

**DETERMINACIÓN DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA  
APLICACIÓN DE INCENTIVOS TRIBUTARIOS VIGENTES  
PARA CONSTRUCCIONES SOSTENIBLES EN EL SECTOR  
RESIDENCIAL EN COLOMBIA.  
CASO DE ESTUDIO: EDIFICIO TRIBECA**

**MARIA JOSÉ CARDONA VERA  
JUAN CAMILO MEJÍA MELGUZO**

**Trabajo de grado para optar al título de ingeniero civil**

**Santiago Ortega Arango**

**Magíster en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos**



**UNIVERSIDAD EIA  
INGENIERÍA CIVIL  
ENVIGADO  
2019**

# CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN .....	12
1 PRELIMINARES .....	13
1.1 Planteamiento del problema.....	13
1.2 Objetivos del proyecto .....	14
1.2.1 Objetivo General .....	14
1.2.2 Objetivos Específicos .....	15
1.3 Marco de referencia.....	15
1.3.1 Antecedentes .....	15
1.3.2 Marco teórico.....	17
1.4 Metodología.....	20
2 NORMATIVA, CERTIFICACIONES Y FINANCIAMIENTO DE LAS CONSTRUCCIONES SOSTENIBLES EN COLOMBIA.....	26
2.1 Normativa colombiana vigente para la promoción de la sostenibilidad.....	26
2.1.1 Normativa colombiana de lineamientos .....	26
2.1.1.1 Decreto 1077 de 2015.....	26
2.1.2 Normativa colombiana obligatoria .....	27
2.1.2.1 Resolución 549 de 2015 .....	27
2.1.3 Normativa colombiana opcional .....	30
2.1.3.1 Requisitos .....	30
2.1.3.1.1 Decreto 2205 de 2017 .....	30
2.1.3.2 Incentivos tributarios disponibles .....	30
2.1.3.2.1 Ley 1715 de 2014 .....	30

2.1.3.2.2	Ley 1819 de 2016 .....	31
2.1.3.2.3	Resolución 463 de 2018 .....	31
2.2	Certificaciones de construcción sostenible.....	33
2.2.1	Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) .....	33
2.2.2	Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM) .....	34
2.2.3	Excelencia en Diseño para Mayores Eficiencias (EDGE) .....	36
2.2.4	Haute Qualité Environnementale (HQE) .....	37
2.2.5	Referencial CASA Colombia .....	37
2.2.6	Comparativo de las certificaciones.....	38
2.3	Financiamiento .....	40
2.3.1	Bancolombia.....	42
2.3.2	Banco Davivienda .....	44
2.3.3	BBVA Colombia.....	44
3	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	47
3.1	ANÁLISIS DE LA EDIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS COSTOS DE LAS MODIFICACIONES .....	47
3.1.1	Edge App.....	47
3.1.2	Caso base: Edificación inicial.....	55
3.1.3	Caso 1: Modificaciones para implementar la ley 1715 de 2014 y la resolución 463 de 2018.....	60
3.1.4	Caso 2: Modificaciones para implementar la Resolución 463 de 2018.....	65
3.2	VIABILIDAD ECONÓMICA DE TRIBECA.....	68
4	CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES .....	73
	REFERENCIAS .....	75



## LISTA DE TABLAS

	pág.
<b>Tabla 1.</b> Línea base de energía y agua para Medellín (Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones, 2011).....	27
<b>Tabla 2.</b> Porcentaje de ahorros establecidos respecto a la línea base (Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones, 2011). ....	28
<b>Tabla 3.</b> Matriz de implementación para clima templado y vivienda no VIS (Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones, 2011). ....	28
<b>Tabla 4.</b> Tarifa para la certificación LEED (USGBC, 2019).....	34
<b>Tabla 5.</b> Tarifa para la certificación BREEAM (BREEAM, 2018).....	35
<b>Tabla 6.</b> Tarifa para certificación EDGE (Corporación Financiera Internacional, 2019)....	36
<b>Tabla 7.</b> Tarifa certificación CASA Colombia (ISMD, 2017). ....	38
<b>Tabla 8.</b> Comparativo de sellos de sostenibilidad en edificaciones (Departamento Nacional de Planeación, 2018). ....	39
<b>Tabla 9.</b> Costo total de la certificación EDGE. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Tabla 10.</b> Comparación de costos del grifo de bajo flujo.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Tabla 11.</b> Comparación de costos de las paredes externas. ....	64
<b>Tabla 12.</b> Comparación de costos de las paredes internas. ....	64
<b>Tabla 13.</b> Comparación de costos de la ventanería. ....	67
<b>Tabla 14.</b> Cantidad de apartamentos disponibles para la venta según el área.....	68

<b>Tabla 15.</b> Cantidad de intereses pagados con las diferentes tasas de interés otorgadas por Bancolombia. ....	69
<b>Tabla 16.</b> Precio de venta y precio de costo por m <sup>2</sup> para el caso base.....	69
<b>Tabla 17.</b> Flujo de caja operativo para el caso base. ....	70
<b>Tabla 18.</b> Precio de venta y precio de costo por m <sup>2</sup> para el caso 1. ....	70
<b>Tabla 19.</b> Flujo de caja operativo para el caso 1.....	70
<b>Tabla 20.</b> Precio de venta y precio de costo por m <sup>2</sup> para el caso 2. ....	71
<b>Tabla 21.</b> Flujo de caja operativo para el caso 2.....	71
<b>Tabla 22.</b> Comparación de los presupuestos para los diferentes casos de estudio. ....	72
<b>Tabla 23.</b> Comparación de las utilidades para los diferentes casos de estudio.....	72

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
<b>Ilustración 1.</b> Ubicación de los apartamentos Tribeca (TRIBECA apartamentos, 2018).	20
<b>Ilustración 2.</b> Edificio Tribeca (TRIBECA apartamentos, 2018).	21
<b>Ilustración 3.</b> Formato de la aplicación Edge para el tema de detalles del proyecto.	48
<b>Ilustración 4.</b> Formato de la aplicación Edge para el tema de detalles del subproyecto.	49
<b>Ilustración 5.</b> Formato de la aplicación Edge para el tema de datos de ubicación.	49
<b>Ilustración 6.</b> Formato de la aplicación Edge para el tema de datos del edificio.	50
<b>Ilustración 7.</b> Formato de la aplicación Edge para los supuestos para la línea base.	51
<b>Ilustración 8.</b> Posibles estrategias adoptadas en el tema de energía-calefacción para la aplicación Edge.	52
<b>Ilustración 9.</b> Posibles modificaciones realizadas en el tema de agua para la aplicación Edge.	53
<b>Ilustración 10.</b> Posibles modificaciones realizadas en el tema de los materiales para la aplicación Edge.	55
<b>Ilustración 11.</b> Presión y flujo de la llave de cocina (DELTA).	57
<b>Ilustración 12.</b> Presión y flujo de la llave de lavamanos (DELTA)	58
<b>Ilustración 13.</b> Esquema de losa aligerada de concreto (Universidad Nacional, 2016).	59
<b>Ilustración 14.</b> Consumo energético generado por el ascensor (ENINTER, 2018).	61
<b>Ilustración 15.</b> Promedio de horas de producción específica (SolarGis, s.f.).	62

<b>Ilustración 16.</b> Presión y flujo de la llave de cocina (DELTA). <b>¡Error!</b> <b>definido.</b>	<b>Marcador</b>	<b>no</b>
<b>Ilustración 17.</b> Grifo de lavabo de una sola manija (DELTA). <b>¡Error!</b> <b>definido.</b>	<b>Marcador</b>	<b>no</b>
<b>Ilustración 18.</b> Presión y flujo del grifo de lavabo de una sola manija (DELTA)..... <b>¡Error!</b> <b>Marcador no definido.</b>		
<b>Ilustración 19.</b> Ladrillo de concreto caravista. (Vilssa, 2013).....		64
<b>Ilustración 20.</b> Brochure Cool Lite vidrio de baja emisividad (Vidrio Andino).....		66



## LISTA DE ANEXOS

	pág.
<b>ANEXO A.</b> Otras certificaciones .....	83
<b>ANEXO B.</b> Resultados EDGE .....	87
<b>ANEXO C.</b> Cálculos.....	87

## RESUMEN

Actualmente, la construcción convencional trae consigo un sin número de impactos negativos con relación al medio ambiente en las diferentes etapas de su implementación. Como solución a esta problemática, se presenta el concepto de construcción sostenible el cual de basa fundamentalmente en un modo de construcción más amigable y con mayores beneficios para el entorno y el medio ambiente. Sin embargo, la aplicación de esta solución conlleva a un incremento significativo en los costos de ejecución de los proyectos, volviéndola una solución no muy atractiva para el constructor. Como respuesta a la problemática anterior, en Colombia se implementó la utilización de incentivos tributarios para el sector constructivo.

Para el desarrollo inicial del presente trabajo se identificaron los incentivos tributarios y las certificaciones de sostenibilidad aplicables para el sector residencial colombiano. En segundo lugar, se le realizaron modificaciones hipotéticas a la edificación de manera que se cumplieran los requerimientos propuestos por la certificación escogida, en este caso EDGE. Posteriormente, se cuantificaron los costos de las modificaciones y el ahorro económico en dos diferentes casos, el primero combinando la ley 1715 de 2014 con la resolución 463 de 2018 y el segundo usando únicamente esta última.

Para concluir, a través de un análisis de viabilidad económica se evaluó que tan factible fue la implementación de estos incentivos, obteniendo como resultado un ahorro de hasta el 3,58% del presupuesto inicial, el cual, a pesar de no ser muy significativo, si se toman en consideración los ahorros en términos energéticos y en beneficio ambiental, los resultados son positivos y aplicables para futuros proyectos con característica similares.

Palabras clave: Construcción sostenible, incentivos tributarios, viabilidad económica.

## **ABSTRACT**

Currently, conventional construction brings with it several negative environmental impacts at different stages of its implementation. As a solution to this problem, the concept of sustainable construction is presented, its based fundamentally on a more friendly way of constructing and with greater benefits for the environment and the surroundings. However, the application of this solution leads to a significant increase in execution costs, making it a not very attractive alternative for the builder. In response to that, in Colombia the use of tax incentives for the construction sector was implemented.

For the initial development of this work, tax incentives and sustainability certifications applicable to the Colombian residential sector were identified. Secondly, hypothetical modifications were made to the building so that the requirements proposed by the chosen certification were fulfilled, in this case EDGE. Subsequently, the costs of the modifications and the economic savings were quantified in two different cases, the first combining law 1715 of 2014 with resolution 463 of 2018 and the second using only the latter.

Finally, it was evaluated how feasible the implementation of these incentives were, resulting in savings of up to 3.58% of the initial budget, which, despite not being very significant in terms of money, if the savings in energy and in environmental benefit were taken together, the results would show up positively and applicable for future projects with similar characteristics.

## INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción, a pesar de los beneficios que ha traído al desarrollo de las diferentes sociedades a través de la historia, también juega un papel negativo en ésta al ser uno de los sectores que más daños medioambientales genera. Lo anterior se debe, a la cantidad de desechos que produce y la ineficiencia en el consumo de ciertos recursos fundamentales como lo son el agua potable y la energía. A raíz de esto han surgido diferentes estrategias y soluciones para contrarrestar el impacto; entre ellas se encuentra la construcción sostenible. Aquella, caracterizada por priorizar las afectaciones ecológicas, evidenciando importantes resultados tras su implementación, como lo es la disminución del 62% de emisiones de gases de efecto invernadero y ahorros de hasta el 51% en consumos de agua potable en comparación con edificaciones convencionales (World Green Building Council, s.f.).

Lamentablemente, el costo de desarrollar esta solución es considerablemente mayor en comparación con la construcción convencional, alcanzando sobrecostos de hasta el 16%, lo que trae como consecuencia la no implementación de dicha solución (Adames, Sierra, Tarra, & Sánchez, 2017). El gobierno colombiano buscando la protección del medioambiente decidió fomentar diferentes estrategias en los distintos sectores de la economía del país, con el fin de continuar con lo propuesto en el decreto 2811 de 1974; donde reconocen al medioambiente como patrimonio común e invitan a su preservación por parte de los sectores público y privado. Esto se da a través de reducciones en impuestos gracias a ciertos incentivos tributarios, expresados en leyes como la 1715 de 2014 o resoluciones como la 463 de 2018, junto con diferentes decretos que siguen la misma línea de impulsar el cuidado medioambiental.

En este trabajo se busca verificar la viabilidad del uso de estos incentivos tributarios en el sector constructivo en el país a través del desarrollo de diferentes elementos, entre los cuales se encuentran la identificación de los incentivos y certificaciones necesarias, los elementos y estrategias a implementar con sus respectivos costos y una modelación económica que permita arrojar las conclusiones correspondientes.

# 1 PRELIMINARES

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el proceso de expansión de la civilización humana, el hombre ha causado un daño considerable al medioambiente, sobreexplotándolo y causándole consecuencias irreversibles. El número de construcciones humanas cada día aumenta, lo que trae consigo un sinnúmero de afectaciones ambientales. Sin embargo, ante la imposibilidad de detener el crecimiento, se han buscado diferentes alternativas que permitan el avance sin generar impactos considerables en el planeta, éstas contempladas bajo el concepto de sostenibilidad.

La expansión mencionada se ve reflejada en la cantidad de alteraciones y construcciones sobre el Territorio Colombiano. Estas, inicialmente se realizaban sin ningún tipo de regulación ambiental, pues no se había puesto en consideración los impactos que se estaban generando. No fue sino hasta el año 1993, que, en Colombia, tras la creación del Ministerio del Medio Ambiente, se propuso buscar medidas para reducir impactos ambientales en la industria de la construcción. Sin embargo, actualmente este tema se ha convertido en uno de suma importancia debido a indicadores que cuantifican y reflejan el impacto generado en el planeta. En el año 2014 se estimó que el sector de la construcción a nivel mundial aportó el 23% de los factores que afectan la calidad del aire y responsabilizándose del 40% del consumo del agua (Kaladayil, 2014). En la búsqueda de implementar medidas que reduzcan el impacto medioambiental han salido a flote iniciativas como la construcción sostenible, que busca reducir el consumo de materia prima, el uso eficiente de recursos como agua y energía, y la disminución y reutilización de los desechos.

La construcción de edificaciones producto de la práctica de la construcción sostenible traen consigo considerables beneficios ambientales tales como reducciones en el consumo de recursos, uso de energías renovables y disminución en la producción de desechos al ambiente.

Estudios realizados por el Green Building Council de Australia, creador de la certificación GreenStar dedicada a avalar proyectos de construcción en materia de sostenibilidad,

arrojaron que los edificios que habían obtenido esta certificación habían reducido hasta en un 62% las emisiones de gases de efecto invernadero y utilizaban 51% menos de agua potable en comparación con los edificios considerados no sostenibles (World Green Building Council, s.f.).

En el entorno nacional, este tema viene implementándose poco a poco. Lo anterior se ve reflejado en medidas como la creación del Código Colombiano de Construcción Sostenible, el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS), el CONPES 31919, el CONPES 3918 e incentivos tributarios para este tipo de construcciones. Desde hace varios años el estado colombiano ha buscado implementar en el sector de la infraestructura la alternativa de los incentivos tributarios, con la intención de disminuir gradualmente el impacto previamente mencionado.

En el panorama regional apenas se registran 16 proyectos en el departamento de Antioquia que hayan conseguido certificaciones de sostenibilidad, esto no solo por el hecho de la reciente implementación, sino también por los sobrecostos que generan la inclusión de los diferentes elementos que son requeridos para poder aplicar a una certificación de sostenibilidad. Se estima que los costos son del orden de 2% de incremento sobre el valor total de un proyecto regular (Kats, 2003), lo que resulta poco atractivo para el contratante y contratista.

Por lo tanto, acoplado las ideas anteriores al panorama actual, se busca determinar cuál sería la viabilidad económica al aplicar los incentivos tributarios vigentes en Colombia para construcciones sostenibles en el sector residencial, tomando como caso de estudio el edificio Tribeca ubicado en Medellín.

## **1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1.2.1 Objetivo General**

Determinar la viabilidad económica de la aplicación de incentivos tributarios vigentes para construcciones sostenibles en el sector residencial en Colombia, utilizando como caso de estudio el edificio Tribeca ubicado en Medellín.

## **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Identificar los incentivos tributarios y las certificaciones de construcción sostenible aplicables para el sector residencial en Colombia.
- Proponer modificaciones al edificio Tribeca basados en el cumplimiento de una certificación de construcción sostenible.
- Cuantificar los costos de las modificaciones y el ahorro económico que se genera al aplicar los incentivos tributarios.
- Comparar los resultados de ahorro obtenidos con la construcción convencional para determinar la viabilidad económica y realizar recomendaciones.

## **1.3 MARCO DE REFERENCIA**

### **1.3.1 Antecedentes**

La política fiscal en Colombia ha venido otorgando beneficios o incentivos tributarios desde 1990 para las inversiones o gestiones de tipo ambiental. Al realizar una inversión en elementos, maquinaria o equipos bajo el cumplimiento de la normatividad ambiental, para disminuir el impacto ambiental presente en las diferentes industrias se obtienen deducciones de renta o exclusiones del IVA. Dichas retribuciones son los métodos utilizados actualmente por el Estado para promover las inversiones de tipo ambiental.

En la “Evaluación de la aplicación de los beneficios tributarios para la gestión e inversión ambiental en Colombia” se establece que, en el 2005, en Colombia existían 18 incentivos tributarios vigentes; sin embargo, estos no tuvieron la aplicación esperada por parte de los empresarios los cuales eran y continúan siendo las personas beneficiadas con dichas normativas (Ruiz, Viña, Barbosa, & Prada, 2005).

Por otra parte, según un estudio realizado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en el 2002 el cual se titula “Evaluación nacional al programa de tasas retributivas por vertimientos puntuales”, en los lugares donde se han implementado

correctamente los beneficios retributivos, se han logrado considerables reducciones en la contaminación. Se establece que, “los vertimientos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) se han reducido en un 27%, han pasado de 117.000 toneladas a 85.000 toneladas vertidas por semestre y los sólidos suspendidos totales (SST) han disminuido en un 45%, han pasado de 162.000 a 88.000 toneladas” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2002). No obstante, pese a los buenos resultados obtenidos, esta “solución” ambiental termina siendo un arma de doble filo, pues debido a que las tasas de retribución son bajas se estimula a los empresarios, en varios casos, a pagar los costos de contaminación que a asumir los costos ambientales.

