

**EL ESTADO DEL ARTE DE LA INGENIERIA SUSTENTABLE Y LA
INGENIERIA TRADICIONAL EN COLOMBIA**

GINNA VANESSA HINCAPIE GARCIA
TATIANA HERNANDEZ SANCHEZ
ANDRES FELIPE JIMENEZ OTALVARO

UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERIAS
INGENIERIA CIVIL
PEREIRA
JULIO DE 2019

**EL ESTADO DEL ARTE DE LA INGENIERIA SUSTENTABLE Y LA
INGENIERIA TRADICIONAL EN COLOMBIA**

**INVESTIGADOR PRINCIPAL
GEÓLOGO ALEJANDRO ALZATE BUITRAGO**

**AUXILIARES DE INVESTIGACIÓN
GINNA VANESSA HINCAPIE GARCIA
TATIANA HERNANDEZ SANCHEZ
ANDRES FELIPE JIMENEZ OTALVARO**

**UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERIAS
INGENIERIA CIVIL
PEREIRA**

JULIO DE 2019

Agradecimientos

Empezamos agradeciendo primeramente a Dios por permitirnos alcanzar este logro como profesionales.

A nuestros padres: Jhon Alexander Hernández A; Diana Patricia Sánchez C; Alicia García; Jair Rincón Alzate y Andrea Otálvaro López. Abuelos: Omar Sánchez; Diocelina García y Hermana Camila Hincapié G., por ser parte de nuestro proceso. Llegar hasta aquí no solo es un triunfo para nosotros, sino que queremos que sea motivo de orgullo para ustedes que han estado con nosotros apoyándonos en todo este camino.

Al Geólogo Alejandro Alzate por ser un guía, un maestro, por ser paciente todos estos años trabajando a la par con nosotros. Muchas Gracias.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	6
1. INTRODUCCIÓN	8
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	9
3. JUSTIFICACIÓN.....	12
4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	13
4.1. OBJETIVO GENERAL	13
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
5. MARCO REFERENCIAL	14
5.1. MARCO TEÓRICO.....	14
5.2. MARCO DE ANTECEDENTES.....	18
5.3. MARCO LEGAL (NORMATIVO).....	22
5.4. MARCO CONCEPTUAL.....	25
5.4.1 ingeniería tradicional.....	25
5.4.2 ingeniería sustentable	25
5.4.3 Desarrollo sostenible.....	25
5.4.4 Impactos ambientales	26
5.4.5 Bahareque.....	26
5.4.6 Adobe	27
5.4.7 Madera.....	28
5.4.8 Escombros	28
5.4.9 Mortero.....	28
6. DISEÑO METODOLÓGICO.....	29
6.1. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN Y TIPO DE ESTUDIO.....	29
6.2. MATRIZ DE DISEÑO METODOLÓGICO	30
6.3. FASES Y RESULTADOS	30
7. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	33
7.1. DETERMINAR LA DEMANDA DE RECURSOS EN CONSTRUCCIONES TRADICIONALES: VIVIENDAS EN MAMPOSTERÍA CONFINADA-ESTRUCTURAL Y MUROS VACIADOS.....	33
7.2.1 Descripción de sistemas constructivos tradicionales.....	33

7.2.2 Análisis de precios unitarios de sistemas constructivos tradicionales: Mampostería confinada-estructural y muros vaciados	37
7.2. DOCUMENTAR EL DESARROLLO ACTUAL DE LA INGENIERÍA SUSTENTABLE EN COLOMBIA	46
8. CONCLUSIONES	60
9. RECOMENDACIONES	62
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Muros vaciados	34
Figura 2. Mampostería estructural	35
Figura 3. Mampostería confinada	37
Figura 4. Plano estructural, muros vaciados	40
Figura 5. Plano estructural, mampostería estructural	42
Figura 6. Plano estructural, mampostería confinada	44

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz normativa	22
Tabla 2. Diseño metodológico	30
Tabla 3. Presupuesto del sistema muros vaciados	39
Tabla 4. Presupuesto del sistema mampostería estructural	41
Tabla 5. Presupuesto del sistema mampostería confinada	43
Tabla 6. Demanda de recursos unitarios por cada sistema constructivo	45

RESUMEN

El proceso de evaluación del estado del arte de la ingeniería sustentable y la ingeniería tradicional en Colombia, en los sistemas constructivos mampostería confinada, mampostería estructural y muros vaciados, expone el estado actual de la cuestión en referencia y sugiere abordar la problemática ambiental asociada al sector de las construcciones desde el uso y aprovechamiento de los recursos naturales, la eficiencia energética y el uso de materiales alternativos en la construcción. Para tal propósito se adelantó la consulta en bases de datos especializadas sobre el estado del arte de las construcciones sostenibles o construcciones verdes en el mundo, se realizó un diagnóstico de campo y selección de estudios de caso, localizados en el municipio de Pereira, de construcciones cuyo sistemas constructivos fueran la mampostería confinada, la mampostería estructural y los muros vaciados, y a partir de sus diseños estructurales y arquitectónicos, reconstruir el análisis de precios unitarios (APU). Complementariamente se procedió a consultar y evaluar, desde los criterios de construcciones sostenibles, los diferentes casos de construcciones verdes ejecutados en Colombia y establecer el nivel de avance del tema en la ingeniería colombiana. Los resultados de mayor significado del proyecto investigativo determinan que el sistema constructivo muros vaciados es el sistema más demandante de recursos (agua, arena, grava, cemento, arcillas, suelo), en comparación con la mampostería confinada y estructural, siendo éste último el más amigable con el medio ambiente. También se pudo evidenciar que las construcciones verdes o sostenibles en Colombia, aún no incorporan la totalidad de criterios ambientales sostenibles establecidos en el mundo, para que sus efectos y contribución al desarrollo sostenible sea concreto y eficaz.

ABSTRACT

The process of evaluation of the state of the art of sustainable engineering and traditional engineering in Colombia, in the construction systems confined masonry, structural masonry and walls emptied, exposes the current state of the matter in reference and suggests addressing the environmental problems associated with the sector of buildings from the use and exploitation of natural resources, energy efficiency and the use of alternative materials in construction. For this purpose, the consultation was advanced in specialized databases on the state of the art of sustainable constructions or green buildings in the world, a field diagnosis and selection of case studies was made, located in the municipality of Pereira, of constructions whose constructive systems were the confined masonry, the structural masonry and the emptied walls, and from its structural and architectural designs, reconstruct the unit price analysis (APU). Complementarily, we proceeded to consult and evaluate, from the criteria of sustainable constructions, the different cases of green constructions executed in

Colombia and establish the level of progress of the subject in Colombian engineering. The results of major significance of the research project determine that the construction system walls emptied is the most demanding system of resources (water, sand, gravel, cement, clays, soil), compared to the confined and structural masonry, the latter being the most environmental friendly. It was also possible to demonstrate that green or sustainable constructions in Colombia, still do not incorporate the totality of sustainable environmental criteria established in the world, so that their effects and contribution to sustainable development are concrete and effective.

1. INTRODUCCIÓN

En esta investigación se habla del método constructivo que ha sido predominante en el mundo por ser el que con su desarrollo y evolución permite a la comunidad un grado de comodidad, la ingeniería tradicional a través de los años ha permitido generar toda idea que se le ocurra a la sociedad para mejorar cada vez más la calidad de vida, ante esta evolución que se ha generado día a día, existen unas afectaciones al medio ambiente de las cuales no se es muy consiente, debido a esto se tomó como iniciativa cuantificar la demanda de recursos que requieren los métodos constructivos de mampostería estructural-confinada y muros vaciados.

La ingeniería sustentable es un nuevo enfoque hacia la ingeniería que busca la reutilización y el aprovechamiento de los recursos naturales sin que se agoten o se vean afectados, dando también un nuevo uso a aquellos recursos que son desechos de algunas obras o remodelaciones.

La ingeniería sustentable es el cambio que se necesita en los métodos constructivos, aprovechando los recursos propios al máximo y reutilizando materiales de la ingeniería tradicional, y de este modo utilizar los recursos de los que se dispone. La eficiencia energética es una de las formas que se ha encontrado para generar mayor conciencia ambiental en el medio de la construcción, así como el manejo de agua de escorrentía y precipitación, del mismo modo los materiales alternativos

Este trabajo se enfoca en cuantificar la demanda de recursos que requiere cada sistema constructivo de la ingeniería tradicional (mampostería estructural-confinada y muros vaciados), tales como lo son el cemento, agua, arena, grava, suelo, vegetación y arcilla específicamente. Se elabora un estado del arte de material investigativo acerca de la ingeniería sustentable tomando principalmente documentación de la Cámara Colombiana de Construcciones Sostenibles y de las diferentes bases de datos.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Según Jiménez (2013), a principios del siglo XX en Colombia se continúa adoptando los sistemas constructivos heredados del imperio español, consistentes en la mampostería tradicional, con la salvedad que en esa época los materiales utilizados no eran muy sofisticados, pues se utilizaba como refuerzo estructural de los muros palos de bambú y bloques hechos de manera artesanal a base de arcilla, en algunos casos especiales se utilizaba las piedras para conformar esos muros. Poco a poco se fue mejorando la calidad de los bloques y la construcción empieza a ser más competitiva debido a la creciente población que empezaba a demandar mayor y mejor infraestructura para su mejor estar. Empiezan a aparecer construcciones icónicas: la Torre Colpatria en Bogotá; el Viaducto César Gaviria Trujillo en Pereira; la Central Hidroeléctrica del Guavio; la construcción del Túnel de la Línea y las actuales vías de la generación 4G, son entre otras muchas de las obras que en la actualidad demandan bienes y servicios ambientales e impactan el entorno natural circundante.

A medida que transcurre el tiempo y sigue creciendo la población, la Ingeniería Civil se torna en una profesión altamente demandante de recursos ambientales para soportar el desarrollo civil del país, a través de prácticas ingenieriles tradicionales. No obstante, existe otra línea de la Ingeniería Civil, más reciente y menos popularizada que le apuesta al desarrollo sustentable: la Ingeniería sustentable, en virtud de que estas nuevas prácticas buscan disminuir el impacto ambiental y la afectación directa sobre los grupos poblacionales.

La ingeniería sustentable es una nueva forma de desarrollar el país y a pesar de que los procesos constructivos mediante la ingeniería tradicional siguen siendo formas habituales del desarrollo ingenieril, es necesario empezar a repensar estas prácticas constructivas y evolucionar hacia la Ingeniería sustentable y desmitificar la creencia de que este nuevo modelo es costoso, inapropiado y de baja aceptación cultural. La Ingeniería sustentable es una manera muy efectiva de sacarle grandes provechos a los recursos naturales que hay en el planeta de tal forma que no se malgasten ni se acaben los existentes, demostrando de tal manera que hay recursos que se pueden reutilizar haciendo las edificaciones y obras igual o incluso más seguras y rentables para la humanidad.

Es también cierto el actual dilema ambiental que padece nuestro planeta, justificado y estudiado desde el enfoque del desarrollo sostenible, plantea una aguda crisis entre el modelo de desarrollo actual y la preservación de los recursos naturales que, no sólo compromete el equilibrio planetario, sino también la permanencia de muchas especies, incluida la humana. De manera específica, el actuar y desarrollo histórico de la ingeniería tradicional ha sido

objeto de muchas críticas, dada la enorme cantidad de recursos que demandan los procesos constructivos, y los incuestionables impactos ambientales negativos que dichas actividades han suscitado en los territorios y ecosistemas intervenidos. Ahora bien, una de las aristas ocupacionales de la ingeniería tradicional es la construcción de viviendas o complejos urbanos, donde la demanda de suelo y recursos naturales ha generado históricamente significativas afectaciones sobre el medio natural y un alto consumo de recursos, con sus consecuentes impactos. En los municipios del Área Metropolitana Centro Occidente, y extensivamente en el eje cafetero, el sector de la construcción de viviendas sigue optando por la ingeniería tradicional con sistemas constructivos como la mampostería confinada, mampostería estructural y muros vaciados, entre otros, a la luz de la norma de sismo-resistencia colombiana (NSR-10), y consecuentemente siguen demandando altos volúmenes de materiales de la construcción como arena, grava, cemento, agua, hierro, arcilla e impactando recursos como el suelo, la vegetación y el agua, dado que el proceso constructivo de dichas soluciones así los requiere. Tal demanda de materiales impacta de manera notoria el paisaje, los recursos naturales explotados y los ecosistemas hídricos, pues la explotación de agregados pétreos, el consumo de cementos, el consumo de agua, el consumo de suelo con vocación agrícola y la explotación de arcillas, se convierten en actividades extractivas de alto impacto.

Ahora bien, en el marco de las políticas mundiales tendientes al desarrollo sostenible y la disminución de los impactos asociados a la explotación y aprovechamiento de los recursos naturales, la ingeniería civil, desde su enfoque tradicional, cuenta con una ventana de oportunidad para avanzar en métodos alternativos de construcción, la utilización de neo-materiales amigables con el medio ambiente y técnicas innovadoras de eficiencia energética que posibiliten, sin menoscabo del desarrollo local/regional, el desarrollo urbano sostenible como modelo de resiliencia territorial.

Cabe aclarar que el cuidado de los recursos naturales, desde el quehacer ocupacional de la ingeniería civil, no debe limitarse a su no explotación y utilización; por el contrario, es el llamado de atención a la redefinición de procesos, metodologías, técnicas y materiales, y a la ruptura de imaginarios y/o paradigmas que históricamente se han perpetuado y que han privilegiado algunos sistemas constructivos como los únicos o simplemente los más aceptados comercialmente, como es el caso de la mampostería confinada-estructural-muros vaciados, en las viviendas unifamiliares o bifamiliares.

