

**ANÁLISIS DEL IMPACTO FINANCIERO AL IMPLEMENTAR MEDIDAS DE
SOSTENIBILIDAD EN UNA VIVIENDA**

NANCY XIOMARA IBÁÑEZ CASTILLO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2017

**ANÁLISIS DEL IMPACTO FINANCIERO AL IMPLEMENTAR MEDIDAS DE
SOSTENIBILIDAD EN UNA VIVIENDA**

NANCY XIOMARA IBÁÑEZ CASTILLO

Trabajo de grado como requisito para optar por el título de
Ingeniero Civil

Director:

GUILLERMO MEJÍA AGUILAR

Ingeniero Civil. Ph.D

Codirector:

JULIAN ERNESTO JARAMILLO IBARRA

Ingeniero Mecánico. Ph.D

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2017

CONTENIDO

| | Pag |
|--|-----|
| INTRODUCCIÓN | 13 |
| 1. OBJETIVOS | 16 |
| 1.1. OBJETIVO GENERAL..... | 16 |
| 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 16 |
| 2. MARCO TEÓRICO..... | 17 |
| 2.1. CONTEXTO NORMATIVO | 17 |
| 2.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA VIVIENDA EN ESTUDIO..... | 19 |
| 2.3. CRITERIO DE EVALUACIÓN FINANCIERA..... | 21 |
| 3. METODOLOGÍA..... | 23 |
| 3.1. IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE FACTORES | 23 |
| 3.2. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN..... | 24 |
| 3.3. MODELO DE SIMULACIÓN..... | 25 |
| 3.4. SIMULACIÓN Y COSTEO | 27 |
| 4. RESULTADOS | 28 |
| 4.1. ESCENARIO 1: ACCESORIOS AHORRADORES DE AGUA POTABLE Y ACCESORIOS DE ILUMINACIÓN EFICIENTE | 29 |
| 4.2. COMBINACIÓN 2: ALMACENAMIENTO DE AGUA LLUVIA Y ELEMENTOS PARA ACCESO SOLAR | 32 |
| 4.3. COMBINACIÓN 3: ACCESORIOS AHORRADORES DE AGUA POTABLE, ALMACENAMIENTO DE AGUA LLUVIA Y ACCESORIOS DE ILUMINACIÓN EFICIENTE..... | 35 |
| 4.4. COMBINACIÓN 4: ACCESORIOS AHORRADORES DE AGUA POTABLE, ELEMENTOS PARA ACCESO SOLAR Y ACCESORIOS DE ILUMINACIÓN EFICIENTE..... | 37 |
| 4.5. COMBINACIÓN 5: ACCESORIOS AHORRADORES DE AGUA POTABLE, ALMACENAMIENTO DE AGUA LLUVIA, ELEMENTOS PARA ACCESO SOLAR Y ACCESORIOS DE ILUMINACIÓN EFICIENTE | 38 |
| 4.6. CUADRO RESUMEN | 38 |
| 5. CONCLUSIONES..... | 40 |
| REFERENCIAS | 42 |

BIBLIOGRAFÍA.....46
ANEXOS47

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Distribución del total de viviendas según estrato socioeconómico (Según el servicio de energía eléctrica) mayo de 2010..... | 20 |
| Tabla 2. Distribución de escenario..... | 29 |
| Tabla 3. Cuadro resumen simulaciones..... | 39 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Distribución de viviendas de dos pisos de estrato tres. | 21 |
|--|----|

LISTA DE GRÁFICAS

| | |
|---|----|
| Gráfica 1. Variaciones de uso y costo en energía combinación 1..... | 30 |
| Gráfica 2. Valor presente neto en energía combinación 1. | 31 |
| Gráfica 3. Variaciones de uso y costo en accesorios de agua combinación 1..... | 31 |
| Gráfica 4. Valor presente neto para agua combinación 1. | 32 |
| Gráfica 5. Distribución solar y horas de luz en la vivienda..... | 33 |
| Gráfica 6. Variaciones de uso y costo en energía combinación 2..... | 33 |
| Gráfica 7. Valor presente neto para energía combinación 2. | 34 |
| Gráfica 8. Variaciones de uso y costo en accesorios de agua combinación 2..... | 34 |
| Gráfica 9. Tiempo de recuperación para agua combinación 2..... | 35 |
| Gráfica 10. Variaciones de uso y costo en accesorios de agua combinación 3..... | 36 |
| Gráfica 11. Valor presente neto para agua combinación. | 36 |
| Gráfica 12. Variaciones de uso y costo en energía combinación 4..... | 37 |
| Gráfica 13. Valor presente neto para energía combinación 4..... | 38 |

TABLA DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| ANEXO A. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE MEDIDAS..... | 47 |
| ANEXO B. VALOR PRESENTE NETO (VPN)..... | 48 |
| ANEXO C. TABLAS “GUÍA DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE PARA EL AHORRO DE AGUA Y ENERGÍA EN EDIFICACIONES.” Y “MAPA DE CLASIFICACIÓN DEL CLIMA EN COLOMBIA SEGÚN LA TEMPERATURA Y LA HUMEDAD RELATIVA Y LISTADO DE MUNICIPIOS.” | 50 |
| ANEXO D. PLANOS ARQUITECTÓNICOS..... | 52 |
| ANEXO E. BASES DE DATOS..... | 54 |
| ANEXO F. DATOS DE LA VIVIENDA..... | 56 |
| ANEXO G. AGUA. | 58 |
| ANEXO H. ENERGÍA..... | 62 |
| ANEXO I. COSTOS. | 66 |

RESUMEN

TÍTULO: ANÁLISIS DEL IMPACTO FINANCIERO AL IMPLEMENTAR MEDIDAS DE SOSTENIBILIDAD EN UNA VIVIENDA*

AUTORES: NANCY XIOMARA IBÁÑEZ CASTILLO**

PALABRAS CLAVE: Sostenibilidad, Porcentajes de Ahorro, Medidas Sostenibles, Análisis Solar.

El presente informe contiene el análisis financiero derivado de la implementación de medidas de sostenibilidad en viviendas urbanas en Bucaramanga, Santander, el trabajo de grado fue desarrollado bajo la modalidad de investigación. El objetivo fue evaluar el impacto económico al implementar medidas como la iluminación eficiente y el acceso de luz natural dentro de una vivienda, como también el uso eficiente de agua, empleando accesorios hidrosanitarios ahorradores, recolección y almacenamiento de agua lluvia. Directrices de organismos internacionales invitan a adoptar estas medidas con el fin de reducir el consumo de energía y agua para garantizar la disponibilidad de recursos a las generaciones futuras. El presente estudio propone realizar un análisis de alternativas para viviendas de dos pisos de estrato tres, ubicadas en el área de Bucaramanga, Santander. Como resultado se desarrolló una programación en un archivo de Excel® con todos los parámetros, variables y criterios necesarios para evaluar el ahorro económico basado en el consumo mensual de energía eléctrica y agua en la vivienda, ajustándose a los porcentajes de ahorro energéticos y de agua que han sido solicitados por el gobierno colombiano para nuevas edificaciones de acuerdo a la Resolución 0549 de 2015 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Guillermo Mejía Aguilar.

ABSTRACT

TITLE: ANALYSIS OF THE FINANCIAL IMPACT OF IMPLEMENTING SUSTAINABILITY MEASURES IN A HOUSING*

AUTHORS: NANCY XIOMARA IBÁÑEZ CASTILLO**

KEYWORDS: Sustainability, Saving Percentage, Sustainable Measures, Solar Analysis.

The present report contains the economic analysis derived by implementing sustainable measures in urban housing in the city of Bucaramanga, Santander; the degree project was developed under the mode of investigation. The objective was to evaluate the economic impact by implementing measures as the efficient lighting and the accessibility to natural light in a dwelling, as well as the efficient water use employing hydrosanitary saving accessories, and recollection and storage of rainwater. Guidelines of international agencies are inviting to take these measures in order to reduce the consumption of energy and water to ensure the availability of resources for future generations. The present study proposes to carry out an analysis of alternatives for housing of two floors, of stratum three, located in the area of Bucaramanga, Santander. As a result, a program in a file of Excel® was developed with all the parameters, variables and criteria required to evaluate the economic savings based in the monthly consumption of electric energy and water in the house, making adjustments to the percentages of energetic and water saving requested by the Colombian government for new structures, in agreement to the “Resolución 0549 de 2015” from the Housing, City and Territory Department of Colombia.

* Bachelor Thesis

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Guillermo Mejía Aguilar.

INTRODUCCIÓN

El hombre actual ha tenido que presenciar las consecuencias del uso indiscriminado de recursos naturales, como son la contaminación de los cuerpos de agua, esterilidad del suelo, escasez de minerales, pérdida de diversidad biológica, disminución de reservas de agua dulce, entre otros [1]. La necesidad de buscar soluciones a los daños ocasionados ha llevado a grandes organizaciones mundiales a pensar en las próximas generaciones y cuan afectadas se verán estas si no se buscan los medios para detener el creciente problema o mitigar sus efectos. Como respuesta a esto nace el concepto de desarrollo sostenible, siendo este aplicable en diferentes sectores, entre ellos el de la construcción.

El sector de la construcción es uno de los principales consumidores de recursos naturales, desde la concepción de los proyectos, durante su ejecución e inclusive durante el desarrollo de su vida útil. El Panel Intergubernamental del Cambio del Clima (IPCC) afirma que el entorno construido es responsable del 20% del consumo de agua potable, del 25% del consumo de la madera cultivada, del 40% del uso de energía y del 50% del gasto de materias primas, sin contar la problemática que genera la demolición de una obra [2]. Por ello, actualmente se habla de conceptos como la construcción verde o ecológica, la cual incentiva el uso de tecnología amigable con el medio ambiente para reducir el consumo de recursos naturales indispensables.

El gobierno colombiano, no ha sido indiferente a la necesidad de reducir los porcentajes de depredación de los recursos naturales e implementó medidas como la Resolución 0549 de 2015 del Ministerio de Vivienda de Colombia, Ciudad y Territorio [3], donde se establecen porcentajes de reducción del consumo de agua y energía. Sin embargo, aunque las tecnologías ecológicas tienen una fuerte acogida en el mercado, es evidente que éstas tienen un impacto financiero que puede condicionar las decisiones a la hora de implementarlas.

El agua está en el centro del desarrollo sostenible, ya que los recursos hídricos y la gama de servicios que prestan, apuntan a la reducción de la pobreza, el crecimiento financiero y la sostenibilidad ambiental, además de ser un recurso vital para el ser humano, que no puede sobrevivir más que algunos días sin agua, es indispensable para los ecosistemas, la urbanización, la industria y la energía. Actualmente aún se hace uso indiscriminado de este recurso dándole poca relevancia a su importancia. [4]

The World Energy Council (WEC) define la sostenibilidad energética como el equilibrio entre tres dimensiones: la seguridad energética, la equidad social y la mitigación del impacto ambiental. A estos tres objetivos se les conoce como el trilema energético [5],

Según el estudio “Tendencias Globales de Construcción Sostenible 2016” de Dodge Data & Analytics, la construcción sostenible se duplicará en los próximos tres años, pasando del 18% al 37% del total del mercado. En Colombia 18% de los encuestados afirmo que el 60% de sus proyectos son de construcción sostenible, y para el 2018 se espera que este número aumente a 38% [6].

Ahora, si bien se habla de los beneficios ambientales que trae la implementación de estas medidas y lo importante que es adoptarlas para los proyectos de construcción, existen estudios financieros acerca de la implementación de medidas de sostenibilidad, uno de los que integra el análisis de varias medidas es el desarrollado en la Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones que categoriza la implementación por su potencial de ahorro de recursos, impacto en el costo, periodo de retorno y disponibilidad, en tres categorías: altamente, moderadamente y poco o no recomendable, según el tipo de edificación y el clima. Para clima cálido seco, la implementación de accesorios ahorradores de agua es clasificada, como altamente recomendada por su potencial de ahorro y su impacto en el costo, mientras que el aprovechamiento es clasificado

como moderada por su potencial de ahorro y altamente recomendada por su impacto en el costo. El aprovechamiento de la luz solar no lo considera como una inversión, ya que se concibe como el mejoramiento del diseño, y su potencial de ahorro es alto, de manera que es considerado como altamente recomendado [Ver anexo A].

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el costo económico generado al implementar factores de sostenibilidad en una vivienda de dos pisos, de estrato tres, ubicado en la ciudad de Bucaramanga, Santander.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar los factores de energía y agua más relevantes que puedan ser implementados en una vivienda de dos pisos, de estrato tres, ubicado en la ciudad de Bucaramanga, Santander, bajo los criterios de sostenibilidad expuestos en la Resolución 0549 de 2015.

Simular el comportamiento económico y determinar el costo de la implementación de los factores de sostenibilidad identificados anteriormente en una vivienda de dos pisos, de estrato tres, ubicado en la ciudad de Bucaramanga, Santander.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. CONTEXTO NORMATIVO

La Organización de la Naciones Unidas (ONU) definió en 1987 el desarrollo sostenible como el desarrollo capaz de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades [7]. Por su parte la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), definió sostenibilidad como aquel paradigma que obliga a concebir el futuro bajo un contexto equilibrado de variables ambientales, sociales y económicas, que propendan por el mejoramiento de la calidad de vida de la humanidad y la prosperidad de la sociedad. Entonces, se puede decir que la sostenibilidad hace referencia a una meta a largo plazo y el desarrollo sostenible a los procesos y medios para lograrla [8].

