

ANÁLISIS DE LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE FRENTE A LA CONSTRUCCIÓN CONVENCIONAL DESDE EL PUNTO DE VISTA DE COSTOS Y BENEFICIOS: CASO REFUGIO TOIBITA, PAIPA - BOYACÁ

ANALYSIS OF SUSTAINABLE CONSTRUCTION VERSUS CONVENTIONAL CONSTRUCTION FROM THE POINT OF VIEW OF COSTS AND BENEFITS: CASE REFUGE TOIBITA, PAIPA-BOYACA

Ingeniera Nayely Gwyneth Rincón Abril. Ingeniero Iván Darío Medina Becerra

Fecha de recepción del artículo: 25 de octubre de 2029

Fecha de aceptación del artículo: 22 de noviembre de 2019

Resumen

El presente documento muestra la comparación de la construcción convencional frente a la sostenible mediante tres aspectos; primero, el consumo energético a lo largo del ciclo de vida, para el cual se determina la energía embebida y la energía de operación con un ciclo de vida de 50 años para los dos tipos de construcción; segundo, la identificación y evaluación de impactos ambientales en el proceso de construcción, donde se tiene en cuenta las emisiones de dióxido de carbono por kilogramo de material, los cuales fueron acero, cemento y lámina de yeso (Superboard); y tercero, los costos de construcción, se definen con base al consumo de material necesario para cada una de las alternativas. En esta fase del análisis se incluye aspectos como preliminares, cimentación, estructura metálica, mampostería, pintura, pisos, cubierta, carpintería metálica, aparatos sanitarios, instalación hidráulica, sistema hidráulico y sanitario y otros.

Palabras Clave. Sostenible, convencional, ciclo de vida, impactos, costos, consumo energético.

Abstract

This document shows the comparison of conventional versus sustainable construction through three aspects; first, the energy consumption throughout the life cycle, for which the embedded energy and the operating energy are determined with a life cycle of 50 years for the two types of construction; second, the identification and evaluation of environmental impacts in the construction process, where carbon dioxide emissions per kilogram of material are taken into account, which were steel, cement and plasterboard (Superboard); and third, the construction costs are variable based on the consumption of material needed for each of the alternatives. This phase of the analysis includes aspects such as preliminary, foundation, metal structure, masonry, paint, floors, roof, metal carpentry, sanitary equipment, hydraulic installation, hydraulic and sanitary system and others.

Keywords. Sustainable, conventional, life cycle, impacts, costs, energy consumption

Introducción

El crecimiento de las ciudades representa desafíos y ello implica mayor consumo de los recursos naturales y de territorio, tanto para satisfacer la demanda de bienes y servicios como para disponer los desechos de los consumidores, lo anterior nos dirige a citar el tema de “análisis de la construcción sostenible frente a la construcción convencional desde el punto de vista de costos y beneficios: caso refugio Toibita, Paipa – Boyacá”, esto con importancia a nivel local, regional y nacional.

Por otra parte, se tiene una responsabilidad en la intervención del entorno y conformación de los espacios urbanos y rurales por lo que es importante generar alternativas que minimicen los impactos que se generan por dichas acciones, por esto es perceptible que se pueda contribuir a la conservación del medio ambiente, de este modo, el principio de construcción de refugios sostenibles nace, a su vez, como un objetivo que busca el equilibrio entre las necesidades del ser humano y el medio ambiente en el que se desarrolla.

El objetivo del presente documento desarrolla la comparación de un modelo de edificación convencional frente al concepto de refugio sostenible, mediante un modelo arquitectónico donde se aplica la optimización de recursos hídricos, energéticos y la minimización de los impactos generados en el entorno por las actividades realizadas en la fase de construcción; se analiza el sector de la construcción desde el contexto energético, ambiental y de costos, con el fin de demostrar que la vivienda sostenible presenta mayores beneficios a pesar de tener costos de construcción superiores a la convencional.

Metodología

La información se recolectará en tablas específicas en donde se presente la información y datos obtenidos en las fases. Las siguientes metodologías se usaron para desarrollar el documento:

- **Consumo energético del ciclo de vida para la vivienda**

Para realizar el análisis energético de las construcciones se tiene en cuenta dos etapas de subdivisión del ciclo de vida: construcción, el cual incluye la fabricación y el transporte, hasta el lugar de ejecución, así como los diferentes procesos constructivos; y operación, considerado en esta etapa los procesos del uso diario del producto analizado, entre ellos el consumo energético asociado al mantenimiento, consumo de agua, producción de residuos y demanda eléctrica de instalaciones.