Se abre camino entonces, en el mundo moderno, la ejecución de construcciones sostenibles o ingeniería sostenible. Para el caso colombiano, a pesar de la timidez de los avances en tal materia, la Cámara Colombiana de Construcciones Sostenibles ha venido ganado espacios

de acción, y empieza a tener peso en estas nuevas líneas de acción hacia el desarrollo sostenible, como un anhelo regional y planetario.

Se hace necesario entonces fortalecer la conciencia y sensibilidad ambiental ciudadana, de los constructores y de las autoridades locales/regionales, en procura de comprender las diferencias y beneficios de los métodos constructivos tradicionales desde la Ingeniería Civil y, los que se abren paso, desde la Ingeniería Sustentable, toda vez que ello redundará en beneficios largoplacistas sobre la calidad ambiental de los territorios y sobre la calidad de vida de los ciudadanos en general.

El presente trabajo pretende plantear algunos elementos de discusión y reflexión, en torno a la relación costo-beneficio de los impactos ambientales (demanda de recursos) asociados a los métodos constructivos desde la Ingeniería tradicional y los beneficios de la Ingeniería sostenible, como el nuevo enfoque de los procesos constructivos. A partir de las anteriores consideraciones, se sugiere la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son los beneficios de las técnicas constructivas desde la ingeniería sostenible que hacen de las mismas un modelo de mayor aceptación y eficiencia, desde el enfoque del desarrollo sostenible?

3. JUSTIFICACIÓN

El proyecto investigativo el estado del arte de la ingeniería sustentable y la ingeniería tradicional en Colombia se considera oportuno y pertinente, toda vez que la actual crisis ambiental del planeta reclama y demanda soluciones innovadoras y un mayor nivel de sensibilización y conciencia de todos los sectores del desarrollo local, regional y mundial.

La ingeniería civil no es ajena a este llamado, pues su quehacer abarca casi la totalidad de las acciones humanas y los impactos y demanda de recursos para la ejecución de obras civiles, asociadas al desarrollo de proyectos, asentamientos humanos y grandes obras de infraestructura, son de una magnitud incalculable. Es por ello que la ingeniería civil, vista desde su modelo tradicional, requiere de grandes transformaciones que posibiliten un nuevo desarrollo en donde materiales alternativos, eficiencia energética y la optimización de recursos naturales cobren el nuevo protagonismo que demanda el desarrollo sostenible.

El proyecto presenta un componente de novedad, en virtud de que se hace mención y referencia al desarrollo histórico de la ingeniería sustentable, y su marco teórico, y adicionalmente, plantea proximalmente los efectos que la ingeniería tradicional tiene en cuanto a demanda de recursos naturales, en lo atinente a la construcción de viviendas. Es importante notar que las nuevas tendencias de la construcción sugieren la adopción e implementación de técnicas constructivas que utilicen materiales más amigables con el medio ambiente, menos demandantes de recursos naturales no renovables y el aprovechamiento eficiente de recursos como el viento, la energía lumínica, el agua de escorrentía, las aguas grises y el suelo.

Resulta entonces alentador que los nuevos enfoques de la construcción le den cada día, más cabida, validez y confiabilidad a la ingeniería sustentable como un nuevo modelo de desarrollo y ejecución de proyectos, en donde la optimización de recursos y espacios y la eficiencia energética tengan un protagonismo creciente, en procura del tan anhelado desarrollo sostenible. Es importante destacar, así los avances aún sean tímidos y poco evidentes, los logros que ha tenido Colombia durante los últimos años, en materia de construcciones sostenibles.

4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el estado del arte de la Ingeniería Sustentable y la Ingeniería tradicional en Colombia

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la demanda de recursos en construcciones tradicionales: viviendas en mampostería estructural - confinada, y muros vaciados.
- Documentar el desarrollo actual de la ingeniería sustentable en Colombia.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1. MARCO TEÓRICO

HISTORIA DEL CONCEPTO DE SOSTENIBILIDAD Y DESARROLLO HUMANO SOSTENIBLE

Acorde con el documento de Aguado, Echebarría & Barrutia (2009): “El desarrollo sostenible a lo largo de la historia del pensamiento económico”, el concepto de Desarrollo Humano Sostenible (en adelante, DS) es relativamente reciente. En sus inicios, el DS surge como consecuencia de una preocupación de carácter ambiental: la limitación de los recursos naturales del Planeta. Esta preocupación lleva al Club de Roma a plantear, en un primer informe (Meadows et al., 1972), la necesidad de limitar el crecimiento a cero. En un segundo informe (Merasovic y Pestel, 1975), el club de Roma modera su discurso, planteando un crecimiento positivo, pero de carácter orgánico, es decir, equilibrado y diferenciado por regiones. Desde entonces, los académicos de la economía se han dividido, entre los que defienden el cese del crecimiento a costa de los recursos naturales, en los países desarrollados y los que consideran que el crecimiento ilimitado no es incompatible con la sostenibilidad, siempre y cuando se adopten determinadas políticas ambientales (Field y Field, 2003).

Esta misma preocupación de carácter ambiental, lleva a la Comisión de Medio Ambiente de las Naciones Unidas, bajo la dirección de Gro Harlem Brundtland, a elaborar el informe “Nuestro Futuro Común” (CMMAD, 1988), más conocido como “Informe Brundtland”. Este trabajo, marcó el punto de inflexión en el proceso de institucionalización del concepto de DS y además planteó la que probablemente sea la definición más utilizada de DS: “El DS es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Brundtland,1987)

La vertiente de Desarrollo, dentro del concepto de DS, responde más a una preocupación por la pobreza humana y a la constatación de que el crecimiento económico por sí sólo, única variable de la que la ciencia económica se había preocupado hasta entonces, no servía para atenuarla, ya que la riqueza generada por dicho crecimiento no se distribuía de manera equitativa y generaba un agotamiento de recursos naturales y unos impactos ambientales que recaían, principalmente, en los países menos desarrollados. En esencia, se observa que, a pesar de que muchos países subdesarrollados crecían a ritmos similares a los de los países desarrollados, esto no se traducían en una equiparación de la calidad de vida de la mayoría de la población. Además, se hace énfasis en que la causa de la pobreza no radica en la

insuficiencia de recursos, sino en la falta de accesibilidad a los mismos. Surge así el concepto de Desarrollo Humano, planteado y definido por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) juntamente con Amartya Sen y Gustav Ranis, en el año 1990. El DH es un concepto amplio e integral que conlleva “un proceso por el cual se amplían las oportunidades del ser humano” (PNUD, 1990: 34), entre las que destacan como principales, disfrutar de una vida prolongada y saludable, adquirir conocimientos y tener acceso a los recursos necesarios para lograr una calidad de vida adecuada. De acuerdo con este enfoque, es posible hablar de desarrollo cuando las personas adquieren mayores capacidades y no sólo cuando pueden consumir más bienes o servicios materiales. El concepto de DH, plantea un desarrollo orientado hacia el individuo y la comunidad en particular y no hacia todo un país o economía nacional.

Por ello, y en conexión con el concepto de desarrollo humano, el PNUD, propuso, en 1990, el Índice de Desarrollo Humano, como una síntesis de las condiciones educativas, sanitarias y económicas de la población de los distintos países. En el primero de estos informes, se indicó que el propósito del IDH era dar “una medición del desarrollo mucho más amplia que el PNB por sí solo” (PNUD, 1990: 13). Desde entonces, el PNUD publica, anualmente, los Informes de Desarrollo Humano, en los que se refleja la situación comparativa en términos de desarrollo de los más de ciento setenta países que participan en este programa. Sin embargo, el concepto de DH y su indicador IDH no consideran la sostenibilidad futura del proceso de desarrollo, ya que no tiene en cuenta si la satisfacción de las necesidades actuales se obtiene hipotecando la posibilidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades.

Es importante destacar que acorde con Valcárcel (2006), el concepto de desarrollo fue heredado del imaginario occidental asociado al progreso, y que surgió en la antigua Grecia y que se consolidó en toda Europa en el marco del „período de la Ilustración bajo el supuesto que la razón permitiría descubrir las leyes generales que organizan y regulan el orden social y así poder transformarlo en beneficio de la gente” (Valcárcel, 2006).

Cabe también resaltar que el mismo autor plantea que el concepto de desarrollo fue antecedido por otros términos además de progreso, como civilización, evolución, riqueza y crecimiento. Según el autor, para Adam Smith (1776) y luego para John Stuart Mill (1848), ambos economistas ingleses, la riqueza era indicadora de prosperidad o decadencia de las naciones.

Ahora bien, una de las primeras voces que legitima el concepto, fue el presidente Harry Truman, cuando en el discurso de inauguración de su mandato refiere que los adelantos tecnológicos y avances científicos norteamericanos deben ser puestos al servicio de los

territorios subdesarrollados. Fue a partir de entonces cuando desarrollo y subdesarrollo fueron utilizados por agencias y organismos internacionales para mostrar la brecha entre los países ricos y los pobres.

El concepto de desarrollo adquiere entonces una dinámica y significado particulares y es así como durante el período 1945-1965, se identifican dos enfoques del desarrollo: modernización y dependencia (Valcárcel, 2006). Resulta de interés particular evidenciar que el surgir del concepto de modernidad estuvo asociado a los conflictos este-oeste (socialismo-capitalismo), mejor conocido como la guerra fría.

Posteriormente, durante la década de los 60s, se abre paso el pensamiento dependentista, que le apuesta al cambio social y en frontal contradicción con el concepto de modernidad. Concomitante con esta ruptura de pensamiento, el continente experimenta el auge de las guerrillas bajo el modelo revolucionario cubano y las tesis guevaristas.

Entre los años 1970-1990, surgen las aproximaciones ambientalistas al desarrollo, en el marco de un planeta cada vez más devastado, contaminado, con problemas de agotamiento de recursos y desertificación y los problemas de polución en las grandes concentraciones humanas. Se manifiestan nuevos conceptos como el ecodesarrollo, el otro desarrollo, desarrollo sostenido y el desarrollo sostenible, acuñado éste último término, a partir del informe de la Comisión Brundtland.

Durante los años 1975-1980 aparecen los enfoques de necesidades básicas, según Paul Streeten (1978) y desarrollo a escala humana. Dicho enfoque sugiere distinguir entre necesidades y “satisfactores”, sabiendo que las primeras no son infinitas ni inescrutables.

Valcárcel (2006), refiere que durante los años 80 y 90 el sociólogo Alain Touraine desde la academia europea es partidario de la necesidad de limitar el empleo del concepto de desarrollo a un tipo particular de sociedad. “Es preferible, concluye Touraine (1995), abandonar los estudios sobre las causas generales de la modernización e insistir por el contrario en las múltiples combinaciones de fuerzas y de proyectos sociales que definen diversos tipos de acceso a la modernidad”. En ese sentido plantea la socialdemocracia como un medio para llegar a la modernidad, la apertura internacional a la economía, la redistribución del ingreso y la aplicación de políticas sociales de limitación de desigualdades.

Para la década 1980-1990, y frente a los problemas generados por la crisis del Estado de Bienestar en los países del norte y el agotamiento del modelo de sustitución de importaciones en los países del sur, surge el enfoque Neoliberal y la Neomodernización: Ajuste estructural y Consenso de Washington (1980-1990). Se retoma entonces el concepto de crecimiento

económico como “el motor del desarrollo y del progreso social y se rubrica su papel como el instrumento y la finalidad del desarrollo al cual hay que sacrificar, si fuese necesario, las exigencias sociales de la población”. El Consenso de Washington se convirtió en “el modelo” para todo el mundo en desarrollo.

Más recientemente, en la denominada época “más allá del consenso de Washington (1990)”, Ben Hammouda (1998) concluye que “las diferentes corrientes de la economía del desarrollo del post ajuste permiten poner en relieve la incapacidad de comprender y explicar las actuales mutaciones y evoluciones en el Tercer Mundo”. Demanda además una “renovación de las teorías del desarrollo y la construcción de entradas capaces de analizar las dinámicas en curso en la mayor parte de los países subdesarrollados y de poner de manifiesto, más allá de las propias especificidades, las transiciones globales que conocen las economías de Asia, Africa y América Latina”.

Durante la década 1990-2000, surge el enfoque de las Capacidades y el Desarrollo Humano (1990-2000), liderado por Amartya Sen. El economista y filósofo hindú plantea que el desarrollo no es el crecimiento económico, como decían los teóricos de la modernización, sino los seres humanos y refiere:

“Si en última instancia consideramos al desarrollo como la ampliación de la capacidad de la población para realizar actividades elegidas (libremente) y valoradas, sería del todo inapropiado ensalzar a los seres humanos como ‘instrumentos’ del desarrollo económico” (Sen:1998:601).

Posterior a estos enfoques, la territorialidad cobra importancia y Chambers (1990) propone la integración del desarrollo, del medio ambiente y de la población, a través del desarrollo territorial, como la opción de consolidar los lazos sociales al interior de colectividades que tienen una base territorial definida.

Finalmente, el postdesarrollo (1990-2000), en pleno contexto de la globalización y de exacerbación de conflictos culturales, aparece un nuevo enfoque o corriente conocida como del “Post-Desarrollo. Dicho enfoque aglutina una gama de autores de diversas nacionalidades cuyo común denominador es su postura radicalmente contraria a todo lo que es considerado desarrollo, sus acepciones más clásicas.