El gobierno colombiano procurando el desarrollo sostenible del país emite y adopta e la resolución 0549 de 2015 que en conjunto con el Anexo No. 1 “Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones” y el Anexo No. 2 “Mapa de Clasificación del Clima en Colombia según la Temperatura y la Humedad Relativa y listado de municipios”, regulan los porcentajes de ahorro en el consumo de agua y energía que se deben alcanzar en el primer y segundo año después de entrada en vigencia (2016), y proponen medidas sostenibles para alcanzar la meta propuesta.

Sabiendo que el agua es un recurso vital para el funcionamiento de la sociedad se han realizado estudios con el propósito de formular medidas que al ser implementadas contribuyan a la reducción de su consumo. Algunas medidas importantes son:

- Interceptor de primeras aguas: dispositivo dirigido a captar las primeras aguas de lluvia correspondiente al lavado del área de captación y que pueden contener impurezas de diversos orígenes [9].
- Tanque de almacenamiento: depósito destinado a la acumulación, conservación y abastecimiento del agua lluvia con fines domésticos [9].
- Válvula de bola: mecanismo que posee taladrada de lado a lado que abre, cierra u obstruye en forma parcial el flujo, pueden tener dos o tres vías [10].
- Válvula de flotador: dispositivo cuyo objetivo es regular el nivel del agua dentro de un tanque, bloqueando o disminuyendo el flujo de entrada cuando se alcanza el nivel deseado, o permitiendo nuevas entradas cuando el nivel desciende.
- Filtro: impide que el sustrato que ha sido convertido en lodo por acción de la lluvia descienda hacia capas inferiores en un depósito.
- Mono-mando: grifería de uso doméstico de manejo sencillo. Estos sistemas usan piezas pequeñas de cerámica en su interior para evitar fugas y goteos. Controla el caudal y la temperatura con un solo dispositivo. [11]
- Descarga variable: sistema de control que da la opción de usar sólo 4.8 litros para la descarga de líquidos o 6 litros para la descarga de sólidos. [11]
- Método CEPIS: se trata de un método dado por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y de Ciencias, que establece pautas para el diseño de sistemas de captación de agua lluvia para consumo humano [9].

Por otro lado, la sostenibilidad energética que se promulga requiere de diferentes medidas activas tales como el uso de sistemas mecánicos y/o eléctricos para crear condiciones de confort al interior de las edificaciones haciendo uso de calderas, aire acondicionado, ventilación mecánica, iluminación eléctrica, entre otras; y de medidas pasivas las cuales se incorporan en el diseño arquitectónico de las edificaciones para aprovechar las condiciones ambientales del entorno [12]. Involucrar sistemas mecánicos o eléctricos de manera que reduzcan el consumo de energía, y el impacto ambiental. En el tema de energía se destacan conceptos como:

- LED: sistema de iluminación duradero, de bajo consumo, muy bajo voltaje flexible y ecológico, no contiene mercurio u otros materiales tóxicos, contaminantes o radioactivos [13].
- Análisis energético: busca comprender la realidad energética, basada en los principales elementos que componen un sistema, sus principios de contratación y los elementos de operación. Entre sus objetivos está estimar el potencial de ahorro, análisis histórico del consumo de energía y sus niveles de producción [14].
- Kilovatio-hora: simbolizado con kWh equivalente a mil vatios-hora, es una unidad que indica el consumo de electricidad durante un periodo de tiempo [15].

2.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA VIVIENDA EN ESTUDIO

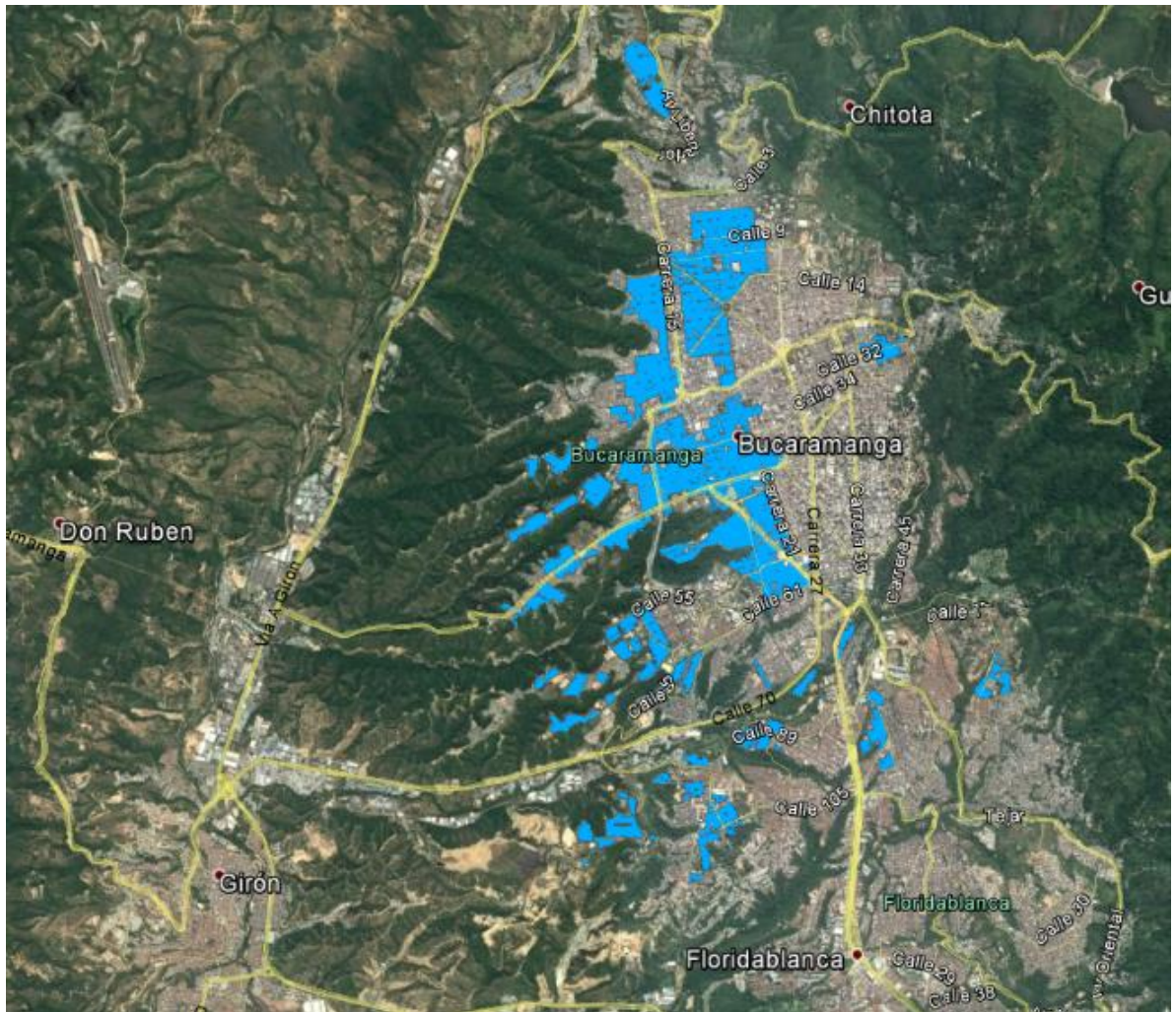
Según el Centro de estudios de la construcción y el desarrollo urbano y regional (CENAC) la población del estrato tres, objeto de este estudio [ver tabla 1], representa el 25.8% de la población bumanguesa y según los datos solicitados al grupo de investigación GEOMÁTICA, la vivienda tipo del estrato 3 tiende a concentrarse hacia el norte de la ciudad. Teniendo en cuenta la escasez de estudios de variabilidad de costos para la implementación de las medidas o tiempos de recuperación de la inversión, el proyecto pretende hacer simulaciones que permitan conocer el costo financiero de implementar factores de sostenibilidad en una vivienda de dos pisos de estrato tres, en la ciudad de Bucaramanga, Santander.

Tabla 1: Distribución del total de viviendas según estrato socioeconómico (Según el servicio de energía eléctrica) mayo de 2010.

| Ciudad | Estrato - % viviendas | | | | | | Total |
|--------------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|--------------|
| | Uno | Dos | Tres | Cuatro | Cinco | Seis | |
| Bogotá D.C. | 7.1 | 35.1 | 36.4 | 13.2 | 4.6 | 3.7 | 100.0 |
| Medellín | 11.2 | 35.5 | 29.1 | 11.3 | 8.5 | 4.4 | 100.0 |
| Cali | 16.6 | 27.5 | 32.9 | 10.9 | 9.2 | 2.9 | 100.0 |
| Baranquilla | 34.3 | 19.7 | 24.5 | 11.9 | 5.4 | 4.2 | 100.0 |
| Bucaramanga | 12.6 | 20.7 | 25.8 | 32.1 | 3.2 | 5.6 | 100.0 |
| Cartagena | 42.2 | 27.7 | 16.4 | 6.0 | 3.3 | 4.3 | 100.0 |
| Cúcuta | 24.5 | 42.5 | 21.2 | 10.1 | 1.7 | 0.1 | 100.0 |
| Pereira | 15.4 | 34.0 | 19.3 | 14.9 | 9.9 | 6.5 | 100.0 |
| Ibagué | 16.4 | 47.1 | 25.0 | 9.5 | 1.6 | 0.5 | 100.0 |
| Manizales | 10.0 | 25.0 | 37.8 | 14.6 | 5.0 | 7.6 | 100.0 |
| Pasto | 22.5 | 42.4 | 24.5 | 7.8 | 2.7 | 0.0 | 100.0 |
| Villavicencio | 17.9 | 31.5 | 40.1 | 6.9 | 2.7 | 0.9 | 100.0 |
| Amenia | 22.2 | 27.3 | 30.1 | 9.9 | 9.2 | 1.4 | 100.0 |

Fuente: Superintendencia de Servicios Públicos - Sistema único de información de Servicios Públicos SUI.

Figura 1: Distribución de viviendas de dos pisos de estrato tres.



Fuente: Grupo de Investigación GEOMÁTICA.

2.3. CRITERIO DE EVALUACIÓN FINANCIERA

Para evaluar financieramente el costo de la implementación de medidas sostenibles en energía y agua de la vivienda bajo estudio, este proyecto usará el valor presente neto (VPN), siendo uno de los criterios de evaluación más conocidos para proyectos de inversión a largo plazo.

- VPN: el valor presente neto permite determinar si se cumple con el objetivo financiero de maximizar la inversión. El cambio en el valor estimado puede ser positivo, indicativo de que se obtendrá un incremento equivalente al monto del VPN, o negativo, que implica una reducción de la inversión equivalente al valor de arrojé el valor presente neto. Si el valor del VPN es cero quiere decir que no se gana ni se pierde [16].

Este valor depende de las siguientes variables: la inversión inicial previa, las inversiones durante la operación, los flujos netos de efectivo, la tasa de descuento y el número de periodos que dure el proyecto [ver Anexo B].

$$VPN = -A + \sum_{t=1}^n \frac{C1}{(1+i)^t} \quad (1)$$

Donde:

- A: inversión inicial (en el año 0).
- t: el año del proyecto que se está evaluando.
- n: total de años del proyecto
- C1: flujo neto efecto anual
- i: es la tasa de descuento

Para evaluar el costo financiero se determinarán que factores serían implementados en la vivienda para después simular su comportamiento financiero.

En resumen, el objetivo del presente estudio fue evaluar financieramente el impacto de implementar medidas de sostenibilidad relacionadas con iluminación eficiente y accesibilidad a luz natural, como también, con el uso eficiente del agua, empleando

accesorios hidrosanitarios ahorradores y recolección y almacenamiento de agua lluvia, en viviendas urbanas de dos pisos, de estrato 3, en la ciudad de Bucaramanga, Santander.

3. METODOLOGÍA

Para lograr el objetivo propuesto, se desarrolló un simulador en una hoja de cálculo de Excel® que permitiera analizar los diferentes escenarios de implementación de medidas sostenibles en agua y energía y cumpliendo con lo estipulado en la Resolución 0549 de 2015 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia.

El desarrollo del modelo de simulación consistió en 4 etapas, las cuales se describen a continuación:

3.1. IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE FACTORES

3.1.1. Identificación y selección de factores. Durante esta etapa se identificaron los requerimientos que deben cumplir las viviendas en el marco legal para alcanzar las exigencias planteadas en la Resolución 0549 del Ministerio de Vivienda. Según el artículo quinto de dicha resolución, “PORCENTAJE MÍNIMO DE AHORRO” la tabla No. 1 y No. 2 establecen los porcentajes de ahorro para agua y energía, según el año en consideración y el clima de la zona. Según el Anexo No. 2 “Mapa de Clasificación del Clima en Colombia según la Temperatura y la Humedad Relativa y listado de municipios”, Bucaramanga tiene un clima cálido seco, por lo cual, siguiendo los lineamientos de las tablas del Anexo No. 1 “Guía de construcción

sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones” se debe garantizar un ahorro de 25% y 20% en energía y agua, respectivamente [ver Anexo C].

A partir de estos requerimientos mencionados se realizó una revisión bibliográfica acerca de medidas de sostenibilidad o factores a tener en cuenta en la implementación de estas medidas, para viviendas urbanas sostenibles.

3.1.2. Selección de medidas. Una vez fueron identificadas las opciones de medidas disponibles y que fueron viables de ser aplicadas al contexto colombiano, se seleccionaron dos alternativas para cada parámetro de sostenibilidad, tanto para el parámetro de energía, como para el parámetro de agua.