Finalmente, se presenta un estudio realizado por la Universidad distrital Francisco José de Caldas titulado “Beneficios tributarios en Colombia, oportunidades de gestión e inversión ambiental en las empresas cundiboyacenses” en el cual se plantean los beneficios tributarios ambientales vigentes y cuáles serían los niveles de aplicabilidad en las empresas cundiboyacenses las cuales incluyen industrias como la construcción, cemento, siderurgias, metalmecánicas, alimentos y transporte. Allí se establece que el 68.42% de las empresas estudiadas no hacían uso de los incentivos tributarios y que 47.4% de las empresas conocen la existencia de los beneficios económicos, sin embargo, no aplican debido a que el proceso de certificación es “engorroso y poco práctico” (Rodríguez Cely, 2015).

Lo planteado anteriormente generó la idea de realizar este trabajo de manera que se realice un análisis sobre la aplicación de los beneficios tributarios a la construcción sostenible. Se pretende, basados en las nuevas normativas e incentivos existentes, determinar los tipos de incentivos tributarios a los cuales las empresas constructivas podrían aplicar y a su vez determinar un porcentaje de ahorro en la industria constructiva que genere gran impacto económico, o en el peor de los casos, determinar si es más viable no generar iniciativas ambientales.

Actualmente en el país, específicamente en la normativa colombiana, existen varias iniciativas las cuales pretenden fomentar el desarrollo sostenible. Se presentan varias leyes, decretos y resoluciones las cuales buscan incentivar el uso de energías renovables, de reutilización de aguas, de construcción sostenible, entre otras, con el fin de promover el desarrollo y la sostenibilidad. Algunos de los incentivos tributarios que se presentan en la



normativa son: la reducción de la renta, la exención del IVA, la exención arancelaria, la depreciación acelerada de activos, y demás.

### **1.3.2 Marco teórico**

A continuación, se presentará un marco conceptual y un marco jurídico. En el primero, se definirán los términos más importantes que serán mencionados a lo largo del proyecto. En el segundo, se proporcionará información acerca de la normativa colombiana.

#### **Generalidades y definiciones**

Para empezar, es importante hacer claridad y definir algunos conceptos que serán mencionados durante el transcurso del proyecto. En primer lugar, se presentan varias definiciones que corresponden a la resolución 463 de 2018 por medio de la cual se mencionan las certificaciones energéticas para edificaciones y los requerimientos para que estas puedan tener beneficios tributarios tales como aislamiento térmico, extractor eólico y pintura atómica (UPME, 2018).

- Certificación energética para edificaciones: Es una herramienta de aplicación voluntaria, empleada para identificar el desempeño energético de una edificación a través de un proceso de verificación de criterios y estándares a lo largo de las fases de diseño y construcción. Supone el reconocimiento, por una organización independiente, de los valores energéticos de la edificación a través de la aplicación de una metodología de evaluación aceptada nacional o internacionalmente.
- Aislamiento térmico para edificaciones: Son materiales de alta resistencia térmica los cuales se utilizan para reducir la transferencia de calor hacia el interior de las edificaciones.
- Extractor eólico: Es un sistema que utiliza la energía del viento en el exterior como sistema de ventilación para favorecer la circulación del aire en el interior de la edificación de manera que el aire caliente extraído del interior.

- Pintura atérmica: Es una emulsión la cual tiene baja conductividad térmica y alta resistencia a compresión por lo que es utilizada para aislar térmicamente las edificaciones sin importar el tipo de clima.

En segundo lugar, se mencionan cuatro términos correspondientes a la resolución 549 de 2015 en la cual se mencionan los lineamientos para la construcción sostenible (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015):

- Construcción sostenible: Conjunto de medidas activas y pasivas que permiten alcanzar porcentajes mínimos de ahorro de agua y energía. Estas medidas se dan en el diseño y la construcción de manera que se logre un mejoramiento en la calidad de vida de los habitantes.
- Medidas activas: El uso de sistemas (mecánicos y/o eléctricos) para crear condiciones de confort al interior de la edificación, tales como, iluminación eléctrica, ventilación mecánica, entre otras.
- Medidas pasivas: Medidas que incentivan el aprovechamiento de las condiciones ambientales del entorno las cuales no involucran sistemas mecánicos o eléctricos. Estas medidas son consideradas en el diseño arquitectónico y consideran aspectos como el clima, la localización, entre otros.
- Porcentajes de ahorro: Proporción del consumo de agua y energía que se pretende disminuir en las edificaciones, esto con la implementación de las medidas activas y pasivas.

En tercer lugar, se presentan dos conceptos presentes en la ley 1715 de 2014 en la cual se menciona que los auto generadores podrán acceder a los beneficios tributarios presentes en dicha normativa (Congreso de la República de Colombia, 2014):

- Autogeneración: Aquella actividad realizada por personas naturales o jurídicas que producen energía eléctrica principalmente, para atender sus propias necesidades. En el evento en que se generen excedentes de energía eléctrica a partir de tal

actividad, estos podrán entregarse a la red, en los términos que establezca la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) para tal fin.

- Autogeneración a pequeña escala: Autogeneración cuya potencia máxima no supera el límite establecido por la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) en el artículo primero de la resolución 281 de 2015.

Finalmente, se presentan los tres últimos términos presentes en la resolución 549 de 2015 y en la aplicación de EDGE, los cuales corresponden a propiedades de los materiales:

- Albedo: Es la fracción de radiación solar que es reflejada por una superficie, es decir, se tendrá un mayor albedo cuando el objeto sea más claro y brillante (blanco 100%) que cuando sea más oscuro y opaco (negro 0%) (Palau F, 2016).
- Valor U: Más conocido como la transmitancia térmica, “es la medida de calor que fluye por unidad de tiempo y superficie ( $W/m^2K$ ), transferido a través de un sistema constructivo, formado por una o más capas de material, de caras plano-paralelas” (Verus certificación, s.f.).
- SHGC: Conocido como coeficiente de ganancia de calor solar, “es la medida de la cantidad de calor del sol que permite pasar una ventana, lo que resulta en un aumento de la temperatura ambiente. Cuanto más bajo es el coeficiente más calor puede bloquear una ventana” (Guardian glass, s.f.).

### **Marco jurídico**

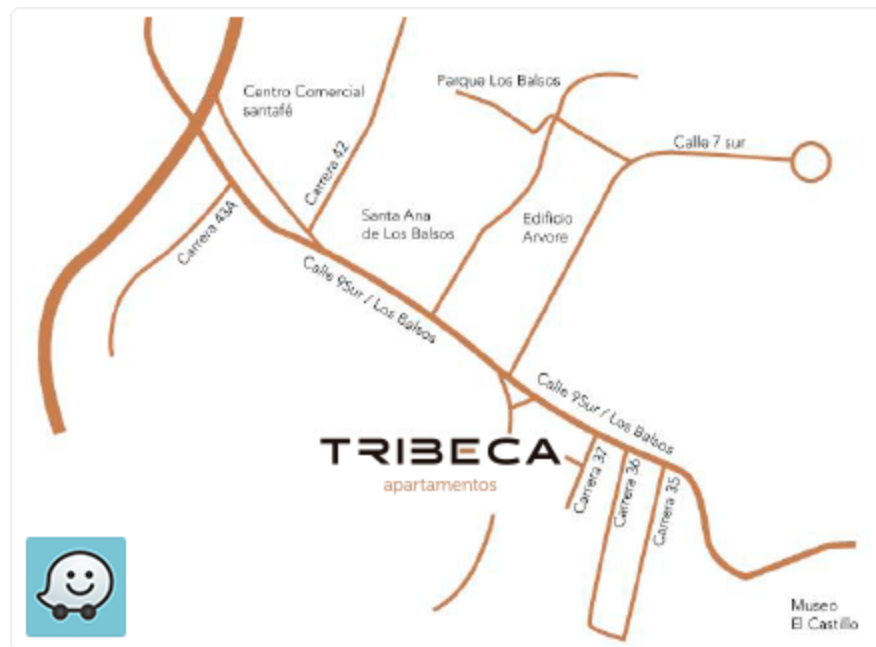
El sistema legal colombiano se rige por la Constitución de 1991 la cual es un método de participación ciudadana que se basa en el reconocimiento de los derechos fundamentales de los colombianos (Sistema legal colombiano). Este marco democrático está representado por los poderes ejecutivo, legislativo y judicial los cuales son los encargados de realizar las normas y reglamentos que rigen la constitución. Actualmente, la mayor normatividad existente en Colombia es la ley, la cual es elaborada por la rama legislativa. Así mismo, existen los decretos, los cuales son emitidos por el poder ejecutivo, los cuales a su vez se dividen en decreto legislativo y decreto ley. Existe también la resolución la cual es un fallo

que se da mediante la rama judicial y finalmente se tienen las normas jurídicas, las cuales son reglas dictaminadas por las respectivas autoridades (ICESI, 2009).

En el capítulo dos del presente documento se expondrá con mayor detalle cada una de las normativas que se enmarcan en el proyecto.

## 1.4 METODOLOGÍA

El estudio de caso escogido para este trabajo es el edificio Tribeca, ubicado en la comuna 14, El Poblado, específicamente en la Calle 9AA Sur N°37-20/40. Es una edificación conformada por una torre de 16 pisos de apartamentos en los cuales se encuentran viviendas de 127.65 m<sup>2</sup> y 127.80 m<sup>2</sup> las cuales constan de un área privada de 117 m<sup>2</sup> (TRIBECA apartamentos, 2018). Es un proyecto desarrollado en conjunto por Arquitectura y Concreto y AM Arquitectos s.a.s; de los cuales los primeros gerencian, construyen y comercializan el proyecto y los segundos lo diseñan. Los costos de los apartamentos oscilan entre los \$996.850.000 COP los cuales incluyen dos parqueaderos sencillos y un cuarto útil (TRIBECA apartamentos, 2018). Actualmente, el proyecto se encuentra en proceso de ventas y se espera que esté listo para el segundo semestre de 2021.



**Ilustración 1.** Ubicación de los apartamentos Tribeca (TRIBECA apartamentos, 2018).



*Ilustración 2. Edificio Tribeca (TRIBECA apartamentos, 2018).*

Para definir la viabilidad económica de la edificación Tribeca ubicada en Medellín, Antioquia al aplicar los incentivos tributarios vigentes para el sector residencial en Colombia se establecieron 4 fases para el desarrollo de la metodología, estas son:

**FASE I:** Identificar los incentivos tributarios y las certificaciones de construcción sostenible aplicables para el sector residencial en Colombia.

- Actividad 1: Recopilar información en la normativa colombiana vigente referente a los incentivos tributarios relacionados con la construcción sostenible.
  - Se realizará una recopilación de los incentivos tributarios actuales vigentes en la normativa colombiana para la construcción sostenible. Se incluirá todo lo relacionado con el ahorro de agua, energía, métodos de acondicionamiento ambiental por medios naturales, materiales y ventilación. Se analizarán específicamente la resolución 463 de 2018 y la Ley 1715 de 2014 además de sus respectivas definiciones y demás normas aplicables.

Lo anterior se efectúa con la intención de cubrir todas las posibles normativas con las que se podrían aplicar a beneficios tributarios.

- Actividad 2: Adquirir información acerca de las certificaciones de construcción sostenible aplicables para el sector residencial colombiano.
  - Se indagará acerca de las certificaciones de construcción sostenible aplicables en el entorno colombiano. Actualmente, en el país las certificaciones más conocidas son las certificaciones LEED, EDGE y CASA Colombia, sin embargo, también se incluirán certificaciones tales como la BREEAM y la Passive House Institute. Esto se realiza con la intención de identificar la certificación que mejor se adapte al caso de estudio de manera que se tengan en cuenta todos los aspectos requeridos para una certificación.
  
- Actividad 3: Verificar la información encontrada.
  - Después de realizar la recolección de la información se procederá a realizar la verificación de esta. Se evaluará con personas expertas en el tema si cada uno de los estatutos encontrados aplican para el actual proyecto y de qué manera lo hace. Esto se realizará con el fin de cerciorarse de que realmente las leyes, decretos, resoluciones y certificaciones encontradas sean aplicables al sector constructivo y que con estas realmente se puedan obtener beneficios tributarios y acceder a una certificación constructiva

**FASE II:** Proponer unas modificaciones al edificio Tribeca basadas en el cumplimiento de una certificación de edificación sostenible.

- Actividad 1: Seleccionar un esquema de certificación sostenible para la edificación.
  - Para acceder a los beneficios tributarios establecidos en la constitución colombiana la normativa establece que la edificación debe estar certificada como sostenible de lo contrario no podrá acceder a los incentivos otorgados. Por lo tanto, con la información encontrada en la fase 1 del proyecto se

procederá a seleccionar un esquema de certificación sostenible por medio del cual se le realizarán las modificaciones a la edificación. Para realizar esta selección se evaluarán criterios como, ¿qué tan pertinente es la certificación?, ¿es posible realizar los requerimientos exigidos en la certificación sin cambiar el diseño arquitectónico de la edificación?, ¿qué tan usada y común es la certificación en Colombia?, ¿si abarca todo el problema de estudio?

- Actividad 2: Proponer modificaciones a la edificación Tribeca basadas en el cumplimiento de la certificación seleccionada.
  - Con el esquema de certificación seleccionado se procederá a proponer modificaciones de la edificación basadas en la certificación adoptada. En primer lugar, se deberá seguir el paso a paso propuesto para dicha certificación; de manera que se cumplan cada uno de los requerimientos al pie de la letra. En segundo lugar, se debe verificar que todas las modificaciones mencionadas puedan ser realizadas pues, aunque no se va a efectuar una certificación real, se deberán cumplir los requisitos como si en realidad se fuera a realizar.

**FASE III:** Cuantificar los costos de las modificaciones y el ahorro económico que se genera al aplicar los incentivos tributarios.

- Actividad 1: Cotizar precios de elementos y modificaciones de presupuesto.
  - Los elementos agregados deben ser cotizados con los proveedores específicos del proyecto y así determinar su precio final. Lo anterior se realiza con el fin de que los valores utilizados sean los mismos del proyecto inicial, de manera que haya necesidad de cambiar de proveedores, y de incurrir en temas de rendimiento y durabilidad.
- Actividad 2: Calcular el ahorro económico después de la aplicación de los incentivos.

- Tras la etapa de la cotización y selección de los nuevos elementos a usar, puede ponerse en práctica el aplicar los incentivos económicos. En esta actividad es necesario la consulta del valor de descuento al cual se hace acreedor el propietario de la edificación dependiendo del elemento en materia. Luego de la verificación del descuento, usando el presupuesto inicial de construcción, se incluyen los costos de los nuevos elementos, determinando así el costo del proyecto y el ahorro final.

**FASE IV:** Comparar los resultados obtenidos con la construcción convencional para determinar la viabilidad económica y realizar recomendaciones.

- Actividad 1: Cuantificar la utilidad del proyecto.
  - Tras terminar la fase 3 es necesario la comparación económica entre el nuevo presupuesto y su antecesor, con el fin de cuantificar el ahorro total; para así, posteriormente discutir los resultados. Esto se hará mediante el flujo de caja operativo, el cual permitirá ver la diferencia en términos monetarios. La comparación será meramente económica puesto que los beneficios ambientales no entrarán en discusión, esto debido a que la edificación original no cuenta con ningún elemento que sea considerable en un análisis de sostenibilidad.
- Actividad 2: Verificar la viabilidad económica al aplicar las modificaciones propuestas.
  - Para concluir la fase IV y con ella todo el proyecto, deben ser discutidos los resultados previamente obtenidos. Dependiendo del monto ahorrado en el presupuesto final, se deberá confirmar qué tan viable es el proyecto económicamente, y con esto poder emitir una sugerencia a la empresa constructora para la utilización de esta clase de incentivos en obras y proyectos futuros.
- Actividad 3: Proponer recomendaciones basadas en los resultados de la viabilidad.



- Tras obtener los resultados finales y haber determinado la viabilidad económica de los incentivos, se procederá a realizar una recomendación final a la constructora, en la cual se exprese que tan beneficioso sería aplicar estas modificaciones y si es posible la utilización de los incentivos para proyectos similares.

## **2 NORMATIVA, CERTIFICACIONES Y FINANCIAMIENTO DE LAS CONSTRUCCIONES SOSTENIBLES EN COLOMBIA**

### **2.1 NORMATIVA COLOMBIANA VIGENTE PARA LA PROMOCIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD**

Cabe mencionar, que actualmente en Colombia existe una normativa obligatoria que va en pro de la sostenibilidad y hay otras, como lo son las normativas para acceder a los beneficios tributarios, que no lo son, es decir, son opcionales, el constructor decide si las implementa o no. Además, las normativas que dan pie a los incentivos tributarios no se pueden combinar si se está hablando de un mismo ítem. Es decir, una normativa que incluya un beneficio tributario por algo que beneficie a los recursos hídricos no se podrá “sumar” con otra que se haya realizado para el mismo fin. Pero si una normativa habla de una deducción por ciertos materiales específicos y otra habla sobre los recursos hídricos estas si se podrán aplicar al mismo tiempo.

#### **2.1.1 Normativa colombiana de lineamientos**

##### **2.1.1.1 Decreto 1077 de 2015**

El capítulo 1 del título 7 de la parte 2 del libro 2 del Decreto 1077 de 2015 tiene como objetivo establecer los lineamientos de construcción sostenible para edificaciones de manera que se mejore la calidad de vida de los habitantes y se fomente la responsabilidad social y ambiental. En relación con el agua y la energía, se establece que los parámetros adoptados deberán tener como mínimo las siguientes premisas (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015):

- Porcentajes obligatorios de ahorro en agua y energía según el clima y tipo de edificaciones.
- Sistema de aplicación gradual para el territorio según el número de habitantes presente en los municipios.
- Procedimiento para la certificación de la aplicación de las medidas.
- Promoción de incentivos a nivel local para la construcción sostenible.

- Procedimiento y herramientas de seguimiento y control a la implementación de las medidas.

## 2.1.2 Normativa colombiana obligatoria

### 2.1.2.1 Resolución 549 de 2015

La resolución 549 de 2015 tiene como objetivo identificar los porcentajes mínimos y medidas de ahorro en agua y energía para las nuevas edificaciones de acuerdo con el Decreto 1285 de 2015. En primer lugar, establece los porcentajes de ahorro que deberán cumplir las edificaciones, los cuales se estipulan de acuerdo con una línea base que se obtiene mediante el número de habitantes en cada uno de los municipios o distritos. En segundo lugar, menciona la zonificación climática de manera que se puedan establecer correctamente las líneas bases. En tercer lugar, certifica la aplicación de medidas activas y pasivas de construcción sostenible (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015).