LA AGENDA 21 LOCAL COMO ESTRATEGIA DEL DESARROLLO SOSTENIBLE

Flores, & Parra (2009), en el documento “El desarrollo sostenible y la agenda 21”, confirman que la Agenda Local es el “Plan de Acción de las Naciones Unidas para un desarrollo

sostenible”, e implica la elaboración de una serie de programas y actuaciones que impulsan el concepto del desarrollo hacia la sostenibilidad, y en los que el factor medioambiental se considera una clave imprescindible del futuro. Ya que la mayoría de los problemas y soluciones tienen sus raíces en actividades locales, la participación y colaboración de los gobiernos locales es un factor determinante para el cumplimiento de sus objetivos. Ello supone, por tanto, realizar un cambio estratégico en el actual modelo de desarrollo, integrando los principios de sostenibilidad en todas las políticas y evaluar y modificar los proyectos, las políticas, ordenanzas y reglamentos existentes para cumplir con los objetivos con base en los programas de sostenibilidad adoptados localmente.

Algunos de los argumentos que apoyan la relevancia del nivel local dentro de una estrategia de desarrollo sostenible son: la certeza de que muchas acciones ambientales se encuentran intrínsecamente ligadas al territorio y a la competencia municipal, por ejemplo la actividad de las empresas dentro del término municipal; la importancia de los impactos cotidianos generados a causa de los estilos de vida dominantes, con especial relevancia del transporte, así como el papel clave jugado por las inercias derivadas de costumbres, rutinas y comportamientos de los ciudadanos.

En Europa ha sido liderado por las iniciativas locales, celebrándose en 1994 la primera Conferencia Europea de Ciudades y Poblaciones Sostenibles, en la cual 80 autoridades locales europeas firmaron la Carta de las Ciudades Europeas hacia la Sostenibilidad (Carta de Aalborg), de donde nació la Campaña Europea de Ciudades y Poblaciones Sostenibles. Esta Campaña está destinada a alentar y dar apoyo a las ciudades y pueblos que trabajan en pro de la sostenibilidad. La Carta define el concepto de sostenibilidad, determina las responsabilidades ambientales de las ciudades y las compromete a desarrollar políticas y acciones orientadas hacia la realización de “ciudades y poblaciones sostenibles”.

5.2. MARCO DE ANTECEDENTES

Uno de los grandes retos por resolver de la modernidad urbana es la aparente incompatibilidad entre las técnicas constructivas asociadas a la ingeniería tradicional y los impactos sobre el medio natural y el agotamiento de los recursos naturales. Ahora bien, abordar la aparente contradicción entre las técnicas constructivas utilizadas históricamente desde la ingeniería tradicional y las preocupaciones modernas por el desarrollo sostenible implica necesariamente trasegar por la evolución de técnicas y procedimientos constructivos que el hombre ha utilizado en su devenir.

Marco filosófico del desarrollo sostenible

Todo lo asociado con el desarrollo sostenible surgió desde hace varias décadas, debido a los efectos generados por la humanidad en su proceso transformador y explotación de los recursos del medio natural. Ante esto surgió una comisión liderada por Gro Harlem Brundtland y el consecuente informe Brundtland (1987) que define el desarrollo sostenible como “el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”.

A partir de esta consideración universal del desarrollo sostenible, claramente con un énfasis conservacionista, se propone dentro de este enfoque investigativo comprender el papel que dentro del desarrollo sostenible tiene el sector de la construcción, y de manera particular el de la ingeniería tradicional.

Según Pinto & Plata (2010), es perentorio avanzar en la consolidación de principios sostenibles en la ingeniería, y confirman el surgimiento del concepto Green Engineering (GE) en el sector de la construcción, como un nuevo enfoque que se abre camino hacia los principios del desarrollo sustentable. De igual forma los autores plantean que la ingeniería verde también se asocia a la utilización de energías renovables y eficiencia energética. Es importante aclarar que el surgimiento de estos nuevos enfoques en los desarrollos constructivos obedece a la conciencia ciudadana y gubernamental, apalancada por normas y legislación ambiental concreta y contundente que obliga a que el sector de la construcción implemente dichas técnicas.

Los beneficios del enfoque ingeniería verde estriba en la disminución del consumo de recursos naturales y por consiguiente la disminución de la emisión de cantidades importantes de CO₂, en particular por los sistemas de aire acondicionado y la iluminación, como bien lo estiman Pinto & Plata (2010).

Algunas cifras importantes, necesarias de conocer, asociadas al consumo de recursos naturales en las edificaciones estadounidenses son:

los edificios utilizan el 40% de los recursos naturales
consumen entre el 30 y el 50% de la energía eléctrica
el 12% del agua potable
producen entre el 45 y el 65% de los residuos
el 30% de los gases de efecto invernadero (Pinto & Plata, 2010).

La mitad del consumo energético en las edificaciones se debe a aires acondicionados (refrigeración o calefacción) y cerca del 20% a la iluminación.

En el mismo sentido, Alavedra, Domínguez & Serra (1997), plantean los retos actuales en la ejecución de proyectos urbanos, desde el enfoque de las construcciones sostenibles. Sugieren los autores que la construcción sostenible, se define como “aquella que, con especial respeto y compromiso con el Medio Ambiente, implica el uso sostenible de la energía”. El reto y enfoques de la construcción sostenible apuntan hacia la reducción de los impactos ambientales causados por los procesos de construcción, uso y derribo de los edificios y por el ambiente urbanizado (Lanting, 1996).

Precisan los autores que la construcción sostenible debe considerar los efectos y/o impactos que ésta producirá en aquéllos que lo ejecutan y en los que vivirán en ellos. La importancia creciente en las consideraciones del "síndrome del edificio enfermo" en los edificios de oficinas y la "sensibilidad ambiental" en la construcción de viviendas ha dado lugar a una mayor consideración de los efectos que los materiales de construcción tienen en la salud humana (Vale e/a/. 1993).

La mayoría de los autores de la construcción sostenible, y en particular Kibert (1994), coinciden en la aplicación de los siguientes criterios ecológicos, a saber:

Conservación de los recursos

Reutilización de recursos

Utilización de recursos reciclables y renovables en la construcción

Consideraciones respecto a la gestión del ciclo de vida de las materias primas utilizadas, con la correspondiente prevención de residuos y de emisiones

Reducción en la utilización de la energía

Incremento de la calidad, en lo referente a materiales, edificaciones y ambiente urbanizado

Protección del Medio Ambiente

Creación de un ambiente saludable y no tóxico en los edificios

Para Acosta & Cilento (2005), una de las estrategias a implementar en la construcción sostenible es la evaluación de los posibles impactos ambientales de las distintas actividades envueltas durante todo el ciclo de vida de la edificación u obra construida. Refieren los autores que los impactos sobre el medio ambiente están asociados a la actividad extractiva de recursos y, por otra parte, a la cantidad de desechos generados.

Plantean los autores que el enfoque de las construcciones sostenibles debe abordarse y evaluarse en el marco de la reducción del consumo de recursos; la reducción del consumo de materiales por m² de construcción; la reducción del consumo energético; la reducción de la contaminación y peligros para la salud; la construcción eficiente desde el inicio; la política “cero desperdicios” y la reducción y gestión de residuos de construcción y demolición (RCD).

Para Ramírez (2002), la construcción sostenible debe presentar los siguientes atributos:

El correcto emplazamiento de la vivienda

Vegetación abundante, tanto en el exterior como en el interior de la casa

Diseño bioclimático de la vivienda y la correcta orientación solar

Los materiales de construcción deberían ser lo más naturales y ecológicos posible evitando materiales tóxicos, radiactivos, que generen gases o electricidad estática (como sucede con los plásticos, lacas y fibras sintéticas). Los ladrillos cerámicos, la piedra, la madera, las fibras vegetales, el adobe de tierra y los morteros con abundante cal son preferibles al hormigón armado con mucho hierro, al aluminio, al PVC, o al exceso de cemento y aditivos químico-sintéticos en las construcciones

Procurar que las pinturas que sean naturales o al menos no tóxicas

El mobiliario y la decoración interior deben ser preferiblemente madera y las fibras naturales

Correcta ventilación que permita evitar problemas de acumulación en la vivienda de elementos tóxicos o radiactivos (como el gas radón)

Ahorro energético: electricidad, gas, agua. etc. son premisas indispensables para una casa sana, tanto para sus moradores como para el entorno.

5.3. MARCO LEGAL (NORMATIVO)

Antes de la ejecución de una obra debe hacerse unos previos diseños los cuales deben hacerse mediante la siguiente normatividad véase en la tabla 1:

Reglamento colombiano de Construcción Sismo resistente NSR-10 (Norma Sismo Resistente Colombiana de 2010)

La Norma Técnica Colombiana NTC

Tabla 1. Matriz normativa

Norma	Título	Descripción
Título A NSR-10	Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente	Se requiere de unos requisitos mínimos para la ejecución de una edificación nueva con el fin de que sea capaz de resistir las fuerzas que imponen los sucesos naturales, en este se establecen los parámetros de diseño según el uso.
Título B NSR-10	Cargas	Debe cumplirse unos requisitos mínimos con respecto a las cargas que serán empleadas en dicho diseño, cargas que serán diferentes al sismo; esto debe aplicarse dado a que una estructura debe de ser capaz de

Norma	Título	Descripción
		resistir las fuerzas sísmicas como las de cargas.
Titulo C NSR-10	Concreto estructural	Proporciona los requisitos mínimos para el diseño y ejecución de elementos de concreto estructural incluyendo el concreto simple y el concreto reforzado.
Titulo D NSR-10	Mampostería estructural	Establece los requisitos mínimos de diseño y construcción para la mampostería y otros elementos, estos deben de ser diseñados por el estado límite de resistencia utilizando las combinaciones de cargas definidas por el título B NSR-10.
Titulo E NSR-10	Casas de uno y dos pisos	Establece los requisitos mínimos para la construcción de viviendas de uno y dos pisos de mampostería confinada, muros estructurales y bahareque, estable las condiciones estructurales que permitan el funcionamiento adecuado ante la presencia de cargas verticales y laterales.
Titulo G NSR-10	Estructuras de madera y estructuras de guadua	Establece los parámetros mínimos para alcanzar un nivel de seguridad similar al de edificaciones con otros materiales, en el momento que el título se refiera a elementos, miembros o edificaciones de madera quiere decir que la edificación debe ser en su totalidad de madera o edificación mixta es decir que contiene otros

Norma	Título	Descripción
		materiales regidos por dicha norma.
NTC 121	Cemento Portland especificaciones físicas y mecánicas	Establece los requisitos físicos y mecánicos que debe de cumplir el cemento para su resistencia, el cemento debe de cumplir unos parámetros de finura, estabilidad, tiempo de fraguado.
NTC 174	Especificaciones de los agregados para el concreto	Establece los requisitos de gradación y calidad para los agregados finos y gruesos asegurando materiales satisfactorios para el uso del concreto.
NTC 4020	Agregados para mortero de inyección utilizado en mampostería (grout para mampostería)	Establece los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales se deben someter los agregados usados en mortero de inyección utilizado en mampostería.
NTC 6033	Criterios ambientales para ladrillos y bloques y bloques de arcilla	Pretende ser un instrumento para implementar mejores prácticas para la extracción de materiales y un uso más sostenible de los recursos para la fabricación de ladrillos, bloques de arcilla entre otros productos de la cerámica roja de la industria ladrillera.

Fuente: Trabajo de investigación

5.4. MARCO CONCEPTUAL

A continuación, se describe en una forma breve los principales conceptos relacionados con el problema de investigación.

5.4.1 Ingeniería tradicional

Este método constructivo, ha predominado en el mundo y se ha caracterizado por ser uno de los principales desarrolladores del mundo y evolucionar la sociedad permitiendo comodidad, confort, resguardo, mejorando la calidad de vida de las personas e incluso su movilidad y transporte.

La ingeniería tradicional ha permitido que a través de los años sea indispensable este proceso y más ahora que la humanidad tiene unas ansias enormes por estar creciendo y que más que la ingeniería que día a día crece a pasos agigantados permitiendo y logrando lo que las personas se les ocurra. Un claro ejemplo de esto se logra ver en las grandes ciudades del mundo las cuales crecen y crecen y llevan a cabo proyectos que los ingenieros del ayer no se imaginaron que se podría lograr.

5.4.2 Ingeniería sustentable

Este proceso constructivo, ha permitido que a través del tiempo que lleva desde que surgió, y cogió importancia para las personas, y para el sector ingenieril se busque disminuir el peligro o daño que se le pueda ocasionar al medio ambiente.

Buscando también el reutilizamiento o aprovechamiento máximo de los recursos naturales sin que estos se vean afectados ni se agoten. Este medio constructivo es muy similar al tradicional porque al igual que el anterior mencionado este tiene que pasar también por las fases de diseño, planeación, construcción; solo que tiene unas fases de más que son la utilización y la reutilización de la mayor parte de los recursos naturales y ambientales que se pueda (Brand, 2001).

5.4.3 Desarrollo sostenible

El desarrollo sostenible trata de lograr, de manera equilibrada, el desarrollo económico, el desarrollo social y la protección del medio ambiente. El desarrollo sostenible tiene mucho que ver con la globalización, que es un medio que ofrece desafíos y plantea oportunidades para el desarrollo sostenible.

aprovechando lo mencionado anteriormente todos aquellos recursos bien sean materiales o como el clima, no desaprovechando la importancia de reutilizar todo eso que existe pero que las personas desechan solo por el hecho de que ya no sirven, pero sin mirar que todo aquello que ya no se puede utilizar se le puede dar un nuevo aprovechamiento.

Un breve ejemplo relacionado con lo anterior mencionado puede ser esos lugares en los cuales son de climas altos y que padecen de escasas de agua potable, dando así un aprovechamiento del clima por medio de telares plásticos o materiales especiales para recoger agua del vapor que genera el clima en dicho material.