Las medidas o alternativas seleccionadas se consideraron de acuerdo a la facilidad y sencillez de implementación por parte del usuario, es decir, por parte del dueño o usuario de la vivienda, como también de acuerdo a la factibilidad financiera de implementación, es decir que sus costos estuvieran al alcance de una población de estrato 3 de Bucaramanga. De esta manera se evaluaron para el parámetro de agua: implementación de accesorios ahorradores de agua, como también accesorios de almacenamiento de aguas lluvia. Por su parte, para el parámetro de energía se evaluaron el uso de luminarias ahorradoras y dispositivos o accesorios de iluminación que permiten el acceso de luz solar.

3.2. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

3.2.1. Base de datos. seleccionadas las medidas o alternativas para cada parámetro, se investigó acerca de su implementación en una vivienda y los materiales que éstas podrían llegar a demandar, ya que esto afecta su costo. Se

contó con el diseño arquitectónico tipo de una vivienda de dos pisos, estrato tres [ver Anexo D] y con base en este diseño se buscó en el mercado la oferta de los materiales necesarios para llevar a cabo las alternativas de energía [17][18] y agua [19] seleccionadas, con sus respectivos precios y se tabularon y clasificaron dentro de la hoja de Excel del simulador. Esta información conformó la base de datos a partir de la cual funcionaría el modelo de simulación.

Dentro del simulador se clasificaron las bases de datos en tres hojas de cálculos, la primera, *iluminación*, la cual almacena diferentes tipos de luminarias de tubo, LED y ahorradores (CFL) con sus respectivos precios y los lúmenes propios de cada uno; esta base de datos también almacena los diferentes tipos de accesorios para iluminación natural llamados acristalamiento, clasificados según el tipo de cubierta, para la instalación de elementos que permitan el aprovechamiento de la luz del día. La segunda, *lluvia*, contiene las diferentes etapas para la recolección y el almacenamiento de agua lluvia (captación, recolección, bajantes, interceptor, almacenamiento) y dos accesorios adicionales (válvula de bola y de flotador), dentro de cada etapa se encuentran las diferentes posibilidades de recursos que pueden ser utilizados y sus respectivos precios. La tercera, *accesorios*, acopia diferentes tipos de accesorios para lavamanos, lavaplatos, duchas y sanitarios [Ver Anexo E].

La base de datos es la que permite al usuario hacer diferentes tipos de combinaciones de materiales y/o accesorios para las medidas del estudio.

3.3. MODELO DE SIMULACIÓN

3.3.1. Desarrollo del simulador. El simulador consta de cuatro secciones, una relacionada con los datos de la vivienda, la otra relacionada con el parámetro agua, otra con el parámetro energía y la cuarta con costos.

La sección relacionada con los datos de la vivienda recoge información sobre las medidas que el usuario desea implementar, áreas de la vivienda, el número de habitaciones y horas de uso de algunos recursos de la vivienda, adicionalmente permite proporcionar datos que pueden ser variables como el cargo fijo y por consumo de agua y energía [ver Anexo F].

La sección de agua, también está dividida en dos partes, la primera relacionada con el ahorro de agua potable, en esta parte el usuario selecciona la combinación de accesorios deseada para el lavamanos, lavaplatos, duchas y sanitarios, adicionalmente en esta hoja se pueden ver los ahorros que proporciona cada accesorio (dato proporcionado por el proveedor); la segunda parte está relacionada con la recolección de agua lluvia, donde el usuario realiza la misma selección de combinación de materiales para las partes de la recolección de agua lluvia (captación, recolección, bajante, interceptor, válvula de bola, válvula de flotador, y almacenamiento), adicionalmente en esta hoja se cuenta con un análisis del porcentaje de ahorro de agua (PPWS por sus siglas en inglés) al implementar la medida, cálculo realizado a partir de la metodología propuesta por el CEPIS (Centro Panamericana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente), los datos de precipitación de los últimos 10 años, fueron proporcionados por el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia), y están incluidos en otra hoja de cálculo (Datos IDEAM) [ver Anexo G].

La sección de energía está dividida en dos partes una de iluminación eficiente, donde se seleccionan el tipo de luminaria deseada (tubo, LED, ahorradores) para cada una de los espacios de la vivienda, en este cuadro también es posible ver el ahorro de los bombillos por espacio, la otra parte está relacionada con los elementos que permiten aprovechar la luz solar y se debe escoger el tipo de cubierta que tiene la vivienda el tipo de elemento deseado (ventana, tragaluz, claraboya) y el acristalamiento para el elemento seleccionado. Adicionalmente, esta medida requiere de un análisis de acceso solar, para el caso de este proyecto de ejecutó en

REVIT sometiendo el modelo a un análisis de iluminación solar con Insight 360, el análisis permite saber las horas de luz solar y los lugares que lo reciben, estos datos deben ser proporcionados para, más adelante, tener el análisis de precios [ver Anexo H].

La cuarta sección está relacionada con costos, donde el usuario puede ver gráficas que relacionan la intensidad horaria anual de uso vs el valor anual del uso de los elementos y el valor presente neto VPN para las combinaciones de medidas [ver Anexo I].

3.4. SIMULACIÓN Y COSTEO

Para el caso de estudio se tomaron datos financieros relacionados con el estrato tres y una vivienda de dos pisos con una ubicación en el norte de la ciudad de Bucaramanga, Santander. Dicha vivienda contaba con 4 habitaciones, dos baños, una sala comedor y un estudio [ver anexo D] que para efectos del simulador se tomó como otra sala, un patio y una cocina, estos espacios se encuentran distribuidos entre el primer y segundo piso y se realizaron simulaciones de la siguiente manera: implementando sólo una de las medidas de los dos casos, las cuatro medidas, o dos medidas de un ítem y una sola del otro y se hace un análisis de los resultados obtenidos. La selección de los materiales se hace de manera arbitraria, tomando como criterio aquellos que tuvieran el costo más bajo.

Adicionalmente se suministraron los datos de áreas propios de la vivienda, los precios de cargo fijo y por consumo de agua y energía fueron tomados de los recibos de estos servicios, mientras el tiempo de uso de los aparatos fue estimativo.

4. RESULTADOS

Para lectura de los gráficos [ver Figura 1] se debe tener en cuenta que la barra azul indica la intensidad de uso anual en horas de la línea estándar, mientras que la barra roja indica la intensidad de uso anual en horas con las medidas. La línea amarilla indica los costos de uso de las medidas respecto a la intensidad horaria, y la línea gris indica los costos de uso de la línea base respecto a la intensidad horaria. Para las gráficas de agua aplica la misma descripción, pero la intensidad de uso está en minutos.

Las gráficas de VPN [ver Gráfica 2] representan las inversiones totales por cada medida, además de la diferencia de costo en valor total del consumo al hacer uso de las medidas, cabe resaltar que este dato no contempla las variaciones de los cargos fijos y de consumos impuestos por las empresas según sea el caso. Por otra parte, este valor será visto como el beneficio financiero del usuario y para el caso el flujo neto efectivo anual. Las barras resaltadas en verde representan un ingreso y/o beneficio mientras que las que están en rojo son una inversión/egreso.

Se plantearon cinco escenarios de alternativas para evaluar financieramente su implementación [ver Tabla 2].

Tabla 2. Distribución de escenario.

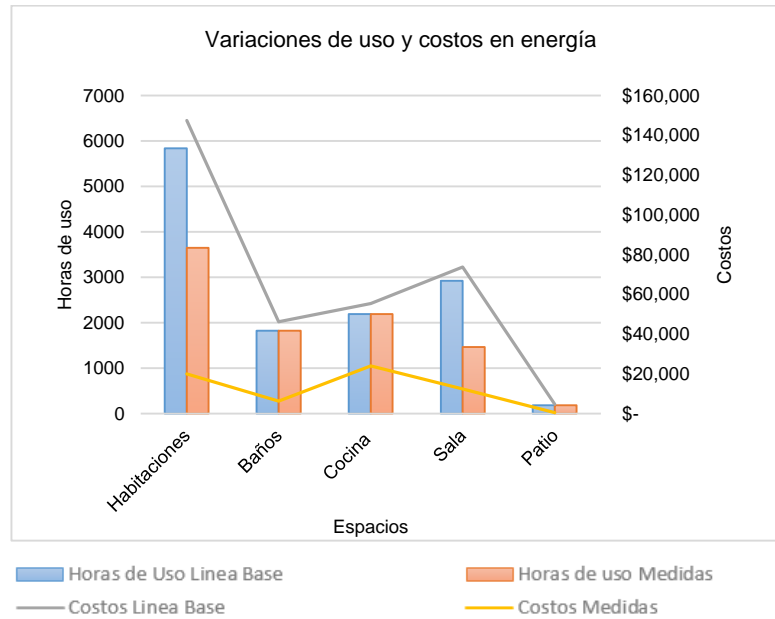
| Escenario | Agua | Cantidad | Energía | Cantidad |
|-----------|--|----------|---|----------|
| 1 | Accesorios ahorradores de agua potable | 7 | Iluminación eficiente | 10 |
| 2 | Almacenamiento de agua lluvia | 1 | Elementos para acceso solar | 2 |
| 3 | Accesorios ahorradores de agua potable y almacenamiento de agua lluvia | 8 | Iluminación eficiente | 10 |
| 4 | Accesorios ahorradores de agua potable | 7 | Iluminación eficiente y elementos para acceso solar | 12 |
| 5 | Accesorios ahorradores de agua potable y almacenamiento de agua lluvia | 8 | Iluminación eficiente y elementos para acceso solar | 12 |

4.1. ESCENARIO 1: ACCESORIOS AHORRADORES DE AGUA POTABLE Y ACCESORIOS DE ILUMINACIÓN EFICIENTE

Seleccionando estas dos medidas y tomando los accesorios con el precio más bajo de las bases de datos se obtuvo que para energía aun cuando las horas de uso son las mismas en los espacios, el costo de las medidas sostenibles se encuentra

bastante por debajo de las luminarias convencionales (incandescentes) ahorrando casi el 73% en costos [ver Gráfica 1].

Gráfica 1. Variaciones de uso y costo en energía combinación 1.



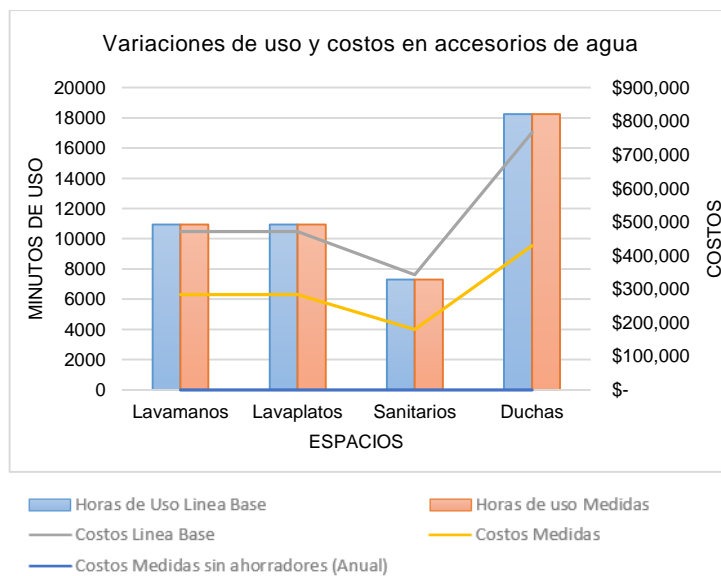
Por otro lado, se tiene que el valor del VPN estimado para 10 años es positivo por lo cual se considera una buena inversión [ver Gráfica 2].

Gráfica 2. Valor presente neto en energía combinación 1.

| Valor Presente Neto | | | |
|------------------------|-----|------------------|--------|
| Recuperación anual | \$ | 240,130 | |
| Inversión luminaria | -\$ | 181,400 | |
| Inversión acceso Solar | \$ | - | |
| VPN | \$ | 1,023,759 | |
| | -\$ | 181,400 | Año 0 |
| | \$ | 208,809 | Año 1 |
| | \$ | 181,573 | Año 2 |
| | \$ | 157,890 | Año 3 |
| | \$ | 137,295 | Año 4 |
| | \$ | 119,387 | Año 5 |
| | \$ | 103,815 | Año 6 |
| | \$ | 90,274 | Año 7 |
| | \$ | 78,499 | Año 8 |
| | \$ | 68,260 | Año 9 |
| | \$ | 59,357 | Año 10 |

Para agua ocurre algo similar, la línea de costos de la medida sigue estando por debajo de la línea base alcanzando un ahorro del 42% y la inversión fácilmente se recuperaría finalizado el primer año [ver Gráfica 3 y Gráfica 4].

Gráfica 3. Variaciones de uso y costo en accesorios de agua combinación 1.