Energía embebida

La energía embebida corresponde al contenido energético de todos los materiales y equipos asociados a los procesos de construcción. Para la determinación de este parámetro se aplica la fórmula utilizada en el proyecto de análisis del ciclo de vida en una vivienda media de la Región de Murcia (Sanz San Pablo, 2012) :

$$EE = \sum m_i M_i + E_c$$

Donde:

EE: Energía embebida

Mi: cantidad del material i

Mi: contenido energético del material i

Ec: energía empleada para la construcción

Energía de operación

Para la determinación de la energía de operación se tendrá en cuenta uno de los conceptos del cual está compuesto:

Energía de servicio. Consumo derivado de los sistemas climatizados, iluminación, electrodomésticos, entre otros. Se tiene en cuenta la siguiente ecuación (Sanz San Pablo, 2012):

$$E_s = C_m * k * L_b$$

Donde:

Es: Energía de servicio consumida a lo largo del ciclo de vida.

Cm: Consumo medio energético (kWh/m² año)

K: Coeficiente de transformación de kWh a MJ

Lb: Ciclo de vida para la vivienda

• Evaluación de Impactos – Método Leopold

Se desarrolló en 1971 por el Dr. Luna Leopold, entre otros en el Geological Survey de los Estados Unidos, especialmente para proyectos en construcción.

Corresponde a un método de evaluación de impactos, lo que realmente se califica es cada una de las interacciones entre el proyecto y el ambiente, pero no se le da ningún nombre a esa interacción (Pinto Arroyo, 2007).

Parámetros de evaluación: Leopold evalúa los impactos ambientales con base en tres criterios:

Clase: indica el tipo de impacto de consecuencias del impacto (positivas o benéficas (+) o negativas o perjudiciales (-))

Magnitud (M): corresponde al grado o nivel de alteración que sufre un factor ambiental a causa de las actividades del proyecto (siendo 1: la alteración mínima y 10: la alteración máxima)

Importancia (I): evalúa el peso relativo que el factor ambiental considerado tiene dentro del ambiente que puede ser afectado por el proyecto (siendo 1: insignificante y 10 la máxima significación).

• Costos de inversión – Análisis de precios unitarios APU

El APU, es un modelo matemático que adelanta el resultado, expresado en moneda, de una situación relacionada con una actividad sometida a estudio. También conocido como descompuestos, es el desglose que debe hacerse al precio unitario de cada partida de un presupuesto; se descompone en cuatro partes principales: materiales, mano de obra, medios auxiliares e imprevisto (Chile Cubica, 2019). Para el caso de estudio se va a realizar la evaluación de costos en cuanto a materiales por unidad de obra.

Evaluación

A continuación, se presenta el perfil medioambiental de los principales materiales usados en los tipos de construcción y su respectivo consumo de energía en la etapa de producción, con el fin de determinar la energía consumida en las diferentes etapas del ciclo de vida.

Tabla 1. Consumo de materias primas y emisiones generadas en la producción de cemento.

| Material | Consumo de materias primas | | | | | | | | |
|----------------------|----------------------------|----------|--------------------|-----------------|------------------------|----------|--------------------|----------|----------|
| Cemento | Producción del clinker | | | | Producción del cemento | | | | |
| | Marga | Arcilla | Pizarra | Óxidos férricos | Clinker | Escorias | Cenizas | Yeso | Energía |
| | 1,610 | 0,057 | 0,047 | 0,019 | 0,950 | 0,109 | 0,09 | 0,050 | 4,544 |
| | kg/kg | kg/kg | kg/kg | kg/kg | kg/kg | kg/kg | kg/kg | kg/kg | MJ/kg |
| | producto | producto | producto | producto | producto | producto | producto | producto | producto |
| | Emisiones al aire | | | | | | | | |
| CO2 | | | NOx | | SO2 | | Polvo | | |
| 918,30 g/kg producto | | | 3,11 g/kg producto | | 1,16 g/kg producto | | 0,24 g7kg producto | | |
| Calentamiento global | | | | | 0,920 kg CO2 eq/ kg | | | | |

Fuente: De CarvalhoFilho, A. C. (2001). Análisis del ciclo de vida de productos derivados del cemento - Aportaciones al análisis de los inventarios del ciclo de vida del cemento. España: Universidad Politécnica de Cataluña.