5.4.4 Impactos ambientales

El impacto ambiental puede ser definido como un instrumento preventivo de gestión, destinado para identificar y corregir con tiempo previo los impactos negativos derivados de las acciones humanas en los procesos constructivos, y poder así dar una óptima solución de carácter positivo.

La calidad de la construcción y sus impactos ambientales dependen en alto grado del tipo de terreno o de construcción, la experiencia de los trabajadores o del contratista y la calidad de la supervisión durante la construcción. Por lo cual el control de calidad durante la construcción puede reducir significativamente las necesidades de mantenimiento, menor pérdida de suelos, fallas menores en los drenajes o alcantarillas del camino, y como consecuencia disminuirán los impactos ambientales (Martínez & Hernández, 1999).

En términos generales la evaluación del impacto ambiental es una herramienta necesaria para mitigar las diferentes situaciones que pueden estar caracterizadas por la degradación progresiva del medio natural debido a la contaminación y mala gestión de los recursos atmosféricos, hidráulicos, geológicos, paisajísticos entre otros.

5.4.5 Bahareque

El bahareque es un método de construcción muy tradicional que consiste en una estructura de madera o guadua rellena de tierra con paja. A través del tiempo se ha podido percibir en como este proceso constructivo se ha venido opacando o ha ido desapareciendo poco a poco; debido a que el uso de concreto y los nuevos métodos constructivos produzcan en las personas una sensación de que todo para que quede bien hecho tiene que ser con el uso de concreto de agregados pétreos, de mampostería y el uso del acero hayan evolucionado la ingeniería.

El bahareque sin lugar a dudas es un método constructivo que ha beneficiado a muchas personas en Colombia (Carazas & Rivero 2002).

5.4.6 Adobe

Este material es muy peculiar dado a que a través de los siglos ha sido un método constructivo que se ha implementado y que ha sabido responder efectivamente a las características de las obras. Se ha podido usar efectivamente en muros, en la construcción de viviendas y en Colombia es uno de los materiales principales para la construcción.

Cuando se cuenta con bajos recursos económicos el adobe es una gran opción para la construcción, gracias a su facilidad de manejo, de procesamiento, en las zonas donde habitan los campesinos, se puede observar que este material es uno de los principales usados para la construcción de viviendas, corrales, pesebreras, etc.

El adobe tiene grandes ventajas que lo acreditaron a través de los años a posicionarse como un excelente material dado a que este ayuda a regular la humedad interna y externa de la edificación o de la obra que se realice, permitiendo que así la temperatura de la vivienda que se construya con este material permanezca fresca, sin importar mucho el clima o la zona donde se encuentre.

En la actualidad este sistema está basado en la utilización de ladrillos de barro cocido o bloques de concreto, ya que tienen una gran capacidad soportante, este puede ser como simple relleno en caso de marcos estructurales o mampostería estructural que es cuando la pared contribuye en la capacidad soportante del marco. En los últimos tiempos se ha venido desarrollando un nuevo sistema que utiliza los bloques para la elaboración de todos los elementos ya que cumplen la función de confinar el concreto requerido en el elemento estructural dando así un poco más de resistencia a la estructura (Ruiz, Zepeda, Alcocer & Meli, 1995).

Al igual que cualquier otro sistema constructivo este se encuentra normalizado en el código sísmico donde se especifican la calidad de los materiales, resistencia y almacenamiento; la mampostería como tal es una forma de construcción muy duradera. Sin embargo, los materiales utilizados, la calidad del mortero, mano de obra, y el patrón como son colocadas las unidades pueden influir en la durabilidad de una construcción hecha por este método.

5.4.7 Madera

La madera siendo el primer material usado en la construcción para fortalecer las estructuras de casas o viviendas pequeñas. Este material se usó por primera vez en Europa cuando en las zonas boscosas desde la edad de piedra.

Este material dejo de aparecer muy rápido en las construcciones de aquel continente debido a que se fueron investigando y descubriendo más materiales que superaron la resistencia y la eficacia de la madera, sacándola o dejándola muy pronto por fuera de la lista de primeras opciones de las personas para realizar alguna construcción.

5.4.8 Escombros

Los escombros en la ingeniería tradicional son aquellos desechos luego de una construcción ser demolida o reformada ,son materiales que para muchas de aquellas personas los desechan ya no prestan un uso, pero realmente muchos de todos estos desechos pueden ser reutilizados como lo son en hormigón elaborado con materiales reciclados, este material ha mostrado que tales materiales pueden ser un sustituto satisfactorio y económico de los agregados convencionales, abriendo una nueva perspectiva en la ingeniería, especialmente en el campo de la construcción con una visión ambiental (Henao & López, 2003).

Otro material utilizado como se nombra anteriormente es la elaboración de morteros para mampostería. Con unos estudios se muestran que la resistencia de estos materiales es mayor que los que se forman naturalmente.

5.4.9 Mortero

El mortero en la albañilería es utilizado para el agarre de bloques o ladrillos, para unir piedras que integran las obras de construcción. El uso de este ha sido muy diverso, ha sido utilizado como material de revoque, de revestimiento, como material de pega en la mampostería, material de reparación en columnas vigas o muros vaciados. Existen diferentes tipos de morteros y cada uno de ellos como cualquier otra mezcla llevan ciertas condiciones de mezcla esto debido a que debe de soportar ciertas cargas.

Lo anterior definido, se encuentra compuesto por materiales como conglomerantes inorgánicos, acompañados de agua, algunas veces aditivos y áridos; todo esto se mezcla hasta que se logre una combinación un poco pastosa o espesa que ayuda a que su uso sea mejor para las actividades anteriormente descritas. (Rodríguez, 2003).

6. DISEÑO METODOLÓGICO

6.1. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN Y TIPO DE ESTUDIO

El enfoque de la investigación se enmarca en la investigación cualitativa, toda vez que las variables de interés evaluadas describen la evolución histórica y las técnicas modernas de los procesos constructivos (viviendas) desde la ingeniería tradicional y la ingeniería sustentable.

Las variables de interés del proceso investigativo son: métodos constructivos (desde la ingeniería tradicional y la ingeniería sustentable); construcciones sostenibles.

El tipo de estudio es histórico-documental y descriptivo, considerando que se realiza un análisis documental de la evolución del concepto de desarrollo sostenible e ingeniería sustentable y la confrontación de técnicas constructivas y demanda de recursos, en proceso constructivos desde la ingeniería tradicional.

6.2. MATRIZ DE DISEÑO METODOLÓGICO

Tabla 2. Diseño metodológico

Objetivo específico	Técnica	Instrumento	Producto
Evaluar la evolución histórica de la ingeniería sustentable y tradicional	Consulta y revisión bibliográfica en bases de datos especializadas	Fichas bibliográficas Fichas resúmenes	Documento ejecutivo de marco de antecedentes
Determinar la demanda de recursos en construcciones tradicionales: viviendas en mampostería simple, confinada, estructural, muros vaciados y pórticos.	Revisión documental Observación y cuantificación (medición de variables) directa en campo	Aplicación de fichas de medición Aplicación de listas de chequeo	Documento ejecutivo de Análisis de Precios Unitarios (APU) y demanda de recursos por técnica constructiva
Documentar el desarrollo actual de la ingeniería sustentable en Colombia.	Análisis documental	Ficha de revisión de casos y matriz de comparación	Documento síntesis de construcciones sostenibles y criterios de sostenibilidad implementados

Fuente: Proyecto de investigación

6.3. FASES Y RESULTADOS

El ejercicio investigativo propuesto se enmarca en los estudios histórico-documentales y descriptivo, dado que para el cumplimiento de los alcances se seleccionan una serie de variables y de ellas se obtendrán características independientes unas de otras, así en su conjunto representen algunas cualidades del objeto de investigación.

El proyecto evaluación del estado del arte de la ingeniería tradicional y sustentable en Colombia, pretende evaluar los avances y logros que se han adelantado en Colombia, en

procura del cambio de paradigma de la ingeniería tradicional a la ingeniería sustentable. Las actividades por desarrollar se enmarcan en las siguientes fases:

FASE DOCUMENTAL.

En esta fase, y de manera complementaria a las actividades de campo, se procederá a documentar el estado del arte del desarrollo sostenible y de la ingeniería sustentable en diferentes lugares del mundo, y de manera particular en Colombia. Para ello se acudirá a la consulta de bases de datos especializadas y se formulará un documento síntesis que permita establecer la evolución en el tiempo y los distintos avances que en materia de ingeniería sustentable se tienen, acción esta que permitirá enriquecer el marco de antecedentes de la presente investigación.

FASE DIAGNÓSTICA.

Recopilación y síntesis de los diseños estructurales y arquitectónicos de los sistemas constructivos mampostería confinada, mampostería estructural y muros vaciados, acudiendo a la consulta de planos reales en los barrios Campiñas de Alcalá, Ciudadela Comfamiliar y Puerto madero II (Pereira).

Reconstrucción de los APU (Análisis de precios unitarios), a partir de los diseños estructurales y arquitectónicos de las viviendas tipo de cada barrio evaluado.

Despiece de las cantidades de materiales utilizados por m² construido en cada sistema constructivo

Consulta, evaluación y síntesis documental de las distintas experiencias de la Ingeniería sustentable en Colombia, a partir de la información de la Cámara Colombiana de Construcciones Sostenibles.

FASE DE EVALUACIÓN Y SINTESIS

Una vez agotada la fase diagnóstica del ejercicio investigativo, se procederá a comparar los distintos sistemas estructurales y la demanda de recursos de cada uno de ellos, haciendo énfasis en los recursos: agua, suelo, arena, grava, cemento, arcillas. Dicha actividad tendrá el propósito de establecer proporcionalmente el sistema constructivo tradicional más amigable con el medio ambiente y la cantidad de recursos demandados.

Simultáneamente, la consulta de los casos de ingeniería sustentable desarrollados en Colombia, permitirá definir los lineamientos y elementos del desarrollo sostenible más evidentes y funcionales, utilizados en cada una de las edificaciones evaluadas.

7. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

7.1. DETERMINAR LA DEMANDA DE RECURSOS EN CONSTRUCCIONES TRADICIONALES: VIVIENDAS EN MAMPOSTERÍA CONFINADA-ESTRUCTURAL Y MUROS VACIADOS.

Uno de los ejes principales para el crecimiento de la economía de un país es el sector de la construcción; la vivienda es un bien necesario que satisface una de las necesidades del hombre, permite tener un punto fijo o un centro de referencia para así ser localizado fácilmente. Para la construcción de una vivienda tradicional (Con materiales convencionales) de uno a dos pisos en Colombia, se utiliza los siguientes sistemas constructivos: Muros vaciados, Mampostería Estructural, Mampostería Confinada y entre otros.

La mampostería es uno de los métodos de construcción más utilizados por el hombre a lo largo de su historia hablando de construcción, asociándose a procedimientos artesanales en fabricación de piezas y también en el ámbito constructivo. La mampostería está compuesta por una diversidad de materiales que se basan en el tipo de unidad, estas son elaboradas tanto en procesos artesanales hasta en procesos de industrialización lo que ha sido importantes para su fabricación con características diferentes y propiedades mecánicas (Sánchez, 1995).

7.2.1 Descripción de sistemas constructivos tradicionales

- **Sistema Constructivo de Muros vaciados**

Para este sistema no se utiliza la construcción de vigas ni columnas, sino que toda la estructura la componen muros homogéneos de concreto que se van vaciando en formaletas metálicas. Los muros cuentan con un refuerzo en el interior comprendido por barras de acero en las esquinas y mallas electrosoldadas situadas longitudinalmente (Candelo, 2015). La composición de muros de este sistema sirve para resistir las fuerzas laterales paralelas a su propio plano, es necesaria la construcción de muros en dos direcciones ortogonales o aproximadamente ortogonales, en planta (NSR-10). Este método también es una alternativa de diseño eficiente el cual permite industrializar la construcción de viviendas debido a que es un sistema repetitivo según Gutiérrez (2011).

Los materiales requeridos en el sistema constructivo de muros vaciados son elaboradas con una dosificación de concreto la cual debió haber sido calculada previamente y una cantidad de acero con una resistencia a la flexión de 2800 kg/cm^2 - 4200 kg/cm^2 , para así soportar adecuadamente una fuerza lateral, el acero debe ser una malla electrosoldada la cual se conforma por una retícula formada por alambres de acero trefilado de alta resistencia y corrugado, por lo tanto debe ser debidamente unida por soldadura eléctrica, el uso de esta malla se ha generado debido a que reduce la utilización de acero y su facilidad de ser ubicada. El hormigón a ser utilizado debe de tener resistencias entre 21 MPa y 28 MPa teniendo en

cuenta el estudio previo de los agregados, dado a que se requiere de un hormigón con asentamiento alto para los vaciados del interior del muro (Serna & Stuart,2017).

Según Gutiérrez (2011) La empresa constructora Vinalu LLC, que ejecuta estructuras en muros vaciados en Estados Unidos, Ecuador y Republica Dominicana, asegura que el sistema de muros vaciados tiene un excelente desempeño estructural debido a que los muros y las losas están trabajan en conjunto, generando en los dos sentidos un comportamiento antisísmico homogéneo. Al ser todos los muros estructurales, las cargas se transmiten de manera uniforme sobre la base, permitiendo un diseño de la cimentación menos exigente ante las fuerzas sísmicas (Gutiérrez,2011).



Figura 1. Muros vaciados

Fuente: Trabajo investigativo

- **Sistema constructivo de Mampostería estructural**

La mampostería estructural o reforzada consiste en muros reforzados con barras o alambres corrugados de acero (Diseño de estructuras de mampostería,2015). Según Navia & Barrera (2007) la mampostería estructural es un sistema constructivo que puede soportar cargas gravitacionales con un muy buen comportamiento estructural. Es un sistema muy utilizado no solo para viviendas de uno y dos pisos si no para edificaciones más altas (Edificios residenciales).Se logra observar que el comportamiento de la mampostería estructural es muy parecido al que se llega a observar en el concreto reforzado, esto debido a que tanto la mampostería como el concreto tienen un comportamiento parecido en condiciones de carga axiales, mientras que ambos responden relativamente mal a la acción de cargas en tensión o cortante, (Navia & Barrera2007).