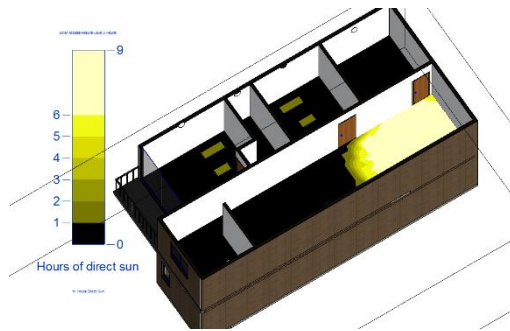
Gráfica 4. Valor presente neto para agua combinación 1.

| Valor Presente Neto | | | |
|-----------------------|-----|-----------|--------|
| Recuperación anual | \$ | 852,858 | |
| Inversión accesorios | -\$ | 1,278,700 | |
| Inversión Agua lluvia | \$ | - | |
| VPN | \$ | 3,001,595 | |
| | -\$ | 1,278,700 | Año 0 |
| | \$ | 741,615 | Año 1 |
| | \$ | 644,883 | Año 2 |
| | \$ | 560,768 | Año 3 |
| | \$ | 487,624 | Año 4 |
| | \$ | 424,021 | Año 5 |
| | \$ | 368,714 | Año 6 |
| | \$ | 320,621 | Año 7 |
| | \$ | 278,801 | Año 8 |
| | \$ | 242,435 | Año 9 |
| | \$ | 210,813 | Año 10 |

4.2.COMBINACIÓN 2: ALMACENAMIENTO DE AGUA LLUVIA Y ELEMENTOS PARA ACCESO SOLAR

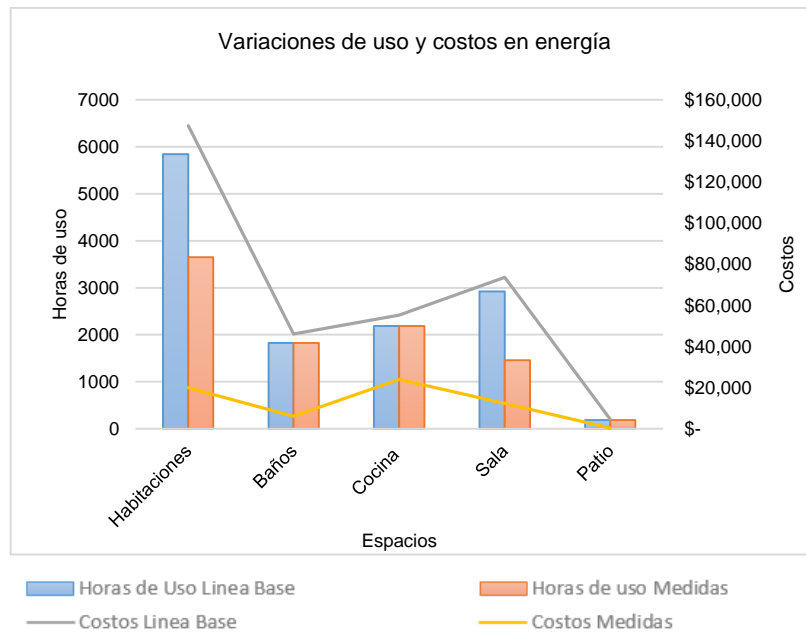
Cuando se hizo la selección de esta combinación se tuvo en cuenta los datos arrojados por el Revit para conocer las horas de acceso solar y su ubicación [ver Gráfica 5].

Gráfica 5. Distribución solar y horas de luz en la vivienda.



Para el caso de energía las líneas no se alejan mucho el ahorro en costos es mucho menor que el del primer caso siendo del 28% [ver Gráfica 6 y Gráfica 7].

Gráfica 6. Variaciones de uso y costo en energía combinación 2.

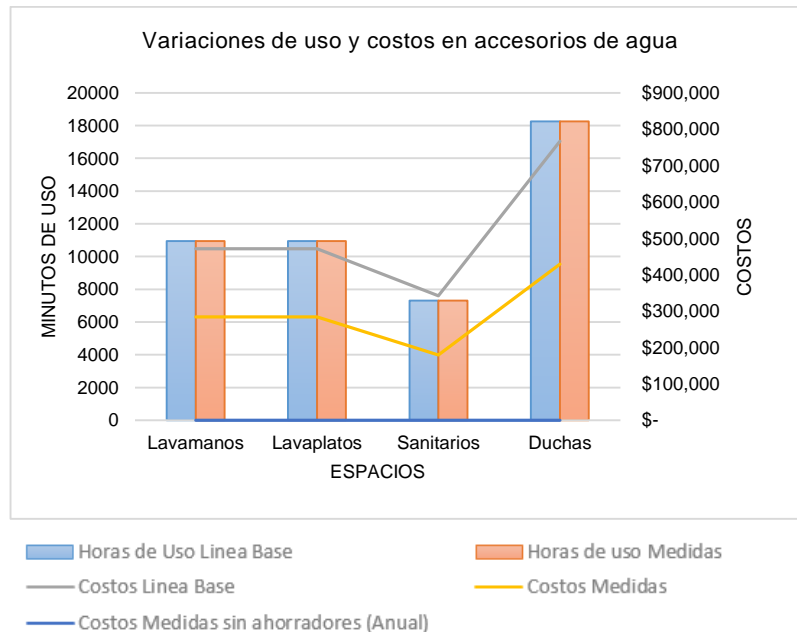


Gráfica 7. Valor presente neto para energía combinación 2.

| Valor Presente Neto | | | |
|------------------------|-----|----------------|--------|
| Recuperación anual | \$ | 92,151 | |
| Inversión luminaria | -\$ | 27,280 | |
| Inversión acceso Solar | -\$ | 1,227,536 | |
| VPN | -\$ | 792,331 | |
| | -\$ | 1,254,816 | Año 0 |
| | \$ | 80,131 | Año 1 |
| | \$ | 69,679 | Año 2 |
| | \$ | 60,591 | Año 3 |
| | \$ | 52,688 | Año 4 |
| | \$ | 45,815 | Año 5 |
| | \$ | 39,839 | Año 6 |
| | \$ | 34,643 | Año 7 |
| | \$ | 30,124 | Año 8 |
| | \$ | 26,195 | Año 9 |
| | \$ | 22,778 | Año 10 |

Para agua el ahorro disminuye considerablemente al 3% [ver Gráfica 8].

Gráfica 8. Variaciones de uso y costo en accesorios de agua combinación 2.



Gráfica 9. Tiempo de recuperación para agua combinación 2.

| Valor Presente Neto (Este recuadro sólo debe ser tenido en cuenta cuando no se estén usando accesorios ahorradores) | | |
|---|-----|------------------|
| Recuperación anual | \$ | 61,185 |
| Inversión accesorios | -\$ | 664,001 |
| Inversión Agua lluvia | -\$ | 1,283,536 |
| VPN | -\$ | 1,640,465 |
| | -\$ | 1,947,537 |
| | \$ | 53,204 |
| | \$ | 46,264 |
| | \$ | 40,230 |
| | \$ | 34,983 |
| | \$ | 30,420 |
| | \$ | 26,452 |
| | \$ | 23,002 |
| | \$ | 20,001 |
| | \$ | 17,392 |
| | \$ | 15,124 |

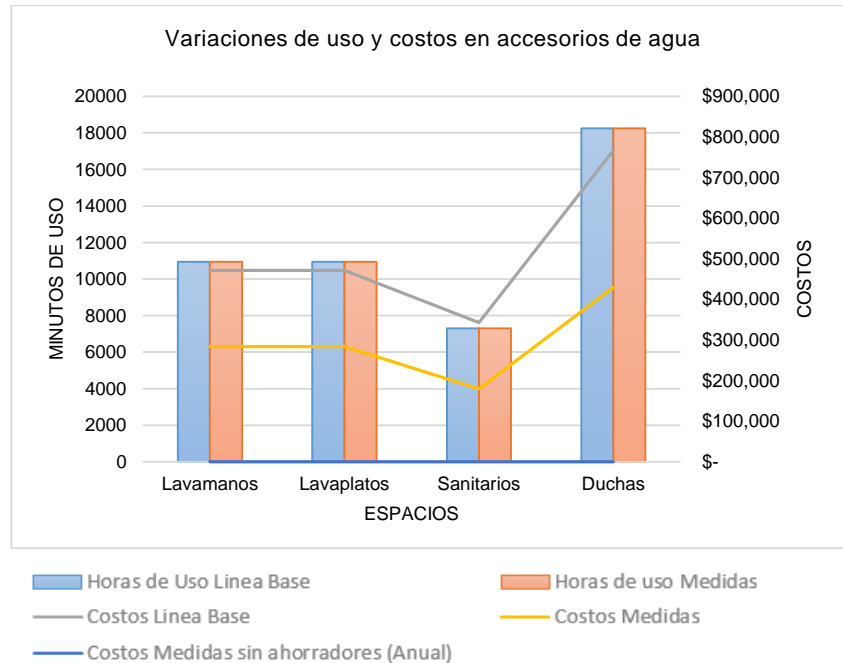
Esta combinación de medidas presenta valor de VPN negativos en agua y en energía lo que las hace una mala inversión [ver Gráfica 9].

4.3.COMBINACIÓN 3: ACCESORIOS AHORRADORES DE AGUA POTABLE, ALMACENAMIENTO DE AGUA LLUVIA Y ACCESORIOS DE ILUMINACIÓN EFICIENTE

Se tomó esa combinación teniendo en cuenta que en las simulaciones anteriores esa medida de energía resulta siendo la más eficiente financieramente hablando, de manera que las gráficas de energía se mantienen iguales a las de la primera combinación.

Para este caso las líneas en los dos ítems se alejan [ver Gráfica 10].

Gráfica 10. Variaciones de uso y costo en accesorios de agua combinación 3.



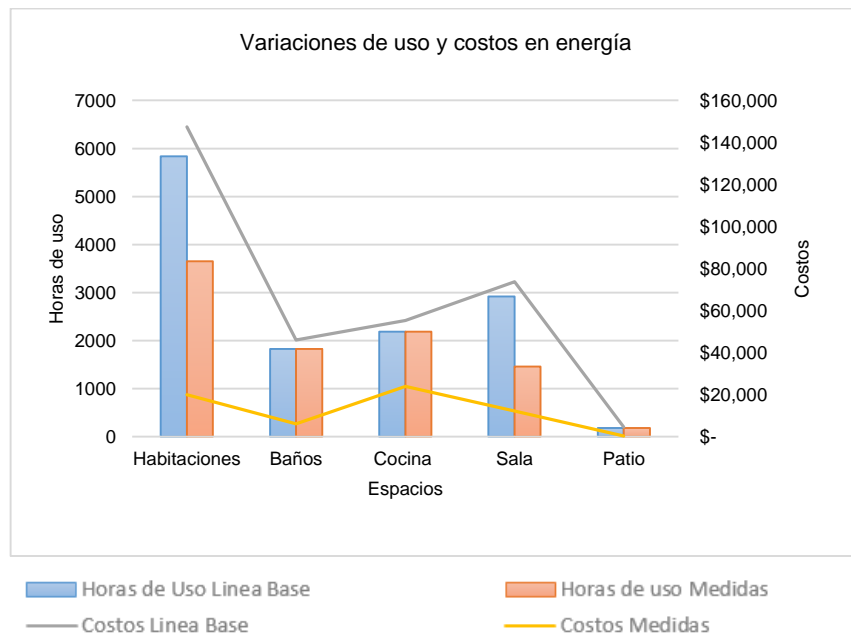
Gráfica 11. Valor presente neto para agua combinación.

| Valor Presente Neto | | | |
|-----------------------|-----|------------------|--------|
| Recuperación anual | \$ | 874,452 | |
| Inversión accesorios | -\$ | 1,278,700 | |
| Inversión Agua lluvia | -\$ | 1,283,536 | |
| VPN | \$ | 1,826,437 | |
| | -\$ | 2,562,236 | Año 0 |
| | \$ | 760,393 | Año 1 |
| | \$ | 661,211 | Año 2 |
| | \$ | 574,967 | Año 3 |
| | \$ | 499,971 | Año 4 |
| | \$ | 434,757 | Año 5 |
| | \$ | 378,050 | Año 6 |
| | \$ | 328,739 | Año 7 |
| | \$ | 285,860 | Año 8 |
| | \$ | 248,574 | Año 9 |
| | \$ | 216,151 | Año 10 |

4.4.COMBINACIÓN 4: ACCESORIOS AHORRADORES DE AGUA POTABLE, ELEMENTOS PARA ACCESO SOLAR Y ACCESORIOS DE ILUMINACIÓN EFICIENTE

En este caso el ahorro en los costos de energía alcanza un 81%, y se obtiene un valor del VPN negativo [ver Gráfica 12 y Gráfica 13]; el ítem de agua se mantiene igual que en el primer caso, debido a que se están usando los mismos accesorios.

Gráfica 12. Variaciones de uso y costo en energía combinación 4.



Gráfica 13. Valor presente neto para energía combinación 4.

| Valor Presente Neto | | |
|------------------------|-----|-----------|
| Recuperación anual | \$ | 264,397 |
| Inversión luminaria | -\$ | 181,400 |
| Inversión acceso Solar | -\$ | 1,227,536 |
| VPN | -\$ | 81,990 |
| | -\$ | 1,408,936 |
| | \$ | 229,910 |
| | \$ | 199,922 |
| | \$ | 173,845 |
| | \$ | 151,170 |
| | \$ | 131,452 |
| | \$ | 114,306 |
| | \$ | 99,397 |
| | \$ | 86,432 |
| | \$ | 75,158 |
| | \$ | 65,355 |

Año 0
Año 1
Año 2
Año 3
Año 4
Año 5
Año 6
Año 7
Año 8
Año 9
Año 10

4.5.COMBINACIÓN 5: ACCESORIOS AHORRADORES DE AGUA POTABLE, ALMACENAMIENTO DE AGUA LLUVIA, ELEMENTOS PARA ACCESO SOLAR Y ACCESORIOS DE ILUMINACIÓN EFICIENTE

Esta combinación repite los gráficos mostrados en las combinaciones 3 y 4 que incluyen las dos medidas de cada ítem al mismo tiempo, por esta razón no se vuelven a mostrar en esta sección.

