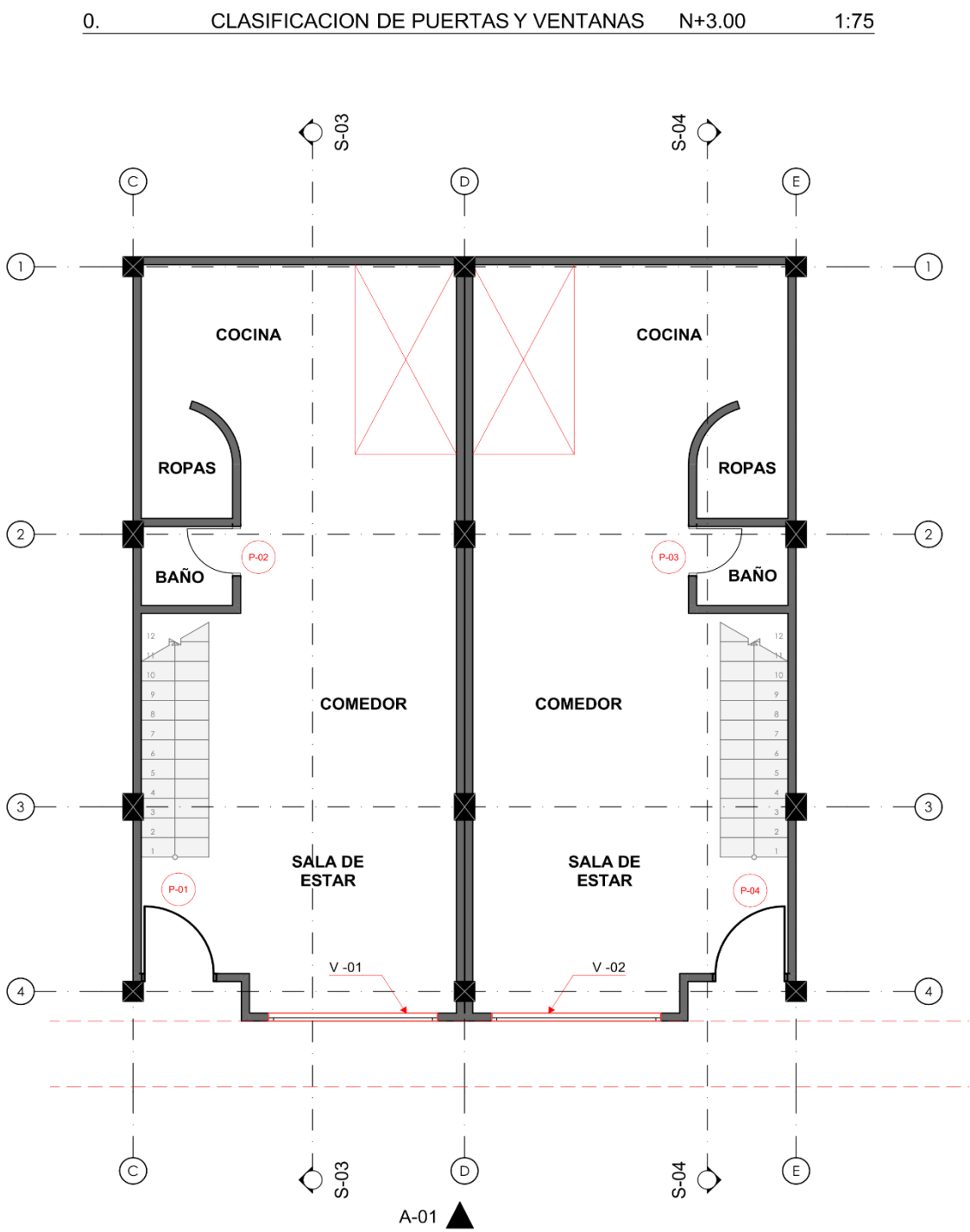
P -13	PUERTA TERRAZA	+9.00 ALTILLO	0.90×2.40	0.12	1	Metal - Acero Inoxidable; ALUMINIO; Madera – Caoba Horizontal	2.16	0.26		
P -14	PUERTA CUARTO DE ROPAS	+9.00 ALTILLO	0.90×2.50	0.12	1	Metal - Acero Inoxidable; Madera - Caoba Horizontal	2.25	0.27		
P -15	PUERTA DEL BAÑO	+9.00 ALTILLO	0.80×2.10	0.12	1	Metal - Acero Inoxidable; Madera - Caoba Horizontal	1.68	0.20		

PUERTAS										
ID ELEMEN TO	DESCRIPCIO N	PISO DE ORIGEN	DIMENSION ES A x H	ESPESOR DEL MARCO	CANTID AD	MATERIALES	ÁREA	VOLUME N	VISTA EN PLANTA	VISTA FRONTAL
P -16	PUERTA HABITACIO N 3	+9.00 ALTILLO	0.90×2.10	0.12	1	Metal - Acero Inoxidable; Madera - Caoba Horizontal	1.89	0.23		
P -17	PUERTA HABITACIO N 3	+9.00 ALTILLO	0.90×2.50	0.12	1	Metal - Acero Inoxidable; Madera - Caoba Horizontal	2.25	0.27		
P -18	PUERTA DEL BAÑO	+9.00 ALTILLO	0.80×2.10	0.12	1	Metal - Acero Inoxidable; Madera - Caoba Horizontal	1.68	0.20		
P -19	PUERTA CUARTO DE ROPAS	+9.00 ALTILLO	0.90×2.50	0.12	1	Metal - Acero Inoxidable; Madera - Caoba Horizontal	2.25	0.27		
P - 20	PUERTA TERRAZA	+9.00 ALTILLO	0.90×2.40	0.12	1	Metal - Acero Inoxidable; ALUMINIO; Madera – Caoba Horizontal	2.16	0.26		
							38.68 m²	4.66 m³		

Fuente: Esta investigación.

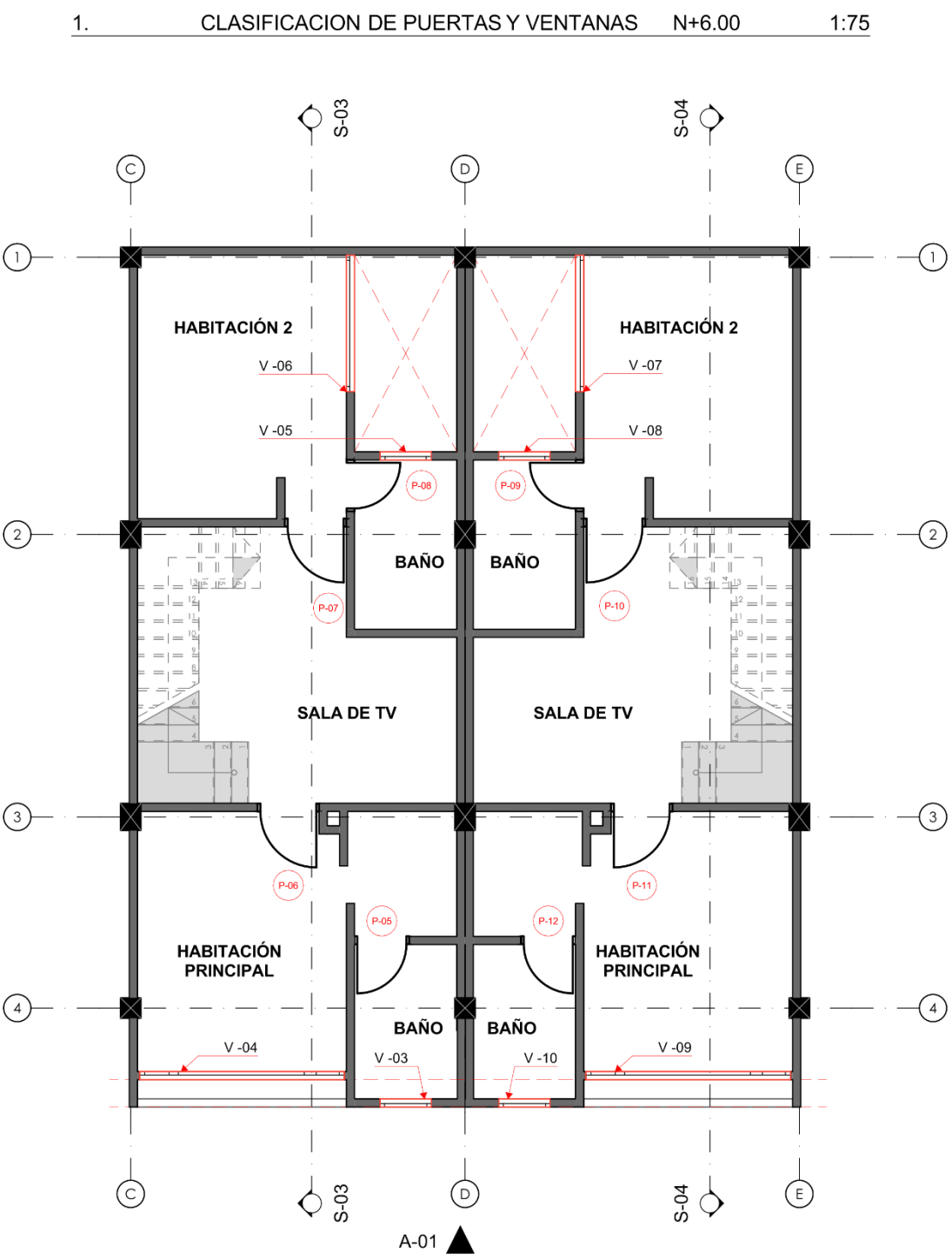
La Tabla 6. Presenta información detallada sobre las ventanas identificadas como V-01, V-02, V-03, entre otras. De manera similar, la Tabla 7 proporciona datos específicos sobre las puertas, identificadas como P-01, P-02, P-03, etc. Ambas tablas incluyen el piso de origen de cada ventana y puerta, con niveles como +3.00 m (Planta Baja), +6.00 m (Segundo Piso) y +9.00 m (Altílo). Asimismo, se detallan sus dimensiones, material de construcción, cantidad y espesor. Además, se especifican el área y el volumen calculado de cada ventana y puerta.

Figura 33. Clasificación de Puertas y Ventanas nivel +3.00.



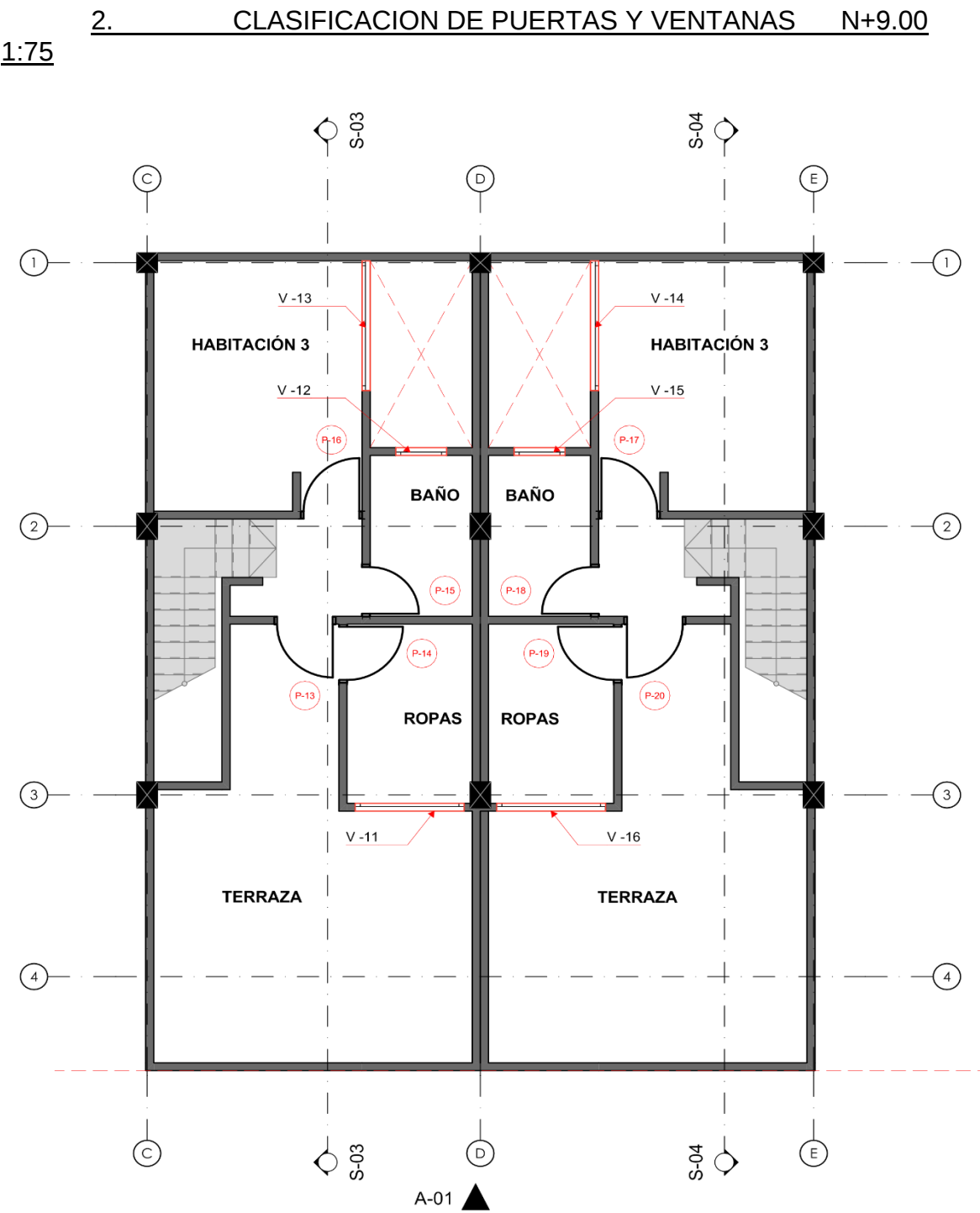
Fuente: Esta investigación.

Figura 34. Clasificación de Puertas y Ventanas nivel +6.00.



Fuente: Esta investigación.

Figura 35. Clasificación de Puertas y Ventanas nivel +9.00.



Fuente: Esta investigación.

3.2 VOLUMEN (M3)

Tabla 8. Volumen total de cada material del conjunto habitacional (32 viviendas).

ITEM	MATERIAL	VOLUMEN (M3) X2viv	VOLUMEN (M3) X16viv
1. CIMENTACION Y ESTRUCTURA	ACERO ESTRUCTURA	6.575,46	105.207,36
	LOSA EN CONCRETO	65,75	1.052
	ZAPATAS EN CONCRETO	4,27	68,32
	COLUMNAS EN CONCRETO	15,22	243,52
	VIGAS EN CONCRETO	33,63	538,08
1.2 PUNTO FIJO	VIDRIO ESCALERAS	0,211	3,39
	CONCRETO	1,103	17,66
	ALUMINIO	0,164	2,63
2. MAMPOSTERIA	LADRILLO HUECO ESTRUCTURAL (MUROS DE CARGA)	39,17	626,72
	LADRILLO PERFORADO DE ARCILLA (MUROS DIVISORIOS)	49,18	786,88
		Total, Muros 88,35	
3. PUERTAS Y VENTANAS	MELAMINA	4,66	74,56
	VIDRIO VENTANAS	5,38	86,08
4. ACABADOS	ESTUCO	1,78	28,48
	PANEL YESO	4,58	73,32
	PISO LAMINADO	62,36	997,76
	MORTERO DE PEGA	0,405	6,48
	REVESTIMIENTO CERAMICO	1,21	19,36
	USO DEL SUELO		
	TOTAL	6.864,54	109.832,6

Fuente: Esta investigación.

La Tabla 8 presenta el listado de materiales utilizados y el volumen correspondiente a cada uno, organizados en los siguientes ítems:

1. **Cimentación y Estructura:** Incluye acero estructural, losas, zapatas, columnas y vigas de concreto, esenciales para la estabilidad de la edificación.
2. **Punto Fijo:** Agrupa materiales como concreto para huella y contra huella, aluminio para barandales y vidrio para acabados específicos.
3. **Mampostería:** Considera ladrillos perforados estructurales para muros de carga y ladrillos huecos de arcilla para muros divisorios, los cuales aportan resistencia y delimitan espacios.
4. **Puertas y Ventanas:** Contempla melamina para puertas, y vidrio y aluminio para ventanas.
5. **Acabados:** Incluye estuco en muros, pisos laminados en áreas sociales y habitaciones, cerámicos en baños y cocina, paneles de yeso en cielorrasos, mortero de pega y revestimiento cerámico en fachada, con fines tanto estéticos como funcionales.

El cálculo del volumen se basa en dos viviendas tipo espejo, que funcionan como unidad base para el análisis. Este volumen inicial se multiplica por 16, ya que el conjunto habitacional está compuesto por 16 pares de viviendas (es decir, 32 viviendas en total). Esta metodología permite proyectar el volumen total del conjunto a partir de una muestra representativa.

Sin embargo, como 7 de las 32 viviendas presentan condiciones atípicas en su diseño o distribución, se realizaron ajustes al volumen estimado, incrementándolo o reduciéndolo según las variaciones constructivas identificadas, con el fin de obtener una estimación más precisa. Este análisis constituye una etapa clave del segundo objetivo de la investigación, ya que permite cuantificar la participación de cada material en la construcción.

El volumen fue obtenido a partir del modelo arquitectónico desarrollado en ArchiCAD, utilizando la herramienta de esquemas de materiales, que desglosa áreas y volúmenes de manera automatizada. Luego, los datos fueron procesados en Excel para obtener el volumen total real del conjunto habitacional. Este análisis volumétrico representa una etapa clave dentro del desarrollo del segundo objetivo y constituye la base para el siguiente paso, que es el cálculo del peso total mediante la densidad de cada material.

Figura 36. Logo de Aplicación De Software: Para calcular el VOLUMEN de los materiales.



Fuente: Tomado de Graphisoft, está bajo licencia [CC BY-NC-ND](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

3.3 VOLUMEN DEL ACERO

Se ha utilizado el software DL NET Nimbus para calcular la cantidad de acero utilizado en el proyecto. Este programa está diseñado para mejorar la comercialización del acero tanto en Colombia como a nivel internacional, centrándose en la gestión detallada de las especificaciones de acero elaboradas por ingenieros o calculistas. DL NET Nimbus cumple con los estándares de especificaciones y normativas, abordando una amplia gama de figuras de acero con sus respectivas características. Su función principal radica en generar pedidos precisos para proyectos de construcción, lo que lo convierte en una herramienta valiosa para la investigación. Al seguir el proceso, el software proporciona las dimensiones específicas del volumen de acero necesario de manera precisa. Esta capacidad detallada y específica del programa se ajusta perfectamente a los requisitos de la investigación, permitiéndonos obtener datos concretos sobre la cantidad de acero utilizado en los materiales de construcción analizados.

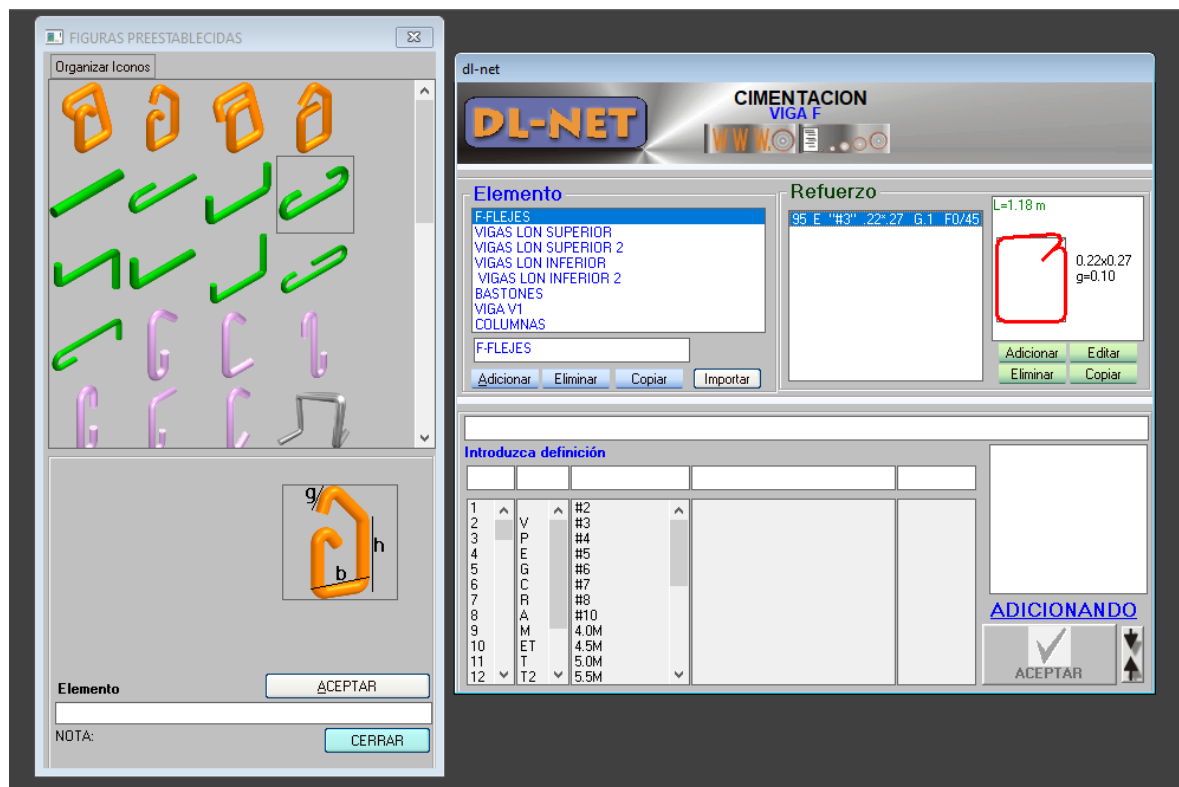
Figura 37. Logo de Aplicación de software: Para calcular el volumen del ACERO.