Los materiales más utilizados en la mampostería estructural son el acero corrugado, el cual debe de contener una resistencia a la flexión de 280MPa y 420MPa; el bloque cuyo aporte estructural es la capacidad para resistir las cargas verticales, la definición de áreas y acabados. La configuración de las celdas de los bloques se realiza dependiendo del uso, el mortero de pega cumpliendo la función como unión de los elementos a la resistencia a la compresión de 21MPa y 28MPa dando permeabilidad y estética.



Figura 2. Mampostería estructural

Fuente: Trabajo investigativo

- **Sistema constructivo en mampostería confinada**

La mampostería confinada consiste en muros de mampostería rodeados por pequeñas columnas de concreto (Columnetas) y pequeñas vigas (Viguetas). Las columnetas se formaletean y funden después de que el muro ha sido construido. Normalmente son externos al muro, o bien, pueden estar embebidos dentro de una pieza hueca (ladrillo), donde se coloca el acero longitudinal de refuerzo, que después se rellena de concreto. El sistema con columnetas externas es ampliamente usado en México, Centro y Sudamérica, Medio Oriente y Europa del Este. La mampostería confinada tiene una resistencia adecuada a cortante y flexión, y una capacidad razonable a la distorsión lateral que evita un comportamiento frágil. Las pruebas indican que la capacidad de deformación de los muros depende de muchas variables, entre ellas, la relación de aspecto (altura a longitud H/L), la relación de cortante a momento, las cuantías de refuerzo vertical y horizontal en el muro, el nivel de carga axial, el

tipo de pieza y de si los huecos de las piezas están rellenos de mortero o no (Pérez, Flores & Alcocer, 2013)

Los muros de mampostería confinada se dimensionan, arman y distribuyen respetando la separación máxima especificada en los reglamentos de construcción. A pesar de, los requisitos de refuerzo en el perímetro de las aberturas, tanto en la práctica profesional como en la autoconstrucción, en muchos casos no se compensan adecuadamente (Flores, Mendoza & Salinas, 2004).

El confinamiento, ha demostrado tener las siguientes características (Alcocer, 1997):

- Una función importante de las columnetas es mantener la estabilidad ante cargas verticales. Cuando la mampostería este sumamente dañada la capacidad de carga debe ser mantenida y garantizada por las columnetas.
- El aporte de las columnetas (dimensiones y armados) a la carga de agrietamiento diagonal es poco significativa.
- Los muros confinados con columnetas exteriores han exhibido un comportamiento más estable. Las columnetas ahogadas han demostrado mayor nivel de daño para distorsiones similares, así como la degradación de la rigidez.
- Las columnetas intervienen en el agrietamiento inclinado que se presenta en el muro.
- El refuerzo transversal de los estribos con áreas y separaciones adecuadas ha mostrado generar ciclos histéricos con ciclos estables y con mayores capacidades de deformación y de disipación de energía.
- El comportamiento post-agrietamiento del muro depende de la resistencia de los elementos confinantes.
- Las columnetas incrementan la capacidad de deformación, la resistencia y la rigidez lateral (Perrilliat & Farah, 2000)

A la luz de la norma NSR-10 la funcionalidad de las casas de uno y dos pisos en mampostería confinada, se clasifica en dos grupos:

- Muros confinados estructurales: Los muros estructurales son aquellas que resisten fuerzas horizontales causadas por el sismo, o el viento, además de soportar cargas verticales.
- Muros no estructurales: Son los muros que cumplen con la función de separar espacios dentro de la casa y no soportan cargas adicionales, solo su peso propio

Se consideran como muros confinados estructurales aquellos que presentan continuidad vertical desde la cimentación hasta el nivel superior, que no tienen ningún tipo de abertura y que están confinados.

Las unidades de mampostería pueden ser de concreto, arcilla cocida o de silical. Los ladrillos de mampostería pueden ser de perforaciones verticales u horizontales o macizo y deben cumplir con las normas establecidas en la norma NTC y certificación ICONTEC.

El espesor del muro en ningún caso puede ser menor a lo establecido en la tabla E.3.5-1 de la norma NSR-10, solo puede disminuirse cuando el diseño se hace con base a esta norma Titulo A y Titulo D del reglamento.

La longitud mínima de los muros confinados no puede ser menor que la que se obtiene por medio de la ecuación E.3.6-1 de la NSR-10.

Los elementos de confinamiento en mampostería confinada:

- Columnas de confinamiento
- Vigas de confinamiento
- Cintas de amarre



Figura 3. Mampostería confinada

Fuente: Trabajo investigativo

7.2.2 Análisis de precios unitarios de sistemas constructivos tradicionales: Mampostería confinada-estructural y muros vaciados

A partir de los diseños estructurales en mampostería estructural- confinada y muros vaciados de casos reales de la ciudad de Pereira, Risaralda Colombia se realiza los presupuestos basados en los APUS (Análisis de Precios Unitarios) de la gobernación de Risaralda, hay que tener claro que estos No incluyen acabados solo es sistema constructivo. Se tiene en cuenta

materiales muy específicos para comparar la demanda de cada uno de estos, como arena, grava, cemento, agua, suelo, acero y arcilla que son materiales explotados y generan un gran impacto ambiental. Con esta idea se realiza un comparativo de que sistema demanda más material, es decir cual puede causar mayor impacto al medio ambiente.

Tabla 3. Presupuesto del sistema muros vaciados

NOMBRE DEL PROYECTO: CASA RESERVAS DEL NOGAL MUROS VACIADOS					
No.	ACTIVIDAD	UNID.	CANT.	Vr./UNITARIO	Vr./TOTAL
1 Preliminares y Demoliciones					
1,1	Descapote y nivelacion	M2	54	\$ 5.790	\$ 312.660
1,2	Localizacion y Replanteo	M2	54,00	\$ 829	\$ 44.766
2 Excavaciones					
2,1	Excavación en material común seco mayor a 4 m manual	M3	17,33	\$ 65.797	1.140.262,01
3 Cimentacion					
3,1	Solado en concreto de 10.3 Mpa	M3	3,78	\$ 267.709	\$ 1.011.940
3,2	Viga de enlace de zapatas en concreto de 20,7 Mpa, no incluye refuerzo	M3	3,33	\$ 543.378	\$ 1.807.493
3,3	Placa de contrapiso en concreto de 20,7 Mpa e = 0,10 m	M2	117,00	\$ 50.773	\$ 5.940.441
3,4	Placa de contrapiso en concreto de 20,7 Mpa e = 0,07 m	M2	54,00	\$ 38.307	\$ 2.068.578
3,5	Micropilote D = 0,4 m, excavación mecánica	M	105,00	\$ 193.614	\$ 20.329.470
3,6	acero flejado Fy=60.000PSI viga cimentacion	Kg	331,12	\$ 3.740	\$ 1.238.389
3,7	acero flejado Fy=60.000PSI pilotes	Kg	218,40	\$ 75.161	\$ 16.415.053
3,8	acero fy=60.000psi d>1/4"	Kg	1.888,92	\$ 3.295	\$ 6.223.991
4 Estructura					
4,1	muro estructural, no incluye refuerzo	M2	317,83	\$ 83.765	\$ 26.623.197
4,2	Malla electrosoldada M-188 Φ 6.00 mm c/.15m en ambos sentidos (incluye alambre negro, colocación y traslapo)	Kg	506,40	\$ 4.159	\$ 2.106.118
5 Elementos no estructurales					
5,1	Escalera en concreto 20,7 Mpa aéreas e = 0,15 m	M2	2,97	\$ 182.601	\$ 542.325
5,2	Dintel en concreto de 20,7 Mpa de 0,12 x 0,15 m, incluye refuerzo	M	15,93	\$ 49.131	\$ 782.657
6 Cubierta					
6,1	Techo en teja ondulada de fibrocemento	M2	214,46	\$ 23.033	\$ 4.939.611
7 Aseo					
7,1	Aseo de obra	GI	1,00	527.264,00	527.264,00
Valor Total de la Obra:					91.741.555,00
Costo Directo del Proyecto:		\$ 91.741.555			
Interventoría %		\$ 3.669.662			
Imprevistos del 4%		\$ 4.587.078			
Administración:5%		\$ 4.587.078			
Utilidad:5%		\$ 4.587.078			
Valor Total de la Obra:		\$ 104.585.373			
Demanda de materiales Mamposteria confinada 68,4 M2					
Arena	802,30	m3			
Grava	1203,45	m3			
Cemento	10029	Bulto			
Agua	257882,86	Litros			
Suelo	17,33	m3			
Acero	2944,84	Kg			
Arcilla	0	Kg			

Fuente: Trabajo investigativo

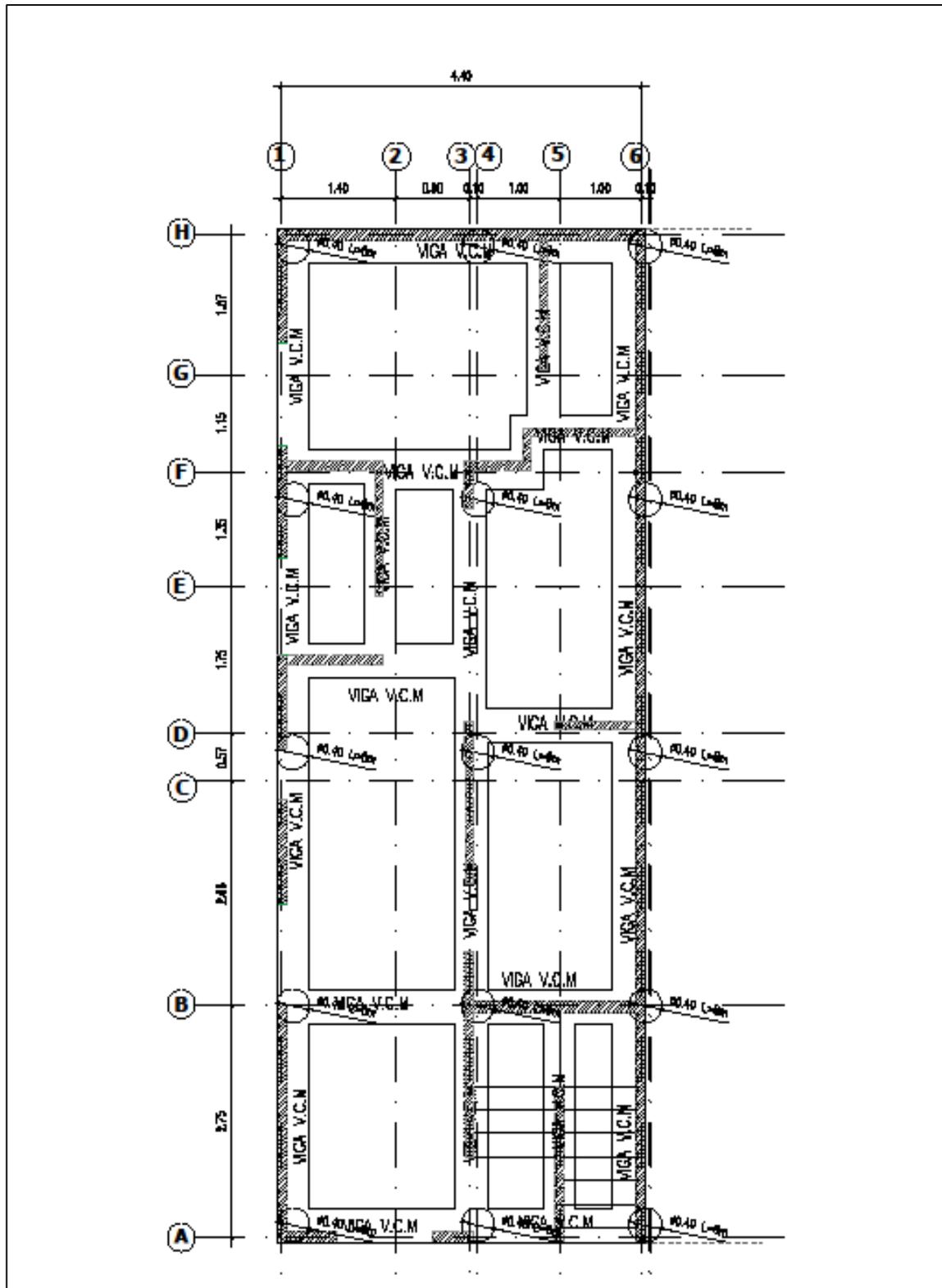


Figura 4. Plano estructural, muros vaciados

Fuente: Trabajo Investigativo

Tabla 4. Presupuesto del sistema mampostería estructural

NOMBRE DEL PROYECTO: CASA PUERTO MADERO MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL					
No.	ACTIVIDAD	UNID.	CANT.	Vr./UNITARIO	Vr./TOTAL
1	Preliminares y Demoliciones				
1,1	Descapote y nivelación	M2	44,576	\$ 5.790	\$ 258.095
1,2	Localización y Replanteo	M2	44,576	\$ 829	\$ 36.954
2	Excavaciones				
2,1	Excavación en material común seco de 0 a 2 m manual	M3	22,29	\$ 30.000	668.640,00
3	Cimentación				
3,1	Solado en concreto de 10.3 Mpa	M3	3,12	\$ 267.709	\$ 835.338
3,2	Viga apoyada concreto 20,7 Mpa (3000 psi)	M3	13,37	\$ 682.412	\$ 9.125.759
3,3	Placa de contrapiso en concreto de 20,7 Mpa e = 0,10 m	M2	44,58	\$ 50.773	\$ 2.263.257
3,4	Placa de contrapiso en concreto de 20,7 Mpa e = 0,07 m	M2	44,58	\$ 38.307	\$ 1.707.573
3,5	acero flejado Fy=60.000PSI viga cimentación	Kg	331,12	\$ 3.740	\$ 1.238.389
3,6	Acero fy=60.000psi d>1/4''	Kg	115,96	\$ 3.295	\$ 382.088
4	Estructura				
4,1	Muro en ladrillo prensado visto en soga, dos caras	M2	164,95	\$ 72.493	\$ 11.957.865
5	No estructural				
5,1	Escalera en concreto 20,7 Mpa aéreas e = 0,15 m	M2	3,13	\$ 182.601	\$ 571.906
6	Cubierta				
6,1	Techo en teja ondulada de fibrocemento	M2	62,47	\$ 23.033	\$ 1.438.918
7	Aseo				
7,1	Aseo de obra	Gl	1,00	527.264,00	527.264,00
Valor Total de la Obra:					30.753.950,77
Costo Directo del Proyecto:		\$ 30.753.950,77			
Interventoría %					
Imprevistos del 4%		\$ 1.230.158,03			
Administración:5%		\$ 1.537.697,54			
Utilidad:5%		\$ 1.537.697,54			
Valor Total de la Obra:		35.059.504			