Por lo anterior, la resolución menciona el anexo 1, la “Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones” en la cual se establecen las zonas climáticas presentes a lo largo del país, las líneas bases de agua y energía, las medidas de eficiencia activas y pasivas, matrices de implementación según el clima, análisis de sensibilidad, análisis de costos, entre otras cosas. Allí se menciona que las cuatro clasificaciones climáticas de Colombia son: clima frío, templado, cálido seco y cálido húmedo; donde se concluye que Medellín, el cual se encuentra a 1495 msnm, posee un clima templado donde la temperatura varía entre los 18°C y 24°C. Por lo tanto, se establece que las líneas base de consumo de agua y energía para este tipo de clima son:

**Tabla 1.** Línea base de energía y agua para Medellín (Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones, 2011).

Tipos de edificación	Energía	Agua
	Línea base (kWh/m <sup>2</sup> -año)	Línea base (L/persona/día)
Hoteles	151.3	564.0
Hospitales	108.3	600.0
Oficinas	132.3	45.0

Centros comerciales	187.8	6.0
Educativos	44.0	50.0
Vivienda no VIS	48.3	145.3
Vivienda VIS	44.0	113.9
Vivienda VIP	53.3	98.3

Así mismo, de acuerdo con lo establecido en la resolución, los porcentajes de ahorro mínimos establecidos con respecto a la línea base son:

**Tabla 2.** Porcentaje de ahorros establecidos respecto a la línea base (Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones, 2011).

Tipos de edificación	Energía	Agua
	Porcentaje de ahorro (%)	Porcentaje de ahorro (%)
Hoteles	35	10
Hospitales	25	40
Oficinas	30	35
Centros comerciales	40	15
Educativos	40	40
Vivienda no VIS	25	25
Vivienda VIS	15	15
Vivienda VIP	15	15

Para cumplir con dichos objetivos la guía realiza un análisis financiero donde presenta diferentes matrices de acuerdo con el clima y el tipo de edificación (hoteles, hospitales, oficinas, centros comerciales, educativos, vivienda no VIS, vivienda VIS y vivienda VIP). Los resultados de la matriz de implementación para clima templado y vivienda no VIS es la siguiente:

**Tabla 3.** Matriz de implementación para clima templado y vivienda no VIS (Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones, 2011).

Ítem	Potencial ahorro (Energía – Agua – Confort) (%)	Impacto en costo (% del costo total)	Periodo de retorno – payback (Años)
Sombreado horizontal	0.14	1.07	-
Sombreado vertical	-	0.27	-

Sombreado horizontal y vertical combinado	-	0.24	-
Valor U vidrio	0.70	-	-
Coefficiente de ganancias solares del vidrio (SHGC)	0.75		
Propiedades del sistema de acristalamiento		0.24	
Valor U pared	0.16	2.14	-
Valor U cubierta	0.11	0.80	-
Ventilación natural	1.32	0.00	1.00
Densidad de potencia de luz	26.26	0.34	3.0
COP			
Controles (ocupación, zonificación)		0.12	
Eficiencia ascensor y escaleras mecánicas	3.06	0.001	1.00
Corrección de factor de potencia	9.00	0.03	1.00
Accesorios de ahorro de agua	14.38	0.45	No retorno en 10 años
Tratamiento de aguas residuales y reciclaje de agua	22.60	1.98	No retorno en 10 años
Recolección y reutilización de aguas de lluvia	1.07	0.48	No retorno en 10 años
Jardinería exterior eficiente	0.15	4.52	No retorno en 10 años
Agua caliente solar	18.80	0.51	6.00
Gestión de aguas torrenciales y recarga de acuíferos		0.48	

Además de lo expuesto anteriormente, se presentan otros ítems tales como: relación ventana/pared, reflectividad de la pared, reflectividad de la cubierta, estanqueidad del aire, iluminación natural, economizadores de aire, VSD torres de enfriamiento, sensores CO2 parqueadero, VSD bombas, recuperación de calor aire de retorno, controles de iluminación

exterior, sub-medición de electricidad, recuperación de condensadores aire acondicionado, sub-medición de agua, sensores CO2 para suministro de aire fresco y controles para la iluminación del parqueadero. Estos no poseen valores referenciales como los demás.

### **2.1.3 Normativa colombiana opcional**

#### **2.1.3.1 Requisitos**

##### **2.1.3.1.1 Decreto 2205 de 2017**

El Decreto 2205 de 2017 establece los requisitos y tipos de inversiones que se podrán realizar de manera que se pueda acceder al descuento financiero otorgado (reducción en el impuesto de renta) al realizar inversiones para el control, conservación o mejoramiento del medio ambiente. Los requisitos propuestos son los siguientes (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 2017)

- La persona que realice la inversión deberá ser una persona jurídica.
- La inversión realizada deberá ser efectuada directamente por el contribuyente.
- La inversión deberá ser realizada en el mismo año en el cual se solicite el descuento correspondiente.
- La inversión deberá tener certificación de la autoridad ambiental competente.
- El valor de la inversión y el valor del descuento otorgado deberá ser acreditado mediante certificación del representante legal y del Revisor Fiscal.

Finalmente, dentro de los tipos de inversiones expuestas se presentan las inversiones encaminadas al control, conservación y mejoramiento del medio ambiente. Además, inversiones en el marco de consumo y producción sostenible que hayan sido inscritos anteriormente con las autoridades ambientales.

#### **2.1.3.2 Incentivos tributarios disponibles**

##### **2.1.3.2.1 Ley 1715 de 2014**

La Ley 1715 de 2014 fue creada con el objetivo de promover las fuentes alternativas renovables y autogeneración de energía en el territorio nacional, buscando el uso eficiente de la energía y la reducción de elementos como los gases de efecto invernadero y demás impactos que genera la industria de producción energética no renovable. En esta misma se

plantea la creación de diferentes estrategias para la promoción de la autogeneración de energía. Un ejemplo de esto es la división de excedentes que busca financiar proyectos con autogeneración a pequeña escala residenciales entre los estratos 1, 2 y 3 y el uso eficiente de la energía (UPME, 2018).

Por lo anterior, la ley establece las siguientes premisas para las personas que inviertan en los proyectos de generación de energía por fuentes no convencionales (UPME, 2018):

- Por los cinco años siguientes al año gravable se realizará una deducción del 50% del valor de la inversión sobre el impuesto sobre la renta.
- Se realizará exclusión del IVA a elementos, maquinaria, equipos y servicios ya sean nacionales o importados que sean destinados a la producción y utilización de la energía.
- Se realizará exención de derechos arancelarios de importación de los insumos y maquinaria utilizados para la producción de energía para los titulares de los proyectos de inversión.
- El proyecto de generación tendrá un régimen de depreciación acelerada donde su tasa anual de depreciación no será mayor al 20%.

#### **2.1.3.2.2 Ley 1819 de 2016**

El artículo 103 del título 5 de la parte 2 del libro de la Ley 1819 de 2016 le adiciona al artículo 255 al Estatuto Tributario un descuento para inversiones realizadas en control, conservación y mejoramiento del medio ambiente. Allí se establece que las personas jurídicas que realicen inversiones relacionadas con el mejoramiento, conservación y control del medio ambiente, con previa acreditación efectuada por la autoridad ambiental respectiva, podrán acceder a un descuento en el impuesto de renta correspondiente al 25% de las inversiones realizadas en el año de la inversión; el cual podría tomarse dentro de los cuatro años siguientes al período gravable (Congreso de Colombia, 2016).

#### **2.1.3.2.3 Resolución 463 de 2018**

La Resolución 463 de 2018 establece cuales son los procedimientos para acceder a los beneficios tributarios sobre el IVA y/o impuesto de renta para los proyectos de eficiencia energético o gestión eficiente de la energía (UPME, 2018). La resolución se divide en cuatro

grandes sectores susceptibles a los beneficios tributarios, estos son: sector transporte, sector industrial, sector terciario (comercial, público y servicios) y sector residencial.

Para el sector residencial específicamente, se establece que uno de los alcances susceptibles a beneficios son las “medidas de eficiencia energética (medidas activas) en energía eléctrica (iluminación, aire acondicionado, motores eléctricos y mejoras de sistemas de alumbrado público)” (UPME, 2018). Allí se menciona que los diseños deberán cumplir con lo estipulado en RETILAP (Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público) y que se deberán implementar luminarias con tecnología LED en la cual:

- Eficiencia luminosa: 90lm/W o superior
- Vida útil: al menos 25.000 horas
- Factor de potencia:  $\geq 0.9$
- THD:  $< 20\%$

Así mismo, otro de los alcances con posibles beneficios tributarios es el “mejoramiento de la eficiencia energética en edificaciones” (medidas pasivas), lo cual se logra con elementos como las pinturas atérmicas, extractores eólicos y otros medios de acondicionamientos ambiental por medios naturales (UPME, 2018). Lo anterior significa que, al utilizar materiales que garanticen el aislamiento térmico y sistemas de ventilación natural se podrá solicitar el beneficio tributario, pero, solo aplica para las edificaciones que encuentren certificadas en su fase de diseño por un ente certificador acreditado nacional o internacionalmente en el tema de la construcción sostenible. Sin embargo, la resolución establece que el servicio de asesoría en eficiencia energética y las certificaciones de edificaciones, hacen parte de las medidas pasivas, por lo tanto, también puede aplicar a los incentivos tributarios descritos a continuación:

- Se realizará una deducción del 25% del valor de la inversión sobre el impuesto sobre la renta en el respectivo año gravable.
- Se realizará exclusión del IVA del 19% a los servicios de diseño del proyecto, así como equipos, elementos o maquinarias que corresponda a medidas activas o pasivas en los términos estipulados en la Resolución 549 de 2015.



En conclusión, para el presente trabajo se implementarán la Ley 1715 de 2014 y la Resolución 463 de 2018 ya que ambas presentan mayores beneficios tributarios y se adecuan más al enfoque del proyecto.

## **2.2 CERTIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE**

En esta sección se tuvieron en cuenta cinco certificaciones de construcción sostenible ya que son las certificaciones principalmente mencionadas por el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. Sin embargo, en el Anexo 1 se encuentran muchas otras certificaciones presentes a nivel mundial.

### **2.2.1 Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)**

Esta certificación fue creada por el U.S Green Building Council (USGBC) y actualmente rige en aproximadamente 160 países. Es una certificación voluntaria la cual funciona para todas las edificaciones, desde las nuevas construcciones hasta las existentes, y desde hospitales hasta viviendas. En Colombia, a la fecha del 31 de diciembre de 2018, hay 151 procesos certificados y 223 en proceso (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, 2018).

Para obtener una certificación LEED se evalúan nueve aspectos fundamentales (Consejo Colombiano de Constucción Sostenible, 2018)

- Proceso de integración
- Ubicación y transporte
- Uso eficiente del agua
- Energía y atmósfera
- Materiales y recursos
- Calidad del ambiente interior
- Innovación en el diseño
- Prioridad regional

A cada uno de estos criterios se les otorga un puntaje, al final, de acuerdo con la puntuación obtenida se otorga o no la certificación. En caso de ser otorgada, existen cuatro niveles de

certificación basadas en la puntuación: Certified (40-49 puntos), Silver (50-59 puntos), Gold (60-79 puntos) o Platinum (80+ puntos) (USGBC, 2019).

Además, según la USGBC los costos en dólares para esta certificación son:

**Tabla 4.** Tarifa para la certificación LEED (USGBC, 2019).

Pago al ente certificador	COP 23,100,000
Costo asesoría externa	COP 230,000,000
Costo total	COP 253,100,000

El costo que se le debe pagar al ente certificador se realizó teniendo en cuenta que la edificación cuenta con una superficie bruta construida de 7200 m<sup>2</sup> y un área por apartamento de 125 m<sup>2</sup>. Además, suponiendo un valor del dólar de COP 3,500 el valor total de la certificación sería COP 23,100,000, lo demás es un costo por asesoría externa.

## **2.2.2 Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM)**

Esta certificación fue creada por el Building Research Establishment (BRE) del Reino Unido a principios de la década de los 90. A la fecha, cuenta con más de 567.826 certificaciones en 81 países, sin embargo, en Colombia, no se cuenta con ninguna certificación de este tipo.

Existen ocho criterios de evaluación de acuerdo con el uso dado a cada construcción (Ecointeligencia, 2013):

- BREEAM Ecohomes: Utilizado para edificios residenciales.
- BREEAM Healthcare: Usado en hospitales y centros de salud.
- BREEAM Industrial: Evalúa los edificios industriales.
- BREEAM Multiresidencial: Utilizado en edificios multiresidenciales.
- BREEAM Prisons: Se ajusta únicamente para las cárceles.
- BREEAM Offices: Usado en edificios de trabajo u oficinas.

- BREEAM Education: Evalúa los colegios, universidades y centros de formación.
- BREEAM International para edificaciones ubicadas fuera del Reino Unido.

Para obtener una certificación BREEAM se evalúan diez aspectos principales (BREEAM, 2018):

- Energía
- Salud y bienestar
- Innovación
- Uso del suelo
- Materiales
- Gestión
- Contaminación
- Transporte
- Residuos
- Agua

Cada uno de estos criterios se subdivide en otros aspectos a los cuales se les asignan créditos, al final se determina la cantidad de créditos y se otorga un puntaje final. Finalmente, se establece el grado de certificación: Pasante (30-44 puntos), Bueno (45-54 puntos), Muy bueno (55-69 puntos), Excelente (70-85 puntos) o Sobresaliente (85+ puntos) (BREEAM, 2018).

Además, según la BRE los costos en euros para esta certificación son:

**Tabla 5.** Tarifa para la certificación BREEAM (BREEAM, 2018).

Registro y verificación fase de diseño	4.900 €
Revisión en fase de Post-Construcción	1.225 €
Total	6.125 €

El costo total que se le debe pagar al ente certificador se realizó teniendo en cuenta que la edificación tiene 30 viviendas de más de 120 m<sup>2</sup>. Además, suponiendo un valor del euro de COP 3,800 el valor total de la certificación sería COP 23'275,000.

### 2.2.3 Excelencia en Diseño para Mayores Eficiencias (EDGE)

Esta certificación fue creada por la Corporación Financiera Internacional (IFC), está disponible en más de 140 países y en Colombia actualmente hay 14,491 unidades certificadas (Corporación Financiera Internacional, 2019). Es una certificación la cual puede ser utilizada en varios contextos, desde nuevas edificaciones hasta construcciones existentes o con renovaciones importantes.

Un proyecto puede ser certificado bajo esta normativa si cumple con 20% menos de energía, agua, y energía relacionada con los materiales respecto a una edificación de referencia (Corporación Financiera Internacional, 2019). Sin embargo, la certificación EDGE está asociada a los porcentajes de ahorro mencionados en la resolución 549 de 2015, por lo tanto, para que un proyecto sea certificable en Colombia debe cumplir con el 25% de ahorro en el tema de agua y energía. Así mismo, los valores mencionados se pueden verificar en la aplicación gratuita EDGE la cual cuantifica el consumo y el ahorro de la edificación.

Además, según la IFC los costos para esta certificación son:

**Tabla 6.** Tarifa para certificación EDGE (Corporación Financiera Internacional, 2019).

Registro	COP 900,000
Certificación	COP 7,200,000
Auditoria del diseño	COP 11,150,000
Auditoria final	COP 12,350,000
Asesoría externa	COP 15,000,000

Total	COP 46'600,000
-------	----------------

El costo que se le realiza al ente certificador se realizó teniendo en cuenta que la edificación tiene 30 unidades de vivienda y hasta tres tipologías, lo cual serían 31,600,000.

#### **2.2.4 Haute Qualité Environnementale (HQE)**

Certificación francesa en la cual el individuo es el centro del proceso, además, tiene un enfoque específico hacia las viviendas de interés social.

Para obtener una certificación HQE se evalúan cuatro aspectos fundamentales que se dividen en catorce metas específicas (HQE, s.f.):

- Energía
- Medio ambiente
- Salud
- Confort

Finalmente, de acuerdo con la puntuación obtenida se concede uno de los siguientes niveles de certificación: Pasa, Bueno, Muy Bueno, Excelente o Excepcional.

#### **2.2.5 Referencial CASA Colombia**

Esta certificación fue creada en Colombia en el 2013 por el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS) para fomentar la sostenibilidad en el país. Se otorga tanto en proyectos urbanísticos como en viviendas de interés social (VIS).

Para obtener esta certificación se evalúan aspectos como (ISMD, 2017):

- Sostenibilidad con el entorno
- Sostenibilidad en la obra
- Eficiencia de recursos: agua
- Eficiencia de recursos: energía
- Eficiencia de recursos: materiales
- Bienestar

- Responsabilidad social

Finalmente, se asigna una calificación y se certifica el proyecto de la siguiente manera: Sostenible (+50 puntos), Sostenible Sobresaliente (+75 puntos) o Sostenible Excepcional (+80 puntos). Así mismo ocurre cuando se certifican las viviendas de interés social, sin embargo, las puntuaciones para obtener los niveles de certificación son más bajos.

Además, según el CCCS los costos para esta certificación son:

**Tabla 7.** Tarifa certificación CASA Colombia (ISMD, 2017).

Registro	COP 6'627,348
Revisión documentación de diseño	COP 7'580,299
Revisión documentación de construcción	COP 7'580,299
Auditoría de construcción	COP 5'549,862
Total	COP 27'337,808

El costo total que se le debe pagar al ente certificador se realizó teniendo en cuenta que la edificación tiene 30 unidades de vivienda.

### 2.2.6 Comparativo de las certificaciones

A continuación, se realizó una tabla comparativa en la cual se exponen las certificaciones presentadas anteriormente. Esto se realizó con el fin de identificar los aspectos positivos y negativos que tiene cada una de ellas y así elegir la certificación que mejor se acomode al caso de estudio.

Cabe mencionar que, los costos corresponden a los valores pagables al ente certificador, es decir, ahí no se tienen en cuenta los valores de asesoría y acompañamiento de un experto durante el proceso.

**Tabla 8.** Comparativo de sellos de sostenibilidad en edificaciones (Departamento Nacional de Planeación, 2018).

	LEED	HQE	BREEAM	CASA	EDGE
Componente social	●	●	●	●	●
Ambiente interior, salud y confort	●	●	●	●	●
Energía	●	●	●	●	●
Agua	●	●	●	●	●
Materiales	●	●	●	●	●
Residuos	●	●	●	●	●
Uso de suelo	●	●	●	●	●
Polución	●	●	●	●	●
Innovación	●	●	●	●	●
Categorías de puntuación	●	●	●	●	●
Prioridad regional	●	●	●	●	●
Transporte	●	●	●	●	●
Edificación nueva	●	●	●	●	●
Edificación existente	●	●	●	●	●
Vivienda	●	●	●	●	●
App de evaluación	●	●	●	●	●

Código de color: ● No aplica, ● Aplica parcialmente, ● Aplica.