Fuente: DL-NET Nimbus, desarrollado por Diseño de Soluciones (DDS).

Para este proceso, el proyecto contaba con planos aprobados por curaduría, los cuales incluían toda la información técnica necesaria. A partir de estos planos, ingresé directamente en el software los datos establecidos para el cálculo del acero en columnas, muro de contención, zapatas, vigas longitudinales y vigas transversales. Se registraron las longitudes, diámetros de barra, así como detalles específicos como ganchos, flejes y bastones, según lo indicado en los planos estructurales. Una vez cargada esta información, el programa generó automáticamente el peso total del acero que se utilizó en el proyecto, permitiendo obtener un valor preciso que fue incorporado al análisis cuantitativo de materiales, contribuyendo así a una comprensión más completa y detallada del comportamiento estructural y la cantidad real de acero empleado en la construcción.

Figura 38. Aplicación de software: Volumen de acero correspondiente al caso de estudio.



Fuente: DL-NET Nimbus - Esta investigación.

3.3.1 Cálculo del peso del acero:

Tabla 9. Cálculo de acero en columnas, muro de contención, zapatas, vigas longitudinales y transversales.



**COLUMNAS EJES 1C-1D
CT1
RESUMEN PEDIDO COMPLETO**

PÁGINA: 1 de 4

RESUMEN DE PESOS BARRAS FIGURADAS

REFERENCIA	DIAMETRO	LONGITUD (m)	PESO (Kg)
17024	#3	336.00	188.16
17025	#4	121.00	121.00
TOTAL BARRAS FIGURADAS			309.16

RESUMEN DE PESOS BARRAS ESTANDAR

REFERENCIA	DIAMETRO	LONGITUD (m)	CANTIDAD	PESO (Kg)
17931	#4	6.00	4.0	24.00
TOTAL ESTANDAR				24.00

PESO TOTAL DEL PEDIDO = 333.16 Kg

**COLUMNAS EJES 2-3 C 2-3 D
CT3
RESUMEN PEDIDO COMPLETO**

PÁGINA: 2 de 4

RESUMEN DE PESOS BARRAS FIGURADAS

REFERENCIA	DIAMETRO	LONGITUD (m)	PESO (Kg)
17024	#3	388.50	217.56
17026	#5	151.25	235.95
TOTAL BARRAS FIGURADAS			453.51

PESO TOTAL DEL PEDIDO = 453.51 Kg



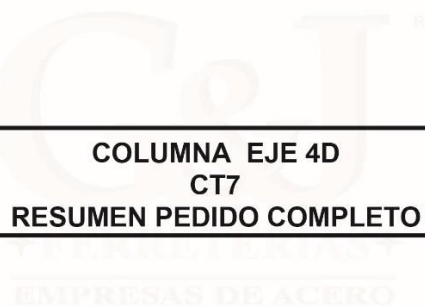
**COLUMNA EJE 4C
CT6
RESUMEN PEDIDO COMPLETO**

PÁGINA: 3 de 4

RESUMEN DE PESOS BARRAS FIGURADAS

REFERENCIA	DIAMETRO	LONGITUD (m)	PESO (Kg)
17024	#3	317.16	177.61
17025	#4	42.40	42.40
17027	#6	19.92	44.82
17028	#7	64.00	195.84
TOTAL BARRAS FIGURADAS			460.67

PESO TOTAL DEL PEDIDO = 460.67 Kg



**COLUMNA EJE 4D
CT7
RESUMEN PEDIDO COMPLETO**

PÁGINA: 4 de 4

RESUMEN DE PESOS BARRAS FIGURADAS

REFERENCIA	DIAMETRO	LONGITUD (m)	PESO (Kg)
17024	#3	317.16	177.61
17025	#4	42.40	42.40
17028	#7	64.00	195.84
TOTAL BARRAS FIGURADAS			415.85

PESO TOTAL DEL PEDIDO = 415.85 Kg



**MURO DE CONTENCIÓN TIPO2
MC2
RESUMEN PEDIDO COMPLETO**

PÁGINA: 1 de 1

RESUMEN DE PESOS BARRAS FIGURADAS

REFERENCIA	DIAMETRO	LONGITUD (m)	PESO (Kg)
17024	#3	2.06	1.15
17025	#4	1.90	1.90
TOTAL BARRAS FIGURADAS			3.05

PESO TOTAL DEL PEDIDO = 3.05 Kg





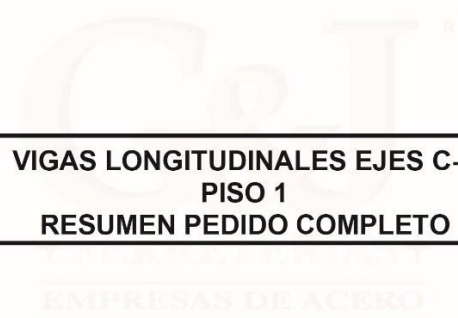
**VIGAS LONGITUDINALES EJES C-D
CIMENTACIÓN
RESUMEN PEDIDO COMPLETO**

PÁGINA: 1 de 4

RESUMEN DE PESOS BARRAS FIGURADAS

REFERENCIA	DIAMETRO	LONGITUD (m)	PESO (Kg)
17026	#5	76.00	118.56
TOTAL BARRAS FIGURADAS			118.56

PESO TOTAL DEL PEDIDO = 118.56 Kg



**VIGAS LONGITUDINALES EJES C-D
PISO 1
RESUMEN PEDIDO COMPLETO**

PÁGINA: 2 de 4

RESUMEN DE PESOS BARRAS FIGURADAS

REFERENCIA	DIAMETRO	LONGITUD (m)	PESO (Kg)
17024	#3	236.00	132.16
17026	#5	108.00	168.48
TOTAL BARRAS FIGURADAS			300.64

PESO TOTAL DEL PEDIDO = 300.64 Kg



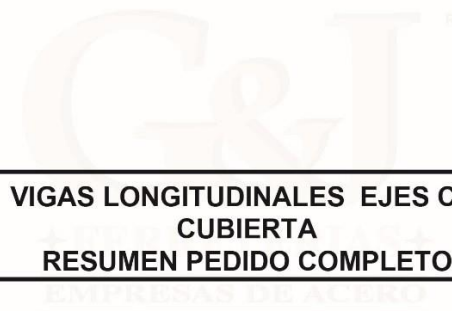
**VIGAS LONGITUDINALES EJES C-D
PISO 2 - 3
RESUMEN PEDIDO COMPLETO**

PÁGINA: 3 de 4

RESUMEN DE PESOS BARRAS FIGURADAS

REFERENCIA	DIAMETRO	LONGITUD (m)	PESO (Kg)
17024	#3	266.68	149.34
17026	#5	110.40	172.22
TOTAL BARRAS FIGURADAS			321.56

PESO TOTAL DEL PEDIDO = 321.56 Kg



**VIGAS LONGITUDINALES EJES C-D
CUBIERTA
RESUMEN PEDIDO COMPLETO**

PÁGINA: 4 de 4

RESUMEN DE PESOS BARRAS FIGURADAS

REFERENCIA	DIAMETRO	LONGITUD (m)	PESO (Kg)
17024	#3	162.84	91.19
17026	#5	72.00	112.32
TOTAL BARRAS FIGURADAS			203.51

PESO TOTAL DEL PEDIDO = 203.51 Kg



**VIGAS TRANSVERSALES EJES 1-2-3-4
TIPO 1
RESUMEN PEDIDO COMPLETO**

PÁGINA: 1 de 3

RESUMEN DE PESOS BARRAS FIGURADAS

REFERENCIA	DIAMETRO	LONGITUD (m)	PESO (Kg)
17024	#3	53.10	29.74
TOTAL BARRAS FIGURADAS			29.74

RESUMEN DE PESOS BARRAS ESTANDAR

REFERENCIA	DIAMETRO	LONGITUD (m)	CANTIDAD	PESO (Kg)
17932	#5	6.00	6.0	56.16
TOTAL ESTANDAR				56.20

PESO TOTAL DEL PEDIDO = 85.94 Kg

**VIGAS TRANSVERSALES EJES 1-2-3-4
TIPO 2
RESUMEN PEDIDO COMPLETO**

PÁGINA: 2 de 3

RESUMEN DE PESOS BARRAS FIGURADAS

REFERENCIA	DIAMETRO	LONGITUD (m)	PESO (Kg)
17024	#3	74.25	41.58
17026	#5	6.00	9.36
TOTAL BARRAS FIGURADAS			50.94

RESUMEN DE PESOS BARRAS ESTANDAR

REFERENCIA	DIAMETRO	LONGITUD (m)	CANTIDAD	PESO (Kg)
17932	#5	6.00	6.0	56.16
TOTAL ESTANDAR				56.20

PESO TOTAL DEL PEDIDO = 107.14 Kg



**VIGAS TRANSVERSALES EJES 1-2-3-4
TIPO 3
RESUMEN PEDIDO COMPLETO**

PÁGINA: 1 de 1

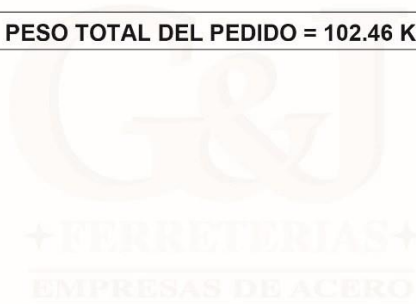
RESUMEN DE PESOS BARRAS FIGURADAS

REFERENCIA	DIAMETRO	LONGITUD (m)	PESO (Kg)
17024	#3	74.25	41.58
17026	#5	3.00	4.68
TOTAL BARRAS FIGURADAS			46.26

RESUMEN DE PESOS BARRAS ESTANDAR

REFERENCIA	DIAMETRO	LONGITUD (m)	CANTIDAD	PESO (Kg)
17932	#5	6.00	6.0	56.16
TOTAL ESTANDAR				56.20

PESO TOTAL DEL PEDIDO = 102.46 Kg





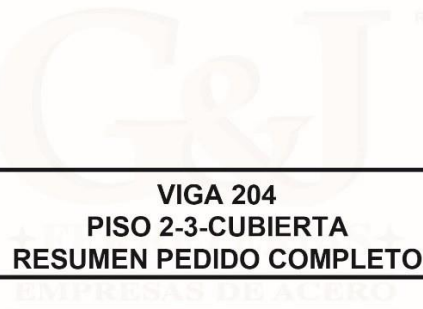
**VIGA 203
PISO 2-3-CUBIERTA
RESUMEN PEDIDO COMPLETO**

PÁGINA: 1 de 2

RESUMEN DE PESOS BARRAS FIGURADAS

REFERENCIA	DIAMETRO	LONGITUD (m)	PESO (Kg)
17024	#3	19.44	10.89
17026	#5	18.80	29.33
TOTAL BARRAS FIGURADAS			40.21

PESO TOTAL DEL PEDIDO = 40.21 Kg



**VIGA 204
PISO 2-3-CUBIERTA
RESUMEN PEDIDO COMPLETO**

PÁGINA: 2 de 2

RESUMEN DE PESOS BARRAS FIGURADAS

REFERENCIA	DIAMETRO	LONGITUD (m)	PESO (Kg)
17024	#3	20.52	11.49
17026	#5	19.80	30.89
TOTAL BARRAS FIGURADAS			42.38

PESO TOTAL DEL PEDIDO = 42.38 Kg



**ZAPATAS EJES 1C - 1D
Z 26
RESUMEN PEDIDO COMPLETO**

PÁGINA: 1 de 7

RESUMEN DE PESOS BARRAS FIGURADAS

REFERENCIA	DIAMETRO	LONGITUD (m)	PESO (Kg)
17026	#5	22.80	35.57
TOTAL BARRAS FIGURADAS			35.57

PESO TOTAL DEL PEDIDO = 35.57 Kg





**ZAPATA EJE 2C
Z4
RESUMEN PEDIDO COMPLETO**

PÁGINA: 2 de 7

RESUMEN DE PESOS BARRAS FIGURADAS

REFERENCIA	DIAMETRO	LONGITUD (m)	PESO (Kg)
17025	#4	34.80	34.80
TOTAL BARRAS FIGURADAS			34.80

PESO TOTAL DEL PEDIDO = 34.80 Kg



**ZAPATA EJE 2D
Z5
RESUMEN PEDIDO COMPLETO**

PÁGINA: 3 de 7

RESUMEN DE PESOS BARRAS FIGURADAS

REFERENCIA	DIAMETRO	LONGITUD (m)	PESO (Kg)
17025	#4	44.64	44.64
TOTAL BARRAS FIGURADAS			44.64

PESO TOTAL DEL PEDIDO = 44.64 Kg



**ZAPATA EJE 3C
Z-2
RESUMEN PEDIDO COMPLETO**

PÁGINA: 4 de 7

RESUMEN DE PESOS BARRAS FIGURADAS

REFERENCIA	DIAMETRO	LONGITUD (m)	PESO (Kg)
17025	#4	27.84	27.84
TOTAL BARRAS FIGURADAS			27.84

PESO TOTAL DEL PEDIDO = 27.84 Kg

**ZAPATA EJE 3D
Z3
RESUMEN PEDIDO COMPLETO**

PÁGINA: 5 de 7

RESUMEN DE PESOS BARRAS FIGURADAS

REFERENCIA	DIAMETRO	LONGITUD (m)	PESO (Kg)
17025	#4	30.24	30.24
TOTAL BARRAS FIGURADAS			30.24

PESO TOTAL DEL PEDIDO = 30.24 Kg



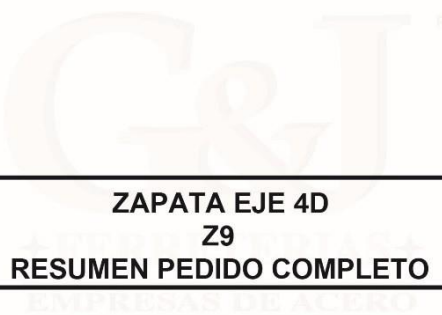
**ZAPATA EJE 4C
Z 11
RESUMEN PEDIDO COMPLETO**

PÁGINA: 6 de 7

RESUMEN DE PESOS BARRAS FIGURADAS

REFERENCIA	DIAMETRO	LONGITUD (m)	PESO (Kg)
17025	#4	16.20	16.20
17026	#5	29.40	45.86
TOTAL BARRAS FIGURADAS			62.06

PESO TOTAL DEL PEDIDO = 62.06 Kg



**ZAPATA EJE 4D
Z9
RESUMEN PEDIDO COMPLETO**

PÁGINA: 7 de 7

RESUMEN DE PESOS BARRAS FIGURADAS

REFERENCIA	DIAMETRO	LONGITUD (m)	PESO (Kg)
17025	#4	16.20	16.20
17026	#5	30.60	47.74
TOTAL BARRAS FIGURADAS			63.94

PESO TOTAL DEL PEDIDO = 63.94 Kg

Fuente: DL NET Nimbus. Esta investigación.

La densidad de los materiales constructivos utilizados en esta investigación fue obtenida a partir del documento de ingeniería mecánica, en el cual se presentan valores preestablecidos basados en referencias técnicas confiables y ampliamente utilizadas en el ámbito de la ingeniería. Este parámetro, expresado como la masa por unidad de volumen, permite calcular el peso de cada elemento constructivo multiplicando su densidad por el volumen que ocupa en la estructura. Este cálculo

es esencial para cuantificar materiales, evaluar la capacidad estructural, optimizar recursos y estimar costos. En este estudio, las densidades se consideraron de acuerdo con la naturaleza de cada material inventariado: el hormigón corresponde al concreto estructural; la madera de nogal o roble al núcleo de las puertas; el pino tea al núcleo del piso laminado; y la mezcla de cemento, cal y arena al mortero de pega. Los demás materiales mantienen su denominación específica según el inventario. Una vez determinados los pesos, esta información se analizó mediante eco indicadores para valorar el impacto ambiental de los materiales y orientar decisiones hacia una construcción más sostenible y eficiente.

Figura 39. Densidad de los materiales en unidades de kg/m3.

Metal	Peso Específico (kg/m³)
Acero forjado	7860
Aluminio colado	2600
Tipo de Hormigón	Peso Específico (kg/m³)
De cemento, arena, canto rodado, piedra partida o granza granítica. Armado (reforzado)	2500
Material	Peso Específico (kg/m³)
Vidrio	2600
Yeso	970
Tipo de Fábrica	Peso Específico (kg/m³)
Fábrica de ladrillo cerámico perforado	1200
Fábrica de ladrillo cerámico hueco	1800
Clase de Madera	Peso Específico (kg/m³)
Nogal, Roble	800
Pino Tea	600
Revestimiento	Peso Específico (kg/m²)
Revoco de cal, estuco	16
Mezclas	Peso Específico (kg/m³)
Cemento, cal y arena	1900
Tipo de Piedra	Peso Específico (kg/m³)
Baldosa cerámica	1800

Fuente: INGEMECÁNICA. Pesos y densidades de los materiales.

3.4 PESO ESPECÍFICO DE LOS MATERIALES

Tabla 10. Peso en unidades de kg de cada material presente en el caso de estudio.

MATERIAL	DENSIDAD (KG/M3)	VOLUMEN (M3) X32viv	PESO (KG)
1. CIMENTACION Y ESTRUCTURA			
ACERO ESTRUCTURA	7.860	105.207,36	826.929.849,6
LOSA EN CONCRETO	2.500	1.052	2.630.000
ZAPATAS EN CONCRETO	2.500	68,32	170.800
COLUMNAS EN CONCRETO	2.500	243,52	608.800
VIGAS EN CONCRETO	2.500	538,08	1.345.200
1.2 PUNTO FIJO			
VIDRIO ESCALERAS	2.600	3,39	8.814
CONCRETO	2.500	17,66	44.150
ALUMINIO	2.600	2,63	6.838
2. MAMPOSTERIA			
LADRILLO HUECO ESTRUCTURAL (MUROS DE CARGA)	1.800	626,72	1.128.096
LADRILLO PERFORADO DE ARCILLA (MUROS DIVISORIOS)	1.200	786,88	944.256
3. PUERTAS Y VENTANAS			
MELAMINA	800	74,56	59.648
VIDRIO VENTANAS	2.600	86,08	223.808
4. ACABADOS			
ESTUCO	16	28,48	455,68
PANEL YESO	970	73,32	71.120,4
PISO LAMINADO	600	997,76	598.656
MORTERO DE PEGA	1.900	6,48	12.312
REVESTIMIENTO CERAMICO	1.800	19,36	34.848
USO DEL SUELO			
TOTAL		109.832,6	834.817.651,7

Fuente: Esta investigación

La Tabla 10. Contiene los materiales utilizados en el proyecto, entre los cuales se encuentran: acero, vidrio (empleado en ventanas y escaleras), ladrillos (hueco estructural y perforado de arcilla), perfiles de aluminio, melamina, concreto, panel de yeso, entre otros. Para cada uno se incluyen tres parámetros fundamentales: densidad, volumen y peso total, esenciales para el análisis cuantitativo de su participación en la construcción.