Demanda de materiales Mampostería confinada 44,576 M2		
Arena	35,10	m3
Grava	52,65	m3
Cemento	438	Bulto
Agua	11386,13	Litros
Suelo	22,29	m3
Acero	447,08	Kg
Arcilla	9649,69	Kg

Fuente: Trabajo investigativo

Tabla 5. Presupuesto del sistema mampostería confinada

NOMBRE DEL PROYECTO:

CASA CONFINADA CIUDADELA COMFAMILIAR

No.	ACTIVIDAD	UNID.	CANT.	Vr./UNITARIO	Vr./TOTAL
1	Preliminares y Demoliciones				
1,1	Descapote y Nivelación	M2	68,4	\$ 5.790	\$ 396.036
1,2	Localización y Replanteo	M2	68,4	\$ 829	\$ 56.704
2	Excavaciones y Llenos				
2,1	Excavación en material común seco de 0 - 2 m manual	M3	68,40	\$ 30.000	\$ 2.052.000
3	Cimentación				
3,1	Solado en concreto de 10,3 Mpa	M3	4,79	\$ 267.709	\$ 1.281.791
3,2	Viga de enlace de zapatas en concreto de 20,7 Mpa, no incluye refuerzo	M3	4,10	\$ 543.378	\$ 2.227.850
3,3	Zapatas en concreto de 20,7 Mpa, no incluye refuerzo	M3	6,88	\$ 521.641	\$ 3.588.890
3,4	Placa de contrapiso en concreto de 20,7 Mpa e = 0,10 m	M2	74,76	\$ 50.773	\$ 3.795.789
3,5	Placa de contrapiso en concreto de 20,7 Mpa e = 0,07 m	M2	68,40	\$ 38.307	\$ 2.620.199
3,6	Acero flejado Fy = 60.000 psi	Kg	305,09	\$ 3.740	\$ 1.141.029
3,7	Acero Fy = 60.000 psi d>1/4"	Kg	927,62	\$ 3.295	\$ 3.056.514
4	Estructura				
4,1	Columna de amarre en concreto de 20,7 Mpa de 0,15x0,20m, incluye refuerzo	M	53,00	\$ 62.971	\$ 3.337.463
4,2	Viga de amarre en concreto de 20,7 Mpa de 0,15 x 0,20 m, incluye refuerzo	M	115,74	\$ 64.405	\$ 7.454.235
5	Elementos No estructurales				
5,1	Escalera en concreto 20,7 Mpa aéreas e = 0,15 m	M2	2,56	\$ 182.601	\$ 467.459
5,2	Techo en teja ondulada de fibrocemento	M2	80,40	\$ 23.033	\$ 1.851.853
5,3	Caballote fijo para teja ondulada de fibrocemento	M	6,00	\$ 36.584	\$ 219.504
5,4	Muro en ladrillo farol pandereta e = 0,12 m	M2	148,23	\$ 35.677	\$ 5.288.402
6	Aseo				
6,1	Aseo y retiro de escombros	Gl	1,00	\$ 527.264	527.264,00
Valor Total de la Obra:					39.362.981
Costo Directo del Proyecto:			\$	39.362.981	
Interventoría %			\$	-	
Imprevistos del 4%			\$	1.574.519,25	
Administración:5%			\$	1.968.149,06	
Utilidad:5%			\$	1.968.149,06	
Valor Total de la Obra:				44.873.799	

Demanda de materiales Mampostería confinada 68,4 M2		
Arena	184,93	m3
Grava	277,39	m3
Cemento	2.311,60	Bulto
Agua	61.753,43	Litros
Suelo	68,40	m3
Acero	1.232,71	Kg
Arcilla	6.937,16	Kg

Fuente: Trabajo investigativo

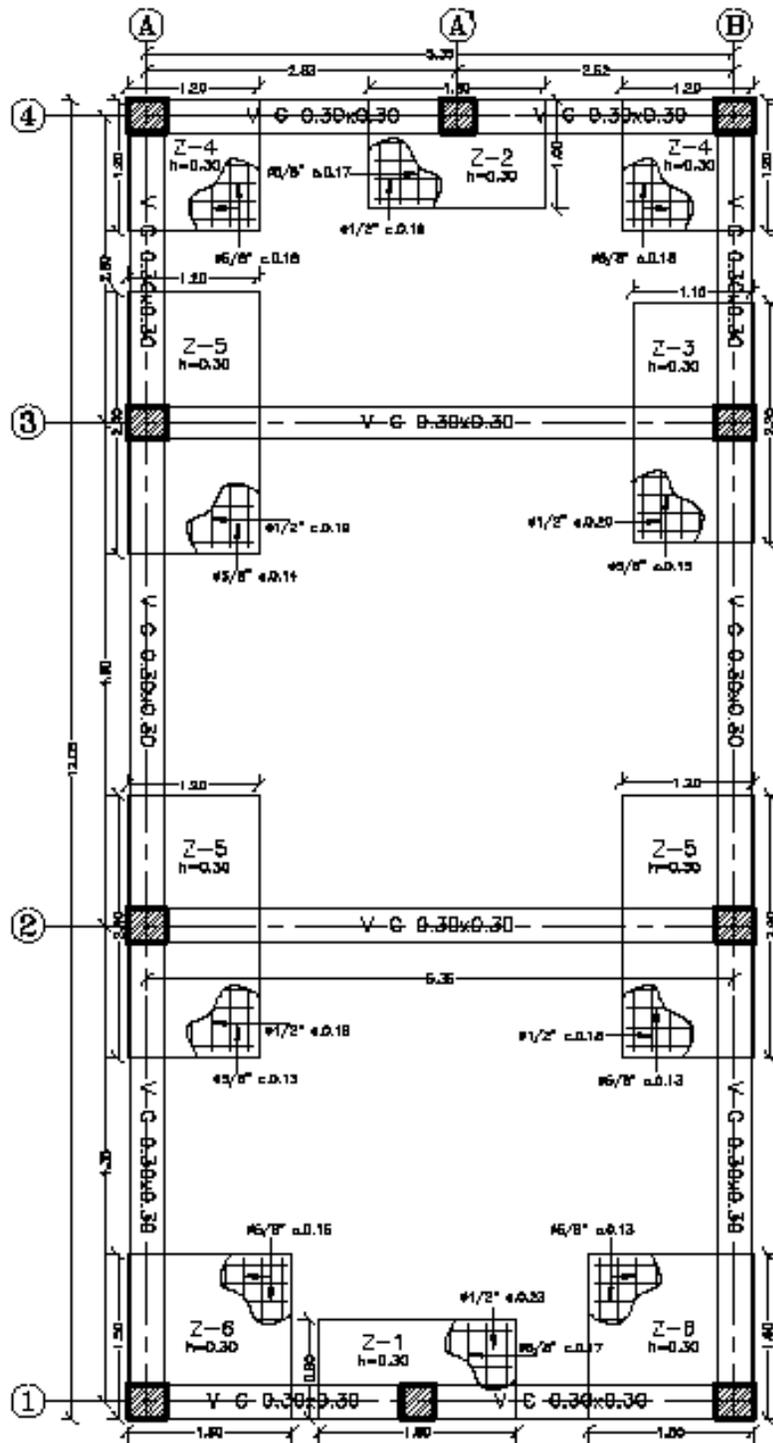


Figura 6. Plano estructural, mampostería confinada

Fuente: Trabajo investigativo

Tabla 6. Demanda de recursos unitarios por cada sistema constructivo

SISTEMA CONSTRUCTIVO	DEMANDA DE MATERIAL m2 CONSTRUIDO			OBSERVACIONES
	Material	Cantidad	UNIDAD	
Mampostería confinada	cemento	34	bultos	Incl. todos los elementos estructurales y mortero
	arena	2,7	m3	
	grava	4,06	m3	
	agua	902,83	lt	Incl. todos los elementos estructurales, mortero y ladrillos
	suelo	1	m3	
	acero	18,02	kg	Incl.todos los eslementos estructurales y cimentacion
	Arcilla	101,42	Kg	Ladrillo farol
	Vegetacion	68,4	m2	
Mampostería estructural	cemento	10	bultos	Incl. todos los elementos estructurales y mortero
	arena	0,79	m3	
	grava	1,18	m3	
	agua	255,43	lt	Incl. todos los elementos estructurales, mortero y ladrillos
	suelo	0,50	m3	
	acero	10,03	kg	Incl.todos los eslementos estructurales y cimentacion
	Arcilla	216,48	kg	Ladrillo farol
	Vegetacion	44,58	m2	
Muros vaciados	cemento	186	bultos	Incl. todos los elementos estructurales y mortero
	arena	14,86	m3	
	grava	22,29	m3	
	agua	4775,61	lt	Incl. todos los elementos estructurales, mortero y ladrillos
	suelo	0,32	m3	
	acero	54,53	kg	Incl.todos los eslementos estructurales y cimentacion
	Arcilla	0	Kg	Ladrillo farol
	Vegetacion	54	m2	

Fuente: Proyecto de Investigación

De cada sistema constructivo se calculó la demanda de materiales y presupuestos. En la tabla 3 se puede encontrar el presupuesto del sistema de muros vaciados con planos en la figura 4 de la unidad Reservas del Nogal con un área de 54 m² para un costo total de \$104'583.373. En la tabla 4 se puede encontrar el presupuesto del sistema de mampostería estructural con planos en la figura 5 de la urbanización Puerto Madero II con un área de 44.576 m² para un costo total de \$35'059.504. En la tabla 5 se puede encontrar el presupuesto del sistema de mampostería confinada con planos en la figura 6 de la urbanización Ciudadela Comfamiliar Cuba con un área de 68.4 m² para un costo total de \$44'873. 799. Se quiere ser reiterativo diciendo que todos los presupuestos son basados de casos reales de la Ciudad de Pereira.

Se centró el proyecto en materiales como: cemento, arena, grava, agua, suelo, acero, arcilla y vegetación, sacando valores unitarios de demanda de material con base a situaciones reales, siendo el sistema constructivo más demandante el de muros vaciados como se enseña en la tabla 6 a comparación de los otros dos. Con esto se quiere exponer que los métodos que estamos utilizando en la ingeniería tradicional demandan una cantidad considerable de recursos que tienen un impacto irreversible al medio ambiente.

7.2. DOCUMENTAR EL DESARROLLO ACTUAL DE LA INGENIERÍA SUSTENTABLE EN COLOMBIA

En Colombia existe una organización privada sin ánimo de lucro, que atiende los temas de la sostenibilidad donde se toman en cuenta los temas como la eficiencia energética, energías renovables, materiales alternativos, etc. Todo esto tiene como objetivo principal elevar el nivel de sustentabilidad de todas las edificaciones del país, según su tipo de uso, y también el de hacer que las ciudades acojan nuevos mecanismos y procesos, el cual permita que se desarrolle la sociedad más hacia las buenas prácticas de la sostenibilidad. Esta entidad se llama **CONSEJO COLOMBIANO DE CONSTRUCCION SOSTENIBLE (CCCS)**, dicha organización se concentra en fortalecer el conocimiento y la práctica de la construcción y urbanismo sostenible. Todo esto teniendo un gran sentido para la buena práctica de la ingeniería sostenible en el país y más gracias a que se van adquiriendo técnicas globales para beneficio de la sociedad y del medio ambiente de nuestro territorio. (Colombiano, 2016)

El CCCS, cuenta con aliados estratégicos internacionales los cuales brindan soporte teórico y práctico y suministran una amplia información y asesoría en el tema de la sustentabilidad, entre estos se encuentra, **WORLD GREEN BUILDING COUNCIL**. Esta organización mundial define la construcción ecológica como la eliminación de los impactos negativos de la edificación hacia el ambiente, esta construcción se fundamenta según la **WORLD GREEN BUILDING COUNCIL** de la siguiente manera:

- uso eficiente de energía, agua y otros recursos.
- Uso de energías renovables como la solar.
- Medidas de contaminación y reducción de residuos, y la habilitación de la reutilización y el reciclaje.
- Buena calidad ambiental del aire interior.
- Uso de materiales no tóxicos, éticos y sostenibles.
- Consideración del medio ambiente en el diseño, construcción y operación.
- Consideración de la calidad de vida de los ocupantes en el diseño, construcción y operación.
- Un diseño que permite la adaptación a un entorno cambiante.