Con la tabla mostrada anteriormente se concluye que LEED y BREEAM son las certificaciones más completas que hay en el mercado. Sin embargo, LEED es la certificación más costosa que se presenta en la tabla, por tal motivo se descarta para la implementación de este proyecto. Por otra parte, EDGE es un certificación que no evalúa varios aspectos que, si tienen en cuenta las otras certificaciones y es un poco más costosa que CASA y BREEAM, sin embargo, posee un gran atributo y es la aplicación gratuita que maneja, en la cual el usuario sabe de ante mano si su proyecto podría estar o no certificado. Por lo anterior, se escoge EDGE como la certificación que se implementará en el proyecto ya que al ser un camino prescriptivo se podría demostrar con facilidad el cumplimiento de los ahorros, es decir, se podría validar fácilmente las modificaciones propuestas para la edificación. Además, las estrategias son de fácil implementación, se tendría certeza de que se obtendría el sello y se podría implementar en la Resolución 463 de 2018 donde se exige que la edificación este certificada en la fase de diseño (CAMACOL, s.f.).

## 2.3 FINANCIAMIENTO

El financiamiento es un mecanismo por medio del cual se concede un crédito a una persona, empresa u organización para llevar a cabo un proyecto o actividad (Significados, s.f.). Por lo tanto, en aras de incentivar el uso sostenible de los recursos naturales en Colombia, se ha promovido un término titulado financiamiento verde, en el cual las entidades financieras otorgarán créditos blandos y subsidios a proyectos bajo las siguientes líneas (Asobancaria, s.f.):

- Eficiencia energética
- Producción más limpia
- Construcción sostenible
- Generación o aumento de energía renovables

Su intención es potenciar proyectos, productos y servicios con fines sostenibles o que en su desarrollo cuenten con estas características. El apalancamiento brindado no busca solamente el desvío de fondos para inversión a proyectos verdes, sino que busca generar una transformación ideológica tanto en el creador como consumidor, creando consciencia sobre el medio ambiente y el impacto que se le está generando (Asobancaria, 2018).

Este financiamiento puede darse a través de “bonos verdes” o Green Bonds Principles (GBP) creados por el International Capital Market Association (ICMA) los cuales tienen el mismo funcionamiento en el mercado que un bono corriente (la adquisición de un título de deuda por un tercero) (Bancolombia, s.f.). La principal diferencia radica en el destino de la recaudación de la emisión, la cual solo puede ser recaudada para los denominados proyectos verdes los cuales están divididos en diferentes categorías (Bancolombia, s.f.):

- Energías renovables
- Eficiencia energética
- Prevención y control de la contaminación
- Gestión sostenible de los recursos y el uso de la tierra
- Conservación de la biodiversidad terrestre y acuática
- Transporte limpio
- Gestión sostenible del agua (Potable y residual)



- Edificios ecológicos
- Adaptación al cambio climático
- Productos adaptados a la economía ecológica y/o circular, tecnologías y procesos de producción.

A nivel nacional solo se han realizado cinco emisiones de bonos verdes al mercado. Estos realizados por Davivienda, Bancoldex, EPSA S.A y Bancolombia en dos ocasiones. Se ejecuta con el fin de promocionar y desarrollar proyectos con fines ambientales en los diferentes sectores de la economía colombiana. Sin embargo, el financiamiento verde puede darse por otras alternativas convencionales con ciertos beneficios al benefactor como lo son las tasas preferenciales, reembolsos de cierta parte de la inversión, incentivos tributarios, entre otros (Asobancaria, 2018).

Entre las entidades que promueven esta iniciativa se encuentran (Minambiente, 2013):

- Asobancaria
- Bancolombia
- Banco Davivienda
- Citibank Colombia
- Scotiabank Colombia
- BBVA Colombia
- Banco Colpatria
- Bancamía
- Findeter
- Finamérica
- Banco Procredit
- Banco de Bogotá
- Banco Agrario
- Finagro

### 2.3.1 Bancolombia

Para Bancolombia “El financiamiento verde hace referencia a recursos públicos y privados, internacionales o nacionales, que se movilizan en calidad de donación, créditos, inversiones de capital de riesgo o transacciones en mercados de carbono para mitigar el cambio climático” (Bancolombia, 2017).

La entidad financia los siguientes tipos de proyectos (Bancolombia, s.f.):

- Eficiencia energética: proyectos que reducen la cantidad de energía utilizada. Por ejemplo:
  - Motores y conductores de alta eficiencia.
  - Iluminación eficiente LED.
  - Compresores de aire de alta eficiencia.
  - Aire acondicionado y sistemas de refrigeración.
  - Cambio a combustibles limpios.
  - Sistemas para recuperar calor de chimeneas y hornos
- Energías renovables: proyectos que buscan generar energía eléctrica a través de fuentes no convencionales de energía. Por ejemplo:
  - Paneles solares para calentamiento de agua.
  - Paneles solares para generar energía.
  - Pequeñas centrales de generación hidroeléctrica.
- Producción más limpia: Proyectos de optimización de procesos industriales de manera que se reduzcan los residuos, vertimientos, emisiones, consumo de agua y energía, entre otros. Por ejemplo:
  - Equipo y maquinaria de producción que disminuya el consumo de materias primas, agua, energía o combustibles.
  - Equipos sanitarios y grifería eficiente.
  - Activos para la captura de agua lluvia.
  - Sistemas de tratamiento y reutilización de agua.
- Construcción sostenible: Proyectos de vivienda que tengan en cuenta aspectos medioambientales. Por ejemplo:
  - Ubicación sostenible.

- Minimización del uso de recursos naturales.
- Utilización de fuentes de energía renovables, paneles para energía y calentamiento de agua, entre otros.

Así mismo, ofrece los siguientes líneas de crédito (Bancolombia, s.f.):

- Línea verde: Esta línea de crédito aplica para todos los sectores, y busca financiar proyectos sostenibles.
  - Beneficiarios: clientes del sector público y privado con ventas anuales mayores o iguales a \$280 millones al año.
  - Plazo: hasta 120 meses en inmuebles (construcción sostenible).
  - Amortización de capital: mensual, trimestral, semestral, anual o plan de pagos.
  - Periodicidad pago de intereses: mensual, trimestral, semestral o anual.
  - Monto máximo de recursos por operación: para la construcción sostenible el monto máximo es de \$30.000 millones.
  - Indexación: para construcción sostenible IBR, DTF, IPC y tasa fija.
- Agroverde: Se enmarca para clientes del sector agro en Colombia.
- Líneas especiales de la banca de desarrollo: Findeter, Bancoldex y Finagro.
- Línea de crédito ambiental SECO: Línea de crédito para proyectos de inversión de reconversión a tecnologías eficientes (la reducción en el indicador de impacto ambiental debe ser mínimo 30%).
- Crédito constructor profesional: Por medio de este se financia la construcción y la comercialización de los proyectos inmobiliarios.
  - El pago se calcula de acuerdo con el avance de obra y la velocidad de ventas.
  - Los intereses se pagan por trimestre vencido sobre el valor de cada desembolso.
  - Se puede cancelar con las ventas que se realicen.
  - Se financia hasta el 80% de los costos de una construcción.
  - Ofrece tasas desde UVR + 4.32%.

### **2.3.2 Banco Davivienda**

Para Davivienda el financiamiento verde es una “línea de crédito orientada a financiar proyectos de inversión con el objetivo de prevenir, manejar y/o mitigar los impactos ambientales y la adaptación al cambio climático”. De manera que se produzca un financiamiento, los proyectos deben estar orientados en optimizar los beneficios medioambientales (Davivienda, s.f.).

La entidad financia los siguientes tipos de proyectos en los cuales se ofrece un sistema de amortización de acuerdo con el flujo de caja de la empresa, plazos que se ajusten a las necesidades y al flujo del proyecto y finalmente, desembolsos en diferentes modalidades (Davivienda, s.f.):

- Producción más limpia y eficiencia energética:
  - Tasa: variables (DTF + puntos fijos)
  - Segmento: pyme, empresarial y corporativo.
  - Plazo: hasta 10 años.
  - Monto: desde \$100 millones.
  - Amortización: mensual, trimestral, semestral.
- Energía renovable e infraestructura sostenible
  - Tasa: variables (DTF + puntos fijos)
  - Segmento: empresarial, corporativo y oficial.
  - Plazo: hasta 12 años.
  - Monto: desde \$100 millones.
  - Amortización: trimestral, semestral.
  - Requiere evaluación por parte del departamento Sistema de Administración de Riesgo Ambiental y Sostenible.

### **2.3.3 BBVA Colombia**

Para el banco BBVA “un préstamo es considerado verde cuando su finalidad es promover la sostenibilidad medioambiental y está calificado como tal por un organismo externo” (BBVA, 2017).

La entidad financiera maneja los siguientes cuatro formatos de préstamos (BBVA, 2017):

- Préstamo bilateral: préstamo que se da entre la compañía y el banco.
- Préstamo sindicado: préstamo que se realiza entre un grupo de bancos y un proyecto.
- Línea de crédito revolving: no se basa en el financiamiento de proyectos sino en criterios medioambientales mediante los cuales la compañía deberá pagar más o menos interés al banco.
- Financiación de proyecto: se basa en los flujos de caja que se generan a lo largo del proyecto.

Además de lo mencionado anteriormente, también poseen bonos verdes, los cuales son bonos destinados a financiar o refinanciar exclusivamente proyectos verdes elegibles tales como (BBVA, 2017):

- Energía renovables (transmisión, dispositivos y productos).
- Eficiencia energética (edificios nuevos y reformados, almacenamiento de energía, calefacción urbana, redes inteligentes, entre otros).
- Prevención y control de la contaminación (tratamiento de aguas residuales, reducción de emisiones atmosféricas, reciclaje de residuos, entre otros).
- Gestión sostenible de los recursos naturales y el uso de la tierra (forestación, agricultura sostenible, entre otras).
- Conservación de la biodiversidad terrestre y acuática (protección de ambientes).
- Transporte limpio (transporte eléctrico, híbrido, ferroviario, entre otros).
- Gestión sostenible del agua (tratamiento de aguas residuales, captación fluvial, entre otros).
- Adaptación al cambio climático (sistemas de información, sistemas de alerta temprana)
- Productos adaptados a la economía ecológica (ecoetiqueta, embalaje y distribución eficientes de recursos, entre otros).
- Edificios ecológicos (edificios certificados nacional o internacionalmente).

Finalmente, con la ayuda de un asesor externo se evaluaron los beneficios otorgados por cada banco para tomar la decisión de cuál de estos sería el más conveniente para

desarrollarlo en el caso a analizar. Se concluyó que el más idóneo sería el de Bancolombia pues es el banco que financia más del 60% de proyectos de construcción realizados por el asesor, pues su capacidad financiera permite apalancar usualmente la capacidad requerida por el constructor. Las tasas obtenidas para un proyecto verde con el banco son aproximadamente del 0,9% mensual a diferencia del 1% mensual de un crédito tradicional. Cabe mencionar que, para el caso de estudio, no fue posible obtener la información sobre el ente prestador del servicio de financiación del proyecto en su prefactibilidad inicial ni los criterios para elegirlos, tampoco las tasas que se recibieron ni los plazos y sus respectivos métodos de pagos, lo que no permitió una comparación adecuada considerando todos los factores.

## **3 PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **3.1 ANÁLISIS DE LA EDIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS COSTOS DE LAS MODIFICACIONES**

Para proponer las posibles modificaciones que se le pueden realizar a la edificación, en primer lugar, se realizará una explicación de la aplicación, mencionando los campos que requieren para poder calcular los ahorros de energía, agua y materiales. Seguidamente, se calculará el caso base, este es el caso actual, el que realmente planteó la constructora. Posteriormente, se plantearán dos casos de estudio, para el primero se implementarán modificaciones relacionadas con la ley 1715 de 2014 y con la resolución 463 de 2018, y para el segundo, modificaciones relacionadas con la resolución 463 de 2018. Por último, se cuantificará el costos de las modificaciones propuestas en cada uno de los casos.

Cabe mencionar que no se realizará un caso específico que utilice solo la ley 1715 de 2014 ya que desde el caso base se implementan artículos que podrían acceder a los incentivos otorgados por la resolución 463 de 2018. Es decir, para poder implementar un caso que utilice solo la ley 1715 de 2014 se estaría haciendo un retroceso en el proceso.

#### **3.1.1 Edge App**

A través de la plataforma EDGE App se pueden modelar los diferentes casos de estudio que se presentan para la edificación Tribeca. La aplicación evalúa tres aspectos fundamentales para obtener la certificación los cuales son: agua, energía y materiales. Estos aspectos deben cumplir mínimo un 20% de ahorro respecto a la línea base establecida, en este caso, el software adopta la línea base de la resolución 549 de 2015 y desde allí establece el ahorro (CAMACOL, s.f.). Sin embargo, como se mencionó anteriormente, para el caso de Colombia se debe cumplir con el 25% en el tema de agua y energía debido a los ahorros proyectados en la resolución mencionada.

- **Diseño**

En el tema de diseño, la aplicación establece en primer lugar los detalles del proyecto. Allí se incluyen temas como nombre del proyecto, dirección, país, ciudad, cantidad de edificios

diferentes, nombre del titular del proyecto, entre otros. A continuación, se presenta una imagen tomada del software donde se evidencia el cuestionario.

Detalles del Proyecto			
Nombre del Proyecto*	Tribeca	Dirección línea1	Calle 9AA sur N°37-20/40
Cantidad de edificios distintos*	1	Dirección línea2	
Cantidad de subproyectos EDGE asociados	1	Ciudad	Medellin
Superficie total del proyecto (m²)	7200	Estado/Provincia	Antioquia
Nombre del titular del Proyecto*	Arquitectura & Concreto	Código postal	
Email del titular del Proyecto*	juancame916@hotmail.com	País	Colombia
Teléfono del titular del Proyecto*	Móvil 57 3013817454	Número del Proyecto	1000576459

**Ilustración 3.** Formato de la aplicación Edge para el tema de detalles del proyecto.

Seguidamente, la plataforma pide los detalles del subproyecto. Allí se presentan dos opciones muy importantes las cuales son, la etapa de certificación del proyecto y el tipo de subproyecto. En la primera, la plataforma presenta la opción de que la certificación se realice para la etapa de post-construcción o para la fase preliminar, dependiendo de la opción a elegir los requerimientos varían. En la segunda, existe la opción de que se realice para una edificación nueva o existente. En el caso de estudio se utilizó la opción de fase preliminar, que va de la mano con la edificación nueva, ya que la idea es identificar como varían los costos desde un principio.



#### Detalles del subproyecto

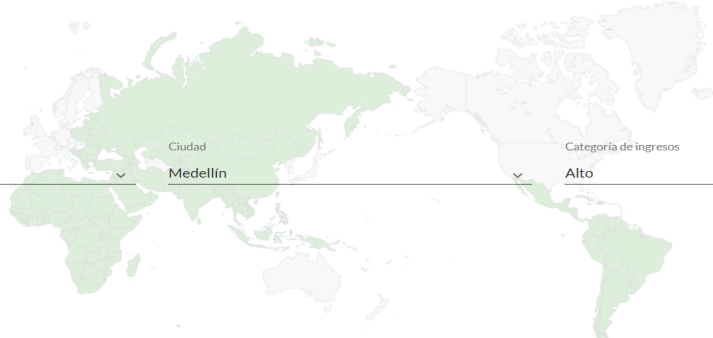
Nombre del subproyecto* Tribeca	Dirección línea1* Calle 9AA Sur N°37-20/40	
Nombre de la Casa o Edificio* Torre principal	Dirección línea2	
Multiplicador del subproyecto para el proyecto* 1	Ciudad* Medellin	
Etapa de certificación* Preliminar	Estado/Provincia Antioquia	
Estado Self-Review	Código postal	
Auditoría	País* Colombia	
Certificador	Tipo de subproyecto Edificio nuevo	

**Ilustración 4.** Formato de la aplicación Edge para el tema de detalles del subproyecto.

En tercer lugar, se establecen los datos de ubicación de la edificación, como lo son el país, la ciudad y la categoría de ingresos del sector, en la cual se definió una categoría alta ya que se encuentra en un estrato socioeconómico 6.

#### Datos de ubicación

Pais Colombia	Ciudad Medellin	Categoría de ingresos Alto
------------------	--------------------	-------------------------------



**Ilustración 5.** Formato de la aplicación Edge para el tema de datos de ubicación.

En cuarto lugar, el software presenta los datos del edificio. Tribeca cuenta con 30 unidades de vivienda con un áreas brutas de 105.45 m<sup>2</sup>, 115.75 m<sup>2</sup> y 123.8 m<sup>2</sup> y un área social de 116 m<sup>2</sup>. Se definió que se trabajaría únicamente con el área bruta de mayor valor y al tener solo dos habitaciones por apartamento se asumió que tendría en promedio tres ocupantes por unidad de vivienda.

### Datos del edificio - Área detallada

Ingrese los datos del edificio	Por defecto	Entrada de usuario
Tipo de unidad de vivienda Piso/Departamento	Dormitorio (m <sup>2</sup> ) 47.1	Dormitorio (m <sup>2</sup> ) 45
Área promedio de la unidad de vivienda (m <sup>2</sup> ) 124	Cocina (m <sup>2</sup> ) 8.1	Cocina (m <sup>2</sup> ) 10.5
Dormitorios/Unidad (n.o) 3	Sala/Comedor (m <sup>2</sup> ) 27.8	Sala/Comedor (m <sup>2</sup> ) 24
Número de pisos/niveles (n.o) 18	Baño (m <sup>2</sup> ) 7.1	Baño (m <sup>2</sup> ) 9.9
Unidades de vivienda (n.o) 30	Cuarto de ropas, balcón, punto fijo** (m <sup>2</sup> ) 34.60	
Ocupación (personas por unidad)(n.o) 3	Área interna bruta (m <sup>2</sup> ) 124	Área interna bruta (m <sup>2</sup> )
	Longitud de pared externa (m/unidad de vivienda) 35	Longitud de pared externa (m/unidad de vivienda)
	Área del techo/unidad (m <sup>2</sup> ) 6.9	Área del techo/unidad (m <sup>2</sup> )
	Proporción de vidrio respecto a la superficie/piso 23.9%	
	Unidad/área común (m <sup>2</sup> ) 81.0	Unidad/área común (m <sup>2</sup> ) 116

**Ilustración 6.** Formato de la aplicación Edge para el tema de datos del edificio.

Finalmente, el software presenta los supuestos para la línea base. Allí se establecen preguntas tales como el tipo de combustible para el calentamiento del agua, el combustible utilizado para la calefacción, el costo de la electricidad, el costo de los combustibles, entre otros. Además, establece por defecto, basado en la Resolución 549 de 2015, la proporción de vidrio respecto a la pared, la reflectividad solar de la pintura en pared y techo, la eficiencia de la caldera de agua caliente, el valor U del techo, de la pared y del vidrio, el coeficiente de ganancia solar del vidrio, la eficiencia del sistema de aire acondicionado y el promedio mensual de la temperatura.