Los datos están organizados en columnas según los siguientes criterios:

1. **Densidad (kg/m^3):** Indica la masa por unidad de volumen de cada material. Este valor es clave para convertir los volúmenes en pesos reales y permite una evaluación precisa del impacto ambiental basado en la masa.
2. **Volumen (m^3):** Representa el espacio ocupado por cada material dentro del conjunto habitacional, obtenido a partir del análisis volumétrico de los elementos constructivos.
3. **Peso (kg):** Se calcula multiplicando la densidad por el volumen. Este parámetro es central en esta etapa del análisis, ya que los indicadores de impacto ambiental, como el Eco-indicador 99, se expresan generalmente en función de la masa (milipuntos/kg), donde 1 milipunto equivale a 1 kg de desechos generados por una persona.

El cálculo del peso total de cada material se realizó mediante una hoja de Excel, lo que permitió consolidar con precisión los datos del conjunto completo. Esta etapa es crucial para dar por finalizado el Objetivo 2 de la investigación y avanzar hacia el Objetivo 3, que consiste en cuantificar el impacto ambiental de cada material al multiplicar su peso por su respectivo valor del Eco-indicador 99.

La determinación del peso no solo permite vincular cada material con su carga ambiental específica, sino que también constituye una herramienta estratégica para la toma de decisiones durante el proceso de diseño y planificación. A través de estos datos, es posible identificar los materiales con mayor incidencia ambiental, priorizar alternativas más sostenibles y optimizar el uso de recursos, contribuyendo a un enfoque más responsable en el desarrollo del proyecto arquitectónico.

Además, conocer el peso total de los materiales resulta indispensable en otras áreas técnicas del proyecto: influye directamente en el cálculo estructural de cimentaciones y elementos portantes, en la logística de transporte y montaje, en el consumo energético asociado a su manipulación, y en el cumplimiento de normativas relacionadas con cargas máximas admisibles. En este sentido, el peso no es solo un dato cuantitativo, sino un factor clave que articula el desempeño ambiental, constructivo y operativo de un proyecto.

4. MATERIALIDAD BAJO LA LUPA, REVELANDO EL IMPACTO AMBIENTAL

Para determinar el impacto ambiental asociado a la materialidad de la vivienda, se aplica la fase de Evaluación de Impactos del Ciclo de Vida (EICV), una de las etapas definidas dentro del Análisis de Ciclo de Vida (ACV), conforme a lo establecido por la norma ISO 14040. Esta norma describe al ACV como un enfoque metodológico para evaluar los impactos ambientales potenciales de un sistema, a partir de los datos recopilados en el Inventario del Ciclo de Vida (ICV).

Esta evaluación constituye la base del tercer objetivo de la investigación y se desarrolla a partir del inventario de materiales obtenido en el objetivo anterior. El proceso inicia con la selección de las categorías de impacto ambiental relevantes, para lo cual se utiliza el documento (manual práctico de eco indicadores) como referencia metodológica. Posteriormente, se asignan los valores de los eco indicadores a cada material y se procesan en hojas de cálculo en Excel, donde estos valores se multiplican por la cantidad (peso) correspondiente. Así se obtienen los impactos ambientales en mili puntos (mPt) y los porcentajes de contribución de cada material.

El desarrollo de este objetivo se estructura en cuatro subetapas: Eco Indicadores, Indicadores de Impacto Ambiental de Cada Material, Cálculo del Impacto en Mili Puntos y Tendencia de Impacto Ambiental. Esta última incluye una gráfica de línea que representa la relación entre el peso de los materiales y el impacto ambiental obtenido, expresado en mili puntos (mPt). Adicionalmente, se presentan gráficos comparativos (en formato de barras y circular) que ilustran la proporción del impacto generado por cada material. Cada uno de estos aspectos se aborda en detalle en los apartados siguientes, con base en los resultados obtenidos a través de las hojas de cálculo.

En conjunto, este procedimiento permite identificar con claridad qué materiales generan mayores cargas ambientales según su tipo y cantidad, proporcionando una base técnica sólida para evaluar el desempeño ambiental de la vivienda construida. Este enfoque aporta insumos valiosos para futuras decisiones constructivas sostenibles, al ofrecer indicadores cuantificables y comparables. Además, la inclusión de esta fase fortalece el marco metodológico de la investigación al incorporar herramientas reconocidas internacionalmente que permiten traducir los datos materiales en impactos medibles. Esto no solo amplía el alcance del análisis realizado, sino que también aporta solidez técnica al desarrollo del tercer objetivo, facilitando la articulación entre los resultados obtenidos y las conclusiones generales del trabajo de grado.

4.1 ECO INDICADOR 99

Para iniciar con la evaluación ambiental de cada material, se realiza una clasificación basada en los resultados del inventario previamente obtenidos. Para este fin, se emplea el instrumento del Eco-indicador 99 (Figura 40), mediante el cual se procede a caracterizar los indicadores de impacto ambiental con el objetivo de determinar y cuantificar la tendencia de impacto negativo de cada uno de los materiales que conforman la tipología de vivienda NO VIS analizada en esta investigación.

Figura 40. Manual de eco indicadores de impacto ambiental.

<i>Producción de material de construcción (en milipuntos por kg).</i>			
<i>Material</i>	<i>Indicador</i>	<i>Descripción</i>	
Cemento	20	Cemento portland	1
Material cerámico	28	Ladrillos etc.	1
Hormigón sin refuerzo	3,8	Hormigón con densidad de 2200 kg/m ³	1
Yeso	9,9	Selenita. Empleada como relleno	1
Tableros de madera	39	Madera europea (criterios FSC). Omisión de la absorción de CO ₂ en la fase de crecimiento	1
Uso del suelo	45	Ocupación como suelo urbano por m ² al año	1

<i>Producción de metales férricos (en milipuntos por kg).</i>			
<i>Material</i>	<i>Indicador</i>	<i>Descripción</i>	
Acero	86	Bloques de material que sólo contienen 80% de hierro primario y 20% de restos	1
Acero de alta aleación	910	Bloques de material que sólo contienen 71% de acero primario, 16% Cr, 13% Ni.	1

<i>Producción de materiales de embalaje (en milipuntos por kg).</i>			
<i>Material</i>	<i>Indicador</i>	<i>Descripción</i>	
Vidrio templado revestido	51	Para ventanas. Cubierta de estaño, plata y níquel (77 g/m ²)	1

<i>Producción de metales no férricos (en milipuntos por kg).</i>			
<i>Material</i>	<i>Indicador</i>	<i>Descripción</i>	
Aluminio 100% rec.	60	Bloques de material que sólo contienen materiales secundarios	1
Aluminio 0% rec.	780	Bloques de material que sólo contienen materiales primarios	1

Fuente: Eco- indicador 99

4.2 INDICADORES DE IMPACTO AMBIENTAL DE CADA MATERIAL

El peso específico en kilogramos, en combinación con los valores del Eco-indicador 99, permite expresar los impactos ambientales generados por cada material en unidades de milipuntos (mPt) por kilogramo. Estos eco-indicadores representan una herramienta de evaluación ambiental que integra diversas categorías de impacto (como el uso de recursos, salud humana y calidad del ecosistema) en una única unidad de medida ponderada, facilitando así la comparación entre materiales de distinta naturaleza permitiendo identificar los más críticos en términos de carga ambiental.

Tabla 11. Eco Indicadores de impacto ambiental presentes en el caso de estudio.

MATERIAL	DENSIDAD (KG/M3)	VOLUMEN (M3) X32viv	PESO (KG)	ECO INDICADOR 99
ACERO	7.860	105.207,36	826.929.849,6	86
VIDRIO VENTANAS	2.600	86,08	223.808	51
VIDRIO ESCALERAS	2.600	3,39	8.814	51
ESTUCO	16	28,48	455,68	9.9
LADRILLO HUECO ESTRUCTURAL (MUROS DE CARGA)	1.800	626,72	1.128.096	240
LADRILLO PERFORADO DE ARCILLA (MUROS DIVISORIOS)	1.200	786,88	944.256	240
ALUMINIO	2.600	2,63	6.838	780
MELAMINA	800	74,56	59.648	39
CONCRETO	2.500	1.919,58	4.798.950	3.8
PANEL YESO	970	73,32	71.120,4	9.9
PISO LAMINADO	600	997,76	598.656	39
MORTERO DE PEGA	1.900	6,48	12.312	398
REVESTIMIENTO CERAMICO	1.800	19,36	34.848	28
USO DEL SUELO	0,00	0,00	0,00	45
TOTAL	27.246	109.832,6	834.817.651,7	2.020,6

Fuente: Esta Investigación.

La Tabla 11. Su aplicación en esta etapa permite identificar, desde un punto de vista estrictamente técnico, cuáles materiales presentan una mayor intensidad de impacto por kilogramo, incluso antes de ser considerados en función de su cantidad incorporada en el proyecto. Por ejemplo, materiales con menor peso total, pero con un valor alto de eco-indicador pueden tener una participación ambiental significativa, lo que evidencia la importancia de considerar no solo los volúmenes empleados, sino también la calidad ambiental de cada insumo. Esta diferenciación es clave en procesos de toma de decisiones responsables, ya que permite enfocar la atención en materiales que, aunque puedan parecer inofensivos por su baja proporción en obra, generan un alto impacto por unidad de masa.

En esta etapa, el **Eco-indicador 99** cobra un papel fundamental, ya que actúa como una herramienta de evaluación ambiental basada en la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Esta metodología considera todas las etapas del ciclo de vida de un material, desde la extracción de materias primas, el procesamiento, transporte, fabricación, uso, y disposición final. Su objetivo es cuantificar los efectos negativos que estos procesos generan sobre el ambiente. Cabe resaltar que estos valores no son arbitrarios ni estimaciones genéricas, sino que derivan de bases de datos internacionales altamente consolidadas y utilizadas en el ámbito científico y técnico, tales como Ecoinvent, SimaPro o GaBi. Estas fuentes reúnen inventarios de datos actualizados sobre procesos industriales reales, considerando variables como el consumo energético, las emisiones contaminantes, la eficiencia de tecnologías, el tipo de energía empleada y los sistemas de gestión de residuos, entre otros. El Eco-indicador 99 recopila esa información y la transforma en un sistema de puntuación que permite comparar materiales diferentes bajo un mismo criterio estandarizado y comparable.

Además, esta herramienta fue desarrollada con el propósito de facilitar la aplicación práctica de los principios del desarrollo sostenible dentro del diseño de productos, procesos y proyectos arquitectónicos. Su uso permite anticipar impactos ambientales significativos desde fases tempranas del diseño, ofreciendo una guía objetiva para orientar decisiones como la selección o sustitución de materiales. Así, se prioriza no solo el desempeño funcional o económico del material, sino también su desempeño ecológico, aportando una mirada holística y responsable al proceso de diseño.

En consecuencia, la tabla 11 no solo aporta un listado numérico, sino que cumple un rol estructural dentro del análisis, al servir como referencia directa. Este cruce de información entre el valor del eco-indicador y la cantidad utilizada permitirá construir un escenario más realista y completo del impacto ambiental total asociado a la vivienda evaluada. Además, este enfoque fortalece la transparencia del análisis ambiental y permite que las conclusiones del estudio se sustenten en datos verificables y criterios reconocidos internacionalmente, lo cual refuerza la rigurosidad y aplicabilidad de la propuesta.

4.3 CALCULO DE IMPACTO EN MILIPUNTOS

A continuación, se presentan los resultados del cálculo de impacto ambiental total por material, obtenidos mediante la multiplicación del peso específico de cada insumo por su respectivo valor del Eco-indicador 99. Esta operación permite cuantificar de manera objetiva la carga ambiental asociada a cada material en función de su uso real dentro de este sistema constructivo. Los valores se expresan en milipuntos (mPt), lo que facilita la comparación y jerarquización. Este procedimiento constituye una fase clave dentro del análisis, ya que traduce la información previa en resultados cuantificables que reflejan el comportamiento ambiental global de la propuesta arquitectónica.

Tabla 12. Impacto en milipuntos y porcentaje de impacto.

MATERIAL	DENSIDAD (KG/M3)	VOLUMEN (M3) X32viv	PESO (KG)	ECO-INDICADOR 99	IMPACTO EN MILIPUNTOS	% DE IMPACTO
ACERO	7.860	105.207,36	826.929.849,6	86	71.115.967.066	99,21163%
VIDRIO VENTANAS	2.600	86,08	223.808	51	11.414.208	0,01592%
VIDRIO ESCALERAS	2.600	3,39	8.814	51	449.514	0,00063%
ESTUCO	16	28,48	455,68	9.9	4.511,232	0,00001%
LADRILLO HUECO ESTRUCTURAL (MUROS DE CARGA)	1.800	626,72	1.128.096	240	270.743.040	0,37771%
LADRILLO PERFORADO DE ARCILLA (MUROS DIVISORIOS)	1.200	786,88	944.256	240	226.621.440	0,31615%
ALUMINIO	2.600	2,63	6.838	780	5.333.640	0,00744%
MELAMINA	800	74,56	59.648	39	2.326.272	0,00325%
CONCRETO	2.500	1919,58	4.798.950	3,8	18.236.010	0,02544%
PANEL YESO	970	73,32	71.120,4	9,9	704.091,96	0,00098%
PISO LAMINADO	600	997,76	598.656	39	23.347.584	0,03257%
MORTERO DE PEGA	1.900	6,48	12.312	398	4.900.176	0,00684%
REVESTIMIENTO CERAMICO	1.800	19,36	34.848	28	975.744	0,00136%
USO DEL SUELO	0,00	0,00	1.200	45	54.000	0,00008%
TOTAL	27.246	109.832,6	834.817.651,7	2.020,6	71.681.077.297	100,00%

Fuente: Esta Investigación.

La Tabla 12 presenta los resultados del cálculo de impacto ambiental, permitiendo identificar con claridad qué materiales generan los mayores impactos acumulados. Esto se debe tanto a su comportamiento ambiental como a la cantidad utilizada en el sistema constructivo evaluado. Esta etapa resulta fundamental para reconocer las materias críticas desde una perspectiva ambiental y, en consecuencia, plantear estrategias de mejora o sustitución en futuros sistemas constructivos.

La suma de los impactos individuales permite estimar el impacto ambiental total de la tipología constructiva analizada, expresado en milipuntos (mPt). Esta metodología del Eco-indicador 99, garantiza coherencia técnica y permite comparaciones tanto internas (entre materiales del mismo proyecto) como externas, frente a otros sistemas constructivos o enfoques de diseño. En este caso particular, el análisis se enmarca dentro de las investigaciones desarrolladas por el semillero de medio ambiente, **energy, land & environment** de la Universidad CESMAG, al cual pertenece este trabajo de grado. Este enfoque ha sido aplicado por distintos investigadores a diversas tipologías, como conjuntos de viviendas de interés social, viviendas en altura y, en este caso, a viviendas no VIS. Esta diversidad metodológica facilita una comparación rigurosa entre sistemas constructivos dentro del contexto urbano de Pasto, Nariño.

Los datos a destacar en esta tabla están organizados en columnas según los siguientes criterios:

- 1 Impacto en milipuntos (mPt):** Refleja la carga ambiental total atribuida a cada material, considerando su peso y el valor del eco-indicador correspondiente.
- 2 Porcentaje de impacto:** El porcentaje permite identificar con mayor facilidad y precisión qué materiales tienen mayor participación en la carga ambiental global del proyecto. Se obtiene dividiendo el impacto individual (en mPt) entre el impacto total del proyecto, expresado como porcentaje.

La presentación de estos resultados en formato tabular responde a diversas razones de orden técnico:

Jerarquización del impacto: Esta priorización es clave para orientar estrategias de optimización, reducción o sustitución de materiales críticos.

Comparabilidad objetiva: Al expresar los impactos en valores relativos, se facilita la comparación entre materiales con masas o volúmenes diferentes, permitiendo evaluar su relevancia ambiental proporcional.

Soporte a la toma de decisiones sostenibles: La estructura de la tabla facilita la interpretación visual de los resultados, lo que ayuda a arquitectos, diseñadores e ingenieros a elegir alternativas más responsables con el entorno.

Transparencia y trazabilidad: Documentar los impactos porcentuales junto con los datos base respalda una metodología clara, replicable y coherente con los principios del análisis de ciclo de vida (ACV), tal como propone el Eco-indicador 99.

Respecto al cálculo específico del impacto de la estructura, es necesario restar el volumen total del acero a él volumen total de concreto, ya que cada material posee un eco-indicador distinto. Solo así es posible aplicar correctamente los valores correspondientes y obtener resultados precisos en milipuntos.

Una vez obtenidos estos resultados, se recurre a la matriz para niveles de impacto ambiental, la cual permite clasificar los valores en cuatro categorías según su magnitud: impacto nulo, bajo, medio y alto. Esta clasificación se basa en rangos establecidos en milipuntos (mPt), facilitando la interpretación cuantitativa del impacto. El nivel "nulo" corresponde a un valor de 0 mPt, mientras que el "bajo" abarca de 0,1 a 300.000 mPt; el "medio" se ubica entre 300.000,1 y 430.000 mPt, y el "alto" incluye los valores superiores a 430.000,1 mPt.

Figura 41. Matriz de niveles de impacto.

MATRIZ PARA NIVELES DE IMPACTO EN MILIPUNTOS		
1. IMPACTO NULO	0	
2. IMPACTO BAJO	0,1 - 300000	
3.IMPACTO MEDIO	300000,1 - 430000	
4. IMPACTO ALTO	430000,1 - MAYORES	

Fuente: Manual Eco- Indicador 99.

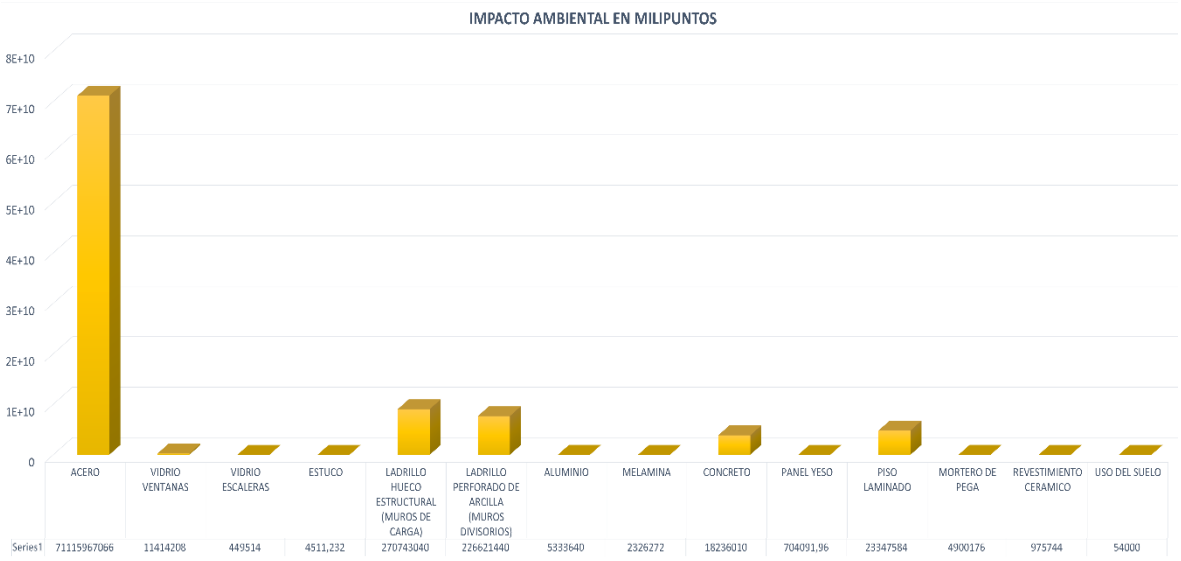
Gracias a esta matriz, los resultados obtenidos pueden clasificarse dentro de rangos específicos, lo que permite identificar con precisión el nivel de impacto ambiental de los materiales utilizados en la vivienda No VIS analizada. Con base en los valores registrados en la Tabla 12 y los criterios definidos por la matriz, se concluye lo siguiente:

- **Impacto alto:** acero, vidrio ventanas, vidrio escaleras, ladrillo hueco estructural, ladrillo perforado de arcilla, aluminio, melamina, concreto, panel yeso, piso laminado, mortero de pega, revestimiento cerámico.
- **Impacto bajo:** estuco, uso del suelo.
- **Impacto medio:** *Ninguno* según los rangos establecidos.