Tabla 2. Consumo de materias primas y emisiones de la producción de acero.

| Material | Consumo de materias primas | | | | | Residuos y emisiones | | |
|----------------------|----------------------------|---------------|----------------|----------|----------|----------------------|---------------|--|
| | Ganga de hierro | Piedra caliza | Carbón (coque) | Energía | Escoria | Escoria granulada | Agua residual | Gases (dióxido de carbono, Óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno) |
| Acero | 1500 kg/t | 225 kg/t | 750 kg/t | 19 MJ/kg | 145 kg/t | 230 kg/t | 150000 l/t | 2 t/t producto |
| | producto | producto | producto | producto | producto | producto | producto | |
| Calentamiento global | | | | | | 1,8 Kg CO2 eq./kg | | |

Fuente: Cadavid Marín, G. H. (2014). Análisis de ciclo de vida del proceso siderúrgico. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Tabla 3. Consumo de materias primas y emisión de la producción de placas de yeso.

| Material | Consumo de materias primas | | | |
|----------------------|----------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| | Energía | Yeso | Anhidrita | Otros |
| Placas de Yeso | 1,08 MJ/kg producto | 0,65 kg/kg producto | 0,34 kg/kg producto | 0,01 kg/kg producto |
| Calentamiento global | | | 0,0725 Kg CO2 eq./kg | |

Fuente: Gómez Á., J., & Arciniegas, B., M. (2017). Análisis de la viabilidad técnico, ambiental y económica del reciclaje de placas de yeso "driwall" producto de una obra de construcción. Colombia: Universidad de La Salle.

De acuerdo a los valores obtenidos en las tablas 1, 2 y 3, para cada material considerados varia de un supuesto a otro. De esta forma la existencia de la variabilidad asociada al origen de la fuente seleccionada para el dato de energía embebida de los mismos influye en los resultados obtenidos para cada uno de los materiales y por consiguiente en el consumo energético total a lo largo del ciclo de vida.

- **Consumo energético del ciclo de vida para la vivienda convencional y sostenible**

Tabla 4. Energía embebida de la construcción convencional (MJ).

| Construcción Convencional | | | | |
|----------------------------|---|----------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| Cemento | | | Energía empleada para la construcción | Energía embebida (MJ) |
| Cantidad del material (Kg) | Contenido energético del material (MJ/kg producto) | Energía del material | | |
| 5171,88 | 4,544 | 23501,02 | | |
| Acero | | | 2613,63 | 41719,16 |
| Cantidad del material (Kg) | Contenido energético del material (MJ/kg producto) | Energía del material | | |
| 821,29 | 19 | 15604,51 | | |

Fuente: autoría propia, 2019.

Tabla 5. Energía embebida de la construcción sostenible (MJ).

| Construcción Sostenible | | | | |
|----------------------------|---|----------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| Placas de yeso | | | Energía empleada para la construcción | Energía embebida (MJ) |
| Cantidad del material (Kg) | Contenido energético del material (MJ/kg producto) | Energía del material | | |
| 4357,43 | 1,08 | 4706,02 | | |
| Acero | | | 1402,37 | 21338,79 |
| Cantidad del material (Kg) | Contenido energético del material (MJ/kg producto) | Energía del material | | |
| 801,6 | 19 | 15230,4 | | |

Fuente: autoría propia, 2019.

La información presentada en la ilustración 1, hace referencia al contenido energético en las fases iniciales de la construcción, correspondiente a la energía requerida en la fase constructiva y de transporte de los materiales en cada una de las viviendas.

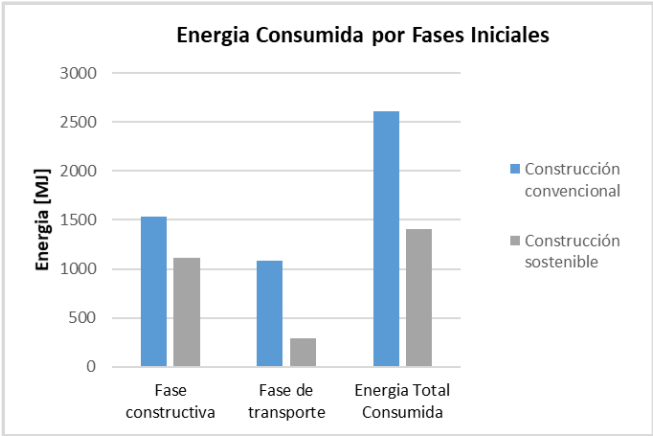


Ilustración 1. Comparación de la energía contenida en las fases iniciales de la construcción.
Fuente: autoría propia, 2019.

La energía correspondiente a la fase inicial de la construcción está directamente ligada a la energía contenida en los materiales que componen los elementos sujetos a estas actividades. De acuerdo a los resultados obtenidos, la fase constructiva representa el parámetro con mayor influencia para la energía contenida en la fase inicial de la construcción, debido a que contempla los equipos, mano de obra y herramientas usadas en esta fase.