### Supuestos para la línea base

Por defecto	Entrada de usuario
Combustible para el calentamiento de agua Electric Resistance	Combustible para el calentamiento de agua Gas natural
Combustible utilizado para la calefacción Electricity	Combustible utilizado para la calefacción Electricidad
Costo de la electricidad (\$/kWh) 0.08	Costo de la electricidad (\$/kWh) 0.034
Costo del combustible diésel (\$/L) 4.95	Costo del combustible diésel (\$/L) 0.7
Costo del GLP/Gas Natural (\$/L) 0.04	Costo del GLP/Gas Natural (\$/L)
Costo del agua (\$/kl) 0.04	Costo del agua (\$/kl) 1.95
Emisiones de CO <sub>2</sub> : g/kWh de electricidad (gramos/kWh) 220	Emisiones de CO <sub>2</sub> : g/kWh de electricidad (gramos/kWh)

**Ilustración 7.** Formato de la aplicación Edge para los supuestos para la línea base.

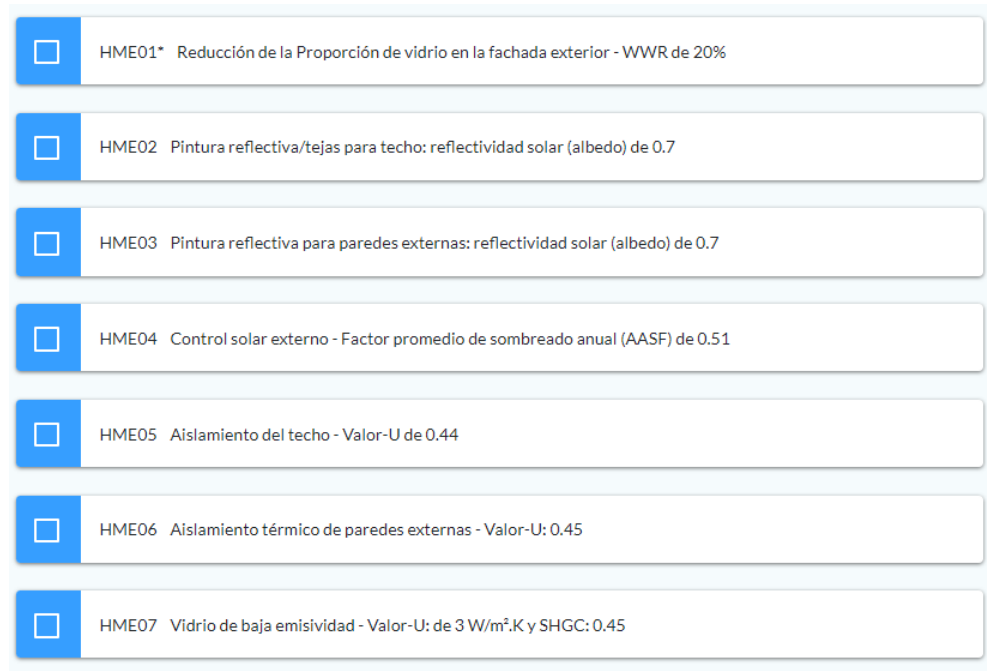
- **Energía**

Las medidas de eficiencia energética están subdivididas por el software en siete categorías principales, estas son:

- ✓ Energía – Calefacción
- ✓ Energía – Ventiladores
- ✓ Servicios comunes
- ✓ Agua caliente
- ✓ Energía – Refrigeración (aire acondicionado)
- ✓ Electrodomésticos
- ✓ Iluminación

Para cada uno de los componentes mencionados se presentan acciones que pudieron haber empleado las constructoras para disminuir el consumo energético en la edificación.

En la **Ilustración 8** se evidencia como, por ejemplo, para el tema de energía-calefacción, se presentan varias estrategias que se pueden adoptar para reducir la cantidad de energía consumida.



<input type="checkbox"/>	HME01* Reducción de la Proporción de vidrio en la fachada exterior - WWR de 20%
<input type="checkbox"/>	HME02 Pintura reflectiva/tejas para techo: reflectividad solar (albedo) de 0.7
<input type="checkbox"/>	HME03 Pintura reflectiva para paredes externas: reflectividad solar (albedo) de 0.7
<input type="checkbox"/>	HME04 Control solar externo - Factor promedio de sombreado anual (AASF) de 0.51
<input type="checkbox"/>	HME05 Aislamiento del techo - Valor-U de 0.44
<input type="checkbox"/>	HME06 Aislamiento térmico de paredes externas - Valor-U: 0.45
<input type="checkbox"/>	HME07 Vidrio de baja emisividad - Valor-U: de 3 W/m <sup>2</sup> .K y SHGC: 0.45

**Ilustración 8.** Posibles estrategias adoptadas en el tema de energía-calefacción para la aplicación Edge.

Finalmente, para cada subtema se selecciona si se aplicó o no alguna de las medidas que presenta el software en la edificación. Al finalizar la aplicación arroja un porcentaje de ahorro realizado debido a la construcción del edificio y una inversión adicional por incluir las estrategias adoptadas.

- **Agua**

Las medidas de eficiencia de agua están subdivididas por el software en cinco categorías principales, estas son:

- ✓ Ducha
- ✓ Cocina
- ✓ Grifos

- ✓ Sanitarios
- ✓ Lavado y limpieza

Al igual que para el tema de energía, cada una de las subdivisiones presenta los posibles ahorros en el tema. En la **Ilustración 9** cada color representa cada una de las subdivisiones y se evidencian las ocho posibles alternativas de mejora.

<input type="checkbox"/>	HMW01* Cabezales de ducha de bajo flujo - 8 lts./min
<input type="checkbox"/>	HMW02* Grifos de bajo flujo para cocina - 6 l/min
<input type="checkbox"/>	HMW03* Grifos de bajo flujo en todos los baños - 6 L/min
<input type="checkbox"/>	HMW04* Descarga doble para inodoros en todos los baños - 6 L en la primera descarga y 3 L en la segunda descarga
<input type="checkbox"/>	HMW05* Sanitarios de descarga simple - 6 l. por descarga
<input type="checkbox"/>	HMW06 Sistema de recolección de agua de lluvia - 50% del área del techo utilizado para este fin
<input type="checkbox"/>	HMW07 Aguas grises recicladas para la descarga de los sanitarios
<input type="checkbox"/>	HMW08 Aguas negras recicladas para la descarga de los sanitarios

**Ilustración 9.** Posibles modificaciones realizadas en el tema de agua para la aplicación Edge.

- **Materiales**

Las medidas de eficiencia de los materiales están subdivididas por el software en siete categorías principales, estas son:

- ✓ Losas de piso y entrepiso
- ✓ Acabado de piso

- ✓ Construcción de cubierta
- ✓ Ventanas
- ✓ Paredes externas
- ✓ Aislamiento
- ✓ Paredes interiores

Finalmente, para casi todas las subdivisiones, a excepción del aislamiento que está implícito en varias, hay dos opciones posibles para la reducción, ya que en los casos de cubierta, muros interiores y exteriores, acabados de piso y marcos de venta existe la opción de poner una proporción de materiales, como se evidencia en la imagen a continuación:

HMM01*	<p>Losas de piso y entrepiso</p> <p>Tipo 1</p> <p>Losa reforzada de concreto en obra</p> <p>Grosor (mm)</p> <p>Barra reforzada de acero(Kg/m<sup>2</sup>)</p>
HMM02*	<p>Construcción de cubierta</p> <p>Tipo 1</p> <p>Losa reforzada de concreto en obra</p> <p>Proporción %</p> <p>Grosor (mm)</p> <p>Barra reforzada de acero(Kg/m<sup>2</sup>)</p>
HMM03*	<p>Paredes externas</p> <p>Tipo 1</p> <p>Pared de ladrillo común con yeso externo e interno</p> <p>Proporción %</p> <p>Grosor (mm)</p>
HMM04*	<p>Paredes interiores</p> <p>Tipo 1</p> <p>Pared de ladrillo común con yeso en ambas caras</p> <p>Proporción %</p> <p>Grosor (mm)</p>
HMM05*	<p>Acabado de piso</p> <p>Tipo 1</p> <p>Baldosa cerámica</p> <p>Proporción %</p>
HMM06*	<p>Marcos de ventana</p> <p>Tipo 1</p> <p>Aluminio</p> <p>Proporción %</p> <p>Vidriado simple</p>

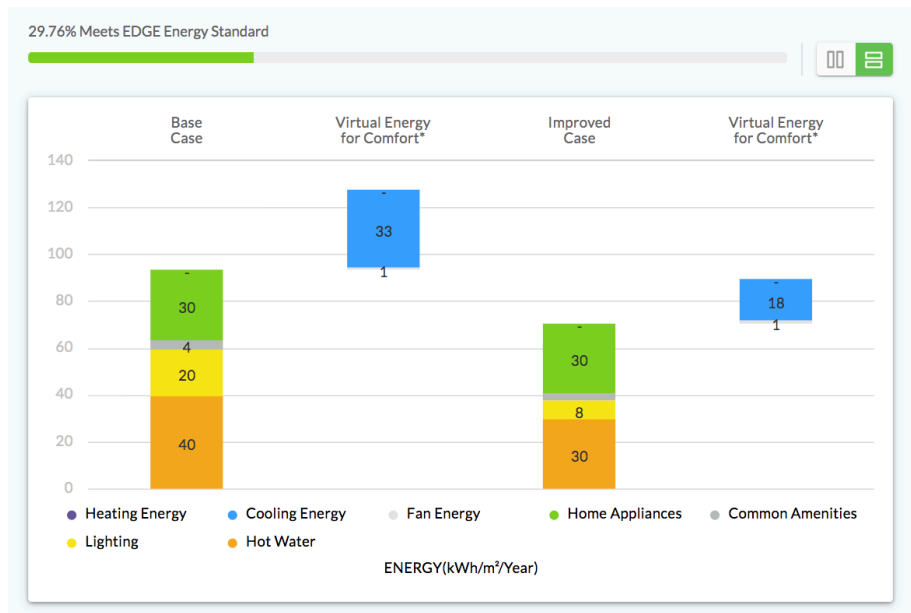
**Ilustración 10.** Posibles modificaciones realizadas en el tema de los materiales para la aplicación Edge.

### 3.1.2 Caso base: Edificación inicial

El caso base es el caso inicial planteado por la constructora, es decir, el caso real, lo que actualmente se está ejecutando.

- **Energía**

El diseño inicial de la edificación buscando cierto ahorro de energía, cuenta con varios elementos que ayudan en la reducción del consumo energético y el uso eficiente de la misma. La edificación cuenta con bombillas LED en las áreas tanto privadas como comunes controladas por detectores de presencia evitando el consumo cuando no es necesario. La temperatura ambiente de la ciudad es estable y no tiene períodos de calor o frío extremos. Es por esto que, no se consideró necesario la implementación de sistemas centrales de refrigeración o calefacción. Además de los elementos netamente eléctricos, la sección de energía toma en consideración la energía embebida en los materiales en su proceso de extracción, fabricación, transporte y puesta en obra. Por lo tanto, teniendo en cuenta los métodos de ahorro expuestos previamente, el diseño energético inicial muestra un ahorro de 29,76% respecto a la línea base cumpliendo así con los estipulado por EDGE.



**Gráfica 1.** Resultados de la reducción en energía respecto a la línea base para el caso base.

- **Agua**

El edificio Tribeca en el tema del agua cuenta con dos elementos a destacar desde el presupuesto inicial, estos son los sanitarios de descarga doble y los mezcladores de ducha.

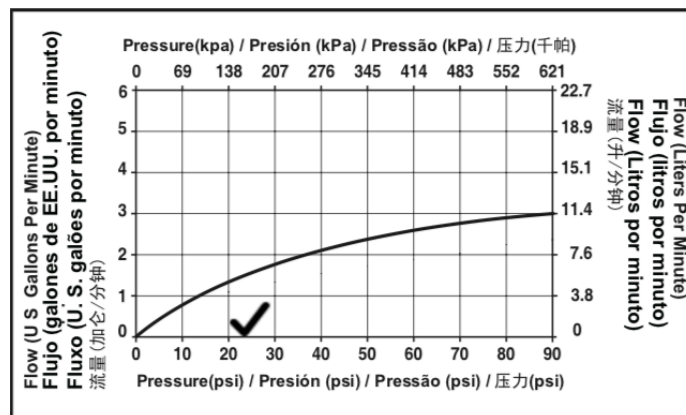


Los primeros reducen 25 m<sup>3</sup> de consumo de agua por vivienda anualmente y los segundos reducen 22 m<sup>3</sup>.

Cabe mencionar que, la presión de diseño de agua para los apartamentos es en promedio 80 psi.

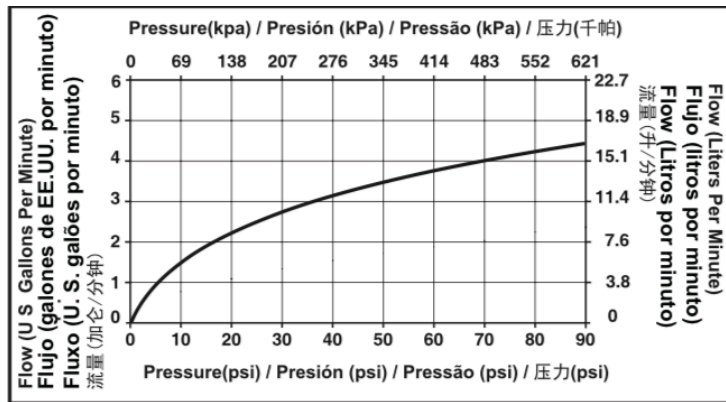
Los mezcladores de ducha son referencia Delta Grail, los cuales según las especificaciones técnicas a una presión de 80 psi entregan un caudal de 6.6 L/min. En comparación con la línea base de 10 L/min se aprecia un ahorro del 34%.

En la cocina la grifería es una llave de palanca Delta Elemetro 230001. Como se evidencia en la **Ilustración 11** a una presión promedio de 40 libras por pulgada cuadrada el caudal esperado es de 8 L/min aproximadamente. La línea base es de 12 L/min lo que no sugiere un ahorro significativo.



**Ilustración 11.** Presión y flujo de la llave de cocina (DELTA).

Delta lxa 44040 fue la grifería escogida por el diseñador para ser instalada en los lavamanos de cada vivienda en la edificación. Para la presión de diseño el caudal es de 11,4 L/min aproximadamente. Este ítem es uno de los más representativos en términos de consumo, pues la línea base entregada por EDGE es de apenas 8 L/min. Siendo el doble de consumo, se identificó como uno de los aspectos más críticos a modificar para lograr la meta de un ahorro de 20% sobre los valores básicos definidos por la certificación.



**Ilustración 12.** Presión y flujo de la llave de lavamanos (DELTA) .

Los sanitarios propuestos preliminarmente son referencia Corona Montecarlo Hovo. Estos tienen la función de descarga doble de 6 litros para sólidos y 4 litros para líquidos. Esto en comparación con los equipos tradicionales representa una reducción en el consumo por descarga significativa pues teniendo como referencia la línea base de EDGE estos usan alrededor de 8 litros por uso.

En resumen, con todos los elementos hidrosanitarios con los cuales se diseñó inicialmente la edificación se alcanzó un ahorro del 27,32% en consumo de agua, más de lo necesario para cumplir con lo requerido por la certificación.

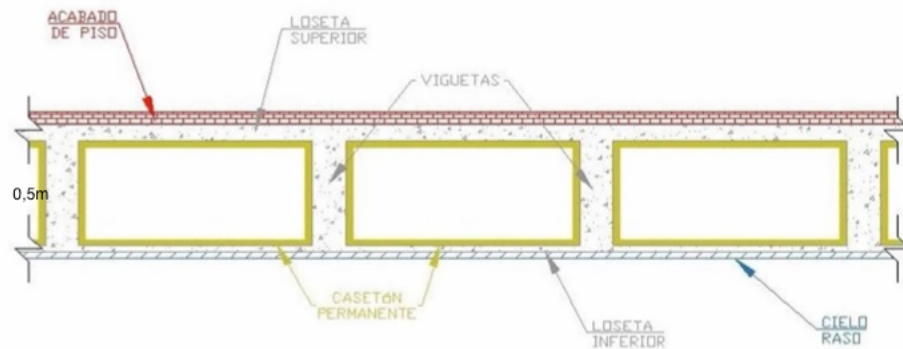


**Gráfica 2.** Resultados de la reducción en agua respecto a la línea base para el caso base.

- **Materiales**

El edificio Tribeca cuenta con un sistema constructivo muy común en la comuna 14 de la ciudad de Medellín el cual se caracteriza por ser una losa de concreto reforzado aligerada de vaciado monolítico. El espesor de diseño de esta es de 50 cm con un tenor de 42,13 kilogramos de acero por metro cuadrado de losa. La mampostería de la edificación se puede dividir en dos; la externa y la interna. La primera también típica de las edificaciones de la ciudad está diseñada para ser en ladrillos de arcilla caravista de 10 cm de espesor con la característica de tener revoque en el interior para dar un acabado estético en las unidades de vivienda y zonas comunes. La mampostería de la cual están hechas las divisiones internas del apartamento consta de una serie de ladrillos de arcilla comunes con yeso en ambas caras buscando un acabado decoroso.

Además de los elementos estructurales, el diseño arquitectónico de Tribeca propone unos acabados de piso y enchapes en baldosas y losas de piedra de la más alta calidad, siendo coherente con los demás elementos que hacen de estos apartamentos unos de los más apetecidos en la ciudad.

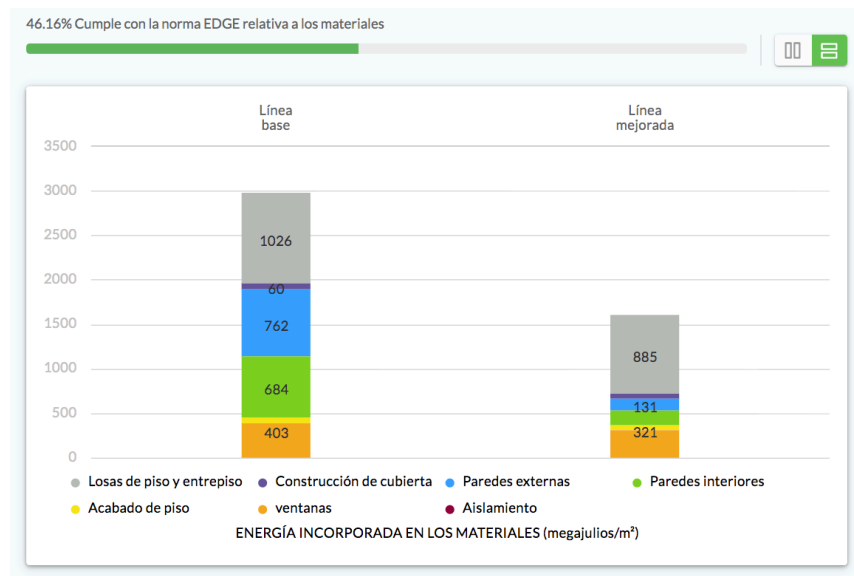


**Ilustración 13.** Esquema de losa aligerada de concreto (Universidad Nacional, 2016).

Energéticamente hablando los materiales usados para la construcción representan un ahorro significativo. La losa de 50 centímetros de espesor representa 885 MJ/m<sup>2</sup> lo cual, si se pone en comparación con el caso base que propone 1026 MJ/m<sup>2</sup> se usa alrededor de 13% menos de energía.