Finalmente, la mayoría de los materiales que conforman el inventario del sistema constructivo de la vivienda se encuentran clasificados en el rango de impacto alto según la matriz de evaluación. Entre ellos se incluyen el acero utilizado en la

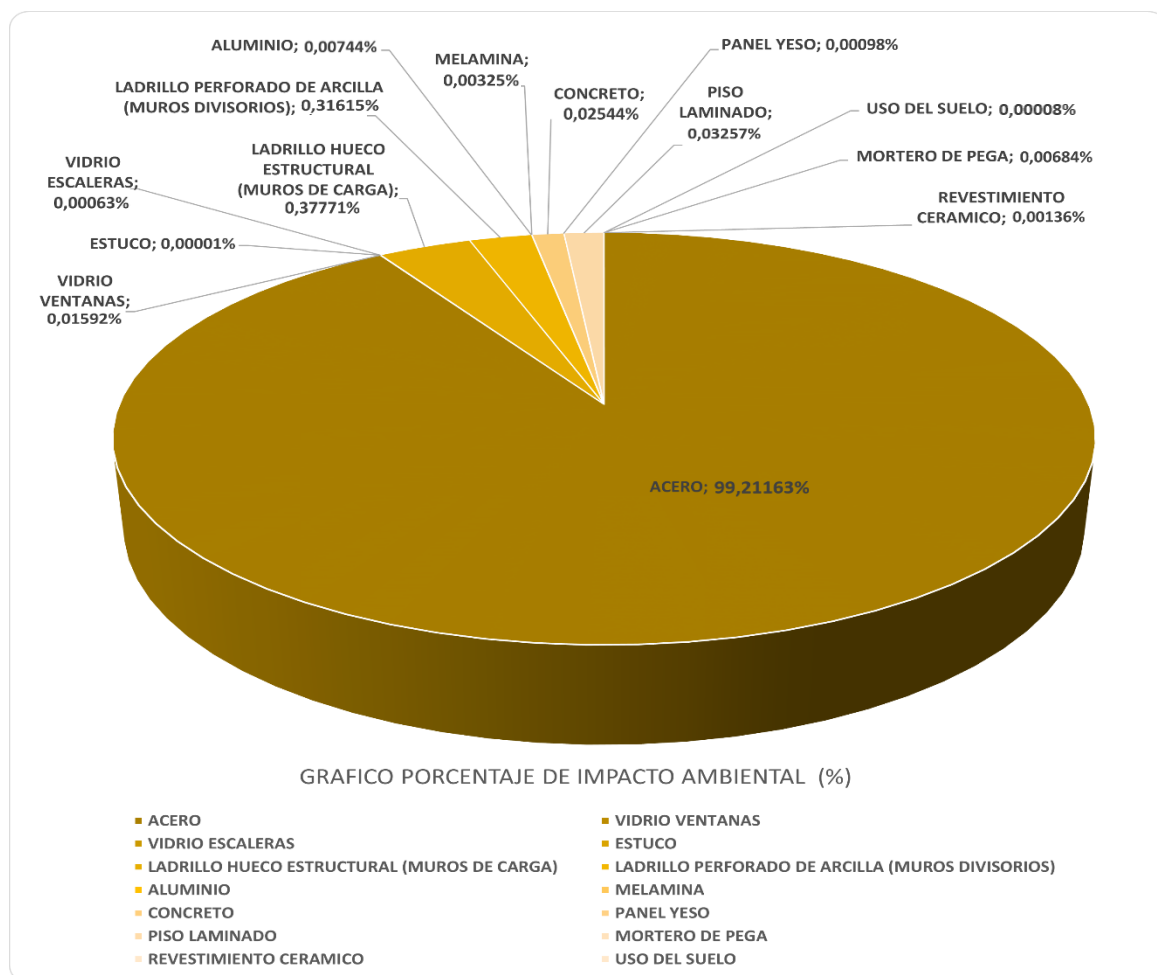
estructura, el vidrio empleado en ventanas y escaleras, el ladrillo hueco estructural para muros de carga, el ladrillo perforado de arcilla para muros divisorios, el aluminio, la melamina, el concreto, los paneles de yeso, el piso laminado, el mortero de pega y el revestimiento cerámico. Es importante señalar que, si bien el concreto por sí solo podría considerarse con menor impacto, el refuerzo de acero necesario para su funcionamiento estructural incrementa considerablemente su carga ambiental, convirtiendo al sistema de concreto armado en uno de los principales responsables del impacto global del proyecto. Por otro lado, materiales como el estuco y el uso del suelo se encuentran en el rango de impacto bajo, sin registrarse elementos en la categoría de impacto medio de acuerdo con los rangos establecidos. A partir de esta información, se generaron gráficos de barras y circular en Excel que complementan el análisis, favoreciendo una lectura comparativa más visual y dinámica, permitiendo identificar con mayor facilidad qué componentes deben ser priorizados en estrategias de optimización ambiental.

Figura 42. Gráfica de barras del impacto ambiental en milipuntos (mPt).



Fuente: Esta Investigación.

Figura 43. Gráfica circular del porcentaje de impacto ambiental.



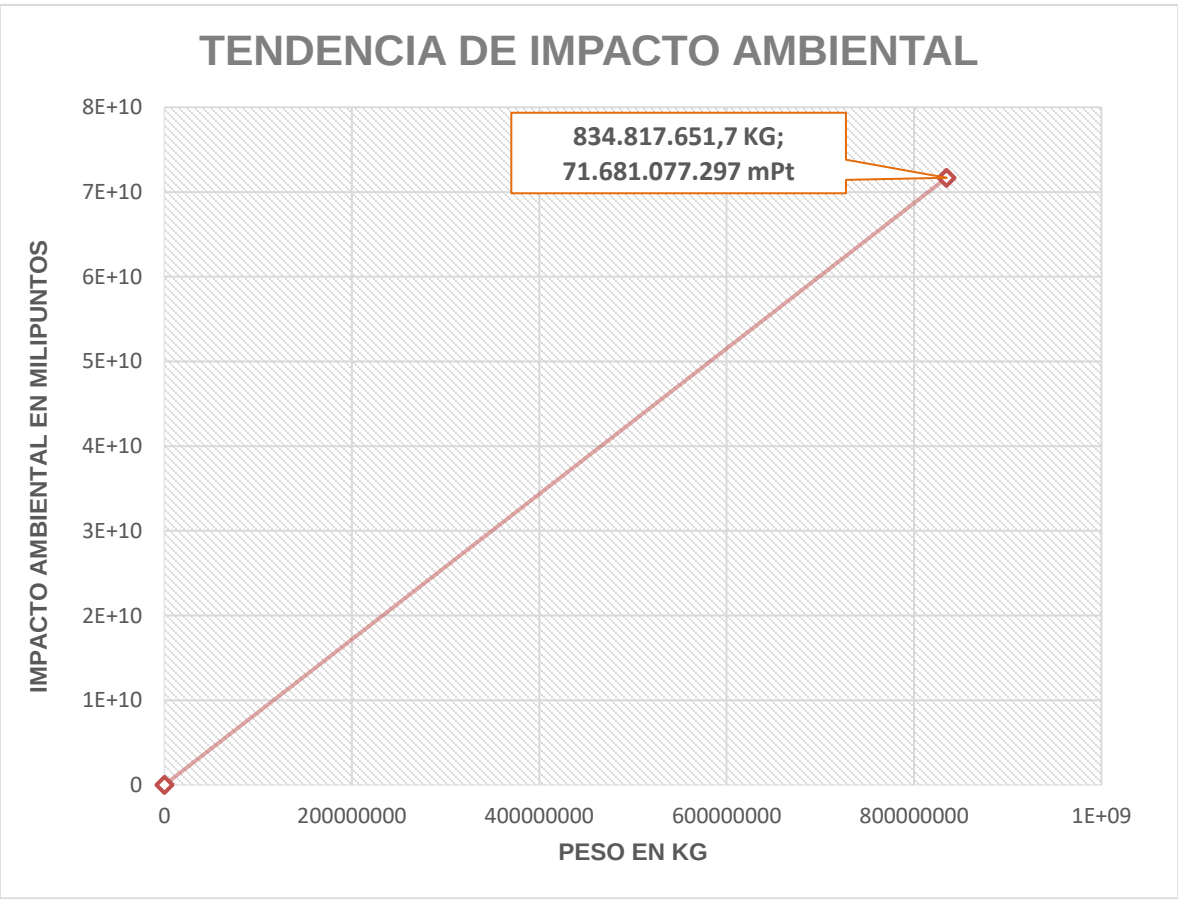
Fuente: Esta Investigación.

Los porcentajes evidenciados en ambas gráficas reflejan una distribución altamente desproporcionada del impacto ambiental, concentrado casi en su totalidad en el acero (99,21163 %), seguido a gran distancia por el ladrillo hueco estructural (0,37771 %) y el ladrillo perforado de arcilla (0,31615 %). En conjunto, estos materiales representan prácticamente la totalidad de la carga ambiental del sistema constructivo. Está marcada concentración se explica no solo por las características ambientales propias de cada material, sino también por las grandes cantidades empleadas en la obra en comparación con el resto. Lo anterior confirma que la estructura constituye el componente de mayor incidencia ambiental dentro de la vivienda analizada. En este contexto, las visualizaciones facilitan la interpretación de los resultados y sirven como herramienta clave para replantear el diseño estructural y favorecer la selección de materiales más sostenibles en esta área crítica, sin comprometer la eficiencia técnica.

4.4 TENDENCIA DE IMPACTO AMBIENTAL

La gráfica lineal elaborada permite visualizar la tendencia del impacto ambiental en función del peso total de los materiales utilizados en el conjunto residencial analizado. En ella, el eje X representa la cantidad del material en kilogramos, mientras que el eje Y muestra el impacto ambiental correspondiente en milipuntos (mPt). Esta representación gráfica tiene como finalidad evidenciar cómo, a medida que se incrementa el peso acumulado de los materiales, también lo hace de forma proporcional (y en algunos casos desproporcionada) su carga ambiental.

Figura 44. Grafica lineal de la tendencia de impacto ambiental.



PESO EN KG	IMPACTO AMBIENTAL EN MPT	
834.817.651,7	71.681.077.297	Original

Fuente: Esta Investigación.

La gráfica presenta dos puntos clave: el origen (0 kg, 0 milipuntos), que representa un escenario sin materiales ni impacto, y el punto final (834.817.651,7 kg; 71.681.077.297 mPt), que refleja el peso total de los materiales y el impacto ambiental generado por todo el conjunto residencial. Esta representación ofrece un marco comparativo útil para analizar futuros proyectos o distintas fases constructivas, y al observar la pendiente de la curva y los tramos de mayor crecimiento, se identifican relaciones directas entre decisiones de diseño y sus consecuencias ambientales, lo que permite optimizar el uso de materiales desde un enfoque sostenibles.

El análisis de esta tendencia es clave para detectar patrones críticos en el comportamiento de la materialidad, ya que permite identificar puntos donde el impacto aumenta significativamente debido al alto volumen empleado o a la combinación de un material particularmente contaminante con un uso masivo. Esta lectura al facilitar la comprensión global del comportamiento ambiental del conjunto constructivo, también aporta un criterio técnico fundamental para la toma de decisiones, permitiendo anticipar qué materiales tienen mayor incidencia en el total acumulado y deben ser objeto de sustitución, reducción o reconfiguración en proyectos futuros. En este sentido, la gráfica como herramienta diagnóstica complementa las representaciones anteriores al mostrar, de forma acumulativa, cómo se distribuye y concentra la tendencia de impacto ambiental.

Dado lo anterior, la metodología adoptada un carácter proyectivo. Es decir, permite anticipar cómo variaría el perfil ambiental del conjunto si se modificaran variables como el tipo, la proporción o el volumen de materiales empleados. Por lo tanto, comprender la tendencia del impacto ambiental se configura como un instrumento integral de planificación, alineado con el objetivo general de esta investigación, reconociendo que la huella ambiental de una edificación se origina, en gran medida, desde su materialidad.

Bajo este enfoque, resulta pertinente avanzar hacia el planteamiento de escenarios nuevos de mitigación, entendidos como propuestas de intervención que modifican la composición material del sistema constructivo, con el fin de reducir los impactos detectados en las fases anteriores del análisis. Es importante aclarar que estos escenarios no buscan alcanzar un impacto ambiental cero, ya que este no es posible. Toda intervención en el territorio genera alteraciones, y desde el momento en que se ocupa el uso de suelo y se consumen materiales y energía, ya existe una carga ambiental asociada. Además, no existe una fuente de energía infinita ni un sistema constructivo completamente neutro. Por tanto, la mitigación debe entenderse como una estrategia orientada a minimizar al máximo los impactos, sin perder de vista las exigencias técnicas, funcionales y operativas del proyecto.

5. FUTURO SOSTENIBLE, ESCENARIOS DE MITIGACIÓN Y PROYECCIÓN DEL IMPACTO

Con el objetivo de establecer escenarios alternativos que permitan mitigar la tendencia de impacto ambiental identificada en la tipología de vivienda NO VIS analizada anteriormente, se procede a aplicar la misma metodología de evaluación descrita en el objetivo anterior. En esta fase, se plantean cuatro escenarios de mejora mediante la sustitución de ciertos materiales constructivos por otros con menor carga ambiental, seleccionados estratégicamente para reducir los impactos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, se parte del inventario cuantitativo de los materiales previamente analizados y se realiza la clasificación y categorización de impactos de los nuevos materiales que se van a sustituir en cada caso de mitigación, a partir del uso del instrumento Eco-indicador 99, el cual permite caracterizar el comportamiento ambiental de cada uno de los materiales propuestos. Esta caracterización posibilita determinar y cuantificar la nueva tendencia de impacto, esta vez enfocada hacia una disminución progresiva del mismo, con base en decisiones proyectuales orientadas a la sostenibilidad. Los resultados obtenidos en esta etapa son representados gráficamente, siguiendo el mismo procedimiento aplicado anteriormente, lo que permite establecer una comparación directa con el escenario base y así evaluar la efectividad de las estrategias de mitigación propuestas.

5.1 ECO INDICADORES DE MATERIALES A SUSTITUIR

Para iniciar la mitigación de la tendencia de impacto ambiental, se clasifican los valores del Eco-indicador 99 correspondientes a cada material propuesto para sustitución, priorizando aquellos con mayor carga ambiental. Este proceso permite lograr una reducción progresiva del impacto, optimizar el uso de materiales y orientar las decisiones proyectuales hacia un enfoque sostenible.

Figura 45. Manual de Eco-indicadores de impacto ambiental de los materiales alternativos propuestos para la mitigación.

<i>Producción de material de construcción (en milipuntos por kg).</i>			
<i>Material</i>	<i>Indicador</i>	<i>Descripción</i>	
Concreto Reciclado	3.4	Concreto con agregado reciclado proveniente de RCD (Residuos de Construcción y Demolición)	2
Arcilla (sin cocer)	0.2	Arcilla moldeada sin horno, mínima energía incorporada.	2
Tierra cruda estabilizada	0.6	Tierra con aditivo, bajo impacto por no requerir cocción.	2
Arena	0,82	Extracción y transporte	1
Madera maciza	6,6	Madera europea (criterios FSC). Omisión de la absorción de CO ₂ en la fase de crecimiento	1
Vidrio (verde)	51	Vidrio para envases que contiene un 99% de vidrio reciclado	2
Lana mineral	61	Para aislamientos	1
Yeso	9,9	Selenita. Empleada como relleno	1

Fuente: Eco-indicador 99.

La elección de los materiales a sustituir no se basó únicamente en aquellos con mayor peso e impacto ambiental acumulado, sino también en su viabilidad para ser reemplazados sin comprometer la funcionalidad del proyecto. Dentro de estos criterios se incluyó además la densidad de cada material, ya que esta propiedad influye directamente en su peso específico y en la evaluación comparativa de alternativas. Aunque materiales como el acero presentan los niveles más altos de impacto ambiental, se priorizó la sustitución del ladrillo hueco estructural y del piso laminado, igualmente asociados a impactos significativos y con mayor posibilidad de ser reemplazados dentro del sistema constructivo. Esta selección se fundamentó en criterios de factibilidad técnica, disponibilidad local, propiedades físicas y mejora ambiental. Los datos obtenidos permiten establecer una nueva tendencia de impacto orientada hacia la mitigación progresiva.

A continuación, se presentan las densidades preestablecidas de los materiales seleccionados para la mitigación (adobe, revoque de tierra, fibra de vidrio, perfilería en madera, concreto reciclado y panel yeso). Estos valores resultan esenciales para el análisis, ya que permiten vincular las propiedades físicas de cada material con su peso específico y, a partir de ello, estimar con mayor precisión su impacto ambiental según los indicadores establecidos.

Figura 46. Densidad de los materiales en unidades de kg/m³.

Tipo de Piedra	Peso Específico (kg/m ³)
Adobe	1600
Material	Peso Específico (kg/m ³)
Tierra húmeda	1800
Vidrio	2600
Yeso	970
Clase de Madera	Peso Específico (kg/m ³)
Pino Tea	600
Abeto	600
Tipo de Hormigón	Peso Específico (kg/m ³)
De cemento, arena y cascotes de ladrillo	1900

Fuente: INGEMECÁNICA. Pesos y densidades de los materiales.

5.2 ESCENARIOS DE MITIGACIÓN DE IMPACTO

Con base en el análisis previo y la metodología empleada, se desarrollaron cuatro escenarios de mitigación ambiental orientados a reducir los impactos generados por el uso de materiales en el proyecto. Para su elaboración se utilizó el mismo procedimiento técnico aplicado en la evaluación inicial, herramientas de modelación y análisis, como hojas de cálculo, que permiten modificar variables clave y explorar múltiples alternativas de diseño y sustitución de materiales. Este enfoque posibilita identificar con precisión el efecto acumulativo de cada alternativa planteada, considerando tanto la cantidad empleada como el desempeño ambiental de cada material. Los resultados obtenidos se presentan en tablas comparativas y representaciones gráficas, que permiten visualizar las variaciones entre escenarios y facilitar la toma de decisiones fundamentadas en criterios de sostenibilidad.

Cada escenario responde a una estrategia específica de intervención, definida según el tipo de elementos constructivos a mitigar. El Escenario 1 se centra en las técnicas constructivas, sustituyendo materiales estructurales con alta carga ambiental, como el ladrillo hueco estructural (empleado en muros de carga) y el ladrillo macizo de arcilla (utilizado en muros divisorios), por alternativas con menor impacto. El Escenario 2, por su parte, aborda exclusivamente la mitigación en los acabados, mediante el reemplazo de materiales como el piso laminado, aluminio y estuco, seleccionados por su relevancia dentro del conjunto del sistema interior. Finalmente, los Escenarios 3 y 4 integran estrategias combinadas, en las que se proponen sustituciones tanto en técnicas constructivas como en acabados, con el fin de explorar soluciones más completas e integrales. Esta estructuración permite evaluar el efecto diferencial de cada tipo de intervención y establecer comparaciones fundamentadas en criterios técnicos, ambientales y proyectuales, favoreciendo así la selección de alternativas más sostenibles y viables dentro del contexto del proyecto.

Tabla 13. Escenario uno de mitigación de impacto ambiental.

ESCENARIO 1							
MITIGAR TECNICAS CONSTRUCTIVAS							
MATERIAL	MATERIAL SUSTITUIDO	DENSIDAD (KG/M3)	VOLUMEN (M3)	PESO (KG)	ECO INDICA-DOR 99	IMPACTO	% DE IMPACTO
ACERO	SE MANTIENE	7.860	105.207,36	826.929.849,6	86	71.115.967.066	99,82728%
VIDRIO VENTANAS	SE MANTIENE	2.600	86,08	223.808	51	11.414.208	0,01602%
VIDRIO ESCALERAS	SE MANTIENE	2.600	3,39	8.814	51	449.514	0,00063%
ESTUCO	SE MANTIENE	16	28,48	455,68	9,9	4.511,232	0,00001%
LADRILLO HUECO ESTRUCTURAL (MUROS DE CARGA)	BLOQUES DE CONCRETO RECICLADO	1.900	626,72	1.190.768	3,4	4.048.611,2	0,00568%
LADRILLO MACIZO DE ARCILLA (MUROS DIVISORIOS)	PANEL YESO	970	262,29	254.424,53	9,9	2.518.802,88	0,00354%
	PERFILERIA EN MADERA	600	157,38	94.425,6	6,6	623.208,96	0,00087%
	FIBRA DE VIDRIO	2.600	367,21	954.746	51	48.692.046	0,06835%
ALUMINIO	SE MANTIENE	2.600	2,63	6.838	780	5.333.640	0,00749%
MELAMINA	SE MANTIENE	600	74,56	44.736	39	1.744.704	0,00245%
CONCRETO	SE MANTIENE	2.500	1.919,58	4.798.950	3,8	18.236.010	0,02560%
PANEL YESO	SE MANTIENE	970	73,32	71.120,4	9,9	704.091,96	0,00099%
PISO LAMINADO	SE MANTIENE	600	997,76	598.656	39	23.347.584	0,03277%
MORTERO DE PEGA	SE MANTIENE	1.900	6,48	12.312	398	4.900.176	0,00688%
REVESTIMIENTO CERAMICO	SE MANTIENE	1.800	19,36	34.848	28	975.744	0,00137%
USO DEL SUELO	SE MANTIENE	0,00	0,00	1.200	45	54.000	0,00008%
TOTAL		30.116	109.832,599	835.225.951,813	1.611,500	71.239.013.917,832	100%

Fuente: Esta investigación.