Según la ilustración 1, correspondiente a la comparación entre los dos tipos de construcción, la vivienda convencional muestra mayor consumo energético en las fases iniciales con un valor igual a 2613.63 MJ, presentando una diferencia de 1211.26 MJ en comparación a la vivienda sostenible. Esto debido a dos aspectos, el primero al uso de formaletas propia de moldes contruidos en tablas o tablonos para las estructuras en cemento, correspondiente al 54.5% del total de la energía consumida en la fase de construcción; y la segunda, el transporte de materiales, el cual está ligado a la distancia desde el punto de fabricación hasta el lugar de construcción equivalente al 71.89% de la energía consumida en la fase de transporte.

Tabla 6. Energía de operación para la vivienda convencional y sostenible.

| Construcción convencional | | | | | | |
|-------------------------------------|-------|---------------------------|----|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| Consumo energético* (kWh/m² año) | medio | Coficiente transformación | de | Ciclo de vida para la vivienda | Energía de servicio MJ/m² año | Emisiones de CO₂** Kg CO₂/m₂ año |
| 100,9 | | 3,6 | | 50 | 18162 | 15,0 |
| Construcción sostenible | | | | | | |
| Consumo energético* (kWh/m² año) | medio | Coficiente transformación | de | Ciclo de vida para la vivienda | Energía de servicio MJ/m² año | Emisiones de CO₂** Kg CO₂/m₂ año |
| 76,9 | | 3,6 | | 50 | 13842 | 11,4 |

Fuente: Quispe Gamboa, C. (2016). Análisis de la energía incorporada y emisiones de CO2 aplicado a viviendas unifamiliares de eficiencia energética. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.

Tomado de: *Dato obtenido de la certificación y de los proyectistas calculados con la herramienta PHPP ndel estándar Passivhaus.

** Emisiones calculadas según la fuente de energía con Factores de conversiónmdel Instituto para la diversificación y ahorro de energía (IDAE).

En la tabla 6, se expone el valor resultante de la energía de operación, por unidad funcional para cada uno de los supuestos a lo largo de su ciclo de vida: 18162 MJ/m² para el caso A y para el caso B 13842 MJ/m², resultando destacable la variación entre los dos. Como se puede observar la variable con mayor influencia en el valor de la energía de operación está dada por el consumo medio energético, el cual varía de acuerdo a las características de la vivienda.

A este respecto, la construcción convencional debido a que demanda mayor energía anual presenta un 23% de consumo adicional a comparación de la sostenible a lo largo de su ciclo de vida. De acuerdo a los resultados obtenidos, el consumo energético en la construcción no se limita a la operación del mismo, se debe tener en cuenta los procesos de fabricación de los materiales, el transporte de los mismos y los propios procesos de edificación, los cuales dan lugar a consumos energéticos que no deben ser despreciados ya que resultan siendo el factor con mayor incidencia en el consumo total a lo largo del ciclo de vida.

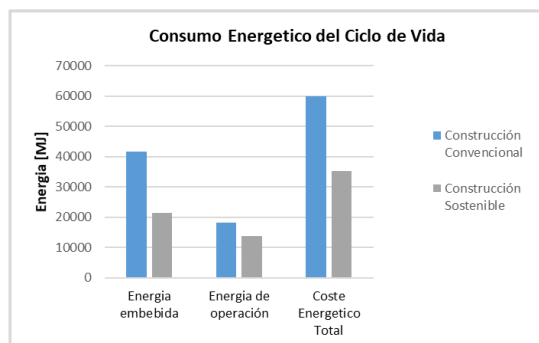


Ilustración 2. Comparación del consumo energético durante el ciclo de vida de la construcción.

Fuente: autoría propia, 2019.

De esta manera, se puede observar las diferencias que tiene el sistema sostenible frente al sistema convencional o de mampostería, mientras que la energía de consumo en la fase de construcción o energía embebida para la vivienda sostenible es de 21338.79 MJ, la energía para la vivienda convencional es de 41719.16 MJ, estos valores como se demostraron anteriormente son determinados por la cantidad de material utilizado para la construcción de la vivienda, el contenido energético de este y la energía empleada para la construcción, esta se ve reducida al empleo de nuevos y mejores materiales, cuya fabricación y montaje requiere de un menor consumo energético, reduciendo así la demanda global.

Por otra parte, para una vida útil de 50 años para los dos supuestos la energía de operación es de 18162 MJ para la convencional y 13842 MJ para la sostenibilidad.