La fachada exterior en bloques de arcilla en forma de panel es el elemento contemplado en el diseño inicial que aporta un mayor ahorro energético. Pues al tener solo 10 centímetros de espesor contra los 20 propuestos en la línea base se reduce enormemente el consumo

Por lo tanto, el resultado para los materiales es 46,16%, representando el mayor ahorro energético entre a comparación del agua y la energía el cual se puede evidenciar en la **Gráfica 3**.



**Gráfica 3.** Resultados del incremento de materiales respecto a la línea base para el caso base.

### 3.1.3 Caso 1: Modificaciones para implementar la ley 1715 de 2014 y la resolución 463 de 2018

En el caso 1 se tendrán en cuenta las modificaciones necesarias para poder aplicar a los incentivos tributarios otorgados por el gobierno a partir de la ley 1715 de 2014 y de la resolución 463 de 2018.

- **Energía**

En adición al caso base en el cual se implementan solamente bombillas ahorradoras de energía en espacios internos, áreas comunes y espacios externos, además de controles de iluminación para áreas comunes y externas, se implementó la utilización de energía solar fotovoltaica. Las bombillas ahorradoras cumplen con los requisitos mencionados en la

resolución 463 de 2018 por lo tanto estás pueden acceder a los beneficios tributarios otorgados y los paneles solares cumplen con la ley 1715 de 2014 por lo tanto también acceden a los beneficios. Se estableció que los paneles solares fotovoltaicos cumplirán con el 5% del uso total de la energía de la edificación.

El total estimado de consumo eléctrico de la edificación fue de 7332 kwh/mes, del cuál por medio de los paneles se suplirá el 5% (439 kwh) mencionado anteriormente. Para esto, fue necesario considerar la energía consumida por las áreas sociales, pues los paneles solo podrían proporcionar energía a esta. Para poder suministrar energía a los copropietarios el conjunto residencial pasaría a ser distribuidor de energía y de alguna manera se tendría que vender y no se cuenta con la autorización para realizar este procedimiento.

El consumo energético social se redujo a tres ítems principales: El ascensor, la portería y las luminarias y zonas comunes. Se consideró un par de ascensores con capacidad de seis personas con un consumo de 566 kWh/mes para un total de 1,132 kW (ENINTER, 2018). El consumo de la portería y zonas comunes se fijó en 100 y 700 kWh/ mes respectivamente, siguiendo un aproximado de consumos históricos en construcciones similares. El total del área social es de 1,932 kWh/mes.

	ASCENSOR ECOLIFT		ASCENSOR REDUCTOR 2V		ASCENSOR HIDRÁULICO	
	POTENCIA	CONSUMO	POTENCIA	CONSUMO	POTENCIA	CONSUMO
4 PERSONAS	2.2 KW	402 kWh	3.3 KW (+150%)	1.004 kWh (+250%)	7.7 KW (+350%)	2.231 kWh (+556%)
6 PERSONAS	3.1 KW	566 kWh	4.8 KW (+155%)	1.460 kWh (+258%)	9.5 KW (+306%)	2.752 kWh (+486%)
8 PERSONAS	4.6 KW	840 kWh	5.8 KW (+126%)	2.560 kWh (+210%)	11 KW (+239%)	3.187 kWh (+380%)

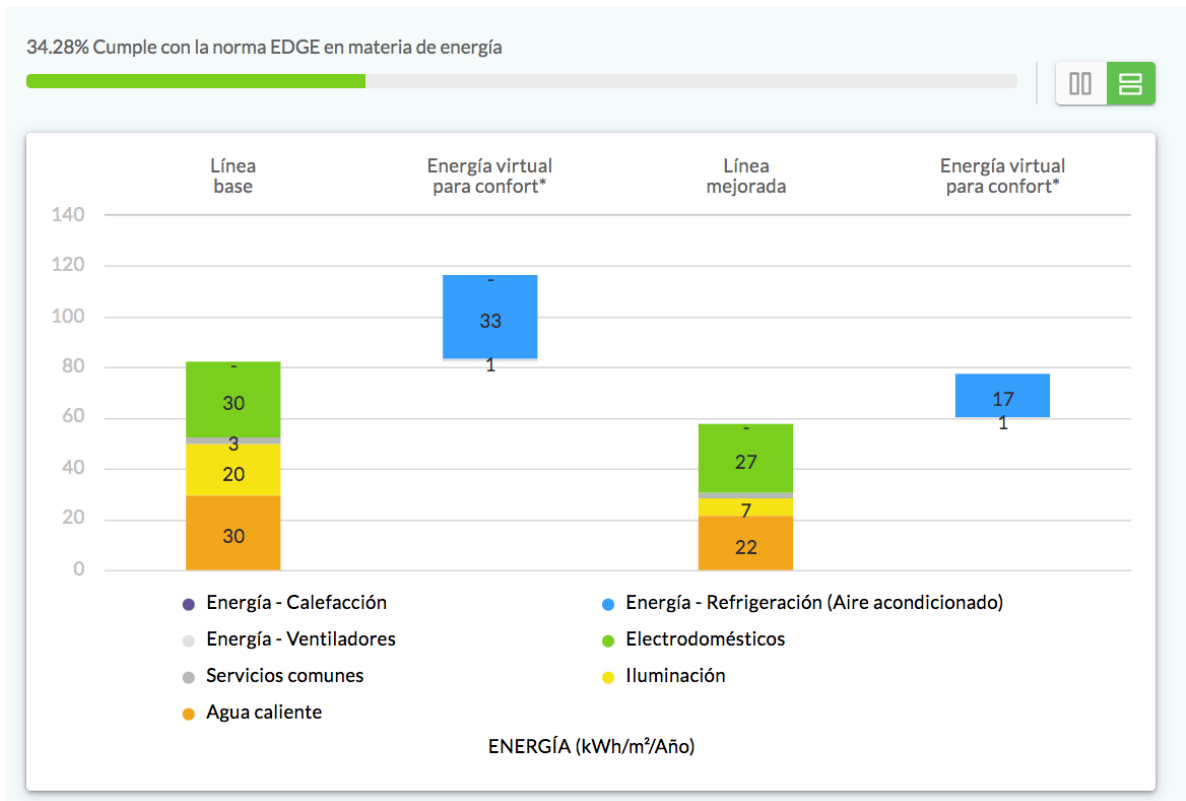
**Ilustración 14.** Consumo energético generado por el ascensor (ENINTER, 2018).

Para lograr el 13% de suministro energético fue necesario hallar la potencia necesaria, esta producto del resultado de dividir el consumo mensual por los días (30) y las horas efectivas diarias de producción, obtenidas por medio de SolarGis, **Ilustración 15**, las cuales son 3.81 horas en las coordenadas del proyecto.

Son necesarios 3.21 kW de potencia para suplir el 5%. La instalación de un kW de potencia en energía solar está estimada en 1500 USD aproximadamente, lo que significa que el implemento de energía solar tendría un costo de 4,811 USD O \$16,352,669 pesos colombianos.

PV electricity potential					<a href="#">Manage/explain columns</a>
Month	$E_{t_m}$	$E_{s_m}$	$E_{s_d}$	$E_{share}$	PR
Jan	137.2	137.2	4.43	9.9	76.9
Feb	116.8	116.8	4.17	8.4	77.0
Mar	119.8	119.8	3.86	8.6	77.4
Apr	101.5	101.5	3.38	7.3	77.4
May	100.2	100.2	3.23	7.2	76.9
Jun	94.2	94.2	3.14	6.8	76.3
Jul	105.1	105.1	3.39	7.6	76.4
Aug	115.8	115.8	3.74	8.3	76.7
Sep	119.6	119.6	3.99	8.6	76.9
Oct	123.1	123.1	3.97	8.8	77.2
Nov	126.4	126.4	4.21	9.1	77.6
Dec	131.3	131.3	4.24	9.4	77.2
Year	1391.0	1391.0	3.81	100.0	77.0

**Ilustración 15.** Promedio de horas de producción específica (SolarGis, s.f.).



**Gráfica 4.** Resultados de la reducción en energía respecto a la línea base para el caso 1.

Con las medidas de eficiencia energética establecidas se otorga un porcentaje en energía del 34,28 %, cumpliendo con el 25% mencionado para alcanzar la certificación.

- **Agua**

Las medidas de eficiencia de agua para el caso I y II se mantendrán constantes respecto al caso base, ya que estas no pueden ser objeto de ningún descuento y cumplen el 25% que requiere la certificación.

- **Materiales**

Al igual que en el tema del agua, las medidas establecidas en el caso base para el tema de materiales se podrían establecer en los casos I y II, sin embargo, se decidió realizar cambios en la fachada y en las particiones interiores ya que son un poco menos costosas. Cabe mencionar que las modificaciones realizadas en este ámbito no hacen parte de los posibles beneficios tributarios otorgados. Los valores y materiales establecidos para las losas de piso y entrepiso y la construcción de la cubierta se mantuvieron constantes respecto al caso base debido a que, la medida en el tema de materiales depende completamente del diseño estructural del edificio, por lo tanto, no es posible tomar grandes acciones en este punto ya que no se puede poner en riesgo la estabilidad de la edificación. Así mismo, el acabado de piso se mantuvo constante (baldosas cerámicas) y los marcos de ventana tuvieron un pequeño cambio ya que se concluyó que la madera aporta más reducción que el aluminio, por lo que se cambió a madera revestida de aluminio. Finalmente, las paredes externas e internas fueron las que más se modificaron ya que su cambio generaba grandes contribuciones, en porcentaje, para el cumplimiento.

Para las paredes externas, se utilizaron ladrillos de concreto caravista vistos con yeso interno y para las paredes interiores se utilizaron placas de yeso sobre montantes de madera con aislamiento. Los primeros reducen significativamente la cantidad de energía embebida permitiendo el cumplimiento de la meta de ahorro sin dejar de lado lograr un acabado estético.



**Ilustración 16.** Ladrillo de concreto caravista. (Vilssa, 2013)

Por lo tanto, realizando una cuantificación y una comparación de los costos de la implementación de las paredes internas y externas respecto al caso base se obtiene que:

**Tabla 9.** Comparación de costos de las paredes externas.

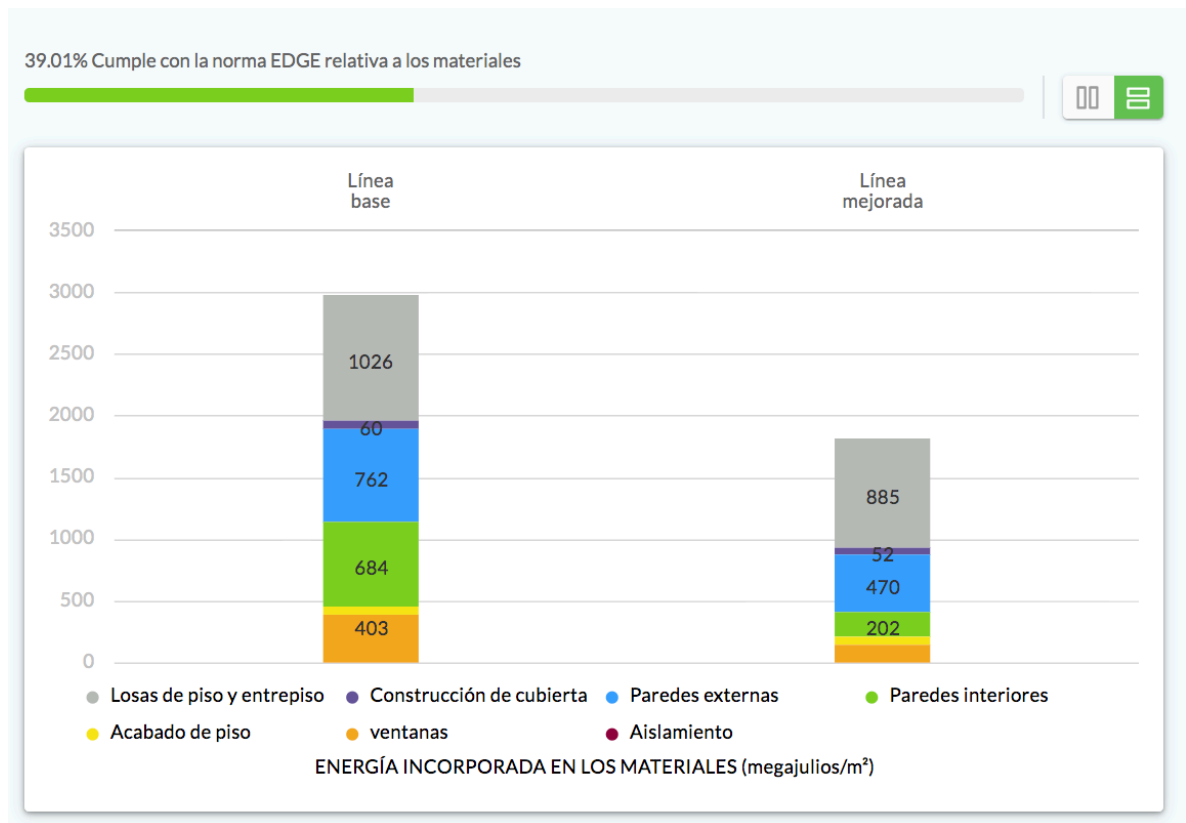
	Costo m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	Costo total
Mampostería fachada para caso base	\$114,798.64 + \$53,118.83 + \$86,805.42	3,006 + 304 + 761	\$427,291,775.64
Mampostería fachada para el caso 1 y 2	\$118,890.34	3,310	\$393,527,025.40

**Tabla 10.** Comparación de costos de las paredes internas.

	Costo m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	Costo total
Mampostería interior para caso base	\$49,066.91+ \$62,272.28 +	938 + 2,612 + 4284 + 273	\$397,830,995.57



	\$40,767.88 + \$52,242.45		
Placas de yeso para el caso 1 y 2	\$46,975.10	8,107	\$380,827,135.70



**Gráfica 5.** Resultados de la reducción de materiales respecto la línea base para el caso 1.

Para concluir, el software obtuvo que con las medidas de eficiencia de materiales establecidas se otorga un porcentaje de ahorro del 34,28%, cumpliendo con el 20% mencionado para alcanzar la certificación en el tema de materiales.

### 3.1.4 Caso 2: Modificaciones para implementar la Resolución 463 de 2018

En el caso 2 se tendrán en cuenta las modificaciones necesarias para poder aplicar a los incentivos tributarios otorgados por la resolución 463 de 2018. Cabe mencionar, que no se

tratarán los temas de agua y materiales ya que los porcentajes presentados son los mismos que los expuestos en el primer caso pues estos no pueden aplicar a los beneficios.

- **Energía**

Para el tema de energía, existen varios materiales presentes en la aplicación que podrían estar en la lista de los incentivos tributarios otorgados por el gobierno bajo la presente resolución. El primero de ellos es la pintura reflectiva para techo y paredes externas, las cuales generan una reducción en el porcentaje de energía utilizado dependiendo de la reflectividad solar (albedo) que se utilice. El segundo, es realizar un aislamiento del techo y un aislamiento térmico de paredes externas los cuales también generaran una reducción en el porcentaje de energía utilizado dependiendo del valor U que se utilice. Sin embargo, al añadir estas opciones al caso base donde solo se tienen en cuenta las bombillas y los controles de iluminación, el ahorro energético generado es de 19.19%, valor que no alcanza el 25% necesario para la acreditación.

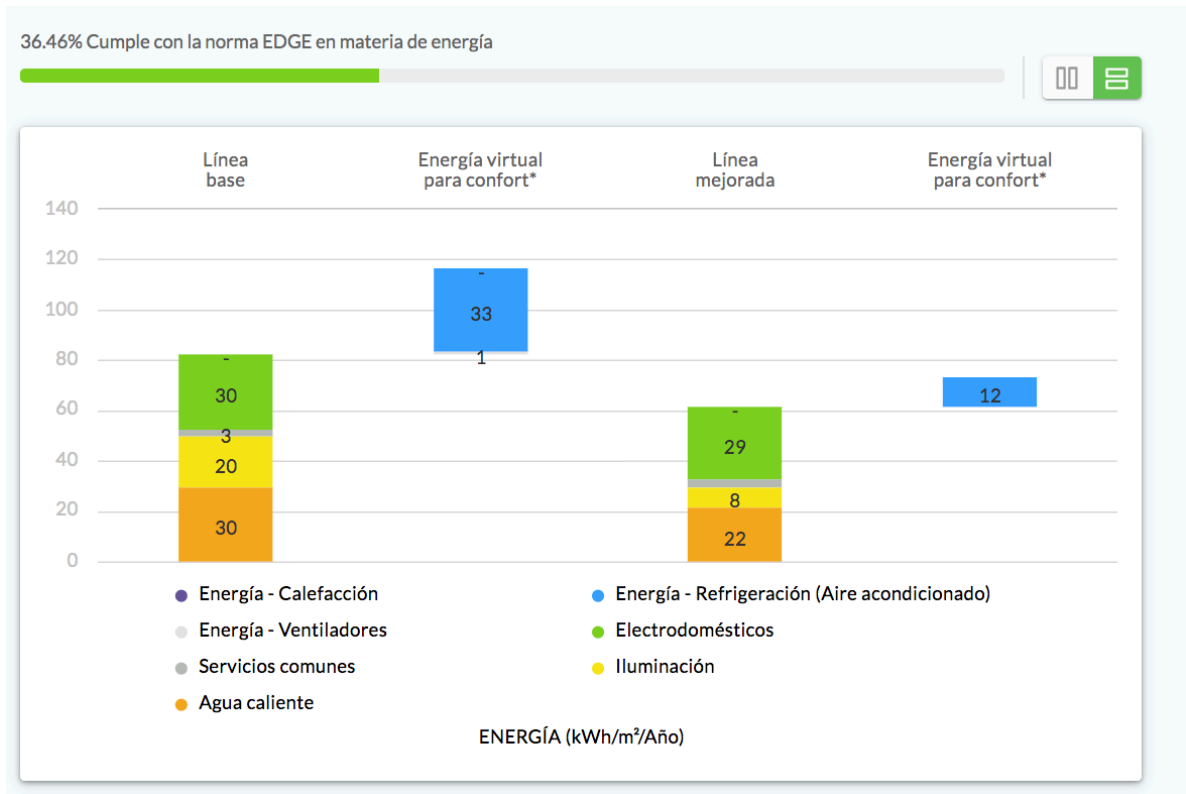
Por otra parte, la resolución también establece que las ventanas pueden llegar a ser parte de dicho beneficio tributario. Por lo tanto, al seleccionar un vidrio de baja emisividad o de alto rendimiento térmico el valor del ahorro de energía cumple inmediatamente. Por esto, se seleccionó un vidrio de baja emisividad, con un valor U de 5.5 W/m<sup>2</sup>K y SHGC de 0.42 como se evidencia en la **Ilustración 17**.