4.6.CUADRO RESUMEN

Este cuadro muestra el resumen de los porcentajes de ahorros financieros y el valor presente neto que se obtienen, en la implementación de las 5 opciones de combinaciones, descritas anteriormente, tanto en agua como en energía.

El cuadro [ver Tabla 3] permite ver con más claridad los resultados y permite hacer un comparativo de los datos recogidos con las simulaciones realizadas.

Tabla 3. Cuadro resumen simulaciones.

| Combinación | Ahorro financiero en energía | Ahorro financiero en agua | Valor presente neto energía | Valor presente neto agua |
|-------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 1 | 73% | 42% | \$ 1,023,759 | \$ 3,001,595 |
| 2 | 28% | 3% | -\$ 729,331 | -\$ 1,640,465 |
| 3 | 73% | 43% | \$ 1,023,759 | \$ 1,826,437 |
| 4 | 81% | 42% | -\$ 81,990 | \$ 3,001,595 |
| 5 | 81% | 43% | -\$ 81,990 | \$ 1,826,437 |

Si se comparan estos beneficios en relación con el ingreso familiar promedio de un hogar en estrato 3, vemos que el periódico El Tiempo, declara que según el DANE los ingresos promedio de los hogares se ubican en \$ 1'924.933, en promedio cada integrante del núcleo familiar obtiene ingresos de alrededor de \$ 906.452 [20], y la revista Semana, afirma que en 1983 el DANE calculó que los servicios públicos de un hogar promedio ocupaban el 7% de los gastos de los ingresos [21], lo que significa que anualmente un hogar promedio gasta alrededor de \$ 1'616.944, si se implementan las medidas financieramente más eficientes (combinación 1), se obtienen ahorros en los recibos de luz y agua de 73% y 42%, lo que disminuiría considerablemente el gasto en servicios públicos, pudiendo invertir este dinero en otras necesidades del hogar.

5. CONCLUSIONES

Los datos obtenidos de las combinaciones simuladas en la hoja de cálculo, indican que la más favorable es la primera, debido a que logra un ahorro financiero de 73% y 42% para energía y agua, además de que se obtiene un valor presente neto (VPN) positivo en los dos casos, lo que confirma la viabilidad de implementar accesorios hidrosanitarios ahorradores y del uso de iluminación eficiente.

Implementar medidas como elementos de acceso solar y almacenamiento de aguas lluvias, sin hacer un cambio en los elementos básicos (luminaria y accesorios de agua), representa una pérdida, teniendo en cuenta que aun cuando se cumple con los ahorros requeridos la inversión es alta, su recuperación es lenta y no representa un ahorro financiero significativo, además que los valores negativos en el VPN indican que no es una inversión viable.

El análisis previo para la ubicación y efectividad de la instalación de los elementos que permiten el acceso solar a la vivienda es fundamental de lo contrario esta será una inversión sin ningún beneficio financiero.

El ejercicio muestra que los servicios públicos de un hogar promedio ocupaban el 7% de los gastos de ingresos [21], lo que significa que anualmente un hogar promedio gasta alrededor de \$ 1'616.944, si se implementan las medidas financieramente más eficientes (combinación 1), se obtienen ahorros en los recibos de luz y agua de 73% y 42%, lo que disminuiría considerablemente el gasto en servicios públicos, pudiendo invertir este dinero en otras necesidades del hogar.

Conforme lo recomendado por la *Guía de construcción sostenible para el ahorro en edificaciones* y la cartilla de *Criterios ambientales para el diseño y construcción de una vivienda urbana* [22], implementar accesorios ahorradores de agua e iluminación eficiente, es altamente recomendable por su potencial de ahorro y su bajo impacto económico, además de que genera un ahorro en las tarifas de electricidad y agua, coincidiendo con los datos obtenidos en el proyecto.

Según la *Guía de construcción sostenible para el ahorro en edificaciones* el aprovechamiento de aguas lluvias es una buena opción en climas cálidos secos para implementar en oficinas, hospitales y centros educativos por su potencial de ahorro y su impacto en el costo, en viviendas afirman que su potencial de ahorro es moderado aunque por su impacto económico es altamente recomendable, el proyecto mostró que el potencial de ahorro de la vivienda aunque cumple con los estándares es moderado y su impacto en el costo puede ser elevado.

La *Guía de construcción sostenible para el ahorro en edificaciones* y la cartilla de *Criterios ambientales para el diseño y construcción de una vivienda urbana*, coinciden en que permitir el acceso de luz solar es una medida con alto potencial de ahorro y bajo impacto en su implementación, si se hace un estudio previo para conocer su ubicación ideal, teniendo en cuenta factores como el clima, la orientación de la vivienda, entre otros, sin embargo en el proyecto esta medida no mostró grandes beneficios y si altos costos en su implementación, debido a la falta de un estudio previo para ubicar las claraboyas.

REFERENCIAS

[1] Impacto ambiental. El planeta herido [en línea]. [Consulta:12 de abril de 2017]. Disponible en: <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448167155.pdf>

[2] Construcción sostenible y ecológica, necesaria en el mundo [en línea]. [Consulta: 12 de abril de 2017]. Disponible en: <http://www.portafolio.co/negocios/empresas/construccion-sostenible-ecologica-necesaria-mundo-35448#>

[3] Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio; Resolución número 0549. Bogotá, D.C, 2015.

[4] UNESCO; Water for a sustainable world. Reporte. París, 2015.

[5] Marta Camacho Parejo. El trilema energético. Primera edición Club Español de la Energía. Madrid, 2012.

[6] Tendencias globales de construcción sostenible [en línea]. [Consulta: 12 de abril de 2017]. Disponible en: <https://www.cccs.org.co/wp/2016/04/04/tendencias-globales-de-construccion-sostenible-2016/>

[7] Decenio Internacional para la Acción “El agua fuente de vida” 2005-2015 [en línea]. [Consulta: 13 de abril de 2017]. Disponible en:

http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water_and_sustainable_development.shtml

[8] Desarrollo Sostenible [en línea]. [Consulta: 13 de abril de 2017]. Disponible en: <http://www.unesco.org/new/es/education/themes/leading-the-international-agenda/education-for-sustainable-development/sustainable-development/#topPage>

[9] CEPIS. Especificaciones técnicas. Captación de agua lluvia para consumo humano. Lima, 2003.

[10] Válvula de bola [en línea]. [Consulta: 16 de mayo de 2017]. Disponible en: https://www.ecured.cu/Válvula_de_bola

[11] Ecología y Desarrollo. Documento técnico de tecnologías ahorradoras de agua para viviendas y edificios de uso público. Catálogo de tecnologías ahorradoras.

[12] IFC & CAMACOL. Anexo No.1 Guía de Construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones. Colombia, 2015.

[13] Iluminación LED. [en línea]. [Consulta: 16 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://www.lamparasoyague.es/iluminacion-led>

[14] ¿Qué hacer, un análisis energético o un diagnóstico energético? [en línea]. [Consulta: 16 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://www.energiza.biz/que-hacer-una-analisis-energetico-o-un-diagnostico-energetico/>

[15] ¿Qué es el kilovatio hora? [en línea]. [Consulta: 16 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://tarifasgasluz.com/faq/que-es-kilovatio-hora>

[16] El valor presente neto – VPN [en línea]. [Consulta: 16 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://www.pymesfuturo.com/vpneto.htm>

[17] Productos Corona [en línea]. [Consulta: 16 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://www.corona.co>

[18] Decoración e Iluminación. Bombillos [en línea]. [Consulta: 16 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://www.homecenter.com.co/homecenter-co/category/cat10220/Bombillos>

[19] Generador de precios CYPE. [en línea]. [Consulta: 16 de mayo de 2017]. Disponible en: http://www.colombia.generadordeprecios.info/obra_nueva/Cubiertas/Lucernarios/Tragaluz/QLT010_Sistema__VELUX__de_tragaluz_para_cu.html

[20] Las señales de que el país es un mejor vivero [en línea]. [Consulta: 26 de abril de 2017]. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-15440919>

[21] Servicios públicos: tarifas al ataque [en línea]. [Consulta: 26 de abril de 2017]. Disponible en: <http://www.semana.com/nacion/articulo/servicios-publicos-tarifas-al-ataque/3978-3>

[22] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana. Colombia,2012.

BIBLIOGRAFÍA

ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRA. Guía para el diseño de edificaciones sostenibles. 2015.

CHAN S. PARK. Fundamental of engineering economics. Pearson Education, Inc. Nueva Jersey. 2004.

DEPARTAMENTO DE VIVIENDA OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES DEL GOBIERNO COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO. Guía De Edificación Sostenible Para La Vivienda En La Comunidad Autónoma Del País Vasco. Donostia-San Sebastián. 2ª Ed. 2009.

KUBBA, S. Handbook of green building design, and construction. ELSEVIER. Oxford, Reino Unido. 2012.

PALACRIO, N. Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia como alternativa para el ahorro de agua potable en la institución educativa María Auxiliadora de Caldas, Antioquia. Revista Gestión y Ambiente. 2010.

ANEXOS

ANEXO A. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE MEDIDAS.

| | Altamente recomendable | Moderadamente recomendable | Poco / no recomendable |
|---------------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------|
| Potencial de ahorro de recursos | > 5% | > 3% y < 5% | < 3% |
| Impacto en el costo | < 1% | > 1% y < 5% | > 5% |
| Periodo de retorno | < 3 años | > 3 años | > 5 años |
| Disponibilidad | Alta | Moderada / baja | Baja |

Fuente: Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones.

ANEXO B. VALOR PRESENTE NETO (VPN).

Las variables usadas para hallar el valor presente neto del proyecto serán descritas a continuación usando como ejemplo el escenario 1 (accesorios ahorradores de agua e iluminación eficiente):

- A: inversión inicial (en el año 0), equivalente al valor total de implementar elementos ahorradores, tanto en energía como en agua, que para el caso del escenario 1 son equivalentes a \$181,400 y 1,278,700
- n: total de años del proyecto, tomado como un periodo razonable de 10 años, lapso en el que se supone se podría recuperar la inversión inicial.
- t: el año del proyecto que se está evaluando, es decir, cada uno de los 10 años del proyecto.
- C1: flujo neto efecto anual, que para el caso de energía será equivalente a \$ 240,130 y en agua a \$852,858, resultado de la diferencia entre el valor de la factura anual usando luminaria estándar y el valor de la factura anual al implementar los elementos ahorradores.
- i: para el proyecto se usó la tasa de utilidad que se espera tener, esta puede oscilar entre el 12% y el 15%, siendo este último valor el usado para este caso.

Cálculos tipo:

$$VPN = -A + \sum_{t=1}^n \frac{C1}{(1+i)^t}$$
$$VPN = -181,400 + \sum_{t=1}^{10} \frac{240,130}{(1+0.15)^t}$$

De esta manera, se obtiene que para la energía el VPN es \$ 1,023,759 y \$ 3,001,595, en energía y agua, respectivamente para el escenario 1.

CUADRO RESUMEN DE VARIABLES

| Variables en energía para el cálculo del VPN | | | | |
|--|--------------|----------|------------|-------|
| | A | n [años] | C | i [%] |
| Escenario 1 | \$ 181,400 | 10 | \$ 240,130 | 15 |
| Escenario 2 | \$ 1,254,816 | 10 | \$ 92,151 | 15 |
| Escenario 3 | \$ 181,400 | 10 | \$ 240,130 | 15 |
| Escenario 4 | \$ 1,408,936 | 10 | \$ 264,397 | 15 |
| Escenario 5 | \$ 1,408,936 | 10 | \$ 264,397 | 15 |

| Variables en agua para el cálculo del VPN | | | | |
|---|--------------|----|------------|----|
| | A | n | C | i |
| Escenario 1 | \$ 1,278,700 | 10 | \$ 852,858 | 15 |
| Escenario 2 | \$ 1,947,537 | 10 | \$ 61,185 | 15 |
| Escenario 3 | \$ 2,562,236 | 10 | \$ 874,452 | 15 |
| Escenario 4 | \$ 1,278,700 | 10 | \$ 852,858 | 15 |
| Escenario 5 | \$ 2,562,236 | 10 | \$ 874,452 | 15 |

ANEXO C. TABLAS “GUÍA DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE PARA EL AHORRO DE AGUA Y ENERGÍA EN EDIFICACIONES.” Y “MAPA DE CLASIFICACIÓN DEL CLIMA EN COLOMBIA SEGÚN LA TEMPERATURA Y LA HUMEDAD RELATIVA Y LISTADO DE MUNICIPIOS.”