En este sentido, la reducción del consumo energético de la edificación abarca desde los conceptos básicos de diseño hasta detalles de ejecución y el empleo de nuevos materiales de construcción que reduzcan la energía necesaria en su producción y posteriormente aumentar la eficiencia energética con el fin de disminuir la demanda de energía a lo largo de su ciclo de vida útil.

La adecuada combinación de estos aspectos, durante la fase del proyecto, permitirán alcanzar en mayor medida el objetivo de disminución en el consumo energético, como es el caso del sistema sostenible que en comparación al convencional el consumo energético global disminuye 24701 MJ durante todo el ciclo de vida, además al tratarse de una técnica constructiva de actividades rápidas, se requiere de menos trabajadores y equipos, lo que resulta más rentable al presentar una reducción considerable en el consumo energético y por consiguiente en las emisiones.

Tabla 7. Calentamiento global por los materiales usados en la construcción.

| Sistema | Material | Calentamiento (kg CO2 eq/kg) | Cantidad de material (kg) | Calentamiento global total (kg CO2 eq) | |
|--------------|----------------|---------------------------------|------------------------------|---|---------|
| Convencional | Cemento | 0,92 | 5171,88 | 4758,13 | 6236,45 |
| | Acero | 1,8 | 821,29 | 1478,32 | |
| Sostenible | Placas de yeso | 0,0725 | 4357,43 | 315,91 | 1758,79 |
| | Acero | 1,8 | 801,6 | 1442,88 | |
| Sistema | Material | Calentamiento (kg CO2 eq/kg) | Cantidad de material (kg) | Calentamiento global total (kg CO2 eq) | |
| Convencional | Cemento | 0,92 | 5171,88 | 4758,13 | 6236,45 |
| | Acero | 1,8 | 821,29 | 1478,32 | |
| Sostenible | Placas de yeso | 0,0725 | 4357,43 | 315,91 | 1758,79 |
| | Acero | 1,8 | 801,6 | 1442,88 | |

Fuente: autoría propia, 2019.

• **Impactos ambientales producto de las actividades de construcción**

La elevada responsabilidad del sector de la construcción en cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes, sumado a esto el consumo energético global que este supone, resulta del aporte de tecnologías renovables al mix energético equivalente a un 15% aproximadamente. (Sanz San Pablo, 2012).

Entre los diferentes procesos constructivos del sector, la fabricación de los materiales resulta de especial interés, pues da lugar a la emisión de elevadas cantidades de sustancias contaminantes a la atmósfera como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 8. Impactos generados en la fase de construcción en los sistemas.

| TIPO DE COSNTRUCCIÓN | IMPACTOS PRODUCTO DE LA FASE CONSTRUCTIVA |
|----------------------|---|
| Sostenible | Desarmonización del paisaje Pérdida de calidad del aire Afectación de los hábitats Generación de empleo |
| Convencional | Contaminación del recurso hídrico Perdida de la calidad del aire Perdida del suelo Desarmonización del paisaje Generación de empleo |

Fuente: autoría propia, 2019.

Los procesos constructivos requieren grandes cantidades de materiales de diferentes características en función del uso al que se destinan , lo que indica el consumo de recursos renovables y no renovables y por ende la generación de emisiones de sustancias contaminantes, como es el caso de la fabricación de cemento y acero, los cuales en las tablas 1, 2 y 3, se presentan las emisiones al aire como gases contaminantes (CO₂, NO_x, SO₂, polvo, etc), residuos y aguas residuales, producto del proceso de transformación de la materia prima.

Según la tabla 7, la carga contaminante de CO₂ producto de los principales materiales usados en los supuestos y teniendo en cuenta la cantidad de material, se obtiene que el sistema convencional genera 6236.45 kg CO₂ eq, tres veces y media más que el sistema sostenible, generando este 1758.79 kg CO₂ eq.

Para detallar con mayor facilidad la comparación de calentamiento global producto de emisiones de dióxido de carbono en los dos sistemas de vivienda se presenta la ilustración 3.

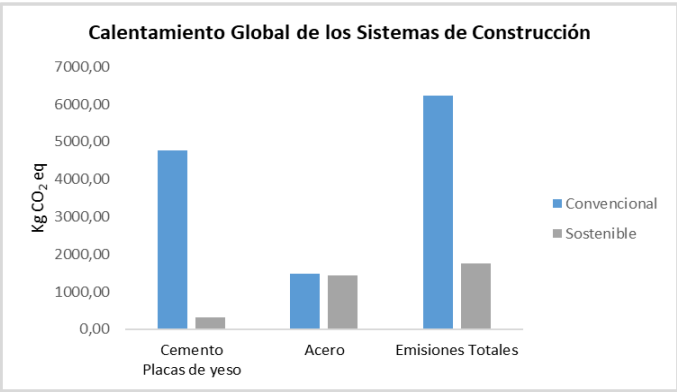


Ilustración 3. Carga contaminante de CO2 en los sistemas de construcción.