Escenario 1, en el que se reemplazaron el ladrillo hueco estructural y el ladrillo macizo de arcilla por bloques de concreto reciclado en los cerramientos externos y un sistema liviano de tabiques interiores en drywall con paneles de yeso revestidos en fibra de vidrio y perfilería en madera para los muros internos, presenta una disminución de 71.681.077.297 mPt en el escenario base a **71.239.013.917,832 mPt** en el escenario propuesto, lo que equivale aproximadamente a un **0,62 %** de reducción respecto a la tendencia original.

Esta reducción se explica por varias razones técnicas:

- **Uso de concreto reciclado:** aprovecha residuos de demolición, disminuyendo la extracción de áridos naturales y reduciendo la energía incorporada del material.
- **Sistema liviano en drywall:** su menor densidad y masa respecto a la mampostería tradicional reduce significativamente la carga ambiental asociada a su producción y transporte.
- **Perfilería en madera:** material renovable con menor huella de carbono frente a perfiles metálicos o estructuras de hormigón.

En conjunto, esta sustitución no solo disminuye el impacto ambiental directo de los materiales, sino que también optimiza el desempeño constructivo y facilita procesos de montaje más ligeros y eficientes.

Tabla 14. Escenario dos de mitigación de impacto ambiental.

ESCENARIO 2							
MITIGAR ACABADOS							
MATERIAL	MATERIAL SUSTITUIDO	DENSIDAD (KG/M3)	VOLUMEN (M3)	PESO (KG)	ECO INDICADOR 99	IMPACTO	% DE IMPACTO
ACERO	SE MANTIENE	7.860	105.207,36	826.929.849,6	86	71.115.967.066	99,25423%
VIDRIO VENTANAS	SE MANTIENE	2.600	86,08	223.808	51	11.414.208	0,01593%
VIDRIO ESCALERAS	SE MANTIENE	2.600	3,39	8.814	51	449.514	0,00063%
ESTUCO	REVOQUE EN TIERRA	1.800	28,48	51.264	0,8	41.011,2	0,00006%
LADRILLO HUECO ESTRUCTURAL (MUROS DE CARGA)	SE MANTIENE	1.800	626,72	1.128.096	240	270.743.040	0,37787%
LADRILLO MACIZO DE ARCILLA (MUROS DIVISORIOS)	SE MANTIENE	1.200	786,88	944.256	240	226.621.440	0,31629%
ALUMINIO	PERFILERIA EN MADERA	600	2,63	1.578	6,6	10.414,8	0,00001%
MELAMINA	AUMENTAR ESCALERAS	600	92,22	55.334,4	6,6	365.207,04	0,00051%
CONCRETO	AUMENTAR PORCENTAJE DEL 2% DEL ESMALTADO	2.500	1.901,92	4.754.790	3,8	18.068.202	0,02522%
	RESTAR EL CONCRETO DE LAS ESCALERAS						
PANEL YESO	SE MANTIENE	970	73,32	71.120,4	9,9	704.091,96	0,00098%
PISO LAMINADO	SE QUITA POR COMPLETO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MORTERO DE PEGA	SE MANTIENE	1.900	6,48	12.312	398	4.900.176	0,00684%
REVESTIMIENTO CERAMICO	SE MANTIENE	1.800	19,36	34.848	28	975.744	0,00136%
USO DEL SUELO	SE MANTIENE	0,00	0,00	1.200	45	54.000	0,00008%
TOTAL		25.630	108.834,840	834.217.270,40 0	1.166,700	71.650.314. 114,600	100%

Fuente: Esta investigación.

Escenario 2, en el que se sustituyeron y optimizaron diversos acabados, presenta una reducción del impacto ambiental que pasa de 71.681.077.297 mPt en el escenario base a **71.650.314.114,600 mPt** en el escenario de mitigación, lo que equivale aproximadamente a un **0,043 %** de disminución respecto a la tendencia original.

Las principales modificaciones fueron:

- **Estuco reemplazado por revoque en tierra:** material de baja energía incorporada, producido localmente y con excelente transpirabilidad, lo que mejora el confort higrotérmico interior.
- **Perfilería de aluminio reemplazada por perfilería en madera:** en marcos de ventanas y barandal de escalera, lo que reduce significativamente la huella de carbono al sustituir un material de alta energía incorporada por uno renovable, manteniendo resistencia y aportando calidez estética.
- **Eliminación del piso laminado:** se opta por no instalar ningún acabado adicional, dejando expuesto el concreto estructural existente. Este se trata con un acabado esmaltado que mejora su apariencia estética, aumenta su resistencia superficial y facilita su mantenimiento.
- **Acabado esmaltado sobre concreto (2 % de la superficie):** aplicado principalmente en áreas donde se requiere mayor protección o acabado visual uniforme. Esta decisión evita la incorporación de nuevas capas de materiales, aprovechando el concreto ya presente como superficie final.
- **Sustitución de escaleras en concreto por estructuras en melamina:** disminuye la masa total de material estructural y reduce el uso de cemento, uno de los componentes de mayor impacto ambiental.

Aunque la reducción porcentual es menor en comparación con el Escenario 1, este resultado confirma que los acabados también ejercen un papel relevante en la huella ambiental total del proyecto. La intervención en estos elementos, aunque no sean estructurales, puede generar mejoras acumulativas en el ciclo de vida de la edificación, reducir el consumo de recursos y optimizar el desempeño ambiental global. La selección de alternativas más sostenibles, incluso en componentes secundarios, contribuye de manera directa a una estrategia integral de mitigación, reforzando la coherencia del diseño con criterios de eficiencia y responsabilidad ambiental.

Tabla 15. Escenario tres de mitigación de impacto ambiental

ESCENARIO 3							
MITIGAR TECNICAS CONSTRUCTIVAS Y ACABADOS							
MATERIAL	MATERIAL SUSTITUIDO	DENSIDAD (KG/M3)	VOLUMEN (M3)	PESO (KG)	ECO INDICADOR 99	IMPACTO	% DE IMPACTO
ACERO	SE MANTIENE	7.860	105.207,36	826.929.849,6	86	71.115.967.066	99,86959%
VIDRIO VENTANAS	SE MANTIENE	2.600	86,08	223.808	51	11.414.208	0,01603%
VIDRIO ESCALERAS	SE MANTIENE	2.600	3,39	8.814	51	449.514	0,00063%
ESTUCO	REVOQUE EN TIERRA	1.800	28,48	51.264	0,8	41.011,2	0,00006%
LADRILLO HUECO ESTRUCTURAL (MUROS DE CARGA)	BLOQUES DE CONCRETO RECICLADO	1.900	626,72	1.190.768	3,4	4.048.611,2	0,00569%
LADRILLO MACIZO DE ARCILLA (MUROS DIVISORIOS)	PANEL YESO	970	262,29	254.424,5333	9,9	2.518.802,88	0,00354%
	PERFILERIA EN MADERA	600	157,38	94.425,6	6,6	623.208,96	0,00088%
	FIBRA DE VIDRIO	2.600	367,21	954.746	51	48.692.046	0,06838%
ALUMINIO	PERFILERIA EN MADERA	600	2,63	1.578	6,6	10.414,8	0,00001%
MELAMINA	AUMENTAR ESCALERAS	600	92,22	55.334,4	6,6	365.207,04	0,00051%
CONCRETO	AUMENTAR PORCENTAJE DEL 2% DEL ESMALTADO	2.500	1.901,92	4.754.790	3,8	18.068.202	0,02537%
	RESTAR EL CONCRETO DE LAS ESCALERAS						
PANEL YESO	SE MANTIENE	970	73,32	71.120,4	9,9	704.091,96	0,00099%
PISO LAMINADO	SE QUITA POR COMPLETO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MORTERO DE PEGA	SE MANTIENE	1.900	6,48	12.312	398	4.900.176	0,00688%
REVESTIMIENTO CERAMICO	SE MANTIENE	1.800	19,36	34.848	28	975.744	0,00137%
USO DEL SUELO	SE MANTIENE	0,00	0,00	1.200	45	54.000	0,00008%
TOTAL		29.300	108.834,839	834.639.282,533	757,600	71.208.832.303,640	100%

Fuente: Esta investigación.

Escenario 3, se intervinieron simultáneamente la estructura de cerramientos y los acabados interiores, lo que permitió obtener una reducción del impacto ambiental de 71.681.077.297 mPt en el escenario base a **71.208.832.303,640 mPt** en el escenario de mitigación, equivalente aproximadamente a un **0,66 %** de disminución respecto a la tendencia original.

Ajustes en acabados:

- **Revoque en tierra en sustitución del estuco:** este acabado ofrece un balance hídrico favorable, ya que requiere menos agua en su preparación y aplicación, y permite reutilizar excedentes. Además, presenta propiedades higrotérmicas, lo que significa que ayuda a regular de forma natural la temperatura y la humedad en el interior, evitando ambientes demasiado secos o húmedos y mejorando el confort general de la vivienda.
- **Perfilería de madera en lugar de aluminio en marcos de ventanas y barandal de escalera:** la madera actúa como un mejor aislante natural que el aluminio, reduciendo la transmisión de calor o frío entre el interior y el exterior. Esto evita las “zonas frías” o puentes térmicos que se producen con los metales, contribuyendo así a mantener una temperatura más estable en los espacios y a mejorar la eficiencia energética del edificio.
- **Eliminación del piso laminado:** al prescindir de este recubrimiento, se suprime una capa compuesta de alto procesamiento industrial. La decisión también minimiza el uso de adhesivos y resinas sintéticas, que pueden liberar compuestos orgánicos volátiles.
- **Acabado esmaltado sobre concreto (2 % de la superficie):** más que un acabado decorativo, actúa como sellador superficial que incrementa la resistencia a la abrasión y facilita la limpieza, reduciendo la necesidad de mantenimiento intensivo.
- **Escaleras en melamina en lugar de concreto:** esta sustitución disminuye significativamente el peso propio de la estructura, lo que a su vez reduce las cargas transmitidas a los elementos de soporte y la demanda de refuerzos estructurales adicionales.

Optimización en técnicas constructivas:

- **Bloques de concreto reciclado para muros estructurales:** su empleo permite un cierre estructural más ligero y sostenible, disminuyendo el uso de materias primas vírgenes y reduciendo el transporte de materiales pesados desde largas distancias.
- **Sistema de divisiones interiores en drywall con yeso y fibra de vidrio sobre perfilera de madera:** esta solución seca evita los tiempos de curado de la mampostería tradicional, acorta la duración de la obra y reduce el consumo de agua en el proceso constructivo.

Este escenario refleja una mitigación más diversificada, ya que combina medidas que actúan sobre la estructura, los elementos divisorios y las terminaciones. La reducción obtenida, aunque porcentualmente moderada, responde a la acción conjunta entre soluciones de bajo impacto, disminución de procesos húmedos y optimización del peso constructivo. Esto se traduce en un menor consumo de energía durante la obra, reducción en la generación de escombros y un mejor desempeño energético de la edificación a lo largo de su vida útil.

Tabla 16. Escenario cuatro de mitigación de impacto ambiental.

ESCENARIO 4							
MITIGAR TECNICAS CONSTRUCTIVAS Y ACABADOS							
MATERIAL	MATERIAL SUSTITUIDO	DENSIDAD (KG/M3)	VOLUMEN (M3)	PESO (KG)	ECO INDICADOR 99	IMPACTO	% DE IMPACTO
ACERO	SE MANTIENE	7.860	105.207,36	826.929.849,6	86	71.115.967.066	99,87557%
VIDRIO VENTANAS	SE MANTIENE	2.600	86,08	223.808	51	11.414.208	0,01603%
VIDRIO ESCALERAS	SE MANTIENE	2.600	3,39	8.814	51	449.514	0,00063%
ESTUCO	REVOQUE EN TIERRA	1.800	28,48	51.264	0,8	41.011,2	0,00006%
LADRILLO HUECO ESTRUCTURAL (MUROS DE CARGA)	ADOBE	1.600	626,72	1.002.752	1,62	1.624.458,24	0,00228%
LADRILLO MACIZO DE ARCILLA (MUROS DIVISORIOS)	ADOBE	1.600	262,29	419.669,3333	1,62	679.864,32	0,00095%
	PERFILERIA EN MADERA	600	157,38	94.425,6	6,6	623.208,96	0,00088%
	FIBRA DE VIDRIO	2.600	367,21	954.746	51	48.692.046	0,06838%
ALUMINIO	PERFILERIA EN MADERA	600	2,63	1.578	6,6	10.414,8	0,00001%
MELAMINA	AUMENTAR ESCALERAS	600	92,22	55.334,4	6,6	365.207,04	0,00051%
CONCRETO	AUMENTAR PORCENTAJE DEL 2% DEL ESMALTADO	2.500	1.901,92	4.754.790	3,8	18.068.202	0,02538%
	RESTAR EL CONCRETO DE LAS ESCALERAS						
PANEL YESO	SE MANTIENE	970	73,32	71.120,4	9,9	704.091,96	0,00099%

PISO LAMINADO	SE QUTA POR COMPLETO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MORTERO DE PEGA	SE MANTIENE	1.900	6,48	12.312	398	4.900.176	0,00688%
REVESTIMIENTO CERAMICO	SE MANTIENE	1.800	19,36	34.848	28	975.744	0,00137%
USO DEL SUELO	SE MANTIENE	0,00	0,00	1.200	45	54.000	0,00008%
TOTAL		29.630	108.834,839	834.616.511,33 3	747,540	71.204.569. 212,120	100%

Fuente: Esta investigación.

Escenario 4, se intervinieron de forma conjunta los sistemas constructivos y los acabados, obteniendo una reducción del impacto ambiental que pasa de 71.681.077.297 mPt en el escenario base a **71.204.569.212,120 mPt** en el escenario de mitigación, lo que equivale aproximadamente a un **0,67 %** de disminución respecto a la tendencia original.

Al igual que en escenarios anteriores, se reemplazaron acabados convencionales por alternativas de menor impacto ambiental. En este caso, la optimización de acabados consistió en priorizar materiales renovables y de bajo procesamiento, reducir la cantidad de capas aplicadas y aprovechar al máximo las superficies existentes. Esto incluye la sustitución de estuco por revoque en tierra, la incorporación de perfilería en madera en elementos como marcos de ventanas y barandal de escalera, la eliminación del piso laminado en favor de dejar el concreto visto con un acabado esmaltado, y el reemplazo de escaleras de concreto por estructuras más ligeras en melamina. En conjunto, estas decisiones reducen el uso de materiales con alta energía incorporada, mejoran el desempeño térmico y disminuyen la huella ambiental en la etapa de acabados.

Intervenciones en técnicas constructivas con adobe:

- **Adobe en muros estructurales (sustituyendo ladrillo hueco estructural):** material natural compuesto de tierra cruda y fibras vegetales, con muy baja huella de carbono al no requerir cocción. Su alta masa térmica estabiliza la temperatura interior, reduciendo la demanda energética de climatización.
- **Sistema liviano con paneles de adobe revestidos en fibra de vidrio y perfilería en madera (sustituyendo ladrillo macizo de arcilla):** aunque se utiliza el mismo armazón básico de perfilería que en un sistema drywall, este no es idéntico al sistema con panel de yeso. La diferencia principal radica en el material del panel: en lugar de láminas de yeso, se emplean paneles delgados de adobe reforzado y revestido, lo que mejora la inercia

térmica, la regulación de humedad y el aislamiento acústico, manteniendo la rapidez de instalación y el bajo consumo de agua propio de los sistemas en seco.

Este escenario consolida una estrategia de mitigación integral en la que el adobe es el elemento diferenciador, con ventajas tanto en la estructura como en las divisiones interiores. La combinación de técnicas secas con materiales de bajo impacto como la tierra cruda permite reducir emisiones, consumo energético y generación de escombros. Aunque la reducción porcentual es similar a escenarios previos, el paso hacia materiales naturales renovables representa un avance hacia un modelo constructivo más sostenible y con mejores prestaciones bioclimáticas.

5.3 ANÁLISIS COMPARATIVO Y RESULTADOS

Con el fin de evaluar de manera integral la efectividad de las estrategias planteadas, se realizó una comparación entre la tendencia original del proyecto y los cuatro escenarios de mitigación desarrollados. Este análisis permite visualizar cómo las variaciones en la selección de materiales y en las técnicas constructivas repercuten en la reducción del impacto ambiental total del sistema constructivo.

Es importante señalar que, en este caso de estudio, el conjunto residencial presenta una estructura portante de gran envergadura, diseñada con un alto porcentaje de acero estructural que representa aproximadamente el 90 % del impacto ambiental total del proyecto. Este valor responde a la elección de un sistema macizo y de elevada resistencia, posiblemente influenciado por su ubicación cercana al río Pasto y en una zona de alta sismicidad, condiciones que suelen justificar estructuras robustas para garantizar estabilidad y seguridad. Sin embargo, tratándose de edificaciones de baja altura (tres pisos con parqueadero subterráneo), este diseño estructural resulta particularmente pesado y con una alta huella ambiental inicial.

Dado que el acero no fue objeto de sustitución en ninguno de los escenarios de mitigación, su elevada participación en el impacto total explica que las reducciones porcentuales aparentes entre escenarios sean limitadas. No obstante, al analizar los resultados en términos absolutos, las mejoras son relevantes, pues se logran recortes significativos en otros componentes como cerramientos, divisiones interiores y acabados, los cuales sí presentan mayor margen de sustitución por alternativas sostenibles.

Las gráficas comparativas muestran que la mayor capacidad de mitigación se concentra en los escenarios que intervienen elementos estructurales secundarios y de cerramiento, como se observa en el Escenario 1, mientras que las modificaciones centradas únicamente en acabados arrojan reducciones más moderadas, aunque igualmente relevantes para una estrategia integral. Por su parte, los escenarios que combinan intervenciones en técnicas constructivas y

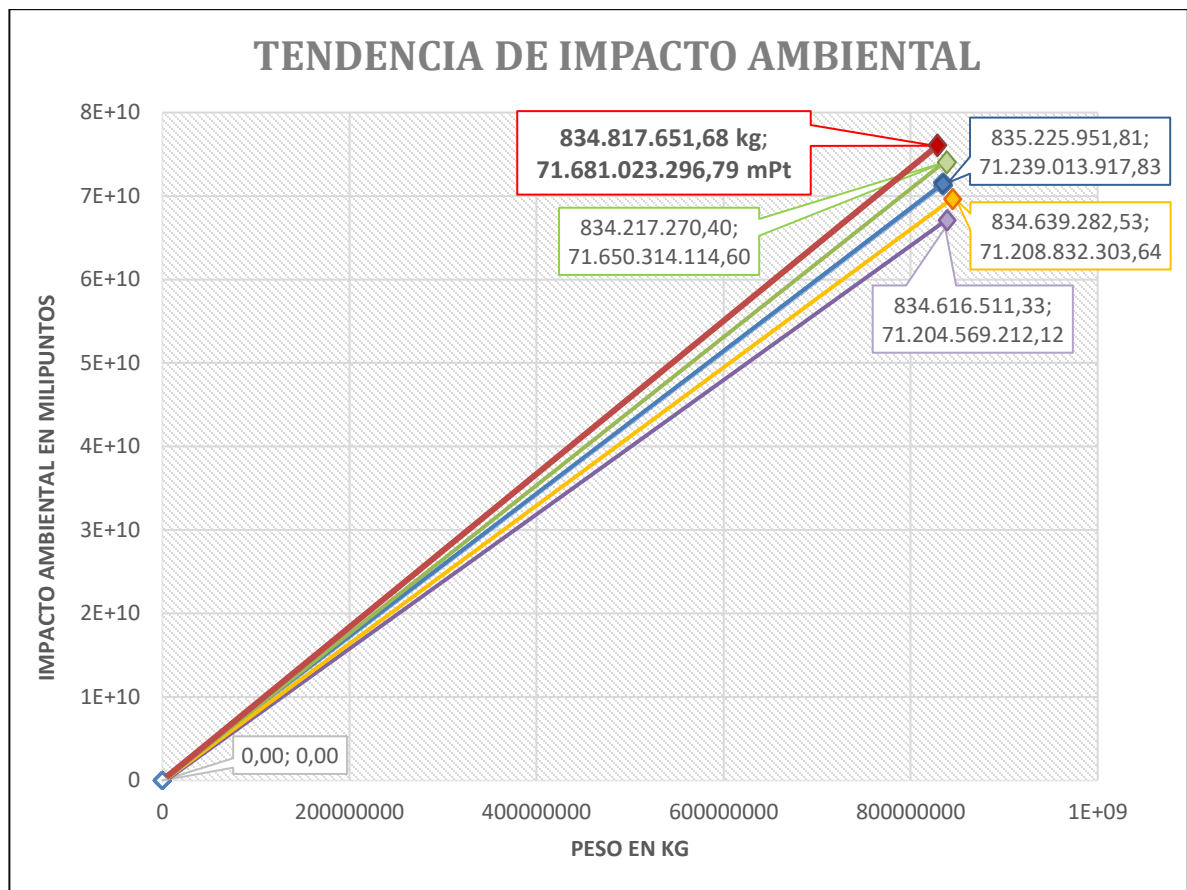
acabados, como los Escenarios 3 y 4, ofrecen un equilibrio entre reducción porcentual y mejora de las prestaciones ambientales del edificio, aportando beneficios como mayor confort higrotérmico, menor uso de procesos húmedos y optimización del peso constructivo en zonas no portantes.