(world green building council, n.d.)

Sin embargo, estas características varían según el tipo de edificación, la zona en la cual se va a construir, su región debido a que cada una de las culturas, tradiciones y condiciones climáticas, son diferentes para cada proyecto.

Gracias a este consejo mundial de construcción sostenible, en Colombia se inició el uso de estas técnicas en el año 2008, cuando se fundó el consejo colombiano de construcción sostenible (CCCS), esta entidad siempre ha apoyado a las personas, empresas y al gobierno, en la ejecución de proyectos de ley, artículos y reglamentos que tecnifiquen las características que harán de cada proyecto una construcción eficiente y amigable con el medio ambiente.

El CCCS, no es la única entidad interesada en la construcción y desarrollo sostenible del país, pues ya también el gobierno nacional ha puesto los ojos en el tema, gracias al ministerio de vivienda, que ha acogido esta idea, demostrando una preocupación por el progreso de las obras que se adelantan en el territorio nacional y debido a esto se creó la resolución número 0549 del 10 de julio de 2015, la cual reglamenta los parámetros y lineamientos de construcción sostenible. De aquí desarrollo el primer documento oficial, que funciona como un instructivo o guía para la construcción sostenible para todos los municipios del país. Sin embargo, este documento solo hace su enfoque principalmente en el ahorro de agua y energía para el diseño de nuevas edificaciones. Esto permite lograr un impacto que se vuelve más tangible o medible en las emisiones de gases de efecto invernadero y el aprovechamiento del uso del agua. (Ministerio de minas, 2013)

En este documento, podemos encontrar grandes ayudas, como lo son los datos donde se pueden conocer los datos de proporción en el consumo de agua y energía, ayudando a que así se puedan estimar los valores que favorecen en la disminución de consumo de agua y energía. Cabe resaltar que estos datos se clasifican dependiendo del tipo de edificación, si es un hotel, un colegio, un centro comercial, una vivienda, etc. Logrando que asimismo se pueda hacer un diseño más detallado para alcanzar la mayor optimización y funcionalidad. (Ministerio de minas, 2013)

El uso de la construcción sostenible a través del mundo ha marcado un gran desarrollo de las naciones, un gran ejemplo de la preocupación que genera el ambiente en el mundo es el reino unido, donde se pueden evidenciar muchos casos de sustentabilidad. Por ejemplo, una regeneración urbana que se viene realizando desde el año 2006. Donde se procura realizar esta actividad en una zona con un área alrededor de 27.12 Has, para esto se tramitaron licencias de construcción que abarcan un área de 750.000m². (Cross, 2011)

Todo esto abarca edificaciones existentes y nuevas que son destinadas a ser de diferentes usos, como edificios familiares, de oficinas, vías, parques, edificios de oficinas, haciendo que sea un desarrollo importante para Londres más que todo por el logro que se obtendrá en la mitigación de los impactos negativos en el ambiente, sino también porque se va a ver beneficiada la sociedad; gracias a que se mejoraran los accesos al metro. Todo esto hará un gran conjunto para buscar un objetivo principal que es reducir el 50% de las emisiones en comparación con el año 2005 y lograr un 35% más de eficiencias energéticas en el sector industrial. (Cross, 2011)

El desempeño que esta regeneración urbana requiere, de una gran colaboración de la sociedad y más por la cantidad de actividades que harán que esto salga adelante, gracias a los aportes técnicos y tecnológicos que aporta la ingeniería esto se logra y se puede proporcionar al mundo un gran plus en la conservación del ambiente, pero sin interrumpir el desarrollo de la humanidad.

En Londres, se evidencia día a día que son más los casos de construcción sostenible, esto es muy importante, porque en los países subdesarrollados, se genera la idea o la inquietud acerca de la sostenibilidad y más porque se tiene muy poco conocimiento acerca de la conservación del medio ambiente; como es el estado en el que se encuentra Colombia, que se generan dudas, ideas e inclusive se hacen edificaciones con estas características sostenibles y logran convencer poco a poco a la sociedad de que esto de la sostenibilidad marca una pauta muy importante para el mundo, más aún porque se trata de una descontaminación del suelo y esto no se considera una actividad muy sencilla para luego hacer un proyecto urbanístico para que miles de personas habiten una zona que antes fue un foco de contaminación.(Unido, Agency, & Londres, 2012)

Para determinar el desarrollo sostenible que se ha llevado a cabo en Colombia, se tomó dicha información, gracias a la consulta en el consejo colombiano de construcción sostenible en sus estudios de caso, tomando lo siguiente:

Tabla 1. Documentación de estudios de casos de Consejo Colombiano de Construcción Sostenible

Título	Localización	Área Intervenida	Tipo de Solución Sostenible	Criterios de sostenibilidad
Vivienda Caso Largo	Tenjo, Cundinamarca	-	Viviendas	<p>Manejo de Aguas de escorrentía generadas por las cubiertas</p> <p>Manejo de Residuos de construcción, se usan al máximo elementos prefabricados</p> <p>Ahorro del 34% del agua</p> <p>Se tiene una eficiencia del 19% en términos de energía con electrodomésticos eficientes</p>
Viverdi 85	Barranquilla, Atlántica	4.300 m ²	Edificación Apartamentos	<p>Aprovechamiento del agua producto de la condensación de equipos de aire acondicionado y en épocas de lluvia del agua lluvia. Con un ahorro del 51%</p> <p>Energía del 23% por tecnología LED para una mejor eficiencia energética.</p>
Vivienda Rubik Verde	Sopó, Cundinamarca	1'259.697m ²	Viviendas Modulares	<p>Manejos de aguas lluvias y aguas grises para la utilización de baños y riegos</p> <p>Incorpora la iluminación LED para la eficiencia energética.</p>
Kubik Confort 145	Bogotá D.C	Entre 47 y 97 m ²	Edificación Apartamentos	<p>Manejo de agua lluvias a través recolección de cubierta y aguas grises que se utilizan para riegos y baños. Ahorro 7.500m³/año</p> <p>Iluminación LED para eficiencia energética</p>

Título	Localización	Área Intervenida	Tipo de Solución Sostenible	Criterios de sostenibilidad
Viverdi 84 Primer edificio multifamiliar residencial certificado en Colombia	Barranquilla, Atlántica	-	Edificación Apartamentos	Aprovechamiento del Agua producto de la condensación de equipos de aire acondicionado y en épocas de lluvia del agua lluvia. Con tecnología LED para una mejor eficiencia energética
Akaroa “deConstrucción”	Bogotá D.C	-	Constructora	Se recupera los materiales de construcción para ser reutilizados en otra construcción, obteniéndose 1050 elementos para reutilización desaprovechándose 3,3m ³
W Hotel	Bogotá D.C	-	Hotel	Instalación de griferías y equipos sanitarios de bajo consumo. Ahorrando 43,79% anual. Tratamiento de aguas jabonosas para la reutilización en mantenimiento y sanitarios. Utilización de tecnología LED y sensores de ocupación. Ahorro 47,24%. Reuso y reciclaje en materiales de construcción. 78,39% Residuos menos.
Aloft Hotel Bogotá Airport	Bogotá D.C	-	Hotel	Instalación de griferías y equipos sanitarios de bajo consumo. Tratamiento de aguas jabonosas para la reutilización en mantenimiento y sanitarios. Utilización de tecnología LED y sensores de ocupación.

Título	Localización	Área Intervenida	Tipo de Solución Sostenible	Criterios de sostenibilidad
				Instalación de cubiertas verdes para aislar el calor y recuperar hábitat afectado
B3 Virrey Hotel	Bogotá D.C	-	Hotel	Fachada verde para la reducción del calor. Instalación de griferías, equipos sanitarios y de riego de bajo consumo. Sistema de iluminación de bajo consumo y sensores de ocupación (ahorra 37%)
Complejo hotelero y turístico: Waya	La Guajira	11.664 m ²	Hotel	Manejo de Agua lluvias a través recolección de cubierta y aguas grises. Integración del bahareque como método de construcción.
Centros deportivos: el caso de la Universidad de los Andes	Bogotá D.C	-	Institucional	Arquitectura bioclimática, para una buena eficiencia energética teniendo en cuenta el control solar en diferentes épocas del año. Utilización de paneles solares para calentadores y bombas de calor para épocas de baja radiación.

Título	Localización	Área Intervenida	Tipo de Solución Sostenible	Criterios de sostenibilidad
Energías alternativas para la recuperación social: árbol solar	El solado, Carmen de Bolívar	-	Reconstrucción Social	Sistemas de energía híbrido solar-diesel Iluminación y refrigeración solar. Cubierta árbol Solar 42m2 con luminaria tipo led y batería de almacenamiento
escuela preescolar para la primera infancia: Timayui	Santa Marta, Magdalena	-	Institucional	Reciclaje de aguas lluvias y grises utilizado para zona de cultivos.
Fabricación de cemento: utilización de biomásas	Ibagué, Tolima	-	Comercial	Se sustituye el carbón por biomásas y la cascarilla de arroz como sustitución de residuos fósiles que mitigan la emisión de CO2 y se evita los recursos NO RENOVABLES.
Centros comerciales: Gran Plaza San Antonio	Pitalito; Huila	15.098 m2	Comercial	Sensores de iluminación e iluminación de alta eficiencia. Ahorro de energía 21%. Recolección de aguas lluvias, las cuales se reutilizan para irrigación y sanitarios. También se instalaron aparatos sanitarios de alta eficiencia. Reciclaje y reutilización de materiales, que permitieron la recuperación de 97% de los mismos, como acero estructural, concreto y divisiones.

Título	Localización	Área Intervenida	Tipo de Solución Sostenible	Criterios de sostenibilidad
Green Terraces: proyecto de sostenibilidad humanitaria	Bogotá D.C	-	Viviendas	Terrazas Verdes
Homecenter y constructor	Bucaramanga, Santander	25.000 m ²	Comercio Homecenter	Reutilización de acero Utilización de pinturas ecológicas Recolección de aguas lluvias de las cubiertas destinada a sanitarios, riegos y lavados Equipos sanitarios de bajo consumo
Homecenter Cajicá: primer proyecto leed en Colombia	Cajicá, Cundinamarca	-	Comercio Homecenter	Aprovechamiento de la eficiencia energética mediante luminaria led Utilización de paneles solares generando una reducción del 8% de la energía utilizada Recolección de aguas lluvias de las cubiertas destinada a sanitarios, riegos y lavados Equipos sanitarios de bajo consumo
Homecenter Manizales	Manizales, Caldas	18.023 m ²	Comercio Homecenter	Arquitectura bioclimática Pinturas ecológicas Luminaria graduable que reduce el consumo Recolección de aguas lluvias de las cubiertas destinada a sanitarios, riegos y lavados

Título	Localización	Área Intervenida	Tipo de Solución Sostenible	Criterios de sostenibilidad
Nueva sede colegio Rochester	Bogotá, Cundinamarca	29.000 m ²	Colegio	Aprovechamiento de iluminación led para una mejor eficiencia energético Aislamiento acústico disminuyendo los niveles de ruido Utilización del agua lluvia para riego, paisajismo y descargas sanitarias Utilización de paneles solares
Nueva sede del Banco GNB Sudameris	Bogotá, Cundinamarca	22.000 m ²	Edificación de uso comercial	Recolección de aguas lluvias de las cubiertas destinada a sanitarios, riegos y lavados
Proyecto urbano	San Marcos, Sucre	-	Vivienda	Construcción de viviendas en madera
Centro sostenible para la innovación y negocios	Medellín, Antioquia	-	Edificación de uso comercial	Recolección de aguas lluvias de las cubiertas destinada a sanitarios, riegos y lavados Fachada vegetada que trabaja como aislador térmico Utilización de madera reciclada

Título	Localización	Área Intervenida	Tipo de Solución Sostenible	Criterios de sostenibilidad
Sostenibilidad en Terra Biohotel	Medellín, Antioquia	-	Hotel	Utilización de bloques de concreto con materiales reciclables Utilización de aceite vegetal para desmonte de formaletas Implementación de luminarias led para mejorar la eficiencia energética Uso de colectores solares para el calentamiento del agua Recolección de aguas lluvias de las cubiertas destinada a sanitarios, riegos y lavados
Hotel Terra 100 Royal	Bogotá, Cundinamarca	5.165 m ²	Hotel	Implementación de luminarias led para mejorar la eficiencia energética Uso de colectores solares para el calentamiento del agua
Ciudad Empresarial Sarmiento Angulo	Bogotá, Cundinamarca	-	Edificación de apartamentos	Implementación de luminarias led para mejorar la eficiencia energética
Ciudad verde	Bogotá, Cundinamarca	-	Urbanización	Recolección de aguas lluvias de las cubiertas destinada a baños públicos y riegos

Título	Localización	Área Intervenida	Tipo de Solución Sostenible	Criterios de sostenibilidad
Bodega ecológica "la cañada"	Neiva - Huila	400 m ²	Bodega	<p>Se añadió a la arquitectura los árboles existentes</p> <p>Aprovechamiento de agua</p> <p>Sanitarios de bajo consumo</p> <p>Uso de botellas plásticas para la construcción de muros disminuyendo el material constructivo para ello y mejorar la iluminación</p> <p>Arreglo fotovoltaico para alimentar la bomba de agua y la bodega.</p>
Ecobranch Avon: Centro de Distribución	Guarne, Antioquia	28.000 m ²	Comercial	<p>Sistemas de monitoreo para regular el consumo de energía</p> <p>Aprovechamiento de las aguas lluvias</p> <p>Aprovechamiento de las áreas verdes libres de un 70%</p> <p>Uso del gramoquin</p> <p>Lámparas fotovoltaicas</p> <p>Calentamiento de agua mediante panel solar.</p>

Título	Localización	Área Intervenida	Tipo de Solución Sostenible	Criterios de sostenibilidad
Centros Especializados de San Vicente	Rionegro, Antioquia		Hospital	Iluminación natural gracias a su adecuada arquitectura Confort térmico Arquitectura bioclimática Aprovechamiento de las aguas lluvia.
Colegio Carrasquilla Industrial	Quibdó, Colombia	2.470 m ²	Colegio	Fachada permeable para aprovechar la iluminación y el viento - aprovechamiento de agua lluvia.
Interiores comerciales: Falabella, Centro Comercial Santafé	Medellín, Colombia	12.060 m ²	Comercial	Calentador de agua solar - puntos sanitarios de bajo consumo - confort térmico.
Jardines verticales	Bogotá, Colombia		Vivienda comercial -	Mitigación de efecto térmico - disminución de la polución

Fuente: Trabajo investigativo (consulta en Cámara Colombiana de Construcciones Sostenibles)

La evaluación, análisis y comparación de los estudios de caso consultados, dan cuenta del panorama y estado del arte de las construcciones sostenibles en Colombia. La valoración de los tipos de proyecto, su funcionalidad y criterios de sostenibilidad incorporados, permiten establecer que, para caso colombiano, a pesar de lo reciente del abordaje del tema de la sostenibilidad en las construcciones, al menos permite inferir que se están haciendo los esfuerzos requeridos para empezar a cambiar el paradigma de la ingeniería tradicional como única alternativa en la ejecución de procesos constructivos, y de manera particular en las construcciones sostenibles.