Fuente: autoría propia, 2019.

Los impactos al medio ambiente son producto de las actividades antes, durante y después de la construcción. Uno de los aspectos que representa mayor contaminación es la generación de residuos; en la etapa de fabricación la técnica de reducción de cantidad de materiales empleados no lo permite fácilmente, por tal razón, en la construcción sostenible se considera técnicas de reciclado y reutilización de los materiales en la construcción y el aumento de la vida útil de la edificación, ya que la cantidad de residuos de demolición podría reducirse a la mitad si la vida útil de las edificaciones se duplica.

La técnica de placas de yeso emplea materiales con gastos energéticos neutros o de poco impacto, así como menores cantidades de emisiones de CO₂ generados por la obtención de los materiales en comparación al sistema de estructura de hormigón.

Ya que la diferencia se incrementa considerablemente en la edificación convencional, se puede concluir que la vivienda sostenible es más viable y presenta menor impacto al ambiente, además de ofrecer menor aporte térmico al aire ambiente interior de las viviendas.

Con el fin de determinar la viabilidad ambiental en los sistemas de construcción se realizó la evaluación de los impactos ambientales en la fase de construcción mediante el método de Vester, del cual se obtiene los siguientes impactos con mayor relevancia para cada uno de los supuestos.

En cuanto a la clase de impactos negativos o perjudiciales como desarmonización del paisaje, pérdida de la calidad del aire y la afectación de los hábitats; el sistema convencional presenta mayor magnitud o alteración a estos factores en relación al sistema sostenible, esto principalmente por las características estructurales, ya que requieren mayores actividades que generan un nivel de importancia mayor, además de un incremento de generación de empleo por lo que en este aspecto el sistema convencional demuestra aumento en la magnitud en cuanto a la clase de impacto positivo.

De acuerdo a la matriz de evaluación de impactos, se determina que la construcción sostenible muestra mayor viabilidad ambiental, debido a que los impactos negativos generados al medio ambiente son menores que la construcción convencional puesto que presenta una magnitud promedio de 4.35 y una importancia promedio de 5.85, mientras que la convencional obtuvo 5.54 y 5.77, respectivamente.

• **Análisis de los costos de construcción**

A continuación, se muestra el resumen de los valores de cálculo, para las dos alternativas planteadas respectivamente con cada una de las etapas que conforman las actividades generales, estos valores se determinaron del instituto de vivienda de Paipa Boyacá, vivienda en sistema constructivo tradicional.

En la siguiente ilustración, se puede denotar con mayor claridad la variación de costos entre los dos tipos de edificaciones en todos los procesos.

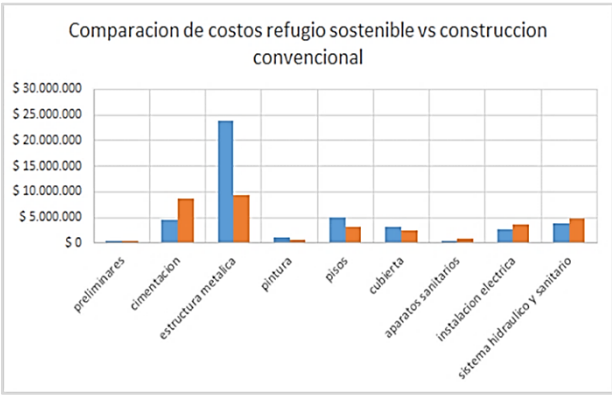


Ilustración 4. Comparación de costos de construcción.

Fuente: autoría propia, 2019.

Tabla 9. Costos de producción para los dos supuestos estudios.

| Aspecto | Refugio sostenible | Construcción convencional |
|--------------------------------|--------------------|---------------------------|
| Preliminares | \$ 451.804 | \$533.906 |
| Cimentación | \$4.672.686 | \$8.668.621 |
| Estructura metálica | \$23.883.242 | \$9.387.182 |
| Pintura | \$1.115.532 | \$703.030 |
| Pisos | \$5.040.280 | \$3.196.284 |
| Cubierta | \$3.129.322 | \$2.500.000 |
| Aparatos sanitarios | \$431.143 | \$796.143 |
| Instalación eléctrica | \$2.780.000 | \$3.550.878 |
| Sistema hidráulico y sanitario | \$3.765.288 | \$4.770.269 |
| TOTAL | \$ 45.269.297 | \$34.106.313 |

Fuente: autoría propia, 2019.