En síntesis, este análisis confirma que incluso en proyectos con alta carga estructural de acero, donde la sustitución de este material no es viable en este caso, la mitigación del impacto ambiental es posible mediante decisiones estratégicas en el resto de los componentes constructivos. Esto evidencia que la sostenibilidad no depende únicamente de modificar el núcleo estructural, sino también de una gestión coherente de los materiales en todos los niveles de la edificación.

Finalmente, cabe destacar que los resultados de este estudio no solo aportan un diagnóstico puntual sobre el proyecto analizado, sino que también sirven como referencia metodológica para futuras intervenciones en edificaciones similares. El análisis demuestra que, aunque existan limitaciones técnicas o normativas que impidan sustituir ciertos materiales clave, siempre es posible encontrar márgenes de optimización en otros elementos de la obra. Este tipo de evaluaciones comparativas permiten tomar decisiones informadas en las fases tempranas del diseño, anticipando el impacto ambiental y orientando la selección de materiales hacia opciones más sostenibles.

A continuación, se presentan las gráficas que ilustran la evolución de la tendencia de impacto ambiental en los cuatro escenarios frente al modelo original, evidenciando las diferencias y tendencias de reducción alcanzadas.

Figura 47. Grafica lineal de la Tendencia de impacto ambiental del modelo original y de los diferentes escenarios de mitigación.



Fuente: Esta investigación.

La representación en formato de gráfica lineal se elaboró con el propósito de visualizar la relación directa entre el peso total de los materiales empleados en la construcción en el eje horizontal y su tendencia de impacto ambiental en el eje vertical. Este enfoque permite identificar cómo variaciones en la masa de los componentes, derivadas de la sustitución de materiales o la optimización de técnicas constructivas, inciden proporcionalmente en el indicador global de impacto. Al mostrar de manera continua la evolución desde el modelo original hasta los diferentes escenarios de mitigación, la gráfica facilita la comprensión de los cambios y la comparación directa entre alternativas, evidenciando la coherencia entre reducción de peso y disminución del impacto ambiental.

Tabla 17. Valores del Peso y la Tendencia de impacto ambiental del modelo original y de los diferentes escenarios de mitigación.

PESO EN KG	TENDENCIA DE IMPACTO mPt	
834.817.651,680	71.681.023.296,792	Original
835.225.951,813	71.239.013.917,832	Mitigación Impacto Escenario 1 (Técnicas Constructivas)
834.217.270,400	71.650.314.114,600	Mitigación Impacto Escenario 2 (Acabados)
834.639.282,533	71.208.832.303,640	Mitigación Impacto Escenario 3 (Técnicas Constructivas + Acabados)
834.616.511,333	71.204.569.212,120	Mitigación Impacto Escenario 4 (Técnicas Constructivas + Acabados)

Fuente: Esta investigación.

En la tabla, El escenario original registra el mayor impacto (71.681.023.296,792 mPt) y un peso de 834.817.651,680 kg, resultado de la elevada carga estructural compuesta principalmente por acero y ladrillo.

En el Escenario 1 (técnicas constructivas), el impacto disminuye a 71.239.013.917,832 mPt, con un peso de 835.225.951,813 kg. La mejora se debe a la sustitución de cerramientos y divisiones interiores por sistemas más sostenibles, aunque el peso total se mantiene similar debido a la permanencia de la estructura portante.

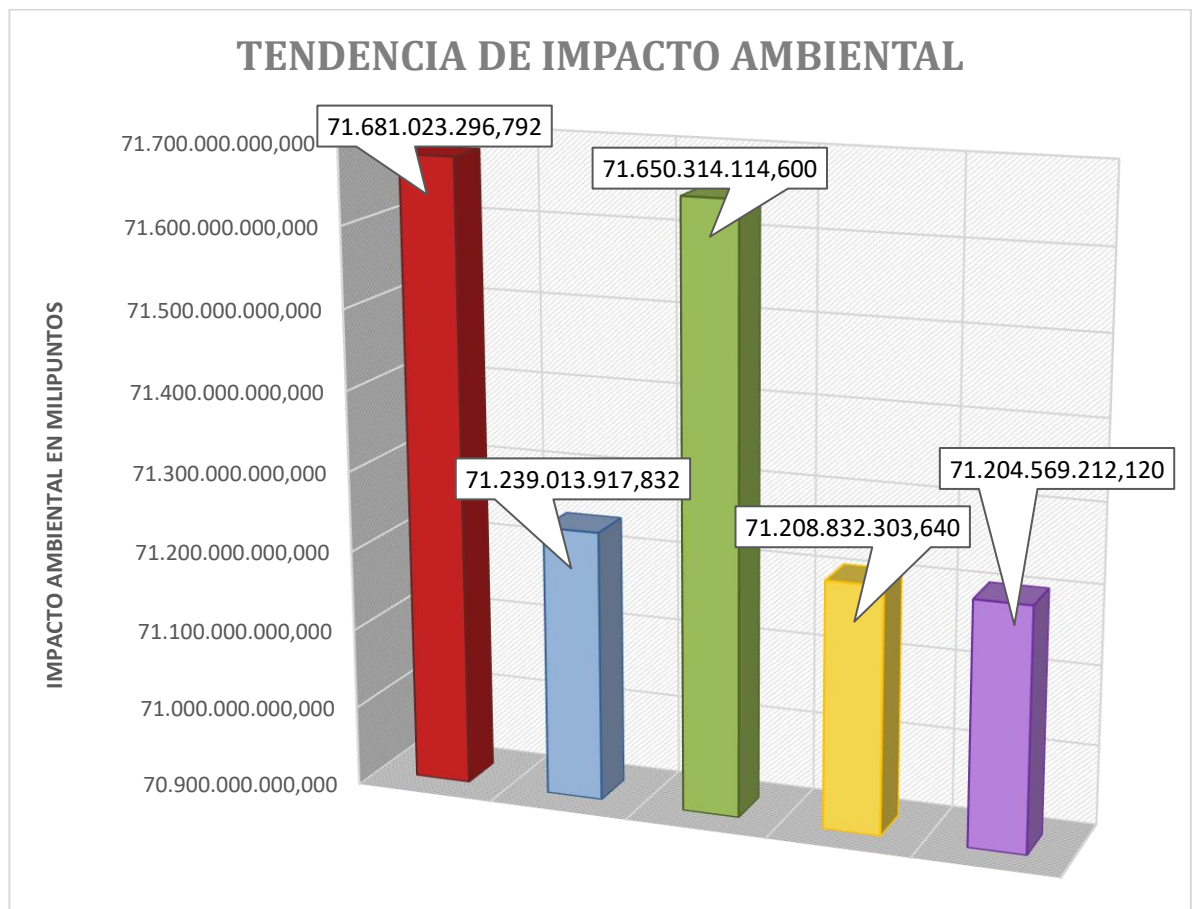
El Escenario 2 (acabados) alcanza un impacto de 71.650.314.114,600 mPt y un peso de 834.217.270,400 kg. La reducción es más moderada, ya que las intervenciones se limitan a terminaciones y revestimientos, con cambios mínimos en la masa total.

El Escenario 3 (técnicas constructivas + acabados) logra 71.208.832.303,640 mPt y 834.639.282,533 kg, combinando sustituciones en sistemas constructivos con mejoras en acabados para optimizar el desempeño ambiental.

Finalmente, el Escenario 4 obtiene el menor impacto (71.204.569.212,120 mPt) y un peso de 834.616.511,333 kg. Este escenario incorpora adobe en muros estructurales y divisiones, junto con la optimización de acabados, consolidando la estrategia de mitigación sin comprometer la estabilidad estructural.

Para facilitar la interpretación de estos resultados, se incluyen a continuación dos gráficos comparativos en barras: uno que muestra la evolución de la tendencia de impacto ambiental y otro que refleja las variaciones de peso entre el modelo original y los escenarios de mitigación.

Figura 48. Grafica de las tendencias de mitigación de impacto ambiental.



Fuente: Esta investigación.

La gráfica ilustra la tendencia del impacto ambiental en el modelo original y en los cuatro escenarios de mitigación evaluados. El eje vertical representa el impacto

ambiental en milipuntos (mPt), mientras que cada barra corresponde a uno de los escenarios analizados.

El escenario original, representado en rojo, presenta el valor más alto de impacto ambiental. A partir de él, se muestran los cuatro escenarios de mitigación:

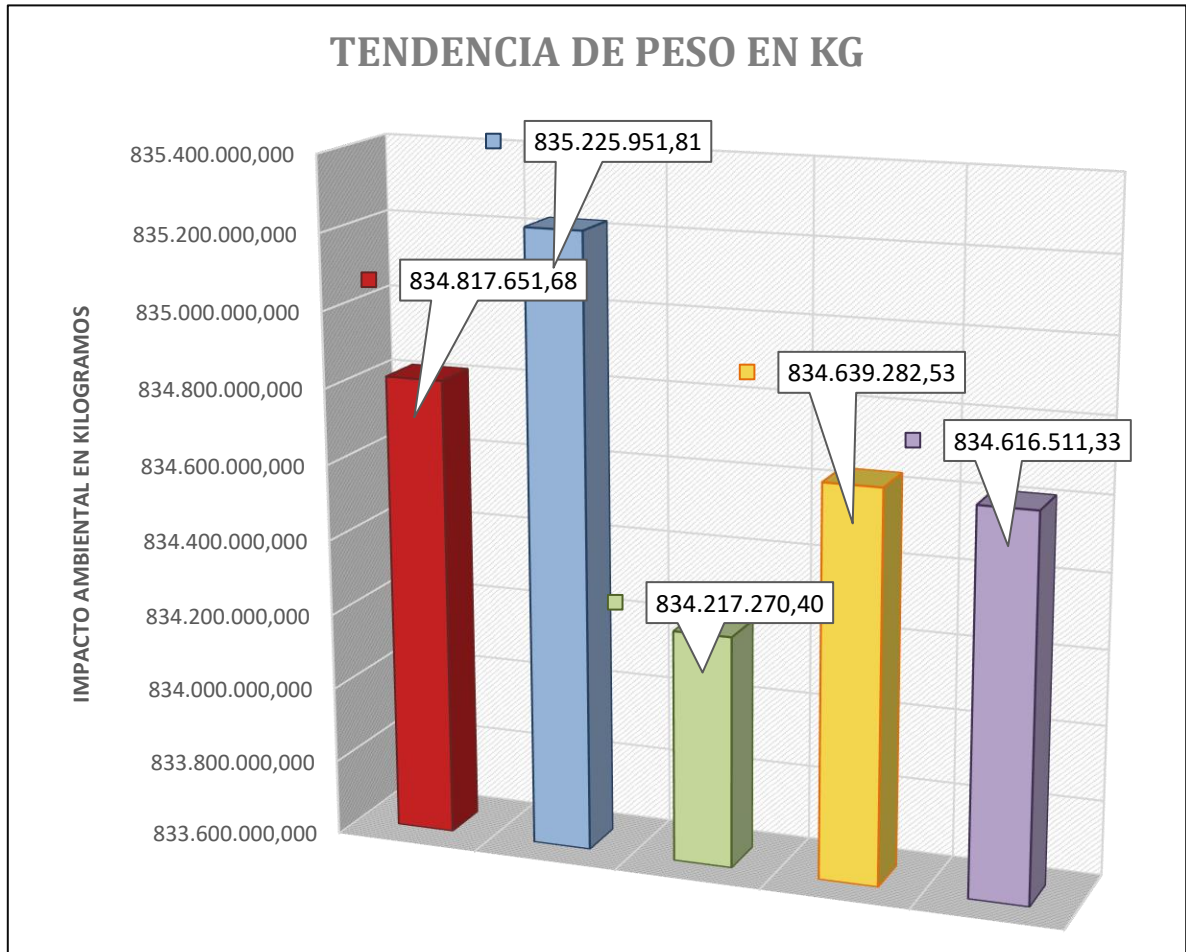
- Escenario 1 (barra azul): registra una reducción aproximada del 0,62 % respecto al modelo original, evidenciando un efecto positivo notable.
- Escenario 2 (barra verde): presenta una reducción más moderada, cercana al 0,043 %, debido a que las intervenciones se centran únicamente en acabados.
- Escenario 3 (barra amarilla): alcanza una disminución del 0,66 %, situándose como el segundo escenario con menor impacto ambiental.
- Escenario 4 (barra morada): obtiene el valor más bajo de todos, con una reducción aproximada del 0,67 % respecto al escenario original.

La gráfica evidencia una tendencia descendente en el impacto ambiental a medida que se aplican estrategias de mitigación, lo que demuestra que incluso variaciones puntuales en la selección de materiales y técnicas constructivas pueden generar mejoras medibles. Aunque los porcentajes de reducción aparentan ser bajos, esto se debe a que el proyecto analizado cuenta con una estructura dominante en acero, material de alta carga ambiental que limitan visualmente el efecto porcentual de las sustituciones. No obstante, las diferencias reflejadas en la gráfica representan miles de milipuntos de impacto evitado, lo cual equivale a una disminución real en el consumo de energía, la extracción de materias primas y las emisiones asociadas al ciclo de vida de los materiales reemplazados.

Otro aspecto relevante es que la gráfica evidencia cómo los escenarios que combinan técnicas constructivas y acabados (Escenarios 3 y 4) logran una mayor optimización ambiental que aquellos que actúan en un único frente. Esto confirma la importancia de intervenciones integrales que no se limiten a un solo tipo de material o componente, sino que aborden simultáneamente varias categorías de impacto.

Finalmente, la interpretación de estas barras facilita la identificación de qué tipo de cambios generan un beneficio ambiental más consistente y cuáles tienen un efecto limitado. Así, la información obtenida se convierte en una base sólida para la toma de decisiones en diseño arquitectónico y planificación constructiva, orientada hacia soluciones más sostenibles y eficientes.

Figura 49. Gráfica del Peso de mitigación de impacto ambiental.



La gráfica muestra la variación del peso total de materiales entre el modelo original y los diferentes escenarios de mitigación. Las diferencias que se observan entre las barras muestran los cambios realizados en los materiales y en la forma en que se han combinado en cada escenario.

Escenario original (barra roja): representa el peso base del proyecto, correspondiente a los materiales registrados en el inventario inicial.

- Escenario 1 (barra azul): presenta un incremento ligero de peso, asociado a la implementación de sistemas constructivos alternativos que, aunque más sostenibles, no necesariamente reducen la masa total de materiales.
- Escenario 2 (barra verde): es el que más reduce la masa total, al reemplazar acabados pesados por otros más livianos y con menor densidad.

- Escenario 3 (barra amarilla): mantiene un peso intermedio al integrar cambios tanto en técnicas constructivas como en acabados.
- Escenario 4 (barra morada): conserva un peso similar al Escenario 3, pero con una composición diferente, priorizando materiales de menor impacto ambiental como el adobe.

Comparada con la gráfica de tendencia de impacto ambiental, esta representación confirma que el peso total de materiales no es un indicador directo de sostenibilidad. Es posible que escenarios con variaciones mínimas en masa total presenten reducciones significativas en impacto ambiental, lo que revela que la eficiencia ecológica de un proyecto no depende únicamente de “cuánto” material se use, sino de “qué” material se utilice y de “cómo” se haya producido. Esto se explica porque el impacto ambiental está determinado principalmente por la energía incorporada en los materiales, la huella de carbono asociada a su extracción y fabricación, su durabilidad y el ciclo de vida que recorren, más que por su peso en sí. Por ejemplo, un material liviano, pero altamente industrializado puede generar un impacto mayor que otro más pesado, pero de origen natural y bajo procesamiento.

Así, esta comparación evidencia que las estrategias de mitigación más efectivas no siempre implican reducir la cantidad de material, sino optimizar la selección, priorizando opciones con menor huella ambiental y procesos productivos más sostenibles. En consecuencia, las reducciones reales de impacto ambiental pueden lograrse incluso en escenarios donde el peso total del sistema constructivo se mantiene prácticamente constante.

En síntesis, el análisis comparativo entre el peso total de materiales y la tendencia de impacto ambiental en los diferentes escenarios evaluados confirma que la sostenibilidad de un sistema constructivo no se define únicamente por la cantidad de material empleado, sino por su calidad ambiental, origen, procesos productivos y comportamiento a lo largo de su ciclo de vida. Incluso con variaciones mínimas en peso, es posible lograr reducciones significativas en el impacto, siempre que la selección de materiales y técnicas constructivas se oriente hacia soluciones de menor huella ecológica. Este resultado reafirma la necesidad de replantear criterios tradicionales de diseño y construcción, incorporando metodologías de análisis ambiental que permitan tomar decisiones más conscientes y fundamentadas. De esta manera, la arquitectura puede avanzar hacia un modelo constructivo más responsable, equilibrando funcionalidad, seguridad estructural y sostenibilidad ambiental.

CONCLUSIONES

1. El paisaje físico del conjunto Jardín del Río, base del análisis ambiental.

- **Tipología y zonificación de la vivienda:** La selección de una vivienda tipo permitió realizar un análisis detallado y representativo de sus características arquitectónicas, estructurales y de zonificación. Se evaluaron los elementos arquitectónicos, reconociendo la distribución de espacios en distintos niveles, la funcionalidad de cada área y la conexión entre los diferentes ambientes. Se analizaron fachadas, acabados, iluminación natural, parqueaderos, terrazas y detalles constructivos, incluyendo vigas, columnas, muros y otros componentes esenciales. Este desglose integral facilitó comprender el proyecto en su totalidad, asegurando un conocimiento preciso de todos los elementos constructivos. Con esta información se elaboró el Inventario de Ciclo de Vida (ICV) de los materiales, constituyendo una base sólida para evaluar el impacto ambiental, cuantificar los materiales utilizados y establecer su huella ambiental, proporcionando información técnica esencial para un análisis completo del conjunto y su relación con el entorno geográfico y urbano, además de generar un modelo replicable para futuras tipologías residenciales en Pasto.
- **Representatividad y proyección:** Se seleccionó una vivienda tipo de un conjunto de 32 unidades para un análisis detallado y representativo. Esta elección se fundamenta en que la vivienda comparte características arquitectónicas y constructivas con las demás, asegurando que los resultados reflejen los patrones constructivos del conjunto. El enfoque tipológico permite extrapolar hallazgos a todas las viviendas, proyectando tendencias de impacto ambiental y ofreciendo un marco sólido para planificar futuras tipologías urbanas sostenibles en Pasto. Así, se fortalecen decisiones informadas, mitigación ambiental y optimización del diseño urbano.
- **Base para decisiones sostenibles:** El inventario detallado y la cuantificación de materiales constituyen insumos esenciales para la construcción de herramientas predictivas de impacto ambiental. Los resultados obtenidos permiten proyectar estrategias de diseño y construcción más sostenibles, reduciendo la necesidad de estudios repetitivos y optimizando la toma de decisiones basadas en datos proyectados, fortaleciendo así la planificación urbana sostenible y la mitigación del impacto ambiental a nivel local.