Productos	Aspecto Externo	Tipo de Vidrio Laminado y DGU	Factores Luminosos			Transmisión Energética			Transmisión Térmica	Selectividad	Proceso			Aplicación				Desbordar Cines (obligado)		
			Transmisión %	Reflexión Exterior %	Reflexión Interior %	Transmisión Energética %	Absorción Energética %	Factor Solar	Coefficiente de sombra		Valor U W/m <sup>2</sup> K	Templado	Serigrafado (4)	Curvado	Monolítico recocido	Monolítico templado	Laminado recocido		Laminado templado	DGU (1)
Cool Lite STB	120	Neutro	Laminado (2)	21	21	25	16	65	0.32	0.37	5.50	0.7	X	X	X	X	X	X	X	X
		DGU (3)	20	21	32	17	64	0.23	0.27	2.66	0.9	X	X	X	X	X	X	X	X	
	136	Neutro	Laminado (2)	36	17	16	29	56	0.42	0.48	5.50	0.9	X	X	X	X	X	X	X	X
		DGU (3)	32	19	20	27	54	0.34	0.40	2.72	0.9	X	X	X	X	X	X	X	X	
	420	Verde	Laminado (2)	19	17	25	11	78	0.29	0.34	5.50	0.7	X	X	X	X	X	X	X	X
		DGU (3)	16	16	32	9	80	0.17	0.20	2.66	0.9	X	X	X	X	X	X	X	X	
	436	Verde	Laminado (2)	32	14	16	19	72	0.36	0.41	5.50	0.9	X	X	X	X	X	X	X	X
		DGU (3)	27	14	20	15	73	0.23	0.27	2.75	1.1	X	X	X	X	X	X	X	X	

**Ilustración 17.** Brochure Cool Lite vidrio de baja emisividad (Vidrio Andino).

Cabe mencionar que, aunque las bombillas ahorradoras estaban desde el presupuesto inicial de la edificación, también pueden aplicar a los beneficios tributarios bajo la resolución

463 de 2018 ya que cumplen con los requerimientos exigidos y descritos anteriormente para la iluminación. Por lo anterior, se obtienen que el porcentaje de ahorro que se genera en energía es del 36,46% como se presenta en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**



**Gráfica 6.** Resultados de la reducción de energía respecto a la línea base para el caso 2.

Finalmente, realizando una cuantificación y una comparación de los costos de la implementación de la nueva ventanería y de la ventanería del caso base se obtiene que:

**Tabla 11.** Comparación de costos de la ventanería.

	Costo m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	Costo total
Ventanería para el caso base	\$222,613.97	856.73	\$190,719,396.08

Ventanería para el caso 2	\$364,689.85	856.73	\$312,439,641.12
---------------------------	--------------	--------	------------------

### 3.2 VIABILIDAD ECONÓMICA DE TRIBECA

Los datos iniciales que se tuvieron en cuenta para determinar la viabilidad económica del proyecto fueron:

- La cantidad de apartamentos a la venta eran 30, por lo que se discriminaron por área y cantidad.

**Tabla 12.** Cantidad de apartamentos disponibles para la venta según el área.

Área (m <sup>2</sup> )	Cantidad
105	8
115	14
125	8

- La duración del proyecto es de 2 años.
- El lote cuesta aproximadamente el 13% de las ventas del proyecto.
- El valor que se le debe pagar a la UPME y a el ANLA para poder aplicar a los incentivos tributarios son \$3,578,000 a cada uno.
- La elaboración de documentos para presentar ante la UPME y el ANLA cuestan \$15,000,000.
- La prima de cobro para asesoría en incentivos es del 10% sobre el ahorro efectivo.

- El precio de venta por m<sup>2</sup> se obtiene de acuerdo con los valores actuales de las ventas de la edificación y los m<sup>2</sup> en venta. El precio de costo por m<sup>2</sup> se obtiene con el valor total del presupuesto, el lote, los intereses y los m<sup>2</sup> en venta.
- El banco financia el 50% del valor de la inversión, lo cual corresponde a \$13,282,500,000.
- La tasa de interés para un crédito verde en Bancolombia es del 0.9% mensual y para una construcción convencional es del 1%.

**Tabla 13.** Cantidad de intereses pagados con las diferentes tasas de interés otorgadas por Bancolombia.

Intereses al 1%	\$1,678,000,000	<b>Diferencia</b>
Intereses al 0.9%	\$1,510,200,000	\$167,800,000

- El punto de equilibrio se obtiene cuando se completa entre el 60% y el 70% de las ventas, es decir, en ese momento se da vía libre para empezar la construcción. Por esto se asumió que en el primer año se vendían el 63% de los apartamentos y en el segundo año el 37%.
- No se generaron depreciaciones ya que no se sabe exactamente si hubo inversión en activos por parte de la constructora o no.
- El impuesto de renta para el año 2019 es del 33% y para el año 2020 es del 32% (ANDI, 2018).

Teniendo en cuenta los datos iniciales, y que la tasa de interés es convencional (1%), para el caso base específicamente, se obtuvo que:

**Tabla 14.** Precio de venta y precio de costo por m<sup>2</sup> para el caso base.

Precio venta m <sup>2</sup>	\$7,700,000.00
Precio costo m <sup>2</sup>	\$5,392,381.45

**Tabla 15.** Flujo de caja operativo para el caso base.

	Año 1	Año 2
Ventas	\$16,670,500,000	\$9,894,500,000
Costos directos	\$11,674,505,834	\$6,929,210,160
Impuesto renta	\$1,648,678,075	\$948,892,749
Utilidad operativa después de impuesto	\$3,347,316,091	\$2,016,397,091

Por otra parte, aplicando los beneficios tributarios correspondientes al caso 1, teniendo en cuenta los datos iniciales y considerando las siguientes pautas, para el caso 1, se obtuvo:

- Los paneles solares ya están exentos de IVA y se deduce el 40% del valor de la inversión del impuesto de renta en los primeros dos años.
- El 25% del costo de la certificación y de la iluminación se deducen del impuesto de renta además se descuenta el IVA del 19%.
- La tasa de interés es la del crédito verde, es decir, 0.9%.

**Tabla 16.** Precio de venta y precio de costo por m<sup>2</sup> para el caso 1.

Precio venta m <sup>2</sup>	\$7,700,000.00
Precio costo m <sup>2</sup>	\$5,348,881.39

**Tabla 17.** Flujo de caja operativo para el caso 1.

	Año 1	Año 2
Ventas	\$16,670,500,000	\$9,894,500,000

Costos directos	\$11,580,328,220	\$6,873,312,592
Impuesto renta	\$1,668,586,154	\$949,547,320
Utilidad operativa después de impuesto	\$3,421,585,627	\$2,071,640,087

Finalmente, aplicando los beneficios tributarios correspondientes al caso 2, teniendo en cuenta los datos iniciales y considerando las siguientes pautas, para el caso 2, se obtuvo:

- El 25% del costo de la certificación, de la iluminación y de la ventanería se deducen del impuesto de renta además se descuenta el IVA del 19%.
- La tasa de interés es la del crédito verde, es decir, 0.9%.

**Tabla 18.** Precio de venta y precio de costo por m<sup>2</sup> para el caso 2.

Precio venta m <sup>2</sup>	\$7,700,000.00
Precio costo m <sup>2</sup>	\$5,362,215.91

**Tabla 19.** Flujo de caja operativo para el caso 2.

	Año 1	Año 2
Ventas	\$16,670,500,000	\$9,894,500,000
Costos directos	\$11,609,197,444	\$6,890,447,444
Impuesto renta	\$1,662,329,843	\$869,224,791
Utilidad operativa después de impuesto	\$3,398,972,712	\$2,134,827,765

Comparando los resultados anteriores se obtiene que respecto al caso base para el caso 1 se genera una disminución en el presupuesto como se evidencia en la tabla a continuación:

**Tabla 20.** Comparación de los presupuestos para los diferentes casos de estudio.

Caso base	\$15,150,265,993.72	Disminución porcentual en el presupuesto respecto al caso base
Caso 1	\$15,016,806,020.73	-0.88%
Caso 2	\$15,122,173,628.15	-0.19%

Lo anterior se debe a que, aunque el presupuesto tienda a incrementar debido a las modificaciones realizadas a la edificación, la tasa diferencial del banco para crédito verde es tal que alcanza a suplir dichos costos y a generar una especie de “ahorro” en el presupuesto.

Además, con respecto a la utilidad del caso base, se obtiene que para el caso 1 se genera un incremento del 2.41% y el caso 2 del 3.17% como se evidencia en la tabla siguiente:

**Tabla 21.** Comparación de las utilidades para los diferentes casos de estudio.

	Año 1	Año 2	Total	Incremento porcentual en la utilidad respecto al caso base
Caso base	\$3,347,316,091.40	\$2,016,397,091.21	\$5,363,713,182.61	
Caso 1	\$3,421,585,626.56	\$2,071,640,087.49	\$5,493,225,714.05	2.41%
Caso 2	\$3,398,972,712.45	\$2,134,827,764.99	\$5,533,800,477.44	3.17%

Es decir, aunque el caso 2 es el que menos disminución tiene respecto al caso base para el tema del presupuesto, también es el caso más viable pues genera mayor utilidad debido a los incentivos tributarios otorgados y al préstamo verde realizado por el banco.



## 4 CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

En primer lugar, se concluye que ambos casos de evaluación para el caso de estudio evidenciaron una viabilidad económica favorable con ahorros de \$129,512,431.44 y \$170,087,294.83 demostrando así el cumplimiento del objetivo principal del trabajo.

La utilidad generada en el primer caso, en el cual se utilizó la ley 1715 de 2014 y la resolución 463 de 2018, es del 2.41%. En comparación con la del segundo caso, donde se utilizó únicamente la resolución 463 de 2018, que es del 3.17%. Lo anterior indica, que la implementación de la ley 1715 de 2014 no es la opción más viable para el constructor, ya que, aunque le genera valor agregado a la propiedad, es con la que se genera menos dinero.

Así mismo, el ahorro generado por la tasa de interés otorgada por el banco para créditos verdes es muy significativa. Al ser 0.1% menor que la tasa habitual, para un préstamo de \$13,282,500,000 existe una diferencia de \$167,600,000. Lo cual poniéndolo en práctica indica que en el caso 1 no se realizó ningún ahorro debido a los incentivos tributarios pues la diferencia de utilidad después de impuesto otorgada respecto al caso base es de \$136,464,165.14 indicando que se genera mayor gasto que ahorro.

Cabe resaltar que, a pesar de que con una normativa o con banco se generen mayores o menores ingresos, es importante sopesar los beneficios en términos ambientales y de eficiencia energética que presentan la aplicación de estas modificaciones. Lo anterior, con el fin de contribuir en el desarrollo de la sostenibilidad en todos los sectores de la economía colombiana.

Por otra parte, el sello de sostenibilidad EDGE permite al constructor modificar a placer los elementos en los cuales desea disminuir los consumos de recursos, buscando la comodidad en diferentes elementos, favoreciendo factores como la complejidad constructiva y disponibilidad de materiales para llevar a cabo las metas a cumplir. Además, la adquisición de un sello de sostenibilidad podría generar un valor agregado significativo a las unidades de vivienda, permitiendo un incremento en el costo de venta que repercutiría en los beneficios totales del proyecto.

El ahorro que representa el uso de las diferentes normativas para la aplicación de beneficios tributarios tendría un mayor impacto económico si se toma en consideración el hecho de que una empresa como Arquitectura & Concreto es responsable de gran cantidad de proyectos. Es decir, si esta empresa cumpliera con todos los requisitos y aplicara con cada una de sus edificaciones a los créditos verdes o en su defecto a los incentivos tributarios se otorgaría como resultado un importante beneficio financiero.

Finalmente, en la actualidad Bancolombia le está brindando tasas preferenciales a los compradores de viviendas sostenibles. Lo anterior no termina siendo solo un beneficio para el comprador sino también para el constructor pues, aunque las edificaciones generen un valor agregado, que puede ser reflejado en un aumento del precio de venta por m<sup>2</sup>, el incremento se sopesaría con la financiación que podría otorgar el banco.

## REFERENCIAS

- Adames, S., Sierra, J., Tarra, R., & Sánchez, G. (Junio de 2017). Comparación Financiera entre Construcción Tradicional y construcción sostenible Para vivienda en el Sector Sub Urbano del Municipio de Funza Cundinamarca. *Universidad Católica de Colombia*. Recuperado el 13 de julio de 2019
- ANDI. (2018). *Novedades tributarias*. Colombia. Recuperado el 2 de octubre de 2019, de [http://www.andi.com.co/Uploads/Novedades%20Tributarias%20-%20Ley%20de%20Financiamiento%2021%20diciembre%202018%20\(002\).pdf](http://www.andi.com.co/Uploads/Novedades%20Tributarias%20-%20Ley%20de%20Financiamiento%2021%20diciembre%202018%20(002).pdf)
- Asobancaria. (16 de Octubre de 2018). *Bonos verdes, una alternativa al financiamiento climático*. Recuperado el 15 de febrero de 2019, de <https://www.asobancaria.com/wp-content/uploads/1158-V2.pdf>
- Asobancaria. (s.f.). *Líneas de financiamiento verde*. Recuperado el 19 de marzo de 2019, de <https://www.asobancaria.com/sabermassermas/que-son-lineas-de-financiamiento-verde/>
- Bancolombia. (9 de Agosto de 2017). *Financiamiento verde: una mirada a la sostenibilidad de los negocios*. Recuperado el 10 de marzo de 2019, de <https://www.grupobancolombia.com/wps/portal/empresas/capital-inteligente/tendencias/sostenibilidad/financiamiento-verde-sostenibilidad-de-negocios>
- Bancolombia. (s.f.). *Bonos verdes*. Recuperado el 5 de marzo de 2019, de <https://www.grupobancolombia.com/wps/portal/acerca-de/informacion-corporativa/sostenibilidad/bonos-verdes>
- Bancolombia. (s.f.). *Negocios sostenibles*. Recuperado el 15 de marzo de 2019, de <https://www.grupobancolombia.com/wps/portal/acerca-de/informacion-corporativa/sostenibilidad/sostenibilidad-para-nuestros-clientes/negocios-sostenibles>

- BBVA. (6 de Octubre de 2017). *Bonos verdes*. Recuperado el 25 de febrero de 2019, de <https://www.bbva.com/es/bonos-verdes-que-son-que-financian/>
- BBVA. (17 de Noviembre de 2017). *Préstamos verdes*. Recuperado el 26 de febrero de 2019, de <https://www.bbva.com/es/que-son-prestamos-verdes-que-financian/>
- BREEAM. (2018). *BREEAM ES el certificado de la construcción sostenible*. Recuperado el 26 de septiembre de 2018, de <http://www.breeam.es/>
- Buente, S. (31 de marzo de 2017). *SITES-certified projects are defining sustainability beyond the building*. Recuperado el 31 de enero de 2019, de <http://www.sustainablesites.org/sites-certified-projects-are-defining-sustainability-beyond-building>
- CAMACOL. (s.f.). *EDGE*. Recuperado el 29 de agosto de 2019, de <https://camacol.co/edge>
- CASBEE. (s.f.). *CASBEE Latest tools*. Recuperado el 4 de marzo de 2019, de <http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/downloadE.htm>
- Congreso de Colombia. (2016). *Ley 1819 de 2016*. Colombia. Recuperado el 23 de marzo de 2019, de <http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY%201819%20DEL%2029%20DE%20DICIEMBRE%20DE%202016.pdf>
- Congreso de la República de Colombia. (2014). Ley 1715. Recuperado el 28 de septiembre de 2018
- Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (6 de Marzo de 2018). *Actualización desempeño mercado inmobiliario por la certificación LEED*. Recuperado el 20 de septiembre de 2018, de <https://www.cccs.org.co/wp/download/actualizacion-desempeno-mercado-inmobiliario-por-la-certificacion-leed/?wpdmdl=17381>
- Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (2019). *Liderando el desarrollo sostenible de la industria de la construcción*. Recuperado el 15 de abril de 2019, de Programa

LEED en Colombia: <https://www.cccs.org.co/wp/capacitacion/talleres-de-preparacion-leed/>

Consejo Colombiano de Constucción Sostenible. (Octubre de 2018). *inTEGRA*, 2, 52. Recuperado el 1 de abril de 2019, de [https://issuu.com/integra-cccs/docs/arte\\_integra\\_2\\_issuu](https://issuu.com/integra-cccs/docs/arte_integra_2_issuu)

Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2018). *Documento CONPES 3919*. Bogotá, Colombia. Recuperado el 4 de abril de 2019

Corporación Financiera Internacional. (2019). *EDGE*. Recuperado el 8 de abril de 2019, de <https://www.edgebuildings.com/marketing/edge/?lang=es>

Corporación Financiera Internacional. (2019). *EDGE en Colombia*. Recuperado el 7 de abril de 2019, de <https://www.edgebuildings.com/certify/colombia/?lang=es>

Davivienda. (s.f.). *Líneas verdes*. Recuperado el 1 de marzo de 2019, de [https://www.davivienda.com/wps/portal/empresas/nuevo/menu/empresarial/no\\_pare\\_de\\_crecer/credito\\_para\\_inversion/lineas\\_verdes!/ut/p/z1/hY69DolwGEWfhYHR9pN\\_3YoyCNEoDmIXA6QCCaWkVBvf3jqaaLjzT0nuZjiAtOhfHZNqToxIL3pVxrc3OjkHdLY2W9I5gBJkmOexfnuvHXwZQ6gZoY\\_IWB8O](https://www.davivienda.com/wps/portal/empresas/nuevo/menu/empresarial/no_pare_de_crecer/credito_para_inversion/lineas_verdes!/ut/p/z1/hY69DolwGEWfhYHR9pN_3YoyCNEoDmIXA6QCCaWkVBvf3jqaaLjzT0nuZjiAtOhfHZNqToxIL3pVxrc3OjkHdLY2W9I5gBJkmOexfnuvHXwZQ6gZoY_IWB8O)