En la tabla 9, se pueden determinar todas las etapas de construcción tanto para los refugios sostenibles como para las construcciones convencionales, cada una de estas etapas con su respectivo costo donde se pudo determinar que para el refugio sostenible se tiene un valor total de **\$45.269.297** y para la construcción convencional un valor total de **\$34.106.313**, de esta manera se podría determinar que es más factible realizar la construcción convencional por la diferencia de **\$11.162.984**; pero desde su análisis se podría decir que este tipo de vivienda no es sostenible, pero el beneficio monetario se dará a largo plazo, en cuanto al tema de mantenimiento, durabilidad, calidad entre otros, y a nivel de impactos ambientales es de corto plazo por la no utilización de materiales que genera afectaciones de forma directa al medio ambiente por su previo proceso de producción como se ha venido explicando a lo largo de este documento.

Se determinó para los valores analizados que dentro de los que hay una variación considerable están cimentación, estructura metálica, cubierta, instalaciones eléctricas, sistema hidráulico. Eso se puede dar por el tipo de procesos que se realizan para cada tipo de construcción analizadas en este documento; dentro de los aspectos con mayor variación está la de estructura metálica que está en **\$23.883.242,72** vs la estructura en concreto para la construcción convencional que está en **\$9.387.182,00** esto debido que toda la estructura del refugio sostenible va en material metálico, a diferencia de la convencional que se realiza a partir de mampostería lo que implica que este material es de menor costo que los materiales metálicos.

Otras de las ventajas que son importantes de analizar es que este tipo de estructuras al ir en materiales metálicos, y al ir levantadas dan la facilidad que cuando se desee realizar el traslado de un refugio se puede hacer de manera fácil y segura, lo que implica que no se da una afectación considerable del medio que se ve involucrado, no se ven afectados los materiales que conforman dicha estructura porque su desarme se hace de manera fácil. Dichos materiales utilizados en la construcción de los refugios sostenibles al cumplir su ciclo de vida, pueden ser aprovechados por la industria siderúrgica puesto que como se ha venido analizando la mayor parte de este tipo de viviendas esta hecho por materiales metálicos lo que facilita su gestión y su posterior aprovechamiento, de esta manera el impacto generado por este tipo de estas materias primas es mínimo puesto que se da un proceso desde el levantamiento del refugio, este cumple su ciclo de vida y posteriormente se realiza su gestión en la industria siderúrgica.

Conclusiones

En el desarrollo de este documento se concluye que es necesario que los procesos de construcción implementen los principios de gestión ambiental, tomada como una necesidad y una estrategia para la sostenibilidad de la economía de un país. El punto de partida es la identificación de aspectos ambientales y la evaluación del impacto ambiental, en áreas de analizar y evaluar los efectos y modificaciones que puede llegar a tener un sistema, organización, proyecto o sitio de construcción.

Al comparar la construcción tradicional con la construcción sostenible, se define que un refugio sostenible es capaz de minimizar el balance energético global de la edificación, no solo durante su utilización, sino también, en las fases de diseño, construcción, y el final de la vida útil de sus materiales, pues un sistema basado en criterios de sostenibilidad debe contemplar también la reincorporación o el reciclaje de los materiales utilizados para la elaboración del edificio, lo que conlleva hacerlo a menor costo, que un edificio tradicional pues sus beneficios a largo plazo son mayores.

Dentro del grupo de las actividades industriales, las relacionadas con el sector de la construcción convencional, es una de las industrias que más consume recursos y una de las principales causantes de la contaminación ambiental. Por lo tanto, la aplicación de criterios de construcción sostenible de los edificios se hace imprescindible para el cuidado del medio ambiente y el desarrollo de las sociedades actuales y futuras.

Según el análisis de costos de los dos tipos de edificaciones se pudo determinar que el valor de los refugios sostenibles es mayor y que por esta razón sería más factible construir edificaciones convencionales.

Pero cabe resaltar que los beneficios se darán a medio y largo plazo en cuanto al tema de los costos operacionales, calidad de materiales, durabilidad de los mismos, beneficios tributarios según el caso del lugar donde se construye este tipo de viviendas; lo que indica la relación de recursos que se gastan con los recursos ahorrados posterior a su implementación.

La construcción, además de ser indispensable para el desarrollo de la sociedad, es también uno de los principales responsables de residuos, contaminación, transformación del entorno y uso inadecuado de recursos naturales. Su construcción, operación y, eventualmente, su demolición, consumen una gran cantidad de recursos y producen muchos residuos contaminantes.