2. Anatomía de la construcción: inventario y medición de materiales.

- El inventario detallado de la vivienda tipo permitió cuantificar con precisión todos los materiales constructivos, abarcando muros, columnas, vigas, zapatas, forjados, puertas y ventanas. La estructura concentra la mayor parte del peso del conjunto en este caso de estudio: acero estructural 826.929.849,6 kg, ladrillo hueco estructural 1.128.096 kg, ladrillo perforado 944.256 kg y concreto 44.150 kg. Este registro constituye un testimonio objetivo de la magnitud de los recursos utilizados y su distribución, permitiendo un análisis técnico sólido del proyecto.
- El cálculo del peso en kilogramos es fundamental para la planificación estructural, logística y estimación de recursos, y debe expresarse en esta unidad porque el Eco-indicador 99 requiere que los datos estén en masa para poder multiplicar correctamente el valor de impacto de cada material. Esto facilita un análisis riguroso del impacto ambiental, permitiendo identificar los materiales con mayor contribución a la masa total del edificio y cuantificar de manera precisa su incidencia relativa dentro del ciclo de vida de la construcción.
- Conocer la masa específica de cada material permite proponer estrategias de reducción y optimización, ya que disminuir la cantidad de un componente pesado impacta directamente en la huella ambiental del conjunto, sin comprometer la funcionalidad ni la integridad estructural del proyecto. Esto evidencia que la sostenibilidad se logra también mediante la gestión eficiente de la masa y recursos de los materiales empleados.
- El inventario desarrollado constituye una herramienta técnica estratégica, pues proporciona información precisa para estudios comparativos, proyecciones de impacto ambiental y planificación de futuras tipologías residenciales. Además, permite anticipar efectos sobre la sostenibilidad, justificar decisiones de diseño y respaldar con datos confiables las recomendaciones del trabajo de grado.
- La recopilación detallada de volúmenes y pesos de los materiales, no solo se registra qué y cuánto se utilizó, sino que se obtiene información clave para planificar la construcción y el manejo del edificio. Conocer los pesos permite diseñar correctamente las cimentaciones al determinar la carga que deben soportar, organizar el transporte y montaje evitando problemas logísticos o riesgos por exceso de carga, y calcular el consumo energético asociado a la manipulación de los materiales. En resumen, este inventario es mucho más que una simple lista de materiales: funciona como una herramienta técnica que integra eficiencia, sostenibilidad y seguridad,

facilitando la toma de decisiones fundamentadas durante todo el proceso constructivo.

3. Materialidad bajo la lupa: revelando el impacto ambiental.

- La aplicación del Eco-indicador 99 permitió traducir los pesos de los materiales del Conjunto Jardín del Río en impactos ambientales cuantificables, expresados en milipuntos (mPt). El análisis reveló que el impacto total del conjunto alcanza 71.681.077.297 mPt, destacando que el acero estructural concentra el 99,21 % de la carga ambiental, seguido por el ladrillo hueco estructural (0,3777 %) y el ladrillo perforado de arcilla (0,316 %). Estos datos confirman que la estructura del edificio constituye el componente de mayor incidencia ambiental.
- La evaluación mediante Eco-indicador 99 permitió identificar que la sostenibilidad no depende únicamente de la cantidad de material empleado, sino de su proceso de producción, origen y desempeño ambiental a lo largo del ciclo de vida. Materiales con bajo peso, pero alto valor de eco-indicador puede generar impactos significativos, mientras que modificaciones en elementos no estructurales, como divisiones interiores y acabados, ofrecen oportunidades efectivas para reducir la huella ambiental sin comprometer la funcionalidad del proyecto.
- La tendencia acumulativa de impacto ambiental mostró una relación directa entre el peso de los materiales y el aumento del impacto, evidenciando que decisiones de diseño que modifiquen la proporción, el tipo o el volumen de materiales pueden generar reducciones sustanciales. Esta representación gráfica ofrece un instrumento proyectivo para anticipar efectos ambientales y orientar la selección de materiales en futuras tipologías constructivas, optimizando la planificación y el diseño sostenible.
- La metodología aplicada, basada en la combinación de pesos específicos y Eco-indicador 99, permite priorizar materiales críticos, jerarquizar acciones de mitigación y establecer estrategias de intervención ambiental basadas en datos verificables. Esto convierte el inventario y los cálculos en herramientas técnicas y predictivas, facilitando decisiones informadas que integran criterios de eficiencia, sostenibilidad y responsabilidad ambiental.
- La aplicación del Eco-indicador 99, en las investigaciones del semillero de medio ambiente, energy, land & environment de la Universidad CESMAG, se consolida como una herramienta comparativa sólida con las demás investigaciones ya desarrolladas en este semillero, como el impacto en vivienda en altura o vivienda VIS. Su uso permite identificar patrones de impacto recurrentes y construir un modelo predictivo que facilite la

planificación de materiales y decisiones de diseño sostenibles en futuras tipologías residenciales, optimizando recursos y reduciendo la necesidad de estudios repetitivos.

Finalmente, la integración de esta fase en el trabajo de grado aporta un marco metodológico riguroso y replicable, que vincula inventario de materiales, cálculo de impactos y análisis de tendencias. Esto no solo refuerza la validez científica del estudio, sino que permite que los resultados sean comparables con otras investigaciones y aplicables a futuras decisiones constructivas sostenibles en el contexto urbano de Pasto.

4. Futuro sostenible: escenarios de mitigación y proyección del impacto.

Los escenarios de mitigación implementados permitieron evaluar estrategias concretas para reducir la huella ambiental del conjunto:

- Escenario 1 (técnicas constructivas): reemplazo de ladrillo hueco estructural y ladrillo macizo por bloques de concreto reciclado y sistemas livianos en drywall, reduciendo el impacto de 71.681.077.297 mPt a 71.239.013.917,832 mPt, equivalente a 0,62 %.
- Escenario 2 (acabados): sustitución de estuco por revoque en tierra, perfilería de aluminio por madera y eliminación del piso laminado, alcanzando 71.650.314.114,600 mPt, 0,043 % de reducción.
- Escenario 3 (técnicas constructivas + acabados): combinación de Escenarios 1 y 2, obteniendo 71.208.832.303,640 mPt, equivalente a 0,66 % de disminución.
- Escenario 4 (intervención integral con adobe): incorporación de adobe en muros estructurales y divisiones interiores, junto con optimización de acabados, logrando el menor impacto de 71.204.569.212,120 mPt, 0,67 % de reducción.

La implementación de los cuatro escenarios de mitigación evidenció que la integración de materiales tradicionales con alternativas sostenibles permite reducir de forma cuantificable la huella ambiental del conjunto en su etapa de construcción. Más allá de los porcentajes, este análisis constituye una guía proyectiva, mostrando que las estrategias integrales ofrecen mayores beneficios que las intervenciones aisladas, y facilitando a los diseñadores la identificación de los componentes cuya sustitución genera los resultados más efectivos en términos de sostenibilidad.

- La formulación de recomendaciones de materialidad debe orientarse hacia la optimización de recursos locales como la tierra estabilizada, la madera de fuentes certificadas y los sistemas modulares livianos, que no solo reducen el impacto ambiental, sino que también fortalecen la economía circular y promueven un equilibrio entre los tres componentes de la sostenibilidad: ambiental, social y económico.
- El acero estructural y el concreto concentran la mayor carga ambiental y representan el principal reto para la mitigación, ya que su alta capacidad portante y respaldo normativo dificultan sustituciones viables en la actualidad. Sin embargo, mejoras en cerramientos, divisiones y acabados demostraron que incluso en sistemas constructivos pesados es posible alcanzar reducciones relevantes mediante decisiones proyectuales informadas.
- Las reducciones porcentuales logradas en acabados fueron menores en comparación con las de los sistemas constructivos, pero su aporte no es despreciable: evidencian que las decisiones sobre componentes de baja carga ecológica pueden mejorar el desempeño ambiental global sin comprometer la funcionalidad. Esto refuerza la importancia de un enfoque integral en la mitigación.
- El enfoque por escenarios permitió comprender que cada componente constructivo tiene un potencial de mitigación diferente. Intervenciones específicas en materiales estratégicos generan impactos positivos desproporcionados frente al total del proyecto, lo que demuestra la utilidad de este método como herramienta comparativa y predictiva.
- Las decisiones de sustitución deben considerar no solo el impacto ambiental directo, sino también la viabilidad técnica y contextual, evaluando aspectos como disponibilidad local, adaptabilidad al clima, facilidad de mantenimiento y compatibilidad con sistemas constructivos existentes.
- Este ejercicio evidencia que la sostenibilidad en arquitectura no debe concebirse como un añadido al diseño convencional, sino como un eje central del proceso proyectual, integrando herramientas de medición, criterios técnicos y responsabilidad ambiental desde las etapas iniciales de planificación.

Finalmente, se identifica la necesidad de profundizar en la investigación y desarrollo de materiales sostenibles aplicables a la estructura, dado que el mayor porcentaje del impacto ambiental se concentra en este nivel. Estudios recientes destacan el potencial de los concretos geopoliméricos, que pueden reducir hasta en un 80 % las emisiones de CO₂ en comparación con el cemento Portland

tradicional; los aceros reciclados, cuya producción consume hasta un 60 % menos de energía que el acero primario; y los compuestos reforzados con fibras naturales como cáñamo o bambú, que aportan resistencia mecánica con baja huella ecológica. Sin embargo, estas alternativas aún requieren validación normativa, pruebas de durabilidad y adaptación a las condiciones locales antes de su implementación masiva en proyectos de vivienda, lo que refuerza la necesidad de impulsar la innovación material como estrategia central de sostenibilidad.

Síntesis general.

La investigación demuestra que:

- La sostenibilidad de un sistema constructivo no se determina únicamente por la cantidad de materiales, sino por su origen, proceso de producción y comportamiento ambiental a lo largo de su ciclo de vida.
- El acero y los materiales estructurales concentran la mayor carga ambiental, limitando las reducciones porcentuales globales.
- La intervención estratégica en acabados y divisiones interiores puede generar mejoras significativas, incluso sin alterar la estructura principal.
- Las herramientas utilizadas, como el Análisis de Ciclo de Vida, Eco-indicador 99 y los cálculos de peso, permiten obtener resultados objetivos, comparables y replicables.
- Las estrategias de mitigación proyectivas proporcionan un marco para la planificación de viviendas más sostenibles, contribuyendo a la eficiencia, reducción de huella ambiental y desarrollo urbano responsable.
- Se evidencia la necesidad de profundizar en materiales estructurales sostenibles, como concretos geopoliméricos, aceros reciclados y compuestos con fibras naturales, que muestran un alto potencial de reducción de emisiones y consumo energético, aunque aún requieren validación normativa y adaptación a contextos locales.

En conclusión, la arquitectura puede avanzar hacia un modelo constructivo más responsable, equilibrando funcionalidad, seguridad estructural y sostenibilidad ambiental, gracias a la selección adecuada de materiales, el impulso a la innovación material y la implementación de estrategias constructivas integrales. Este enfoque no solo contribuye a mitigar los impactos ecológicos, sino que también abre la posibilidad de generar sistemas constructivos resilientes y adaptados a los retos del cambio climático, integrando dimensiones sociales y económicas que fortalecen la habitabilidad, accesibilidad y calidad de vida en contextos urbanos y rurales.

RECOMENDACIONES

Fortalecimiento normativo y regulatorio.

Implementar regulaciones y normativas estrictas que prioricen la mitigación del impacto ambiental en la construcción. Estas normas deben ofrecer directrices claras para la selección de materiales y técnicas sostenibles, así como establecer criterios de evaluación del impacto ambiental. Las entidades relacionadas con arquitectura y planificación urbana deben aplicar estas regulaciones, permitiendo que constructores y diseñadores adopten estrategias que minimicen el impacto ambiental y promuevan un desarrollo urbano sostenible en todo el tejido urbano.

Fomento del uso de materiales de bajo impacto ambiental.

Priorizar materiales como bloques de concreto reciclado, paneles de yeso, perfilería de madera, fibra de vidrio, adobe y revoques de tierra en proyectos de construcción, especialmente aquellos cercanos a áreas naturales sensibles. La elección de estos materiales debe basarse en su desempeño ambiental, disponibilidad local y durabilidad, asegurando que sustituyan efectivamente a los componentes de mayor impacto sin comprometer la funcionalidad ni la integridad estructural.

Capacitación y concientización de profesionales de la construcción.

Capacitar a estudiantes, arquitectos, ingenieros y constructores en técnicas de construcción sostenible y enfoques de mitigación ambiental, con el objetivo de que puedan implementar estrategias desde la etapa de planificación y diseño. Esto incluye el uso de herramientas como el Eco-indicador 99 para cuantificar y evaluar impactos, así como la interpretación de escenarios de mitigación para tomar decisiones más fundamentadas.

Desarrollo de incentivos y programas de apoyo.

Crear beneficios fiscales, financiamiento preferencial o reconocimientos públicos para fomentar la adopción de prácticas de construcción sostenible por parte de desarrolladores y constructores. Estos incentivos deben estar alineados con los resultados del estudio, estimulando la implementación de materiales y técnicas que reduzcan la huella ambiental en la construcción. Actualmente existen certificaciones ambientales como LEED, EDGE o CASA Colombia que reconocen esfuerzos en sostenibilidad, pero su alcance aún es limitado y poco accesible para proyectos de vivienda unifamiliar de bajo costo. Es necesario diseñar instrumentos locales más inclusivos que premien innovaciones en materiales, eficiencia energética y economía circular, ampliando así el impacto positivo de estas iniciativas en el desarrollo urbano sostenible.

Investigación y desarrollo de nuevas técnicas y materiales sostenibles.

Promover la innovación en materiales y técnicas constructivas que puedan integrarse en futuros proyectos, con énfasis en soluciones que reduzcan la huella ecológica, optimicen el desempeño constructivo y mejoren las prestaciones bioclimáticas de las viviendas. Esto incluye explorar alternativas de bajo procesamiento industrial, materiales naturales y renovables, y sistemas constructivos secos que reduzcan consumo de agua y energía.

Educación y sensibilización de la población.

Realizar campañas educativas y de concientización sobre la importancia de la construcción sostenible y su impacto en la preservación del medio ambiente y los recursos naturales. Esto genera cultura ciudadana y facilita la aceptación de soluciones sostenibles en el entorno urbano.

Integración del componente ambiental en la planificación urbana.

Reforzar el POT (Plan de Ordenamiento Territorial) de San Juan de Pasto, profundizando en el componente ambiental y en el manejo de recursos naturales. Esto incluye proyectar sistemas de recolección y aprovechamiento de recursos, promoviendo un desarrollo urbano circular y sostenible, que considere la integración de escenarios de mitigación ambiental en la planeación urbana.

Aplicación de herramientas técnicas de evaluación.

Incorporar herramientas como el Eco-indicador 99 en el proceso de diseño arquitectónico para fundamentar decisiones con datos comparables y medibles. Esto permite evaluar el ciclo de vida completo de los materiales, desde su origen hasta su disposición final, considerando extracción, transformación, transporte y reutilización, y proyectar impactos en escenarios futuros.

Sustitución estratégica de materiales de alto impacto.

Identificar y reemplazar materiales con alta carga ambiental, especialmente en componentes secundarios o acabados, por alternativas sostenibles disponibles localmente, sin comprometer la funcionalidad ni la durabilidad. Esto incluye optimizar los sistemas constructivos y los acabados interiores para lograr reducciones acumulativas significativas en el impacto ambiental. Experiencias recientes con materiales como paneles de fibras vegetales, pinturas ecológicas o revestimientos a base de tierra estabilizada muestran que estas sustituciones no solo reducen la huella ecológica, sino que también mejoran el confort térmico y la calidad del aire interior, generando beneficios ambientales y de habitabilidad al mismo tiempo.

Uso de herramientas prácticas de apoyo a la toma de decisiones.

Promover el uso de fichas comparativas por componente constructivo y sistemas de evaluación que permitan a arquitectos y constructores tomar decisiones sostenibles desde fases tempranas del proyecto, priorizando materiales de bajo impacto y técnicas constructivas eficientes.

Articulación entre academia, sector público y privado.

Fortalecer la colaboración entre instituciones académicas, entidades gubernamentales y sector constructor para desarrollar modelos predictivos que proyecten el impacto ambiental según tipologías de vivienda y materiales empleados. Esto permitirá orientar el diseño urbano y la toma de decisiones de manera anticipada y basada en evidencia.

Incorporación de escenarios de mitigación en políticas y licitaciones.

Integrar criterios de sostenibilidad en licitaciones, subsidios y certificaciones constructivas, apoyando la implementación de medidas de mitigación ambiental en proyectos de construcción. Esto garantiza que los desarrollos urbanos consideren la reducción de impactos desde el diseño hasta la ejecución.

Aprovechamiento de residuos y economía circular.

Incentivar la valorización de escombros y materiales provenientes de demoliciones mediante programas piloto, validaciones técnicas y respaldo normativo. Promover el uso de agregados reciclados y elementos prefabricados reutilizables contribuye a reducir la extracción de recursos naturales, minimizar la generación de residuos y fomentar una cultura de sostenibilidad integral en la industria de la construcción. Además, esta selección debe orientarse a lograr un equilibrio entre lo ambiental, lo social y lo económico: promoviendo empleos locales (en cadenas de reciclaje), aprovechando recursos del territorio y reduciendo costos a largo plazo, al tiempo que se fortalece la economía circular y se consolidan comunidades más resilientes.

Generación de nuevas investigaciones sobre materiales sostenibles.

Impulsar líneas de investigación orientadas al descubrimiento y validación de nuevos materiales sostenibles aplicables en todas las fases constructivas (estructura, cerramientos, divisiones y acabados). Estos estudios deben evaluar propiedades mecánicas, durabilidad, impacto ambiental y viabilidad normativa, integrando tecnologías emergentes como concretos geopoliméricos, aceros reciclados, compuestos con fibras naturales y biopolímeros. De esta manera, se amplía el espectro de opciones disponibles para la mitigación del impacto ambiental en futuros desarrollos de vivienda.

BIBLIOGRAFÍA

ALCALDÍA DE PASTO. Estadísticas — Municipio de Pasto. [En línea]. Disponible en: <https://www.pasto.gov.co/index.php/nuestro-municipio/estadisticas>.

ACOSTA, D.; CILENTO, A. Edificaciones sostenibles: estrategias de investigación y desarrollo. *Tecnología y Construcción*, 21(1), 2005, p. 1–10.

BEDOYA JIMÉNEZ, O. P. Desarrollo de una herramienta en Excel para la evaluación de procesos de manufactura de productos de aluminio utilizando un enfoque de sostenibilidad. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia, 2014.

CABEZA, L. F.; et al. Sustainable construction: Life cycle assessment and building sustainability evaluation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 34, 2014, pp. 394–399.

CALDERÓN VÁZQUEZ, R. Modelo de metabolismo energético, a partir del consumo eléctrico de la vivienda económica de Mexicali, Baja California, 2011.

CARRILLO GONZÁLEZ, G.; GONZÁLEZ PARODI, G. Gestión de proyectos empresariales: el ecodiseño, instrumento para la sostenibilidad. Anuario 2006/2007. Recuperado de: <http://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/275>.

CHACÓN VARGAS, J. R. Historia ampliada y comentada del análisis de ciclo de vida (ACV). *Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería*, N.º 72, octubre-diciembre 2008, pp. 37–70.

DORDÁ, P. H. La evaluación del impacto ambiental de la envolvente del edificio como herramienta de apoyo en la fase de diseño, aplicada a viviendas. Tesis doctoral. Universitat Jaume I, 2014.

EDIFICI VILASSAR DE DALT. Análisis del ciclo de vida — Informe / proyecto (Anexo técnico). [PDF].

GESTIÓN DE PROYECTOS EMPRESARIALES: EL ECODISEÑO, UN INSTRUMENTO PARA LA SOSTENIBILIDAD — (documento PDF subido: Carrillo González / González Parodi).

GOEDKOOP, M.; SPRIENSMA, R. The Eco-indicator 99: A damage-oriented method for Life Cycle Impact Assessment (method report). PRé Consultants, 2001. (Manual Eco-indicador 99).

GONZALES, M.; GARCÍA, J. Evaluación de la disminución de las emisiones de CO₂ en el sector de la construcción a través de la selección de materiales: estudio

de caso práctico de tres casas de bajo impacto ambiental. [En línea]. Disponible en: <http://www.mjg.es/blog.php?p=8>.

INGEMECAÁNICA. Pesos y densidades de los materiales. [En línea]. Disponible en: <https://ingemecanica.com/utilidades/pesos-y-densidades-de-los-materiales.html>.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). ISO 14040: Environmental management — Life cycle assessment — Principles and ramework. ISO, 2006.

LEIVA, C. Impacto ambiental de materiales constructivos. Editorial Académica, 2019, p. 45.

MANUAL PRÁCTICO ECO-INDICATOR '99 (Manual de ecodiseño / Eco-indicador 99). Traducción/adaptación IHOBE — PRé Consultants. (Archivo PDF subido).