DELTA. (s.f.). *Grifo de lavabo de una sola manija*. Recuperado el 14 de septiembre de 2019

DELTA. (s.f.). *Llave de cocina de palanca*. Recuperado el 13 de septiembre de 2019

DELTA. (s.f.). *Llave de lavamanos extendidas de dos manijas*. Recuperado el 25 de agosto de 2019

Departamento Nacional de Planeación. (2018). *CONPES 3919*. Bogotá, Colombia. Recuperado el 24 de marzo de 2019, de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3919.pdf>

Ecointeligencia. (14 de Junio de 2013). *BREEAM, un certificacdo veterano para la sostenibilidad de edificaciones*. Recuperado el 21 de abril de 2019, de

<https://www.ecointeligencia.com/2013/06/breeam-certificado-sostenibilidad-edificaciones/>

ENINTER. (2018). *¿CUÁL ES EL CONSUMO ELÉCTRICO DE UN ASCENSOR?* Recuperado el 13 de junio de 2019, de ENINTER: <https://www.eninter.com/blog/cuanto-gasta-un-ascensor/>

Findeter. (30 de Abril de 2018). *Findeter emitirá el primero bono verde sostenible en el país.* Recuperado el 20 de febrero de 2019, de [https://www.findeter.gov.co/publicaciones/403298/findeter\\_emitira\\_el\\_primer\\_bono\\_sostenible\\_del\\_pais/](https://www.findeter.gov.co/publicaciones/403298/findeter_emitira_el_primer_bono_sostenible_del_pais/)

Findeter. (23 de Mayo de 2018). *Findeter lanza línea de crédito para financiar proyectos de energías renovables.* Recuperado el 18 de marzo de 2019, de [https://www.findeter.gov.co/publicaciones/403307/findeter\\_lanza\\_linea\\_de\\_credito\\_para\\_financiar\\_proyectos\\_de\\_energias\\_renovables/](https://www.findeter.gov.co/publicaciones/403307/findeter_lanza_linea_de_credito_para_financiar_proyectos_de_energias_renovables/)

GBCe. (2019). *Certificación VERDE.* Recuperado el 30 de marzo de 2019, de <https://gbce.es/certificacion-verde/>

Green Building Council of Australia. (2015). *Design & As Built.* Recuperado el 3 de marzo de 2019, de <https://new.gbca.org.au/green-star/rating-system/design-and-built/>

Green Building Council of Australia. (2015). *Green Star.* Recuperado el 26 de abril de 2019, de <https://new.gbca.org.au/green-star/>

Green Building Initiative. (2019). *About GBI.* Recuperado el 25 de enero de 2019, de <https://www.thegbi.org/about-gbi/>

Green Building Initiative. (2019). *Green Globes Certification.* Recuperado el 29 de enero de 2019, de <https://www.thegbi.org/green-globes-certification/>

Guardian glass. (s.f.). *Coeficiente de ganancia de calor solar.* Recuperado el 30 de agosto de 2019, de <https://www.guardianglass.com/la/es/tools-and-resources/recursos/faqs/residencial/coeficiente-de-ganancia-de-calor-solar>

- Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones.* (2011). Colombia. Recuperado el 10 de abril de 2019, de <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioVivienda/ANEXO%201%200549%20-%202015.pdf>
- HQE. (s.f.). *Discover and join HQE.* Recuperado el 20 de abril de 2019, de <https://www.behqe.com/>
- ICESI. (28 de agosto de 2009). *Ley, norma, decreto, resolución.* Recuperado el 10 de febrero de 2019, de [https://www.icesi.edu.co/blogs\\_estudiantes/pmlefrenvalencia/2009/08/28/ley-norma-decreto-resolucion/](https://www.icesi.edu.co/blogs_estudiantes/pmlefrenvalencia/2009/08/28/ley-norma-decreto-resolucion/)
- Ingetecnia. (2019). *DGNB Certificación Sostenible.* Recuperado el 16 de abril de 2019, de <http://www.ingetecnia.com/es/invernadero/dgnb>
- International WELL Building Institute. (2015). *El WELL Building Standard* (Vol. 1). New York, Estados Unidos. Recuperado el 1 de abril de 2019
- ISMD. (7 de Junio de 2017). *Referencial CASA Colombia.* Recuperado el 22 de abril de 2019, de <http://ismd.com.co/referencial-casa-colombia/>
- Kaladayil, V. (2014). Congreso Colombiano de la Construcción. *La Innovación y el medio ambiente ¿Cuál es el rumbo de la construcción?* Cartagena: Camacaol. Recuperado el 12 de febrero de 2019
- Kats, G. H. (2003). Green Building Costs and Financial Benefits. *Environmental Business Council of New England.* Recuperado el 14 de mayo de 2019
- Minambiente. (1 de Noviembre de 2013). *Sector financiero del país comprometido con el desarrollo sostenible y preservación ambiental.* Recuperado el 21 de marzo de 2019, de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=967:el-uso-sostenible-de-los-bosques-prioridad-de-minambiente-306>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2002). *Evaluación nacional al programa de tasas retributivas por vertimientos puntuales*. Bogotá, Colombia. Recuperado el 14 de septiembre de 2018

Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2017). *Decreto 1564*. Bogotá, Colombia. Recuperado el 25 de septiembre de 2018, de [http://www.andi.com.co/Uploads/DECRETO%201564%20DEL%2025%20DE%20SEPTIEMBRE%20DE%202017\\_636540269062589276.pdf](http://www.andi.com.co/Uploads/DECRETO%201564%20DEL%2025%20DE%20SEPTIEMBRE%20DE%202017_636540269062589276.pdf)

Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (26 de Diciembre de 2017). *Decreto 2205*. Recuperado el 3 de febrero de 2019, de <http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%202205%20DEL%2026%20DE%20DICIEMBRE%20DE%202017.pdf>

Ministerio de Minas y Energía. (2018). *Resolución 030*. Bogotá, Colombia. Recuperado el 25 de septiembre de 2018, de <https://www.celsia.com/Portals/0/Documentos/conexion-generacion-distribuida/Resolucion-Creg030-2018.pdf?ver=2018-04-23-181818-593>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (26 de mayo de 2015). *Decreto 1077*. Recuperado el 12 de febrero de 2019, de <http://www.minvivienda.gov.co/NormativaInstitucional/1077%20-%202015.pdf>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (10 de julio de 2015). *Resolución 549*. Recuperado el 28 de enero de 2019, de <http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesVivienda/0549%20-%202015.pdf>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (10 de julio de 2015). *Resolución 549 de 2015*. Recuperado el 22 de marzo de 2019, de <http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesVivienda/0549%20-%202015.pdf>

Palau F, D. (2016). *Estudio de alternativas de una envolvente urbana que permita mitigar el efecto isla de calor y su incidencia sobre el confort y el medio ambiente*. Medellín. Recuperado el 29 de junio de 2019, de



[https://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/2077/1/PalauDaniel\\_2016\\_EstudioAlternativasEnvolvente.pdf](https://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/2077/1/PalauDaniel_2016_EstudioAlternativasEnvolvente.pdf)

Passive House Institute. (2015). *The independent institute for outstanding energy efficiency in buildings*. Recuperado el 26 de septiembre de 2018, de <https://passivehouse.com/>

Rodríguez Cely, E. P. (2015). *Beneficios tributarios en Colombia, oportunidades de gestión e inversión ambiental en las empresas cundiboyacenses*. Colombia. Recuperado el 15 de septiembre de 2018, de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3731/1/RodriguezCelyElviaPilar2016.pdf>

Ruiz, D., Viña, G., Barbosa, J. D., & Prada, A. (2005). *Evaluación de la aplicación de los beneficios tributarios para la gestión e inversión ambiental en Colombia*. Santiago de Chile, Chile. Recuperado el 15 de septiembre de 2018, de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5638/1/S054267\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5638/1/S054267_es.pdf)

*Significados*. (s.f.). Recuperado el 20 de mayo de 2019, de <https://www.significados.com/financiamiento/>

*Sistema legal colombiano*. (s.f.). Recuperado el 24 de septiembre de 2018, de <https://www.oas.org/dil/esp/Presentacion%20del%20Sistema%20Juridico%20Colombia.pdf>

SolarGis. (s.f.). *SolarGis Apps*. Recuperado el 4 de octubre de 2019, de [www.solargis.com](http://www.solargis.com)

*TRIBECA apartamentos*. (2018). Recuperado el 15 de octubre de 2018, de <http://www.tribecaapartamentos.com/>

Universidad Nacional. (9 de junio de 2016). Sizing of lightened one-way slabs. Recuperado el 3 de septiembre de 2019, de [https://www.youtube.com/watch?v=H93NIV\\_HxtU](https://www.youtube.com/watch?v=H93NIV_HxtU)

UPME. (2018). Resolución 463. Colombia. Recuperado el 20 de septiembre de 2018

- USGBC. (2019). *LEED*. Recuperado el 20 de abril de 2019, de What Is LEED?: <http://leed.usgbc.org/leed.html>
- USGBC. (2019). *Tarifas para la Certificación LEED*. Recuperado el 20 de abril de 2019, de <https://new.usgbc.org/cert-guide/fees>
- Verus certificación. (s.f.). *Determinación del valor U de transmitancia térmica*. Recuperado el 27 de agosto de 2019, de <https://www.veruscert.com/determinacion-del-valor-u-de-transmitancia-termica/>
- Vidrio Andino. (s.f.). *Brochure Cool Lite*. Recuperado el 29 de septiembre de 2019, de [https://vidrioandino.com/sites/default/files/archivos\\_vidrio\\_andino/Brochures/Brochure\\_Cool\\_Lite.pdf](https://vidrioandino.com/sites/default/files/archivos_vidrio_andino/Brochures/Brochure_Cool_Lite.pdf)
- Vierra, S. (12 de septiembre de 2016). *Green Building Standards and Certification Systems*. Recuperado el 30 de enero de 2019, de <https://www.wbdg.org/resources/green-building-standards-and-certification-systems>
- VILLA, C. T. (02 de junio de 2017). Estrato 6 del Aburrá consume más energía que la que debería. *El Colombiano*. Recuperado el 5 de octubre de 2019
- Vilssa. (2013). *El bloque de hormigón de cara vista*. Recuperado el 2 de julio de 2019, de Vilssa: <http://vilssa.com/el-bloque-de-hormigon-de-cara-vista>
- World Green Building Council. (s.f.). *The benefits of green buildings*. Recuperado el 20 de septiembre de 2018, de About green building: <http://www.worldgbc.org/benefits-green-buildings>
- Zeroconsulting. (s.f.). *Certificación DGNB*. Recuperado el 10 de febrero de 2019, de <http://www.zeroconsulting.com/es/certificacion/dgnb-system>
- Zeroconsulting. (s.f.). *Certificación VERDE*. Recuperado el 11 de marzo de 2019, de <http://www.zeroconsulting.com/es/certificacion/verde>

## **ANEXOS**

### **ANEXO A. Otras certificaciones**

#### **PASSIVE HOUSE (PH)**

Esta certificación fue creada en Austria en 1996 por el Passive House Institute (PHI). Se dedica a la evaluación de la eficiencia energética en edificaciones y procesos, buscando la implementación del uso de energía renovables y alternativas en edificaciones que no requieran estar en el sistema interconectado nacional (SIN) (Passive House Institute, 2015). Además de certificar, ofrecen el servicio de asesoramiento por medio de una modelación energética, permitiendo un alto índice de confiabilidad que ayude a impulsar su fin. Cabe mencionar que, actualmente en Colombia no hay ninguna certificación de este tipo.

#### **WELL**

Esta certificación fue creada por el International Well Building Institute en septiembre de 2015. Está enfocada en el bienestar y en la salud de las personas que ocupan las edificaciones, lo que la hace diferente a las demás certificaciones. Es válida tanto en edificios nuevos y existentes como en interiores nuevos y existentes. Por lo anterior, se derivan las tres tipologías presentes para esta certificación: Nueva construcción, mejora del inquilino y verificación del desempeño.

Para obtener una certificación WELL se evalúan siete aspectos (International WELL Building Institute, 2015):

- Aire
- Agua
- Alimentación
- Luz
- Ejercicio
- Confort
- Mente

Finalmente, de acuerdo con el puntaje obtenido en los aspectos anteriores se puede adquirir una certificación Plata, Oro o Platino.

### **COMPREHENSIVE ASSESSMENT SYSTEM FOR GUILT ENVIRONMENT EFFICIENCY (CASBEE)**

Esta certificación japonesa fue creada en el 2001 y posee siete certificaciones internacionales (CASBEE, s.f.):

- CASBEE for New Buildings: Utilizado para las nuevas edificaciones.
- CASBEE for Homes: Usado para viviendas residenciales.
- CASBEE Urban Development: Implementado en proyectos urbanísticos.
- CASBEE for UrbanArea + Buildings: Se complementa con la anterior pues además mide el impacto de cada una de las edificaciones que conforman el proyecto.
- CASBEE for Cities: Evalúa el desempeño de las ciudades.
- CASBEE for Market Promotion: Utilizada para el comercio.

Para obtener una certificación CASBEE se evalúan aspectos tanto del ambiente exterior como el interior:

- Energía
- Recursos y materiales
- Calidad ambiental en el entorno exterior
- Ambiente interior
- Calidad de servicio
- Ambiente exterior

Finalmente, se asigna una calificación que está dividida en cinco grados: Excelente, Muy Bueno, Bueno, Regular y Pobre de acuerdo con la puntuación obtenida.

### **DEUTSCHE GESELLSCHAT FÜR NATCHHALTIGES BAUEN (DGNB)**

Esta certificación fue creada en 2009 por la Asociación de Construcción Sostenible de Alemania. Es una certificación que tiene en cuenta cualquier tipo de proyecto, construcciones nuevas, renovaciones, construcciones antiguas y desarrollos urbanos.

Para obtener esta certificación se evalúan seis aspectos principales (Zeroconsulting, n.d.):

- Ecología
- Economía
- Procesos
- Ubicación
- Aspectos socioculturales y funcionales
- Tecnología

A cada uno de estos aspectos se les otorga un puntaje, finalmente, de acuerdo con la puntuación se otorga la certificación basada en cuatro niveles: White (35%-49%), Bronze (50%-654%), Silver (65%-80%) o Gold (>80%) (Ingetecnia, 2019).

## **VERDE**

Esta certificación fue desarrollada en 2009 por el Green Building Council España (GBCe). Sus ideales se enfocan en el cumplimiento de cinco factores fundamentales denominados las 5ps: personas, prosperidad, planeta, paz y pacto. Allí se evalúan aspectos como el bienestar y la calidad de vida de las personas, el desarrollo económico, la protección del entorno y el compromiso (GBCe, 2019).

Para obtener esta certificación se tienen en cuenta los siguientes criterios (Zeroconsulting, s.f.):

- Parcela y emplazamiento
- Energía y atmósfera
- Recursos naturales
- Calidad del aire interior
- Calidad del servicio
- Aspectos sociales y económicos

Además, la certificación se basa en varios esquemas que se presentan a continuación donde NE corresponde a las nuevas edificaciones y RH a las edificaciones en rehabilitación.

- VERDE NE Residencial y oficinas

- VERDE NE Equipamiento
- VERDE NE Unifamiliar
- VERDE RH Residencial
- VERDE RH Equipamiento

Finalmente, para obtener un resultado, VERDE evalúa los criterios mencionados y los compara con una edificación de referencia asignando hojas desde 0 hasta 5 las cuales representan el porcentaje de reducción de impacto. Es decir, 0 hojas (calificación entre 0 - 0.5), 1 hoja (calificación entre 0.5 – 1.5), 2 hojas (calificación entre 1.5 – 2.5), 3 hojas (calificación entre 2.5 – 3.5), 4 hojas (calificación entre 3.5 – 4.5) y 5 hojas (calificación entre 4.5 – 5) (Zeroconsulting, s.f.).

### **GREEN STAR – DESIGN & AS BUILT**

Certificación creada en el año 2003 por Green Building Council of Australia. Inicialmente fue planteada exclusivamente para edificaciones en su país de origen, sin embargo, actualmente se ha abierto internacionalmente a través de registros en línea.

Se caracteriza por ser más que una certificación, pues por medio de ella se obtiene el título de “Edificación líder mundial en sostenibilidad”. Este mérito se otorga adquiriendo el puntaje más alto en la calificación que va de cero a seis estrellas; estas son meritorias tras evaluar los elementos sostenibles de la edificación en todo su ciclo de vida partiendo desde el diseño, pasando por la ejecución y construcción y finalizando con el seguimiento total del proyecto (Green Building Council of Australia, 2015).

Hoy en día se han certificado alrededor de 2000 construcciones entre las cuales se incluyen el Aeropuerto de Canberra con cinco estrellas de calificación, la Casa del Consejo 2 en Melbourne con seis estrellas, entre otras (Green Building Council of Australia, 2015).

Aquel proyecto que cumpla con una calificación de al menos tres estrellas en la certificación se garantiza que alcance al menos (Green Building Council of Australia, 2015):

- 62% menos de emisiones de gases de efecto invernadero.
- 66% menos electricidad que el promedio de edificios en Australia.

- 51% menos de consumo de agua potable que los estándares de industria
- 96% de desperdicio de obra reciclado.

### **GREEN GLOBES**

Green Globes nació en Canadá gracias a The Green Building Initiative (GBI) en el año 2004. Inicialmente la idea fue la de aplicar la certificación BREEAM en proyectos en Norteamérica, específicamente Canadá y Los Estados Unidos de América, pero en el proceso se decidió la creación de esta nueva certificación (Green Building Initiative, 2019).

Esta certificación se diferencia de las demás gracias a que trabaja de una manera personalizada adaptándose a los requerimientos del propietario, buscando trabajar en conjunto por la reducción del impacto ambiental. Los beneficios esperados tras la obtención por esta certificación son los siguientes (Green Building Initiative, 2019):

- Reducción de costos operacionales
- Calificación para aplicar a incentivos tributarios y reembolsos de utilidad
- Atracción y retención de clientes
- Incremento del valor comercial de la edificación.

### **ANEXO B. Resultados EDGE**

Se anexan tres PDF con los resultados obtenidos en la aplicación EDGE para el caso base, para el caso I y para el caso II.

### **ANEXO C. Cálculos**

Se anexa un Excel con los cálculos realizados para realizar la cuantificación de las modificaciones para cada uno de los casos, los presupuestos, la cuantificación de los paneles solares requeridos y los datos utilizados para cuantificar la viabilidad de las propuestas mencionadas.