- Zonificación climática por municipios.

| DEPARTAMENTO | MUNICIPIO | POBLACIÓN TOTAL | | | ALTITUD | CLIMA |
|--------------------|--------------|-----------------|-----------|-----------|---------|---------------|
| | | 2012 | 2015 | 2020 | | |
| Bogotá, D.C. | Bogotá, D.C. | 7,571,345 | 7,878,783 | 8,380,801 | 2,640 | Frío |
| Antioquia | Medellin | 2,393,011 | 2,464,322 | 2,569,007 | 1405 | Templado |
| Valle del Cauca | Cali | 2,294,653 | 2,369,821 | 2,496,442 | 926 | Cálido seco |
| Atlántico | Barranquilla | 1,200,513 | 1,218,475 | 1,239,518 | 24 | Cálido húmedo |
| Bolívar | Cartagena | 967,103 | 1,001,755 | 1,057,445 | 1 | Cálido húmedo |
| Norte de Santander | Cúcuta | 630,971 | 650,011 | 680,568 | 297 | Cálido seco |
| Atlántico | Soledad | 566,784 | 615,492 | 701,047 | 5 | Cálido húmedo |
| Tolima | Ibagué | 537,467 | 553,524 | 579,807 | 1,168 | Templado |
| Santander | Bucaramanga | 526,056 | 527,913 | 528,480 | 950 | Cálido seco |
| Cundinamarca | Soacha | 477,918 | 511,262 | 567,546 | 2,554 | Frío |

Fuente: Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones.

- Clasificación del clima en Colombia por temperatura y humedad relativa.

| Tipo de clima | Temperatura (°C) | Altitud (msnm) | Ciudad representativa |
|---------------|------------------|----------------|-----------------------|
| Frío | 12 - 18 | 2000m - 2999m | Bogotá (2625m) |
| Templado | 18 - 24 | 1000m - 1999m | Medellín (1495m) |
| Cálido seco | > 24; HR < 75% | < 1000m | Cali (997m) |
| Cálido húmedo | > 24; HR > 75% | | Barranquilla (18m) |

Fuente: Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones.

- Porcentaje mínimo de ahorro para el segundo año en energía por clima

| Energía | Porcentaje mínimo de ahorro | | | |
|------------------------------|-----------------------------|----------|-------------|---------------|
| | Frío | Templado | Cálido seco | Cálido húmedo |
| Con respecto a la línea base | | | | |
| Hoteles | 20 | 35 | 25 | 45 |
| Hospitales | 35 | 25 | 35 | 30 |
| Oficinas | 30 | 30 | 40 | 30 |
| Centros comerciales | 25 | 40 | 35 | 30 |
| Educativos | 45 | 40 | 40 | 35 |
| Vivienda no VIS | 25 | 25 | 25 | 45 |
| Vivienda VIS | 20 | 15 | 20 | 20 |
| Vivienda VIP | 15 | 15 | 20 | 15 |

Tabla 14. Porcentaje mínimo de ahorro de energía

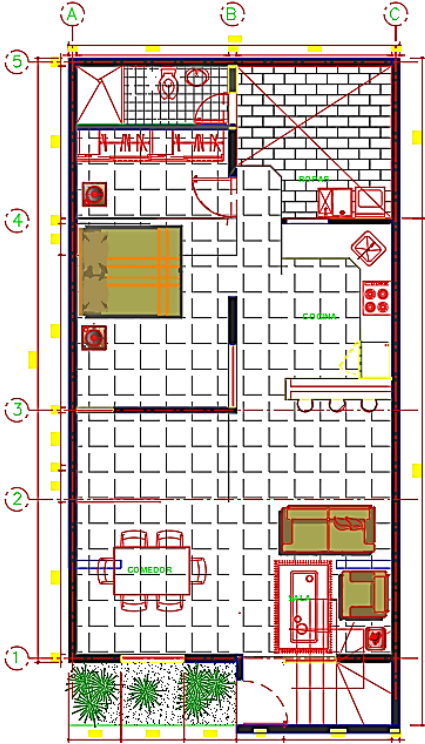
| Agua | Porcentaje mínimo de ahorro | | | |
|------------------------------|-----------------------------|----------|-------------|---------------|
| | Frío | Templado | Cálido seco | Cálido húmedo |
| Con respecto a la línea base | | | | |
| Hoteles | 25 | 10 | 35 | 45 |
| Hospitales | 10 | 40 | 10 | 40 |
| Oficinas | 30 | 35 | 45 | 20 |
| Centros comerciales | 25 | 15 | 45 | 20 |
| Educativos | 45 | 40 | 40 | 40 |
| Vivienda no VIS | 25 | 25 | 20 | 20 |
| Vivienda VIS | 10 | 15 | 10 | 15 |
| Vivienda VIP | 10 | 15 | 10 | 15 |

Tabla 15. Porcentaje mínimo de ahorro de agua

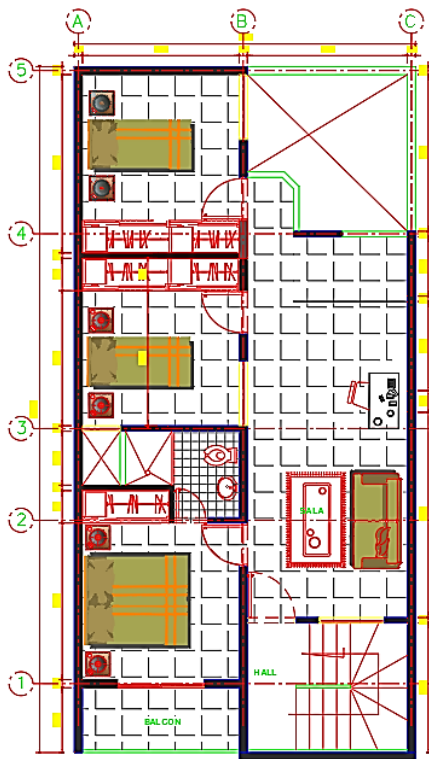
Fuente: Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones.

ANEXO D. PLANOS ARQUITECTÓNICOS.

- **Planta primer piso**



- **Planta segundo piso**







ANEXO E. BASES DE DATOS.

Las bases de datos son hojas de cálculos cuyo contenido es descrito y mostrado a continuación:

- Iluminación

VOLVER

| | |
|---|------------|
| FECHA DE ACTUALIZACIÓN DE LA BASE DE DATOS | 31/11/2016 |
|---|------------|

| LUMINARIA | | | lm/W | lm | W |
|-------------------------------|-----------|---|------|------|----|
| Lampara gabinete LED 40w | \$ 99,900 |  | 60 | 2400 | 40 |
| Lampara LED 2X9 T8 Negra 9w | \$ 99,900 |  | 60 | 540 | 9 |
| Lampara LED 2X9 T8 rejilla 9w | \$ 99,900 |  | 60 | 540 | 9 |
| Lampara LED 2X9 T8 Negra 9w | \$ 89,900 |  | 60 | 540 | 9 |

| | | | | | |
|--------|-----------------|------|-----------------|---------|--------|
| Nombre | Precio unitario | Foto | Lúmenes /vatios | Lúmenes | Vatios |
|--------|-----------------|------|-----------------|---------|--------|

- Lluvia

VOLVER

FECHA DE ACTUALIZACIÓN DE LA BASE | domingo, 16 de octubre de 2016

1. Captación → []







| | Valor | Coefficiente de escorrentia | Unidad |
|--------------|------------|-----------------------------|--------|
| Teja | \$ 44,998 | 0.8 | m^2 |
| | | 0.9 | |
| Fibrocemento | \$ 29,383 | 0.8 | m^2 |
| | | 0.9 | |
| Madera | \$ 24,125 | 0.8 | m^2 |
| | | 0.9 | |
| Concreto | \$ 313,316 | 0.75 | m^3 |
| | | 0.95 | |

→ []

- Accesorios

VOLVER

FECHA DE ACTUALIZACIÓN DE LA BASE DE DATOS | sábado, 10 de septiembre de 2016

| Grifería Baño | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------|------------------|-----------------|-----------------------|---|---|
| Nombre Comercial | Procedencia | Tipo | % Ahorro de agua | Ahorro en [m^3] | Precio unitario (COP) | Fuente precio | Imagen |
| Arizona Medio | Colombia | Monomando | 54 | 6.1 | \$ 289,400 | http://www.corona.cotusolucion/productos/banos/griferia-lavamanos |  |
| Túnez Bajo | Colombia | Monomando | 54 | 6.1 | \$ 175,000 | http://www.corona.cotusolucion/productos/banos/griferia-lavamanos |  |
| Tisza Alto | Colombia | Monomando | 54 | 6.1 | \$ 600,100 | http://www.corona.cotusolucion/productos/banos/griferia-lavamanos |  |
| Brassia Alto | Colombia | Monomando | 54 | 6.1 | \$ 538,400 | http://www.corona.cotusolucion/productos/banos/griferia-lavamanos |  |
| Volga Black Alto | Colombia | Monomando | 54 | 6.1 | \$ 523,700 | http://www.corona.cotusolucion/productos/banos/griferia-lavamanos |  |
| Volga Alto | Colombia | Monomando | 54 | 6.1 | \$ 523,700 | http://www.corona.cotusolucion/productos/banos/griferia-lavamanos |  |

ANEXO F. DATOS DE LA VIVIENDA.

Parámetro
Seleccionar
Digitar valor

INICIO

| MEDIDAS A USAR |
|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Accesorios ahorradores de agua potable |
| <input checked="" type="checkbox"/> Almacenamiento de agua lluvia |
| <input type="checkbox"/> Accesorios de iluminación eficiente |
| <input checked="" type="checkbox"/> Elementos para acceso solar |

| DATOS REFERENTES A LA VIVIENDA | |
|--------------------------------|-------------------|
| Área construida | [m ²] |
| Primer piso | 69.67 |
| Segundo piso | 75.00 |
| Muros exteriores primer piso | 5.44 |
| Muros exteriores segundo piso | 5.02 |
| Cubierta (30%) | 78.31 |
| Altura primer piso | 2.40 |
| Altura segundo piso | 2.65 |

| INFORMACIÓN REFERENTE AL CONSUMO EN LA VIVIENDA | |
|---|------------|
| Fecha de actualización de los valores | 30/03/2017 |
| Precio del euro | \$ 3,100 |
| Cargo fijo amb | \$ 10,329 |
| Cargo consumo amb | \$ 1,756 |
| Valor consumo kWh | \$ 421 |
| N° habitantes | 5 |

| DATOS REFERENTES A ESPACIOS O ACCESORIOS DE LA VIVIENDA Y SUS TIEMPOS DE USO | | | |
|--|----------|------------------------------------|---------------------------------------|
| Espacios | Cantidad | Tiempo de uso de bombillas (horas) | Tiempo de uso accesorios diario (min) |
| Habitaciones | 4 | 4 | |
| Baños/Lavamanos | 2 | 2.5 | 30 |
| Cocina | 1 | 6 | 30 |
| Sala | 2 | 4 | |
| Patio | 1 | 0.5 | |

La hoja contiene datos solicitados y que pueden ser identificados a partir de las siguientes convenciones.

Parámetro
Seleccionar
Digitar valor

Para iniciar es necesario tener en cuenta el escenario evaluado y seleccionar las medidas que van a ser implementadas en el siguiente recuadro.

| MEDIDAS A USAR | |
|-------------------------------------|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> | Accesorios ahorradores de agua potable |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Almacenamiento de agua lluvia |
| <input type="checkbox"/> | Accesorios de iluminación eficiente |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Elementos para acceso solar |

Se ingresan valores referentes a las áreas de la vivienda, cargos fijos y de consumo de energía y agua, cantidad de espacios en la casa (baños, habitaciones, etc.) y los tiempos de uso de los accesorios de energía (en horas) y agua (en minutos). Los datos de cargo por consumo y cargo fijo fueron extraídos de facturas de agua y energía para un estrato 3.





| DATOS REFERENTES A LA VIVIENDA | |
|--------------------------------|-------------------|
| Área construída | [m ²] |
| Primer piso | 69.67 |
| Segundo piso | 75.00 |
| Muros exteriores primer piso | 5.44 |
| Muros exteriores segundo piso | 5.02 |
| Cubierta (30%) | 78.31 |
| Altura primer piso | 2.40 |
| Altura segundo piso | 2.65 |

| INFORMACIÓN REFERENTE AL CONSUMO EN LA VIVIENDA | |
|---|------------|
| Fecha de actualización de los valores | 30/03/2017 |
| Precio del euro | \$ 3,100 |
| Cargo fijo amb | \$ 10,329 |
| Cargo consumo amb | \$ 1,756 |
| Valor consumo kWh | \$ 421 |
| N° habitantes | 5 |

| DATOS REFERENTES A ESPACIOS O ACCESORIOS DE LA VIVIENDA Y SUS TIEMPOS DE USO | | | |
|--|----------|------------------------------------|---------------------------------------|
| Espacios | Cantidad | Tiempo de uso de bombillas (horas) | Tiempo de uso accesorios diario (min) |
| Habitaciones | 4 | 4 | |
| Baños/Lavamanos | 2 | 2.5 | 30 |
| Cocina | 1 | 6 | 30 |
| Sala | 2 | 4 | |
| Patio | 1 | 0.5 | |

ANEXO G. AGUA.