MAZA ASQUET, C. Evaluación de impactos ambientales, 2007.

METROPOL.GOV. Manual de gestión socioambiental para obras en construcción. Colegio Mayor de Antioquia, 2010. [En línea]. Disponible en: <https://www.metropol.gov.co/ambiental/.../Manualambientalparaprocesosconstructivos.pdf>.

MILLER, J.; MOORE, D. Environmental impacts of cement and concrete production. Journal of Cleaner Production, vol. 273, 2020, p. 123–140.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Viviendas VIS y no VIS. Bogotá, 2016.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE (COLOMBIA). Criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana. Bogotá, D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012. [En línea]. Disponible en: http://ac3.lped.fr/IMG/pdf/cartilla_criterios_amb_diseno_construc.pdf.

PLANOS CURADURÍA URBANA SEGUNDA DE PASTO. Archivo PDF (planos / documentación técnica) — archivo subido por el usuario (sin metadatos públicos).

OLGYAY, V. Clima y Arquitectura en Colombia. Universidad del Valle — Facultad de Arquitectura, 1968. 240 p. [En línea]. Disponible en: https://books.google.com.co/books/about/Clima_y_arquitectura_en_Colombia.html?id=THuXHAAACAAJ.

QUIJANO VODNIZA, A. J. Investigación cuantitativa Vs. Investigación cualitativa. San Juan de Pasto: inédito, 2012, p. 1–3.

RUIZ, R. Modelo de vivienda sostenible, El Triángulo. Trabajo de grado. Universidad La Gran Colombia — Facultad de Arquitectura, 2021. (archivo PDF).

RUEDA, S. El urbanismo ecológico. Agencia de Ecología Urbana de Barcelona, 2012. [En línea]. Recuperado de: https://www.researchgate.net/.../EL_URBANISMO_ECOLOGICO.

SANES ORREGO, A. El análisis de ciclo de vida (ACV) en el desarrollo sostenible: propuesta metodológica para la evaluación de la sostenibilidad de sistemas productivos. Tesis doctoral, 2012.

SANCLEMENTE, A. Vivienda de interés social planteada desde una arquitectura sostenible y bioclimática. Pontificia Universidad Javeriana — Facultad de Arquitectura, Bogotá, 2015. [En línea]. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/18160/...>

SILVA, J.; et al. Environmental impact assessment of building materials in Brazil. Sustainability, vol. 8, no. 7, 2016, 57–65.

SISPASTO. Informe de comunas y corregimientos. [s.f.]. [En línea]. Disponible en: https://sispasto.pasto.gov.co/directorios/barrios_veredas.html.

SOUST-VERDAGUER, B.; et al. BIM-based life cycle assessment for buildings: A review. Automation in Construction, vol. 74, 2017, pp. 112–123.

URIBE GRANADOS, M. J. Aplicación del análisis del ciclo de vida a diferentes procesos de la construcción. [En línea]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/181658>.

VELANDIA, K. D. G.; PÉREZ, L. F.; GALEANO, E. Análisis del ciclo de vida de un edificio residencial en Colombia. INVENTUM, vol. 14, n.º 27, 2019, pp. 3–14. <https://revistas.uniminuto.edu/index.php/Inventum/article/view/2196>.

VELASCO PANTOJA, S. Tendencia de impacto ambiental en viviendas de interés social: caso de estudio barrio Juan Pablo II – Pasto. Trabajo de grado, CESMAG, 2022.

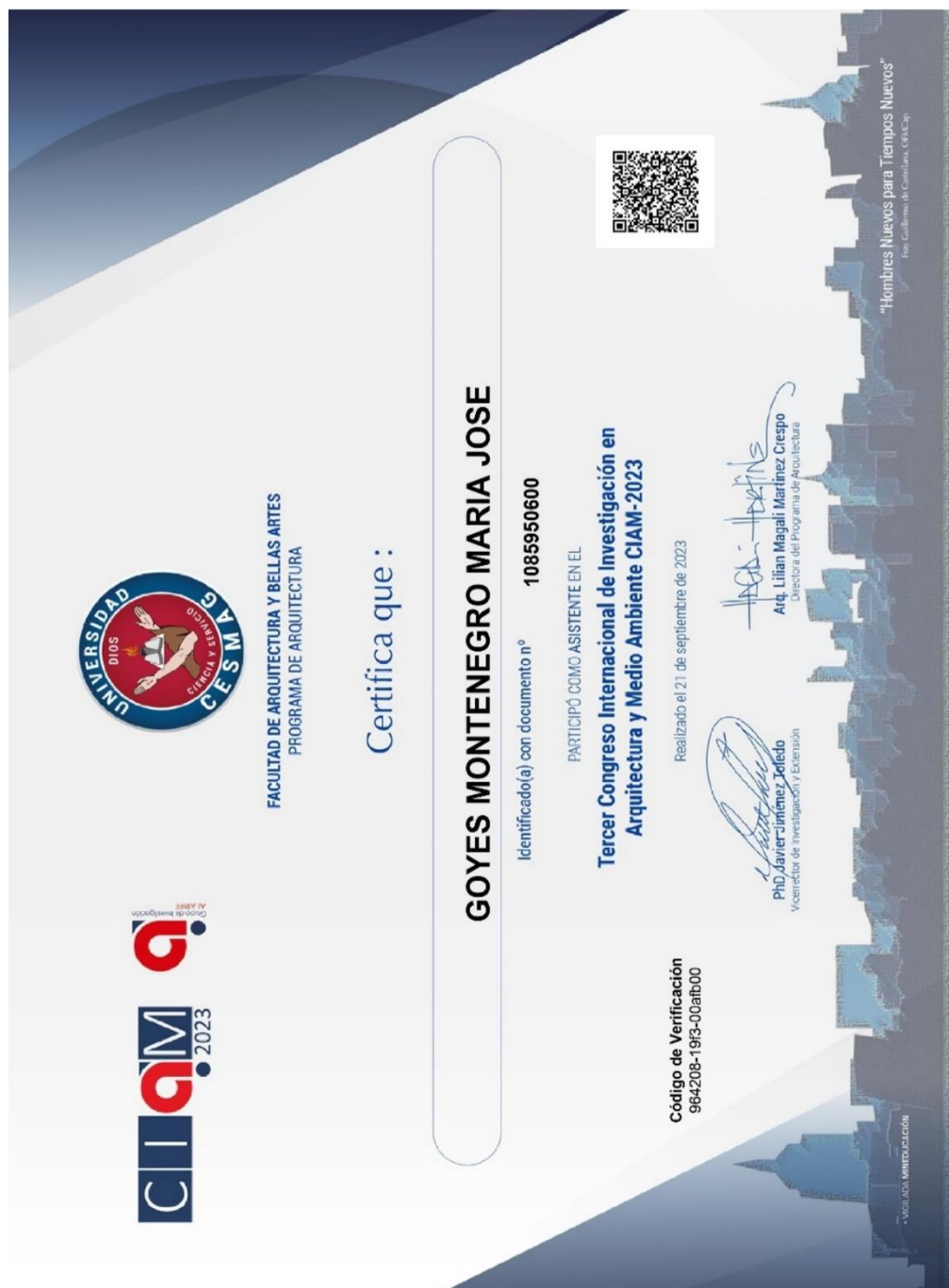
ANEXOS

ANEXO A. SEGUNDO ENCUENTRO INTERNACIONAL DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN – PONENTE



Nota: Certificado emitido por la Universidad CESMAG, disponible en:
https://zeusacad.unicesmag.edu.co/app/webroot/reportes/Pdf/file_108595060032959.pdf

ANEXO B. TERCER CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN ARQUITECTURA Y MEDIO AMBIENTE CIAM – ASISTENTE



Nota: Certificado emitido por la Universidad CESMAG, disponible en:
https://zeusacad.unicesmag.edu.co/app/webroot/reportes/Pdf/file_108595060062932.pdf

ANEXO C. CONGRESO INTERNACIONAL I+ES – ASISTENTE



CESMAG
UNIVERSIDAD CESMAG
VIA SUJETA A INSPECCIÓN Y ASESORIA POR EL
MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL

CONGRESO INTERNACIONAL i+es

“Proyectos y experiencias de Innovación con impacto social”





i+es
imagen espacio

GOYES MONTENEGRO MARIA JOSE

Identificado (a) con No. 1085950600

Participó como asistente en el CONGRESO INTERNACIONAL I+ES
“Proyectos y experiencias de Innovación con Impacto Social”
realizado entre el 25 y 26 de Octubre de 2018.

Facultad de Arquitectura y Bellas Artes
Programa de Arquitectura
Firmado a los 26 días de Octubre de 2018

Leonor Garzón Mera
Tec. Leonor Garzón Mera
SECRETARIA GENERAL

Fray Prospero
Fray Prospero Arcelegas Zaldúa, OFM Cap.
RECTOR

964208-d3c9-831b1ac
Código de Verificación
964208-d3c9-831b1ac

Según acuerdo número 002 del comité curricular del Programa de Arquitectura, mayo 7 de 2018

Nota: Certificado emitido por la Universidad CESMAG, disponible en:
https://zeusacad.unicesmag.edu.co/app/webroot/reportes/Pdf/file_108595060035270.pdf

ANEXO E. PLANOS CURADURÍA URBANA SEGUNDA DE PASTO

Este anexo contiene los planos arquitectónicos, estructurales y urbanísticos presentados ante la Curaduría Urbana Segunda de Pasto para el proyecto de vivienda objeto de estudio Conjunto Residencial Jardín del Río, incluyendo detalles técnicos y normativos exigidos en el proceso de aprobación.



PLANOS
CURADURÍA URBANA.

Versión completa disponible en:

<https://drive.google.com/drive/folders/1vTnDJIJ59yzs94FBOIEf-lvDZmRKvxi2>

Nota: Enlace compartido únicamente para fines académicos y de consulta, con acceso en modo solo lectura.

ANEXO F. MODELADO 3D EN ARCHICAD

Este anexo presenta el modelo tridimensional del proyecto de vivienda desarrollado en ArchiCAD, elaborado desde cero con un alto nivel de precisión en la representación de materiales y elementos constructivos. Gracias a este modelado fue posible generar los esquemas y listados requeridos para la elaboración del inventario de materiales, así como obtener cálculos más exactos del volumen correspondiente a cada material empleado en la edificación.



**MODELADO 3D EN
ARCHICAD.pln**

Versión completa disponible en:

<https://drive.google.com/drive/folders/1vTnDJlJ59yzs94FBOIEf-lvDZmRKvxi2>

Nota: Documento elaborado por la autora como parte del trabajo de grado. Enlace compartido únicamente para fines académicos y de consulta, con acceso en modo solo lectura.

ANEXO G. CÁLCULO DEL ACERO EN DL NET NIMBUS

Este anexo presenta el cálculo del acero utilizado en los elementos estructurales del proyecto, realizado en el software DL NET Nimbus a partir de los planos estructurales aprobados por la Curaduría. El proceso incluyó el ingreso de longitudes, diámetros y detalles constructivos de columnas, muros de contención, zapatas y vigas, obteniendo así el peso total de acero con un alto grado de precisión para su incorporación al análisis cuantitativo de materiales.



**CÁLCULO DEL
ACERO EN DL NET N**

Versión completa disponible en:

<https://drive.google.com/drive/folders/1vTnDJJ59yzs94FBOIEf-lvDZmRKvxi2>

Nota: Documento elaborado por la autora como parte del trabajo de grado. Enlace compartido únicamente para fines académicos y de consulta, con acceso en modo solo lectura.

ANEXO H. MANUAL ECO INDICADOR 99

Este anexo incluye el manual técnico del Eco-indicador 99, herramienta utilizada para la evaluación ambiental de materiales en el presente trabajo de grado, con descripciones de metodología, categorías de impacto y parámetros de cálculo.



MANUAL ECO
INDICADOR 99.pdf

Versión completa disponible en:

<https://drive.google.com/drive/folders/1vTnDJlJ59yzs94FBOIEf-lvDZmRKvxi2>

Nota: Documento de referencia externa utilizado en el marco del trabajo de grado. Enlace compartido únicamente para fines académicos y de consulta, con acceso en modo solo lectura.

ANEXO I. INVENTARIO Y ANÁLISIS DE IMPACTO DE MATERIALES EN EXCEL

Este anexo presenta el inventario de materiales del sistema constructivo de la vivienda, con el cálculo de peso a partir del volumen y la densidad, así como el valor del porcentaje y tendencia de impacto ambiental mediante el Eco-indicador 99. Incluye gráficos comparativos, escenarios de mitigación con sus respectivas gráficas y el cálculo del volumen de cada material de la vivienda duplicada y multiplicada por dieciséis para un total de treinta y dos.



INVENTARIO Y
ANÁLISIS DE IMPACT

Versión completa disponible en:

<https://drive.google.com/drive/folders/1vTnDJJ59yzs94FBOIEf-lvDZmRKvxi2>

Nota: Documento elaborado por la autora como parte del trabajo de grado. Enlace compartido únicamente para fines académicos y de consulta, con acceso en modo solo lectura.

ANEXO J. ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Este anexo contiene el artículo de investigación desarrollado a partir de los resultados del presente trabajo de grado, incluyendo la metodología aplicada, resultados, discusión y conclusiones, en formato para publicación académica.



ARTÍCULO DE
INVESTIGACIÓN.doc

Versión completa disponible en:

<https://drive.google.com/drive/folders/1vTnDJlJ59yzs94FBOIEf-lvDZmRKvxi2>

Nota: Documento elaborado por la autora como parte del trabajo de grado. Enlace compartido únicamente para fines académicos y de consulta, con acceso en modo solo lectura.

 UNIVERSIDAD CESMAG NIT: 800.109.387-7 VIGILADA Mineducación	CARTA DE ENTREGA TRABAJO DE GRADO O TRABAJO DE APLICACIÓN – ASESOR(A)	CÓDIGO: AAC-BL-FR-032 VERSIÓN: 1 FECHA: 09/JUN/2022
---	---	---

San Juan de Pasto, 19 de noviembre del 2025

Biblioteca
REMIGIO FIORE FORTEZZA OFM. CAP.
Universidad CESMAG
Pasto

Saludo de paz y bien.

Por medio de la presente se hace entrega del Trabajo de Grado / Trabajo de Aplicación denominado TENDENCIA DE IMPACTO AMBIENTAL EN MATERIALES CONSTRUCTIVOS DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES NO VIS: CASO DE ESTUDIO CONJUNTO JARDÍN DEL RÍO DEL MUNICIPIO SAN JUAN DE PASTO, presentado por la autora María José Goyes Montenegro del Programa Académico de Arquitectura al correo electrónico biblioteca.trabajosdegrado@unicesmag.edu.co. Manifiesto como asesor, que su contenido, resumen, anexos y formato PDF cumple con las especificaciones de calidad, guía de presentación de Trabajos de Grado o de Aplicación, establecidos por la Universidad CESMAG, por lo tanto, se solicita el paz y salvo respectivo.

Atentamente,



MARIO GERMAN MARTÍNEZ CAICEDO
98399957
Arquitectura
3185389580
mgmartinez@unicesmag.edu.co

 UNIVERSIDAD CESMAG NIT: 800.109.387-7 VIGILADA MINEDUCACIÓN	AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE GRADO O TRABAJOS DE APLICACIÓN EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL	CÓDIGO: AAC-BL-FR-031
		VERSIÓN: 1
		FECHA: 09/JUN/2022

INFORMACIÓN DEL (LOS) AUTOR(ES)	
Nombres y apellidos del autor: María José Goyes Montenegro	Documento de identidad: 1085950600
Correo electrónico: mjgoyes.0600@unicesmag.edu.co	Número de contacto: 3168285990
Nombres y apellidos del asesor: Mario German Martínez Caicedo	Documento de identidad: 98399957
Correo electrónico: mgmartinez@unicesmag.edu.co	Número de contacto: 3185389580
Título del trabajo de grado: TENDENCIA DE IMPACTO AMBIENTAL EN MATERIALES CONSTRUCTIVOS DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES NO VIS: CASO DE ESTUDIO CONJUNTO JARDÍN DEL RÍO DEL MUNICIPIO SAN JUAN DE PASTO	
Facultad y Programa Académico: Arquitectura y Bellas Artes - Arquitectura	

En mi (nuestra) calidad de autor(es) y/o titular (es) del derecho de autor del Trabajo de Grado o de Aplicación señalado en el encabezado, confiero (conferimos) a la Universidad CESMAG una licencia no exclusiva, limitada y gratuita, para la inclusión del trabajo de grado en el repositorio institucional. Por consiguiente, el alcance de la licencia que se otorga a través del presente documento, abarca las siguientes características:

- La autorización se otorga desde la fecha de suscripción del presente documento y durante todo el término en el que el (los) firmante(s) del presente documento conserve (mos) la titularidad de los derechos patrimoniales de autor. En el evento en el que deje (mos) de tener la titularidad de los derechos patrimoniales sobre el Trabajo de Grado o de Aplicación, me (nos) comprometo (comprometemos) a informar de manera inmediata sobre dicha situación a la Universidad CESMAG. Por consiguiente, hasta que no exista comunicación escrita de mi(nuestra) parte informando sobre dicha situación, la Universidad CESMAG se encontrará debidamente habilitada para continuar con la publicación del Trabajo de Grado o de Aplicación dentro del repositorio institucional. Conozco(conocemos) que esta autorización podrá revocarse en cualquier momento, siempre y cuando se eleve la solicitud por escrito para dicho fin ante la Universidad CESMAG. En estos eventos, la Universidad CESMAG cuenta con el plazo de un mes después de recibida la petición, para desmarcar la visualización del Trabajo de Grado o de Aplicación del repositorio institucional.
- Se autoriza a la Universidad CESMAG para publicar el Trabajo de Grado o de Aplicación en formato digital y teniendo en cuenta que uno de los medios de publicación del repositorio institucional es el internet, acepto(amos) que el Trabajo de Grado o de Aplicación circulará con un alcance mundial.
- Acepto (aceptamos) que la autorización que se otorga a través del presente documento se realiza a título gratuito, por lo tanto, renuncio(amos) a recibir emolumento alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y/o cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente autorización y de la licencia o programa a través del cual sea publicado el Trabajo de grado o de Aplicación.
- Manifiesto (manifestamos) que el Trabajo de Grado o de Aplicación es original realizado sin violar o usurpar derechos de autor de terceros y que ostento(amos) los derechos patrimoniales de autor

	UNIVERSIDAD CESMAG NIT: 800.109.387-7 VIGILADA MINEDUCACIÓN	AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE GRADO O TRABAJOS DE APLICACIÓN EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL	CÓDIGO: AAC-BL-FR-031
			VERSIÓN: 1
			FECHA: 09/JUN/2022

sobre la misma. Por consiguiente, asumo(asumimos) toda la responsabilidad sobre su contenido ante la Universidad CESMAG y frente a terceros, manteniéndose indemne de cualquier reclamación que surja en virtud de la misma. En todo caso, la Universidad CESMAG se compromete a indicar siempre la autoría del escrito incluyendo nombre de(los) autor(es) y la fecha de publicación.

- e) Autorizo(autorizamos) a la Universidad CESMAG para incluir el Trabajo de Grado o de Aplicación en los índices y buscadores que se estimen necesarios para promover su difusión. Así mismo autorizo (autorizamos) a la Universidad CESMAG para que pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

NOTA: En los eventos en los que el trabajo de grado o de aplicación haya sido trabajado con el apoyo o patrocinio de una agencia, organización o cualquier otra entidad diferente a la Universidad CESMAG. Como autor(es) garantizo(amos) que he(hemos) cumplido con los derechos y obligaciones asumidos con dicha entidad y como consecuencia de ello dejo(dejamos) constancia que la autorización que se concede a través del presente escrito no interfiere ni transgrede derechos de terceros.

Como consecuencia de lo anterior, autorizo(autorizamos) la publicación, difusión, consulta y uso del Trabajo de Grado o de Aplicación por parte de la Universidad CESMAG y sus usuarios así:

- Permito(permitimos) que mi(nuestro) Trabajo de Grado o de Aplicación haga parte del catálogo de colección del repositorio digital de la Universidad CESMAG, por lo tanto, su contenido será de acceso abierto donde podrá ser consultado, descargado y compartido con otras personas, siempre que se reconozca su autoría o reconocimiento con fines no comerciales.

En señal de conformidad, se suscribe este documento en San Juan de Pasto a los 19 días del mes de noviembre del año 2025.

María José Goyes Montenegro	
Nombre del autor:	Firma del autor:
 Nombre del asesor: Mario German Martínez Caicedo	