Es un hecho incuestionable que la mayoría de los desarrollos constructivos sostenibles desarrollados en Colombia apuestan al aprovechamiento de espacios, a la implementación de proyectos bioclimáticos, en donde las transparencias, el aprovechamiento de las aguas de escorrentía y la dotación de equipos de bajo consumo energético, se convierten en la mejor de las alternativas y en el valor agregado de los proyectos. Llama la atención que pocos proyectos de edificaciones sostenibles en Colombia incorporen en su ejecución materiales alternativos o producto del reciclaje y reuso de los mismos. Se infiere, a partir del aparente éxito y novedad de algunos proyectos, que el tema de construcción sostenible sigue siendo un concepto manipulado o “concepto cliché” que, antes que evidenciar verdaderos avances en materia de construcciones sostenibles, satisface el cumplimiento y/o requerimientos normativos ambientales actuales, pero que más allá de dicho cumplimiento las verdaderas transformaciones del sector siguen siendo exiguas y poco eficientes desde el desarrollo sostenible.

Es importante destacar que, pese al desarrollo precario de los conceptos de sustentabilidad en las construcciones sostenibles colombianas, al menos se están incorporando criterios ambientales como:

- Aprovechamiento y optimización de los recursos agua de escorrentía y aguas grises
- Equipos y dotación de bajo consumo de recursos (agua y energía)
- Iluminación natural
- Aislamientos térmicos
- Fachadas transparentes
- Vegetación en fachadas

El reto, interesante y alentador por asumir, hacia el tránsito y cambio de paradigma de las construcciones tradicionales a las construcciones sostenibles en el caso colombiano, consiste en asumir conciencia sobre el valor ambiental de la conservación y reutilización de los recursos; el uso y aprovechamiento de recursos reciclables y renovables en la construcción;

las consideraciones respecto a la gestión del ciclo de vida de las materias primas utilizadas; la reducción significativa de energía utilizada, el incremento de la calidad en materiales, edificaciones y ambientes urbanizados; la creación de ambientes saludables y no tóxicos en las construcciones y la búsqueda y utilización de materiales alternativos que impliquen incremento de la vida útil de los actuales recursos naturales y disminución de la contaminación por los recursos utilizados y desechados.

8. CONCLUSIONES

- El sistema constructivo que demanda menos recursos (agua, arena, cemento, grava, suelo, material orgánico y ladrillos para la mampostería) a la hora de ser ejecutado fue el sistema que utiliza mampostería estructural. Esto se pudo comprobar mediante la realización de una cuantificación de los diferentes recursos constructivos de las viviendas familiares de mampostería estructural-confinada y muros vaciados.
- En la investigación realizada se pudo comprobar mediante un presupuesto elaborado con valores de la gobernación de Risaralda (APU) de 3 viviendas familiares construidas en mampostería estructural-confinada y muros vaciados, que el método constructivo más costoso a la hora de ser ejecutado es el sistema estructural constructivo de muros vaciados, dado a que este demanda más recursos, evidenciándose una cifra de \$104.585.373 teniendo en cuenta que las áreas de las viviendas tuvieron una variación baja y el costo que dio como resultado fue mucho más alto en comparación con las otras, siendo un caso real analizado.
- Dados los resultados investigados puede concluirse y demostrarse que el sistema constructivo que genera mayor impacto al ambiente por ser el que más recursos demanda es el método de muros vaciados, a pesar de ser el sistema con mayor facilidad de construcción, es el que más requiere de ellos donde puede ser verificado en los análisis comparativos de los recursos.
- Al realizar una búsqueda y posteriormente una documentación acerca de los estudios de caso que se encuentran en el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS) se puede llegar a concluir que en nuestro país, los constructores han iniciado la utilización de técnicas de aprovechamiento de los recursos como es el manejo de aguas lluvias para el uso de baños o riegos, la implementación de energía fotovoltaica mediante paneles solares y construcción de fachadas verdes para dar una mejor sensación térmica.
- Con los registros obtenidos se concluye que en Colombia es muy poca la reutilización de los recursos provenientes de demolición de obras o de remodelaciones, dado a que se ha preferido seguir explotando los recursos o cambiar de método por falta de conocimiento, normas o estatutos como en el caso de la ingeniería sustentable.

- En Colombia se ha explorado muy poco acerca de materiales alternativos para la construcción o según lo documentado son muy pocos los casos que se dan a conocer, debido a esto el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible ha generado cada año un concurso donde se pueden exponer estos casos y así darle su respectivo reconocimiento y dando a conocer dicha construcción.

9. RECOMENDACIONES

- Se recomienda ampliar la investigación a más métodos constructivos tradicionales, de este modo se podrá cuantificar la demanda de recursos no sólo de los métodos ya mencionados, si no de las técnicas constructivas utilizadas durante muchos años.
- Se recomienda cuantificar métodos de ingeniería sostenible del mismo modo que se realizó con los sistemas planteados en el actual trabajo, de esta manera se puede profundizar en métodos constructivos sustentables y generar siempre el menor impacto posible al medio ambiente. De este modo se contará con elementos comparativos que redunden en el cambio de paradigma de los actuales métodos constructivos y/o el mejoramiento, a la luz del desarrollo sostenible, de los actualmente implementados.
- La ingeniería sustentable en Colombia es un método poco investigado y documentado, razón por la cual se recomienda documentar más a cerca de materiales alternativos que se puedan utilizarse sin menoscabar el nivel de desarrollo del país, y se pueda seguir avanzando hacia una ingeniería que tenga menos impactos en los recursos, más en esos que no son renovables y que se manejan habitualmente en las obras civiles.
- Se recomienda adoptar técnicas sustentables investigadas en otros países para realizar una comparación con lo construido en Colombia, desarrollando nuevos métodos constructivos amigables con el medio ambiente.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, D., & Cilento, A. (2005). Edificaciones sostenibles: estrategias de investigación y desarrollo. *Tecnología y construcción*, 21(1), 15-30.
- Aguado Moralejo, I., Echebarría Miguel, C., & Barrutia Legarreta, J. M. (2009). the Sustainable development along the History of the economic thought. *Revista de economía mundial*, 21, 87-110.
- Alavedra, P., Domínguez, J., Gonzalo, E., & Serra, J. (1997). La construcción sostenible: el estado de la cuestión. *Informes de la Construcción*, 49(451), 41-47.
- Brand, P. C. (2001). La construcción ambiental del bienestar urbano. Caso de Medellín, Colombia. *Economía, Sociedad y Territorio*, 3(9), 1-24.
- Brundtland, G. (1987). Nuestro Futuro Común (Informe Brundtland). *Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo de la ONU*.
- Cabrera, F. M. (2003). El humanismo científico y tecnológico desde la perspectiva de la sostenibilidad. *Ingenierías*, 6(20), 19.
- Candelo Aguirre, N. (2015). Armar la vivienda (Convive IX).
- Cantú Martínez, P. C. (2013). Conciencia y construcción social de la sustentabilidad. *Ciencia uanl*, 16(62), 36-44.
- Cantú Martínez, P. C. (2015). Ascenso del desarrollo sustentable de Estocolmo a Río+20. *Ciencia uanl*, 18(75), 33-39.
- Carazas Aedo, W., & Rivero Olmos, A. (2002). Bahareque: Guía de construcción parasísmica.

- Durango, J. G. (s.f.). Contribución de la Ingeniería Civil al desarrollo sostenible, presente y futuro. Recuperado el 05 de 04 de 2013, de http://www.ciccp.es/webantigua/Icitema/Comunicaciones/Tomo_1/T1p103.pdf
- Flores, C. B., & Parra, G. B. C. (2009). El desarrollo sostenible y la agenda 21. *Telos*, 11(2), 164-181.
- González, J. F. (s.f.). Vivienda sustentable. Recuperado el 2012 de 04 de 05, de IMC:<http://www.imcyc.com/ct2007/jun07/sustentabilidad.htm>
- Gutiérrez, N. S. (2011). La vivienda de interés social en Colombia y acercamiento a un sistema constructivo sostenible (Doctoral dissertation, Uniandes).
- Hevia, A. E. (s.f.). Desde el “desarrollo sustentable” hacia sociedades sustentables. Recuperado el 05 de 04 de 2013, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30500411>
- Kibert, C. J. (2004). Green buildings: an overview of progress. *Journal of Land Use & Environmental Law*, 19(2), 491-502.
- Martínez Soto, A., & Damián Hernández, S. A. (1999). *Catálogo de impactos ambientales generados por las carreteras y sus medidas de mitigación*. Publicación Técnica, (133).
- Max-Neef, M., Elizalde, A., & Hopenhayn, M. (1986). Desarrollo a escala humana. *Development dialogue*, 9-93
- Navia Llorente, J. A., Roa, B., & Mauricio, E. (2007). Determinación del índice de vulnerabilidad sísmica en viviendas de interés social de uno y dos pisos construidas con mampostería estructural en la ciudad de Bogotá
- NSRC-10 (Norma Sismo Resistente Colombiana,(2010))

- Pérez Gavilán, J. J., Flores, L., & Alcocer, S. (2013). Efecto de la esbeltez en la resistencia de muros de mampostería confinada. *Ingeniería sísmica*, (89), 55-76.
- Pinto, G. A. O., & Plata, G. O. (2010). Desarrollo sostenible en edificaciones. *Revista UIS Ingenierías*, 9(1), 103-121.
- PNUD, (1990). Informe 1990. Informe de Desarrollo Humano. *Pub. PNUD-Tercer Mundo. Edics. Bogoti.*
- Raúl Jean Perrilliat, & Farah, y J. C. (2000). RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA. 1–20. Retrieved from http://www.smie.org.mx/SMIE_Articulos/co/co_11/37.PDF
- Ramírez, A. (2002). La construcción sostenible. *Física y sociedad*, 13, 30-33.
- Rochel, R. O. B. E. R. T. O. (1993). Influencia de los Muros de Mampostería en el Comportamiento de las Estructuras Aperticadas. *Revista Universidad EAFIT*, (90), 71-79
- Rodríguez-Mora, O. (2003). Morteros: guía general. AFAM-Asoc_Fabr_Mortero
- Romero, E. (1998). Colombia: su infraestructura y el desarrollo nacional. Disertación en los martes del Planetario, “Colombia: una camino hacia el futuro”. Sociedad Geográfica de Colombia. Bogotá, segundo semestre de 1998. Recuperado de <http://pdfstoc.net/reads/document/aHR0cCUzQSUyRiUyRnd3dy5zb2dlb2NvbC5lZHUuY28lMkZkb2N1bWVudG9zJTJGQ29sX2luZl9kZXNfbmFsLnBkZg>.
- Sanchez, T. A. (1995). Diseño y Construcción de estructuras de mampostería.pdf. Retrieved from <http://65.182.2.242/docum/crid/ASH/pdf/spa/doc9209/doc9209-2.pdf>
- Serna Pulgarín, C. A., Contreras, S., & Fernando, L. (2017). Análisis económico de la mampostería postensada en seco versus actuales soluciones de vivienda de interés social en Colombia.

Serna Pulgarín, C. A., Contreras, S., & Fernando, L. (2017). Análisis económico de la mampostería postensada en seco versus actuales soluciones de vivienda de interés social en Colombia

Sin, C. O. N. Y., Alrededor, R., & Abertura, D. E. L. A. (2004). Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural ENSAYE DE MUROS DE MAMPOSTERÍA CON Y SIN REFUERZO ALREDEDOR DE LA ABERTURA Leonardo E. Flores 1 , José Antonio Mendoza 2 y Carlos Reyes Salinas 3. 1–11.

Valcárcel, M. (2006). Génesis y evolución del concepto y enfoques sobre el desarrollo. Documento de investigación. Departamento de Ciencias Sociales. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Valencia Giraldo, A. (1999). El futuro de la ingeniería. Publicado en: Revista de Ingeniería Universidad de Antioquia. N. o 19, diciembre de 1999, pp. 85-92

Vale, B., & Vale, R. (1993). The untapped potential of the low-energy building. Town and Country Planning-London-Town and Country Planning Association-, 62, 205-205.