Para agua potable es necesario seleccionar el accesorio que se va a usar para cada espacio de la casa, la tabla permite ver el precio unitario del dispositivo, el tipo de tecnología usada, su procedencia y la imagen correspondiente, además de su ahorro en porcentaje y en m³, todos estos datos son dados por el proveedor.

| INFORMACIÓN PARA CONSUMO DE AGUA POTABLE | | | | | | | | |
|--|----------|------------------|-------------|-------------------|------------------|-----------------------------|-----------------------|--|
| | Cantidad | Nombre Comercial | Procedencia | Tipo | % Ahorro de agua | Ahorro en [m ³] | Precio unitario (COP) | Imagen |
| Baño | 2 | Koral Bajo | Colombia | Monomando | 54 | 6.1 | \$ 98,700 |  |
| Cocina | 1 | Bahia Pi | Colombia | Monomando | 54 | 14 | \$ 124,900 |  |
| Ducha | 2 | Bahia sin bañera | Colombia | Monomando | 54 | 7.1 | \$ 196,300 |  |
| Sanitarios | 2 | Ganamax Alongado | Colombia | Descarga variable | 54 | 2.5 | \$ 281,900 |  |

La sección de agua lluvia permite ver el porcentaje de ahorro de agua potable que se obtiene al aprovechar aguas lluvia, usando las pautas dadas por la CEPIS, descritas a continuación:

1. Se debe contar con la información pluviométrica de la zona de al menos los últimos 10 años, con estos datos se estiman los promedios mensuales de precipitación con la siguiente ecuación:

$$P_{pi} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} P_i}{n}$$

Donde:

P_{pi}: Promedio de precipitación mensual del mes “i” de todos los años evaluados. (mm/mes)

N: número de años evaluados

P_i: precipitación mensual del mes “i” (mm)

El número de años evaluado es diez (1996-2016) y los datos fueron obtenidos del IDEAM y pueden ser vistos a continuación:

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VOLVER

FECHA DE PROCESO : 31/10/2016 ESTACION : 23190830 RAMANGA IDEAM

| | | | | | | | | |
|-----------|------|---------|----------|----------------|-----------|-------------|-------------------|----------|
| LATITUD | 707 | N | TIPO EST | PG | DEPTO | SANTANDER | FECHA-INSTALACION | 1996-OCT |
| LONGITUD | 7307 | W | ENTIDAD | 01 IDEAM | MUNICIPIO | BUCARAMANGA | FECHA-SUSPENSION | |
| ELEVACION | 1025 | m.s.n.m | REGIONAL | 08 SANTANDERES | CORRIENTE | SURATA | | |

| A#O | EST | ENT | ENERO | FEBRE | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOST | SEPTI | OCTUB | NOVIE | DICIE | VR ANUAL |
|------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| 1996 | 2 | 1 | | | | | | | | | | | 64.4 | 38.8 | 103.2 |
| 1997 | 2 | 1 | 154.2 | 36.2 | 95.2 | 158.6 | 99.4 | 52.3 | 78.6 | 39.6 | 185.4 | 30.7 | 67.6 | 96.2 | 1094.0 |
| 1998 | 2 | 1 | 69.3 | 174.7 | 93.1 | 79.1 | 232.6 | 114.7 | 141.2 | 54.5 | 43.2 | 167.5 | 28.5 | 63.2 | 1261.6 |
| 1999 | 2 | 1 | 64.9 | 153.0 | 75.3 | 78.2 | 121.7 | 67.2 | 154.9 | 122.0 | 240.3 | 75.8 | 174.8 | 83.5 | 1411.6 |
| 2000 | 1 | 1 | 173.1 | 109.0 | 158.5 | 29.5 | 110.7 | 87.1 | 133.2 | 78.3 | 179.2 | 55.2 | 82.0 | 15.7 | 1211.5 |
| 2001 | 1 | 1 | 66.2 | 30.0 | 134.7 | 39.1 | 216.6 | 105.5 | 46.9 | 60.9 | 154.1 | 107.1 | 202.3 | 34.4 | 1197.8 |
| 2002 | 1 | 1 | 45.5 | 65.2 | 115.3 | 197.5 | 104.7 | 133.2 | 89.4 | 42.7 | 53.5 | 64.8 | 92.8 | 20.3 | 1024.9 |
| 2003 | 1 | 1 | 54.2 | 178.3 | 139.1 | 151.2 | 105.9 | 202.0 | 111.2 | 75.9 | 231.7 | 169.8 | 142.3 | 88.4 | 1650.0 |
| 2004 | 1 | 1 | 89.7 | 79.7 | 150.2 | 100.5 | 135.9 | 31.3 | 86.3 | 103.2 | 75.5 | 136.9 | 146.2 | 180.5 | 1315.9 |
| 2005 | 1 | 1 | 69.1 | 311.3 | 25.0 | 69.7 | 118.9 | 45.5 | 69.2 | 60.1 | 217.3 | 213.2 | 178.9 | 89.7 | 1467.9 |
| 2006 | 1 | 1 | 74.3 | 92.5 | 183.4 | 181.7 | 113.6 | 71.3 | 77.1 | 86.3 | 74.3 | 170.4 | 57.5 | 64.9 | 1247.3 |
| 2007 | 1 | 1 | 39.9 | 33.0 | 197.8 | 86.8 | 121.1 | 76.1 | 77.6 | 145.1 | 66.0 | 181.6 | 62.2 | 32.7 | 1119.9 |
| 2008 | 1 | 1 | 81.9 | 287.0 | 274.0 | 88.7 | 158.7 | 73.0 | 63.8 | 93.4 | 78.3 | 119.2 | 149.7 | 21.5 | 1489.2 |
| 2009 | 1 | 1 | 97.7 | 74.3 | 177.3 | 72.8 | 69.2 | 87.5 | 63.8 | 154.4 | 9.8 | 241.9 | 135.2 | 16.4 | 1200.3 |
| 2010 | 1 | 1 | 22.2 | 90.6 | 19.4 | 68.0 | 215.9 | 186.6 | 156.3 | 135.5 | 312.5 | 186.7 | 279.1 | 231.0 | 1903.8 |
| 2011 | 1 | 1 | 46.8 | 109.9 | 77.2 | 144.7 | 180.8 | 137.6 | 130.9 | 151.2 | 82.3 | 380.1 | 112.8 | 115.1 | 1669.4 |
| 2012 | 1 | 1 | 52.5 | 77.8 | 102.7 | 226.1 | 68.3 | 150.0 | 80.6 | 99.1 | 61.5 | 101.3 | 83.9 | 130.5 | 1234.3 |
| 2013 | 1 | 1 | 84.1 | 224.0 | 95.4 | 31.6 | 185.0 | 45.6 | 30.0 | 117.9 | 85.1 | 91.7 | 135.8 | 4.9 | 1131.1 |
| 2014 | 1 | 1 | 26.9 | 79.4 | 83.1 | 116.2 | 50.2 | 77.3 | 83.2 | 95.2 | 160.3 | 347.4 | 168.0 | 26.6 | 1313.8 |
| 2015 | 1 | 1 | 23.3 | 94.1 | 120.7 | 39.9 | 184.7 | 56.2 | 73.9 | 101.9 | 58.3 | 11.5 | 92.1 | 1.7 | 858.3 |
| 2016 | 1 | 1 | 38.1 | 103.0 | 140.3 | 120.0 | | | | | | | | | 401.4 |

2. Demanda de agua en el mes “i” (Di)

El CEPIS la plantea de la siguiente manera: a partir de la dotación asumida por persona se calcula la cantidad de agua necesaria para atender las necesidades de las personas a ser beneficiadas en cada uno de los meses.

$$Di = \frac{Nu * Nd * Dot}{1000}$$

Donde:

Di: demanda mensual (m³).

Nu: número de usuarios que se benefician del sistema.

Nd: número de días del mes analizado

Dot: dotación (L/persona/día)

Según el censo realizado por el DANE en 2010 el promedio de las personas por hogar en Colombia es de 3,9, tomando un caso crítico se evaluarán 5 personas beneficiándose del sistema, con una dotación de 200 [L/hab/día], dato sacado de la NTC 1500 en la tabla 6. Evaluación del consumo.

3. Oferta de agua en el mes “i” (Ai)

$$A_i = \frac{P_{pi} * C_e * A_c}{1000}$$

Donde:

Ai: oferta de agua en el mes “i” (m³).

Ppi: promedio de precipitación mensual del mes “i” de todos los años evaluados. (L/m²)

Ce: coeficiente de escorrentía.

Ac: área de captación (m²).

Los datos de Ppi, son calculados, como se explica anteriormente, mientras que los datos de área y coeficiente de escorrentía para teja de barro es de 0,75 y el área de captación del modelo es de 78,307 [m²]

4. Volumen de almacenamiento (Vi)

$$V_i = A_i - D_i$$

5. Potencial de ahorro de agua potable (PPWS)

Se determina de acuerdo al volumen de agua lluvia que podría ser recolectado y la demanda existente en un mes

$$PPWS = 100 * \frac{A_i}{D_i}$$

Cuadro resumen de los cálculos realizados

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Ppi (L/m ²) | | 68.7 | 120.2 | 122.9 | 104.0 | 136.5 | 94.7 | 92.0 | 95.6 | 124.7 | 150.1 | 122.8 | 67.8 | 1205.1 |
| Días del mes | | 31.0 | 28.0 | 31.0 | 30.0 | 31.0 | 30.0 | 31.0 | 31.0 | 30.0 | 31.0 | 30.0 | 31.0 | |
| Di(m ³) | | 31.0 | 28.0 | 31.0 | 30.0 | 31.0 | 30.0 | 31.0 | 31.0 | 30.0 | 31.0 | 30.0 | 31.0 | 0.0 |
| Ai(m ³) | | 4.0 | 7.1 | 7.2 | 6.1 | 8.0 | 5.6 | 5.4 | 5.6 | 7.3 | 8.8 | 7.2 | 4.0 | |
| V | | -27.0 | -20.9 | -23.8 | -23.9 | -23.0 | -24.4 | -25.6 | -25.4 | -22.7 | -22.2 | -22.8 | -27.0 | 0.0 |
| PPWS | | 13.0 | 25.2 | 23.3 | 20.4 | 25.9 | 18.5 | 17.4 | 18.1 | 24.4 | 28.4 | 24.0 | 12.8 | |

Dentro de la hoja de agua se pueden ver algunos datos relevantes y el promedio de PPWS obtenido, mostrando como resultado que se logra un ahorro del 28% de agua potable, esto con el fin de garantizar que se cumplieran con los ahorros requeridos.






En seguida se seleccionaron los materiales a usar dentro de cada etapa del aprovechamiento de agua lluvia

| Demanda de agua para una vivienda (CEPIS) | | Oferta de agua en el mes | |
|--|-------------|--|--------|
| Número de usuarios (Nu) | 3.9 | Ppi (L/m ²) | 0 |
| Número de días (Nd) | 30.5 | Coficiente de escorrentía (Ce) | 0.75 |
| Dotación (L/persona/día) | 200 | Área de captación Ac (m ²) | 78.307 |
| Di (m ³) | 23.79 | Ai (m ³) | 0 |
| Demanda acumulada | | Oferta acumulada | |
| Mes 1 | 24.18 | Mes 1 | 4.03 |
| Mes 2 | 46.02 | Mes 2 | 11.09 |
| Mes 3 | 70.20 | Mes 3 | 18.31 |
| Mes 4 | 93.60 | Mes 4 | 24.42 |
| Mes 5 | 117.78 | Mes 5 | 32.43 |
| Mes 6 | 141.18 | Mes 6 | 38.00 |
| Mes 7 | 165.36 | Mes 7 | 43.40 |
| Mes 8 | 189.54 | Mes 8 | 49.02 |
| Mes 9 | 212.94 | Mes 9 | 56.34 |
| Mes 10 | 237.12 | Mes 10 | 65.16 |
| Mes 11 | 260.52 | Mes 11 | 72.37 |
| Mes 12 | 284.70 | Mes 12 | 76.35 |
| Dai | 284.70 | Aai | 76.35 |
| Volumen de almacenamiento | | | |
| Vi (m ³) | 20.19808905 | | |
| Interceptor de primeras aguas | | | |
| Área del techo a captar (m ²) | 78.307 | | |
| Vint (m ³) | 0.078307 | | |
| Potencial de ahorro de agua potable | | | |
| VR ó Aai (m ³ mes) | 76.35201423 | | |
| PWD ó Dai (m ³ mes) | 284.7 | | |
| PPWS (%) | 36% | | |

| INFORMACIÓN ACERCA DE LA RECOLECCIÓN DE LAS AGUAS LLUVIAS | | | | | | | | |
|---|-------------------|-------------------------------|----|---------|----------------|--------|----|-------------|
| Captación | Teja | 0.75 | \$ | 44,998 | m ² | 78.307 | \$ | 3,523,658 |
| Recolección | Aluminio cuadrado | DESARROLLO 400 | \$ | 40,606 | m | 13.3 | \$ | 540,060 |
| Bajante | PVC | 32 | \$ | 8,410 | [m] | 13.2 | \$ | 111,012 |
| Interceptor | Tanque ecoplast | 500 [L] | \$ | 141,520 | Unidad | 1 | \$ | 141,520 |
| Vál. Bola | PVC tipo pes | | \$ | 20,728 | Unidad | 1 | \$ | 20,728 |
| Vál. Flotador | Flotado HK | | \$ | 93,100 | Unidad | 1 | \$ | 93,100 |
| Almacenamiento | Mamp | | \$ | 36,721 | m ² | 28 | \$ | 1,028,188 |
| | | Interceptor de primeras aguas | | | | | | 0.078307 m3 |
| | | Escoja el tanque deseado | | | | | | 20.19809 m3 |

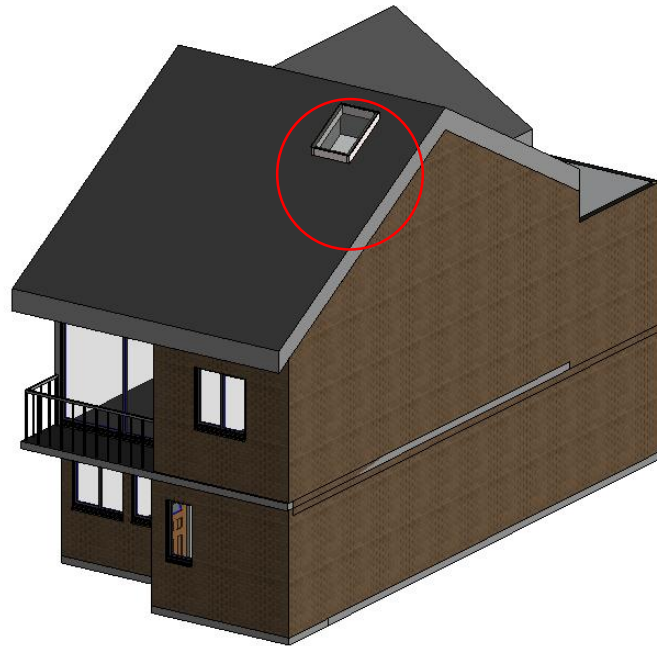
ANEXO H. ENERGÍA.

Para la parte iluminación eficiente se seleccionaron las luminarias deseadas en cada espacio de la vivienda. El estudio de “Análisis de ahorro energético en iluminación LED industrial: Un estudio de caso” de la universidad de Zaragoza, España, afirma que la luminaria LED disminuye en un 50% el consumo energético, de esta manera se garantiza el ahorro al implementar esta medida.

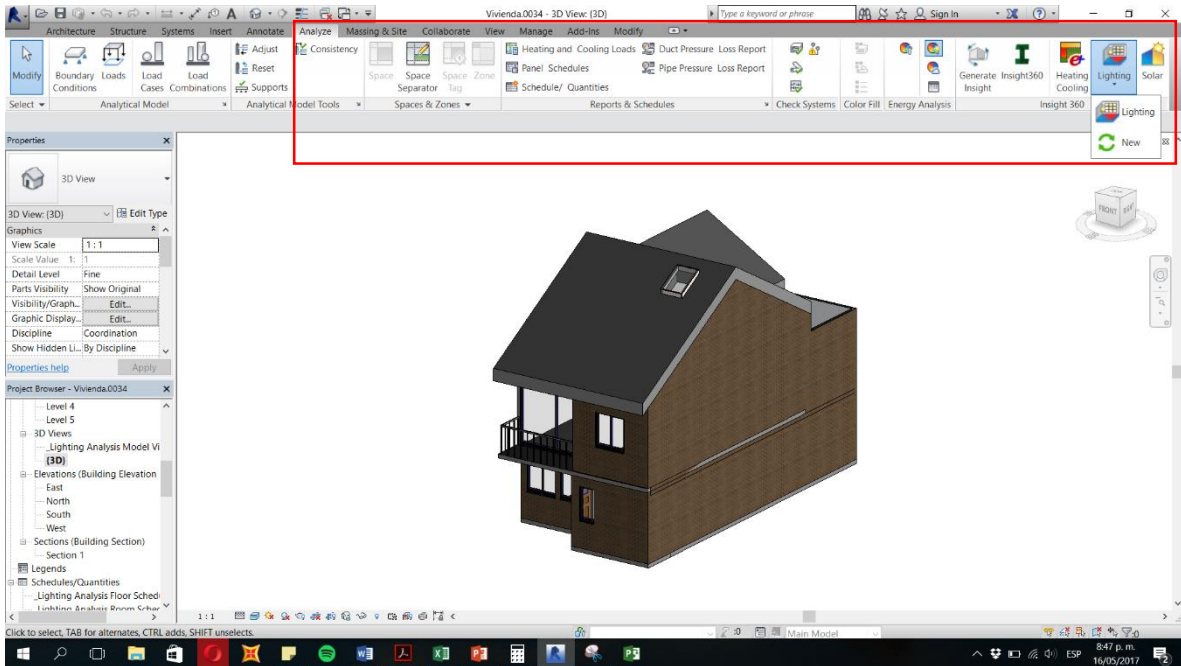
| INFORMACIÓN PARA ILUMINACIÓN EFICIENTE | | | | | | |
|--|----------|-------------|---|-----------------|---|--------|
| Espacio | Cantidad | Tipo | Nombre | Precio Unitario | Imagen | Ahorro |
| Habitaciones | 4 | LED | Bombillo Led 13w | \$ 6,700 |  | 42% |
| Baños | 2 | Ahorradores | Bombillo ahorrador ambiance 8 V 8w | \$ 8,000 |  | 89% |
| Cocina | 1 | Ahorradores | Bombillo ahorrador miniespiral 26 V 26w | \$ 9,900 |  | 57% |
| Sala | 2 | TUBO | Lampara gabinete LED 20w | \$ 59,900 |  | 56% |
| Patio | 1 | Ahorradores | Bombillo ahorrador tubular 5 V | \$ 8,900 |  | 99% |

Para el aprovechamiento de la luz solar se realizó un análisis solar. Los pasos para su desarrollo son descritos a continuación:

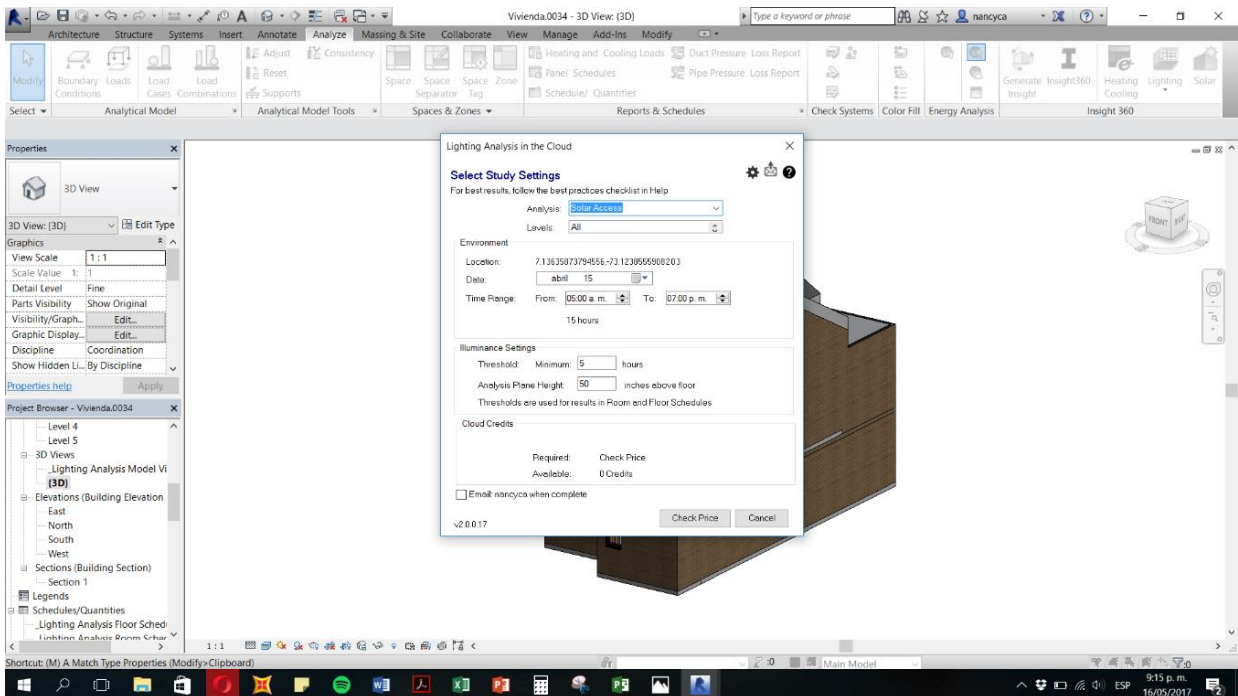
1. Se modela la casa incluidos los elementos que permiten el acceso solar.



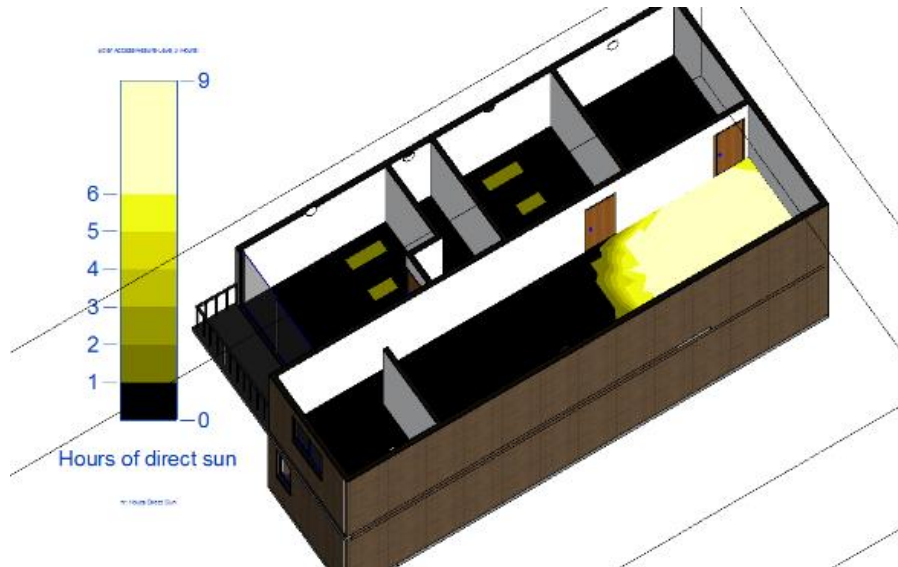
2. Instalado el plugin de Insight 360 se selecciona el análisis solar en la ventana Analyze.



En el siguiente cuadro se selecciona el tipo de análisis, el día del análisis y el lapso de horas que se desea analizar.



Y en seguida se corre el análisis obteniendo los datos de los que se hablaron anteriormente.



Esos datos son ingresados en la hoja de cálculo, colocando la ubicación las horas de luz que se tienen al implementar elementos que permiten el acceso de luz solar dentro de la vivienda.

Además, se ingresa el número de elementos y se selecciona el tipo de acabado y el acristalamiento

| INFORMACIÓN DE LOS ELEMENTOS PARA ACCESO SOLAR | | | | | | |
|--|----------|---------------------------------|--------------------|--|-------------|-----------------|
| | Cantidad | Elemento | Acabado interior | Acristalamiento | Dimensiones | Precio Unitario |
| Cubierta inclinada | 0 | Ventana, pendiente de 15° a 90° | Poliuretano blanco | Acristalamiento bajo emisor | 134x140 | 644 € |
| | 2 | Tragaluz | tubo flexible | Plano de epizarra, manto asfáltico, lamina metálica o materiales similares | Diametro 35 | \$ 613,768 |
| Cubierta plana | 0 | Claraboya Fija | Circular | | 60 | \$ 251,427 |

| INFORMACIÓN DE UBICACIÓN Y HORAS DE ACCESO SOLAR | | |
|--|--------------|-----------------------|
| | Cantidad | Horas de acceso solar |
| Nº de elementos de acceso solar | 3 | 10 |
| 1 | Sala | 4 |
| 2 | Habitaciones | 6 |
| 3 | Habitaciones | 0 |
| 4 | Ninguno | 0 |
| 5 | Ninguno | 0 |

ANEXO I. COSTOS.

La hoja de costos muestra el valor de la factura anual de la línea base, con la incorporación de la medida y el porcentaje de ahorro tanto en energía como en agua.

Tiempo de uso

$$\text{Tiempo de uso} = \text{Cantidad} * \text{tiempo de uso} * 365$$

$$\text{Costo de la medida de energía} = \frac{\text{vatios} * \text{precio por kWh} * \text{tiempo de uso}}{1000}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo de la medida de agua} \\ = (\text{Carga fijo} * 12) + (\text{caudal} * \text{tiempo de uso} * 30,5 * 12 \\ * \text{carga por consumo}) \end{aligned}$$

$$\text{Porcentaje de ahorro} = \frac{[\text{total costos línea base} - \text{total costos medidas}]}{\text{total costos línea base}} * 100$$

| RESULTADOS COSTOS ENERGÍA | | | | |
|---------------------------|---------------------------|------------------------|--------------------------|----------------------|
| | Horas de uso (Línea Base) | Horas de uso (Medidas) | Costos Líneas Base Anual | Costos Medidas Anual |
| Habitaciones | 5840 | 3650 | \$ 147,442 | \$ 19,966 |
| Baños | 1825 | 1825 | \$ 46,076 | \$ 6,143 |
| Cocina | 2190 | 2190 | \$ 55,291 | \$ 23,959 |
| Sala | 2920 | 1460 | \$ 73,721 | \$ 12,287 |
| Patio | 182.5 | 182.5 | \$ 4,608 | \$ 384 |
| Total | | | \$ 327,136 | \$ 62,740 |
| Ahorro | | | | 81% |

| RESULTADOS COSTOS AGUA | | | | | |
|-------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|---|
| | Minutos de uso (Línea Base) | Minutos de uso (Medidas) | Costos Línea Base (Anual) | Costos Medidas (Anual) | Costos Medidas sin ahorradores (Anual) |
| Lavamanos | 10950 | 10950 | \$ 471,004 | \$ 283,979 | \$ - |
| Lavaplatos | 10950 | 10950 | \$ 471,004 | \$ 283,979 | \$ - |
| Sanitarios | 7300 | 7300 | \$ 342,465 | \$ 179,477 | \$ - |
| Duchas | 18250 | 18250 | \$ 766,644 | \$ 429,229 | \$ - |
| Total | | | \$ 2,051,116 | \$ 1,176,664 | \$ - |
| Ahorro | | | | 43% | 100% |