El sector de la construcción, a nivel mundial, es aquel que más potencial tiene para reducir sus impactos negativos al medio ambiente, ya que, con pequeños cambios, que no incurren en grandes costos de producción, serían suficientes para reducir en promedio, un 30% el consumo de energía, 35% las emisiones de carbono (CO₂), hasta un 50% el consumo de agua, además de generar ahorros del 50% al 90% en el costo de la disposición de desechos sólidos.

Colombia, posee instrumentos importantes como el Sello Ambiental, el Consejo Colombia de construcción sostenible y la Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y de energía en edificaciones. Sin embargo, aún no se tienen mecanismos y organismos de control que permitan evaluar y controlar de manera rigurosa el cumplimiento de estas medidas de ahorro, lo cual, deja en manos del constructor la decisión de aplicar buenas prácticas ambientales en sus proyectos constructivos.

Referencias Bibliográficas

- Acevedo, A. H. Et_ál. (2012). Otenibilidad: Actualidad y necesidad en el sector de la construcción en colombia. *Gestion Ambiental*, 105-118.
- Alavedra, P. Et_ál. (s.f.). La construcción sostenible. El estado de la cuestión. (I. J. Herrera, Ed.) España. doi:1578-097X
- Cadavid, M. G. H. (2014). Análisis de ciclo de vida del proceso siderúrgico. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Chile, C. (2019). *APU Análisis de Precios Unitarios*. Obtenido de <https://www.chilecubica.com/estudio-costos/a-p-u/>. Consultado el 22 de septiembre a las 11:15 a.m.
- De CarvalhoFilho, A. C. (2001). Análisis del ciclo de vida de productos derivados del cemento - Aportaciones al análisis de los inventarios del ciclo de vida del cemento. España: Universidad Politécnica de Ctaluña.
- EcoHabitat. (2015). *Impacto de los materiales de construcción, analisis de ciclo de vida*. Obtenido de www.ecohabitat.org/analisis-de-ciclo-de-vida-de-los-materiales-de-construccion/. Coonsultado el 27 de septiembre a las 4:30 p.m.
- Gómez, Á. J. & Arciniegas B., M. (2017). Análisis de la viabilidad técnico , ambiental y economica del reciclaje de placas de yeso "driwall" producto de una obra de construcción. Colombia: Universidad de la Salle.
- Kim, J. & Rigdon, B. (1998). Sustainable Architecture Module: Introduction to Sustainable Design. . Michigan: National Pollution Prevention Center for Higher Education.
- Larralde, L. Et_ál. (2015). Evaluación de la huella ecológica de la edificación en sector residencial de México. *Energy Efficiency*, 806-817.
- Matteucci, S. (2003). La huella ecologica de la construcción. Obtenido de www.researchgate.net/publication/237742393_LA_HUELLA_ECOLOGICA_DE_LA_CONSTRUCION_I_Conceptos_y_procedimientos
- Moch, Y. (1996). Impacte Ambiental dels materials de construcció. *I Jornades Construcció i Desenvolupament Sostenible*. Barcelona.
- Osorio, C. J. F. (2011). El consumo sostenible de los materiales usados en la construcción de vivienda. Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/4402/1/75104069.2011.pdf>. Consultado el 1 de octubre a las 8:30 a.m.
- Pinto, A. S. (2007). Valoración de Impactos Ambientales. Sevilla: INERCO. Obtenido de http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:48150/componente48148.pdf. Consultado el 8 de septiembre a las 5:00 p.m.
- Quispe, C. (2016). Análisis de la energía incorporada y emisiones de CO2 aplicado a viviendas unifamiliares de eficiencia energética. Barcelona: Universidad Politecnica de Cataluña.
- Ribero, O. Et_ál. (2016). Economic benefits of LEED certification: a case study of the Centro Ático building. *Ingenieria de contruccion RIC*, 31(2), 139-146.
- Sánz, S.P. J. (2012). Análisis del ciclo de vida de una vivienda media de la Región de Murcia. Cartagena: Universidad Politécnica de Catagena.
- Silva, N. H. D. & Galindo, R. J. S. (2016). *Impactos ambientales producidos por el uso de maquinaria en el sector de la construcción* . Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Uribe, V. C. (2012). Materiales y prácticas de construcción sostenible. (U. E. civil, Ed.) Medellín. Recuperado en Mayo 16 de 2019, de <https://www-virtualproco.sibulgem.unilibre.edu.co/biblioteca/materiales-y-practicas-de-construccion-sostenible>
- Zabalza, B. I. & Aranda, U. A. (2011). *Eficiencia energetica* (Primera ed.). Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza.