

**DISEÑO Y EVALUACIÓN DE COSTOS DE UNA VIVIENDA APTA PARA
CERTIFICACIÓN LEED V4 CATEGORÍA GOLD.**

**ANDRÉS FELIPE PINEDA PÉREZ
JORGE ANDRÉS PEÑA BLANCO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2020**

**DISEÑO Y EVALUACIÓN DE COSTOS DE UNA VIVIENDA APTA PARA
CERTIFICACIÓN LEED V4 CATEGORÍA GOLD.**

**ANDRÉS FELIPE PINEDA PÉREZ
JORGE ANDRÉS PEÑA BLANCO**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero
Civil**

**Director
EDWARD VARGAS QUINTERO
Magister en ingeniería civil**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2020**

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	12
1. MARCO TEÓRICO	15
1.1. LEED	15
1.2. VALOR PRESENTE NETO.....	16
2. METODOLOGÍA	18
2.1. CATEGORÍAS LEED	20
2.1.1. Localización y transporte.	21
2.1.2. Sitios sostenibles.	22
2.1.3. Eficiencia en agua.....	22
2.1.4. Energía y atmósfera.....	26
2.2 ANÁLISIS FINANCIERO.....	31
2.2.1. Flujo de caja.....	31
2.2.2. Análisis de consumos.	34
2.2.3 Recolección de datos.....	35
2.2.4 Costos generales.	36
3. RESULTADOS.....	38
3.1. ANÁLISIS FINANCIERO.....	38
4. CONCLUSIONES	43
5. OBSERVACIONES.....	45
BIBLIOGRAFÍA.....	46
ANEXOS.....	50

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Plano arquitectónico planta.....	19
Figura 2. Vista en perfil de la vivienda	19
Figura 3. Vista 3D de la vivienda	19
Figura 4. Rutas para el diseño del modelo.	20
Figura 5. Hora pico solar.....	29
Figura 6. Días de autonomía	30
Figura 7. Flujo de Caja.....	40
Figura 8. Flujo de caja IPC constante	41
Figura 9. Flujo de caja IPC variable	42

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Proyectos por sistema de certificación.....	13
Tabla 2. Diferentes sistemas a los cuales evalúa el sistema LEED.....	15
Tabla 3. Criterios y créditos máximos para certificación LEED para viviendas,.....	16
Tabla 4. Créditos logrados.....	21
Tabla 5. Usos consumo de los Dispositivos.....	25
Tabla 6. Costo de cada parte planta pluvial.....	26
Tabla 7. Características técnicas fotovoltaica.....	28
Tabla 8. Costos sistemas fotovoltaico.....	30
Tabla 9. Costos dispositivos certificados por Water Sense y Energy Star vs dispositivos comunes.....	31
Tabla 10. Datos del IPC últimos 10 años.....	34
Tabla 11. APU.....	36
Tabla 12. Costos variables Agua.....	37
Tabla 13. Costos variables Electricidad.....	37
Tabla 14. Costos tarifas y consumos resumen.....	38
Tabla 15. Flujo de caja resumido cada 5 años.....	39
Tabla 16. Valores TIR, VPN, B/C.....	39
Tabla 17. <i>Valores TIR, VPN, B/C</i>	40
Tabla 18. Valores TIR, VPN, B/C.....	41

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Fotos de localización y transporte parte 1	50
Anexo B. Fotos de localización y transporte parte 2	52
Anexo C- Parte 1. Datos precipitación (1957-1995).....	53
Anexo D. Datos consumo energético.....	56
Anexo E. Cálculos Instalación fotovoltaica	58
Anexo F. Tabla VPN y flujo de caja Global de la inversión adicional de viviendas LEED Gold.....	66

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO Y EVALUACIÓN DE COSTOS DE UNA VIVIENDA APTA PARA CERTIFICACIÓN LEED V4 CATEGORÍA GOLD.*

AUTOR: Andrés Felipe Pineda Pérez
Jorge Andrés Peña Blanco**

PALABRAS CLAVE: Certificación LEED V4, autonomía energética, reciclaje pluvial, viabilidad financiera.

DESCRIPCIÓN:

Ante la inminente emergencia respecto a los problemas ambientales que enfrenta el ser humano y la biosfera actualmente tanto en el panorama nacional como mundial se decidió diseñar un prototipo de vivienda usando como guía la herramienta de certificación de Liderazgo en Diseño de Energía y Atmosfera (LEED) desarrollada por el consejo Estadounidense de construcción verde (USGBC), enfocado en ser capaz de mitigar parcialmente los problemas de escasez de agua mediante reciclaje pluvial, contaminación y destrucción de ecosistemas para generar energía mediante plantas fotovoltaicas y la implementación de productos certificados por Energy Star y Water Sense, lo cual permite un significativo ahorro en los recibos de los servicios públicos. Adicionalmente se evaluó el beneficio monetario de la implementación de tecnologías eco-sostenibles utilizando herramientas como el valor presente neto, la tasa interna de retorno y el indicador beneficio/costo para un periodo de análisis de 25 años, analizando dos escenarios distintos: el más probable obteniendo así un periodo de retorno de 15 años y el más crítico, en donde el periodo de retorno se hace igual al periodo de análisis, recuperando así la inversión adicional. Así como se obtuvieron beneficios económicos alrededor de 31 millones de pesos Colombianos en su periodo de análisis también se obtiene una significativa reducción en la huella de carbono de 479 kg de CO₂ al año y un ahorro de 405 m³ de agua potable.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Edward Vargas Quintero Magister en ingeniería civil

ABSTRACT

TITLE: DESIGN AND COSTS EVALUATION OF A HOUSING SUITABLE FOR LEED V4 CERTIFICATION GOLD CATEGORY*

AUTHOR: Andrés Felipe Pineda Pérez
Jorge Andrés Peña Blanco**

KEYWORDS: LEED V4 certification, Energy Autonomy, Rain Recycling, financial viability.

DESCRIPTION:

As a solution for the main and most critical environmental problems that has got the human being and the biosphere these days both national and international panorama, we decided to design a house prototype using as a guide the certification tool of Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) which is developed within the US Green Building Council (USGBC), capable to partially mitigate the lack of water using rain recycling systems, contamination, destruction of ecosystems to generate energy changing public energy supply for a photovoltaic energy supply and the use of products certified by Energy Star and Water Sense, what creates significant savings in public services' fees. As well as the monetary benefit of the eco-sustainable systems, using tools like net present value, internal rate of return and the benefit/cost indicator along a 25 years' analysis period, taking into account two different sceneries: the most probable shows a 15 years return period and the most critical that analyses how the return period becomes equal to the analysis period. Moreover, the economic benefit approximately of 31 million Colombian pesos at the end of the analysis period, the house prototype saves 479 kg of CO₂ and 405 m³ of potable water.

* Bachelor Thesis

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas Escuela de Ingeniería Civil. Director Edward Vargas Quintero Magister en ingeniería civil

INTRODUCCIÓN

Las viviendas son la unidad básica de consumo de recursos, por lo que incorporar dispositivos tecnológicos seguros y eco sostenibles mitiga el impacto ambiental que se genera desde el proceso constructivo hasta la vida útil de los sistemas ecosostenibles por un estimado de 25 años.

El desabastecimiento de agua potable es una de las mayores problemáticas que enfrenta la sociedad actual. El empleo de agua potable para el consumo humano en Letrinas, aspersores, para jardinería, lavandería y demás quehaceres del hogar incrementa aún más la demanda del recurso hídrico. Por lo tanto, es necesaria la instalación de sistemas tanto de aprovechamiento de agua pluvial como de sistemas de ahorro de caudal en cada salida de las tuberías en la mayor cantidad de viviendas y edificaciones.

Por su parte, Colombia se abastece energéticamente en un 33% de combustibles fósiles y en un 66% de energía hídrica. Siendo consecuentes con la situación ambiental actual ninguna de estas dos representa una alternativa sostenible ya que los combustibles fósiles incrementan el carbono liberado al ambiente, y la energía hídrica requiere de la construcción de macro proyectos que amenazan la supervivencia de ecosistemas.

Como consecuencia del calentamiento global, las sequías han aumentado progresivamente a nivel mundial, por lo que es imperativa la implementación de sistemas de autoabastecimiento y sustentabilidad energética, por medio de la aplicación de tecnologías eco-sostenibles en las viviendas que permitan reducir la emisión de carbono, mitigando los impactos ecológicos, como respuesta a esta necesidad se crean los tipos de certificación sostenible.

En Colombia actualmente existen cinco tipos de certificación sostenible los cuales están avalados por la CCCS (Consejo colombiano de construcción sostenible)¹ en donde se describe la cantidad de obras ejecutadas y en ejecución actualmente en Colombia ² ³indicados en la tabla 1.

El sistema de certificación Leadership in Energy & Environmental Design (LEED) es el que más tiene acogida actualmente en el país, como se observa en la tabla 1, razón por la cual se toma como referencia para el análisis de los costos comparados de implementación de vivienda sostenible en lugares con condiciones climatológicas similares al lugar de estudio.

Tabla 1. Proyectos por sistema de certificación

Sistema de certificación	Cantidad
LEED	223
EDGE	52
BREEAM	0
Referencial casa Colombia	6
Living Building Challenge	1

Fuente: OBRA “Certificaciones en Colombia.” [Online]. Available: <https://en-obra.com/noticias/conozca-las-certificaciones-construccion-sostenible/> [Accessed: Ene-2020]

Al día de hoy en Colombia existen 151 proyectos con certificación LEED, mientras esperan 223 más en proceso de certificación, de los proyectos existentes a la fecha, 22 son categoría “certified”, 41 categoría “silver”, 72 categoría “gold” y 16 categoría

¹ CCCS “Certificaciones en Colombia.” [Online]. Available: <https://www.cccs.org.co/wp/haga-parte-del-cccs/comparativo-sistemas-de-certificacion-en-construccion-sostenible-en-colombia/> [Accessed: Ene-2020].

² OBRA “Certificaciones en Colombia.” [Online]. Available: <https://en-obra.com/noticias/conozca-las-certificaciones-construccion-sostenible/> [Accessed: Ene-2020]

³ EDGE BUILDINGS “Certificación EDGE” [Online]. Available: <https://www.edgebuildings.com/certify/colombia/?lang=es> [Accessed: Ene-2020]

“platino”⁴, pese a esta gran cantidad de proyectos solo se encuentran muy pocos proyectos de vivienda certificado en la categoría Homes Gold

En Colombia entre enero y octubre del año 2018 se licenciaron 18,3 millones de metros cuadrados para todo tipo de edificaciones eco-sostenibles, donde el área aprobada para vivienda disminuyó 5,9% según el CCCS ⁵.

Este proyecto de desarrollo está encaminado a comprobar que debido a el ahorro en los servicios de agua potable y energía eléctrica, la rápida desvalorización del costo en sistemas eco-sostenibles y el apoyo tributario del gobierno Colombiano es rentable a la fecha construir en el país una casa con un consumo nulo de energía eléctrica proveniente de la red pública y un ahorro considerable de agua potable usando como guía la librería de créditos del tipo de certificación eco sostenible más usado en Colombia conocido como LEED”

⁴ LAHAUS “Panorama Leed en colombia.” [Online]. Available: <https://www.lahaus.com/actualidad/panorama-de-certificaciones-leed-en-colombia> [Accessed: Ene-2020]

⁵ PORTAFOLIO, proyectos con certi.” [Online]. Available: <https://www.portafolio.co/economia/proyectos-con-certificado-leed-crecieron-23-525262>

1. MARCO TEÓRICO

1.1. LEED

El concejo de construcción verde de los Estados Unidos crea en 1998 la herramienta LEED, (Leadership in Energy and Environmental Design-Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental), como programa de certificación verde, que actualmente es reconocido como el mejor en su clase en el mundo, y que promueve mejores espacios con luminosidad y frescura, para vivir, jugar o trabajar.

Los proyectos persiguen créditos para ganar puntos en cada uno de los requisitos de los diferentes tipos de sistemas como se ven en la tabla 2. El equipo Leed verifica el cumplimiento de estos que está galardonado con 4 diferentes niveles de certificación, certificado (40-49), plata (50-59), oro (60-79), Platino (80+).⁶ los cuales son aplicables a diferentes categorías o espacios habitables, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Diferentes sistemas a los cuales evalúa el sistema LEED

Sistema
Interiores comerciales
Núcleo y cubierta
Centros de información
Contracciones existentes
Cuidados de salud
Hogares
Hospitales
Edificio medio multifamiliar
Construcción multifamiliar existente
Proyecto construido

⁶ USGBC homepage | USGBC.” [Online]. Available: <https://new.usgbc.org/>. [Accessed: Ene-2020]

Sistema
Nueva construcción
Núcleo y cubierta multifamiliar residencial
Venta al por menor
Escuelas
Bodegas y centros de distribución

Fuente: usgbc.org

La categoría de Hogares asigna un número de créditos por cada aspecto de la vivienda que va desde su proceso constructivo hasta el uso eficiente de recursos. El número de créditos para el subsistema de Hogares, se presenta en la Tabla 3

Tabla 3. Criterios y créditos máximos para certificación LEED para viviendas,

	Categorías	créditos.
1	Localización y transporte	13
2	Sitios sostenibles	7
3	Eficacia del agua	12
4	Energía y atmósfera	31

Fuente: usgbc.org

De manera adicional a las anteriormente relacionadas, se consideran dos categorías extras siendo innovación y prioridad regional con 6 y 4 créditos respectivamente.

1.2. VALOR PRESENTE NETO

El valor presente neto (VPN) o valor actual neto (VAN) se utiliza para evaluar proyectos de inversión a largo plazo y sirve como herramienta para evaluar el cumplimiento del objetivo de maximización de la inversión.

El VPN se expresa matemáticamente de la siguiente manera:

$$VPN = Inv + \sum_{j=1}^n \frac{F_j}{(1+i)^j} \quad (1)$$

En donde:

Inv= Inversión inicial

n=años de retorno

j=año actual

F_j=flujo neto en el periodo j

i=tasa de descuento

La tasa de descuento nominal se ajusta a la inflación

Como base para el análisis se entenderá como Egresos Actuales Netos (EAN) al costo de contado de cada uno de los sistemas eco-sostenibles necesarios para generar el ahorro en estos servicios.

El indicador beneficio/costo se entenderá como la relación de Ingresos Presentes Netos contra Egresos Presentes Netos. El punto de equilibrio corresponde a la época en la que el beneficio/costo alcanza la unidad. La fórmula del indicador se muestra a continuación

$$B/C = \frac{VPN(i)}{VPN(e)}$$

En donde

VPN(i)= VPN de ingresos totales

VPN(e)= VPN de egresos totales

2. METODOLOGÍA

Este proyecto consiste en la evaluación cuantitativa de la rentabilidad de la inversión en sistemas que apoyen el desarrollo eco sostenible en viviendas, usando como guía la librería de créditos LEED⁷, generando para este propósito un modelo de vivienda hipotético, ubicado en la carrera 4 con calle 12 del municipio de San Andrés (Santander), en donde las condiciones de irradiación solar, días de nubosidad y cantidad de precipitación son consideradas factibles para generar alto ahorro en los costos de servicios de luz y agua potable.

El sistema estructural escogido cumple con los requerimientos del título E de la NSR-10, Estructuras de uno y dos pisos, conformándose por un sistema de cimentación reticular, muros en mampostería de 3m de alto y una cubierta en machimbre.

La integración de todas las tecnologías eco-sostenibles agregadas con el diseño estructural se modela en el software REVIT. En este modelo se le brindó importancia a la luz natural, para evitar así el uso de luz eléctrica en todas las habitaciones durante el día.

Las Figuras 1 a 3 presentan las características arquitectónicas del diseño.

⁷ LEED Credit Library” [Online]. Available: <https://www.usgbc.org/credits?Rating+System=%5B%22Homes%22%5D&Version=%5B%22v4%22%5D> [Accessed: Ene-2020].

Figura 1. Plano arquitectónico planta

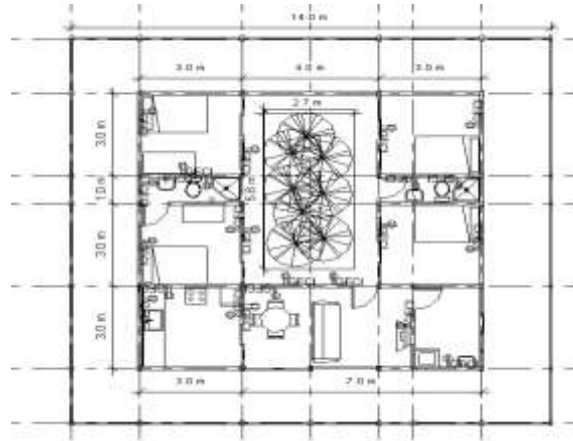
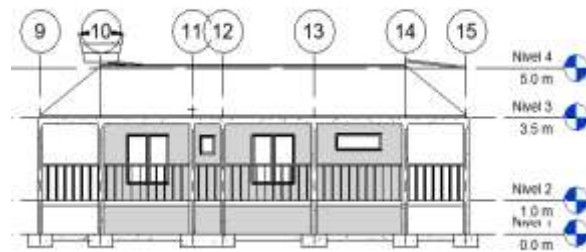


Figura 2. Vista en perfil de la vivienda



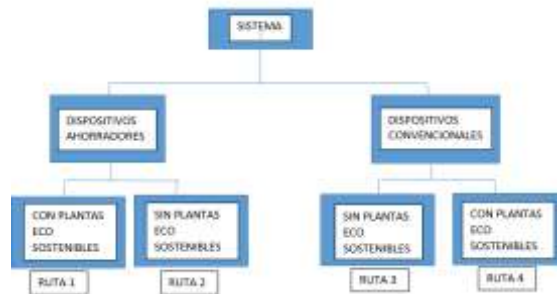
Para facilidad de configuración y cálculo de cantidades de obra, los diseños se modelaron con la herramienta BIM REVIT, de la casa Autodesk

Figura 3. Vista 3D de la vivienda



Para el análisis de ahorro al implementar sistemas eco sostenibles, es necesario establecer las diferentes combinaciones de sistemas sostenibles ahorradores de agua y energía eléctrica y fijar cuales son las combinaciones importantes a estudiar.

Figura 4. Rutas para el diseño del modelo.



En este caso se estudia la implementación de la ruta 1 correspondiente a la certificación LEED más completa, comparándola con la ruta 4 que corresponde una casa convencional.

2.1. CATEGORÍAS LEED

Se debe analizar el cumplimiento de los créditos LEED de acuerdo a la categoría de créditos más factibles para el caso de estudio.

El diseño hipotético de la vivienda cumpliría con la categoría LEED Gold, a través de los siguientes créditos tabla 4.

Tabla 4. Créditos logrados

Categorías		créditos.
1	Localización y transporte	13
2	Sitios sostenibles	7
3	Eficacia del agua	12
4	Energía y atmósfera	31

A continuación, se describen cada uno de las características de los subsistemas propuestos para acreditar el sistema LEED Gold

2.1.1. Localización y transporte. El análisis del cumplimiento de los créditos en esta categoría se realiza con apoyo de visitas de campo al lugar de estudio y la herramienta satelital google maps.

Al estar ubicado dentro del pueblo el cual nunca ha tenido problemas de inundaciones se cumple este prerrequisito.

En la selección de sitio se cumplen con los ocho créditos ya que está rodeada por tierra edificada, cuenta cercanía de 460 metros al parque municipal, cumple con la red de calles que conectan con el predio, las fotos se pueden observar en el anexo 1. Se cumplen dos créditos más por el hecho de contar cercanía menor a 800 metros con locales claves como lo son, supermercado, tienda de ropa, verdulería, ferretería, farmacia, banco, hospital, restaurante, peluquería, ancianato, guardería y colegio, anexo 2.

Los tres créditos de desarrollo compacto se cumplen al desarrollar las dimensiones de la casa.

Obteniendo así un aporte considerable al desarrollo ecosostenible y plusvalía del proyecto

2.1.2. Sitios sostenibles. Como prerrequisito se deben ubicar bermas alrededor de la construcción para evitar contaminación de hojas y escorrentías no deseadas, así mismo unos filtros de roca arena en la conducción del agua lluvia hacia su depósito, también se garantizar la introducción de plantas no invasivas en la zona.

Los créditos en el manejo de agua lluvia se cumplen con el diseño e implementación de la planta de reciclaje pluvial, en cuanto a la reducción de isla de calor se debe aplicar a la cubierta una capa de pintura, generando reflectancia de al menos 0,33 cubriendo un área mayor al 75% de la planta

El control de plagas no tóxicos, de diez posibles formas se considerando escoger las cuatro más adecuadas para controlar en nuestros diseños arquitectónicos y estructural, como lo son:

Instalación de puertos o aperturas en los elementos de plomería que estén embebidos en la losa, para inspeccionar y controlar más fácilmente las plagas que se puedan presentar en dicho lugar.

Sellamiento de todas las grietas, juntas, penetraciones, bordes y puntos de entrada con el calafateo adecuado. Instalando pantallas a prueba de roedores y la corrosión con malla de cobre o acero inoxidable en todas las aberturas mayores a 6 milímetros

Garantizar que los puntos de descargas de agua lluvia o de cualquier fuente de humedad, se alejen a más de 600 milímetros de la cimentación.

Diseñar un espacio-control de al menos 450 milímetros entre la pared exterior y el paisaje.

2.1.3. Eficiencia en agua. Este ítem se proyecta alcanzar la mayor cantidad de créditos posibles al implementar el diseño de una planta de reciclaje de agua pluvial, para el uso del inodoro, lavadora y aseo, pero sin desconectarnos de la red pública

para abastecer la vivienda de agua de ducha, lavamanos, cocina y en casos de emergencia, además de la planta de reciclaje de agua lluvia se hace necesario evaluar el costo de dispositivos ahorradores de agua en toda la vivienda. Estudiando así la ruta 1 de la figura 4, en comparación con la ruta 4, considerada como la ruta 4 usada en la mayoría de los hogares

La cantidad máxima de créditos a obtener en este criterio son doce puntos de los cuales se puede cumplir 1 punto con 10% de ahorro, aumentando gradualmente hasta un 65% para obtener los 12 puntos respecto al consumo base promedio de un hogar convencional tanto de agua externa como interna ⁸ se espera lograr el ahorro mayor o igual al 65%

Se deben instalar productos certificados por la EPA Water Sense ⁹ los cuales muestran un consumo menor al promedio base

El diseño de este sistema de reciclaje de agua lluvia comienza analizando la precipitación del lugar con ayuda de la página web del IDEAM, haciendo uso de un método de recolección de agua lluvia, en este caso se usa la guía de diseño para la captación de agua lluvia del centro panamericano para la ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente ¹⁰ que consta de captación, recolección, interceptor, almacenamiento y tanque aéreo.

Para poder participar en este ítem y obtener los créditos se hace necesario considerar la instalación de un contador (medidor de agua) como prerrequisito, el cual es suministrado de acuerdo con las normas del municipio, la empresa de servicios públicos de Santander S.A.E.P.S.

⁸ USGBC homepage Op. Cit.

⁹ EPA "atersense water budget tool." [Online]. Available: <https://www.epa.gov/watersense/water-budget-tool>. [Accessed: Ene-2020]

¹⁰ Agua De Lluvia," Cent. Panam. Ing. Sanit. y ciencias 2] OMS, "Guía De Diseño Para Captación Del del Ambient. CEPIS/OPS, p. 15, 2004

Con el fin de alcanzar el total de 12 créditos, es necesario lograr un ahorro del 65% como mínimo tanto agua interior como exterior.

Para el cumplimiento del requisito de ahorro en agua para exterior (jardín) se usa la herramienta de presupuesto de agua de Water Sense de la EPA ¹¹ la cual necesitamos la precipitación, la evapotranspiración obtenidos por el IDEAM, y el área de cada elemento del jardín.

Para el diseño es necesario apoyamos en la guía de diseño para la captación del agua lluvia del centro panamericano para la ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente ¹² que dice como sigue.

Al tener los datos adecuados para su uso, se procede a usar un método para la recolección el cual el agua lluvia es interceptada, colectada, y almacenada en depósitos para su posterior uso, conociéndose a este método como SCAPT (sistema de captación de agua pluvial en techos) usada por la guía ¹³, el cual se compone de captación, colección y conducción, interceptor, almacenamiento y taque, la demanda mensual se obtiene del total de agua pluvial en la tabla 5 que es asumiendo que es una familia de 5 personas.

¹¹ EPA Op. Cit.

¹² Agua De Lluvia Op. Cit.

¹³ Ibíd.

Tabla 5. Usos consumo de los Dispositivos

Dispositivos	agua lluvia	Red pública
Baño	0,09	0
Lavadora	0,12	0
Aseo y otros	0,12	0
Grifo y lavamanos	0	0,0945
Ducha	0	0,1137
total	0,33	0,2082
Ahorro		78%

Captación. Está conformada por la cubierta del techo siendo de teja común, pero con una capa de pintura blanca para lograr una mejor reflectancia de la luz, contando con un coeficiente de escorrentía de 0,9¹⁴ así como el área del techo el cual es 161 metros cuadrados que multiplicados nos da la oferta mensual.

Recolección y conducción. Se conforma por canaletas de aluminio, adosadas a los bordes más bajos del techo, en donde se acumula el agua sin dejarla caer al suelo, la longitud de las canaletas interna y externa sumadas son 72 metros, su conducción debe estar direccionada por tubos de PVC de 1” con una longitud aproximada de 30 metros en total hasta el tanque subterráneo.

Interceptor. El interceptor también conocido como dispositivo de descarga de las primeras aguas provenientes del techo aquí contiene todos los materiales que en él se encuentran al momento de iniciada la lluvia, este dispositivo impide que materiales indeseables ingresen al tanque a su vez minimizando la contaminación, Para el diseño del dispositivo se tiene en cuenta el volumen de agua requerido para lavar el techo estimado en un litro por metro cuadrado en el presente caso es suficientes dos tanques de 50 litros cada uno, así mismo el uso de un filtro cerca a cada uno de los interceptores es muy útil y necesario.

¹⁴ ATHA “Coeficiente de escorrentía.” [Online]. Available: http://www.atha.es/atha_archivos/manual/c4474.htm. [Accessed: Ene-2020]

Almacenamiento. Es la destinada a almacenar el volumen de agua lluvia necesaria para el consumo mensual, esta unidad es duradera, impermeable, sin mucha altura, con tapa, con drenaje. Para su diseño se debe conocer la demanda requerida que como se indicó anteriormente en la tabla 5 se necesitan 0,33 metros cúbicos diarios es decir 9,9 mensuales por tanto un tanque subterráneo de 12 metros cúbicos es suficiente, junto a la salida de agua hacia el tanque de la aéreo de la vivienda se tiene una bomba para el adecuado llenado del tanque.

Tanque aéreo. El tanque está en la parte superior del techo en donde permite su fácil distribución hacia todo el sistema hidráulico de la vivienda (inodoro, lavadora, y demás), este tanque cuenta con una capacidad de quinientos litros controlado con un sistema de hidrowflow con una bomba de medio caballo y caudal máximo de 40 litros, el cual está ubicado desde el tanque subterráneo hasta el tanque aéreo.

En la tabla 6 se puede observar el costo de instalar cada parte del sistema de la planta pluvial

Tabla 6. Costo de cada parte planta pluvial

componente	costo
Captación	\$ 1.008.000
Recolección y conducción	\$ 119.760
Interceptor	\$ 543.980
Almacenamiento y tanque	\$ 4.672.890
Total	\$ 6.344.630

2.1.4. Energía y atmósfera. Para este proyecto se decide alcanzar un índice HERS de 0 para lograr los 31 puntos, el cual cumple el crédito de Energy star for homes V4, con ayuda de un sistema fotovoltaico completo y aislado de la red eléctrica local. Adicionalmente se busca un ahorro adicional en energía y dinero al equipar la

vivienda con electrodomésticos calificados por ENERGY STAR ¹⁵ y dispositivos electrónicos con un consumo amigable, los cuales se pueden ver en el anexo 4.

En el momento de entrega de la construcción al propietario, se debe velar por el cumplimiento de cada uno de los requisitos especificados en el ítem “Education of homeowner, tenant, or building manager” de LEED homes ¹⁶ es bueno que el cliente tenga conocimientos mínimos de cuidado.

Planta fotovoltaica

Para el dimensionamiento de los componentes de una planta fotovoltaica capaz de suministrar completamente la cantidad de energía básica para suplir las necesidades de una vivienda de 5 habitantes se sigue el Manual de Pareja Aparicio, energía solar fotovoltaica: Calculo de una instalación aislada ¹⁷ el cual se encuentra detallado en el anexo 5

Primero se debe conocer, cuál es la potencia máxima diaria requerida y el consumo máximo diario de energía eléctrica, Utilizando estos datos se calcula el número de módulos fotovoltaicos y la capacidad requerida de la batería las cuales fue necesario cotizar en el España a una tasa de conversión de 3727 pesos por cada Euro con un costo de importación estimado de 10%

Se debe escoger un panel con las características adecuadas tales como alta potencia y durabilidad tal como seraphine blade Srp-350 Tabla 7

Potencia. Para este cálculo se tiene en cuenta la potencia de cada equipo que se conecta a la instalación y las horas en las que se estará en funcionamiento durante

¹⁵ ENERGY STAR.” [Online]. Available: <https://www.energystar.gov/>. [Accessed: Dic-2019].

¹⁶ USGBC homepage Op. Cit.

¹⁷ PAREJA APARICIO, M. Energía solar fotovoltaica. Barcelona: Marcombo, 2010

un día. A esta potencia se le simboliza con $E_{potmaxdiaria}$ y las unidades son [Whd], 3,2 [Kwh] por día.

Luego para la elección del inversor hay que optar por uno en el que la potencia de salida sea inmediatamente superior a la potencia de todos los equipos conectados.

Paneles Se calcula la energía del panel, así como su número de ramas en serie y en paralelo.

El proceso se continua como se explica en el libro Manuel de Parejas Aparicio ¹⁸

Las características técnicas de cada uno de los elementos para la planta fotovoltaica se pueden observar en la tabla 7. Tomados de mercado libre ¹⁹

Tabla 7. Características técnicas fotovoltaica

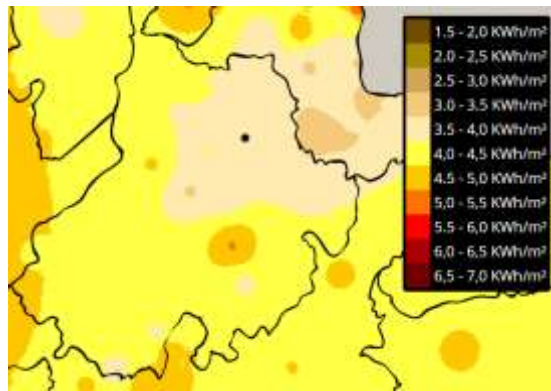
Panel Seraphin blade SRP-350	
Potencia max	350 w
Voltaje max	39 V
Corriente max	8,98 A
Voltaje corto circuito	46,6 V
Corriente corto circuito	9,42 A
Regulador controlador solar Pwm 80amp	
Corriente máx	80 A
Kr	0,02
Inversor ipower bingo 2000w	
Potencia	2000 W
Batería Estacionaria 600Ah 12V ultracell UZS600	
Pd	50%
Voltaje	12 V
Corriente	600 A

¹⁸ Ibíd.

¹⁹ MERCADO LIBRE [Online]. Available: <https://www.mercadolibre.com.co/> [Accessed: Ene-2020]

Horas solar pico. Se denomina HSP al número de horas diarias que, con una irradiancia solar ideal de 1000 W/m^2 proporciona la misma irradiación solar total que la real de ese día, por lo tanto, el valor de diseño de HSP para la ubicación del predio es de $3,5 \text{ KW/m}^2$, siendo este el valor más crítico presentado a lo largo del año. tomado del atlas del Ideam ²⁰ ver figura 5

Figura 5. Hora pico solar



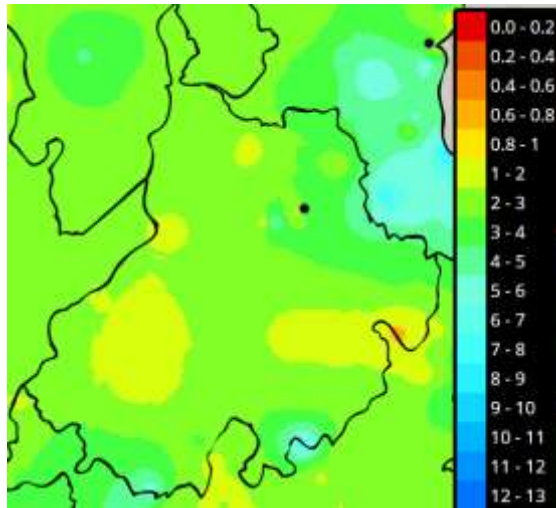
Fuente: IDEAM “Atlas Interactivo - Radiación.” [Online]. Available: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>. [Accessed: Ago-2019]

Días de autonomía Según el Atlas interactivo del IDEAM, el mes que presenta el mayor número de días sin brillo solar es abril, con un promedio de 4 días sin brillo solar, por lo tanto, la instalación fotovoltaica se diseñara para cubrir las necesidades energéticas de sus ocupantes con 4 días de autonomía. tomado del atlas del Ideam²¹ ver figura 6

²⁰ IDEAM “Atlas Interactivo - Radiación.” [Online]. Available: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>. [Accessed: Ago-2019]

²¹ Ibíd.

Figura 6. Días de autonomía



Fuente: IDEAM “Atlas Interactivo - Radiación.” [Online]. Available: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>. [Accessed: Ago-2019]

Latitud el ángulo de latitud el cual debe coincidir con el ángulo de cada panel con la horizontal es de 6,818°

Después de calcular el consumo energético de la casa LEED, se obtuvieron los siguientes resultados con respecto a número de diferentes dispositivos necesarios para evitar la totalidad del consumo proveniente de la red eléctrica. Tabla 8.

Tabla 8. Costos sistemas fotovoltaico

Criterios	costo uni	can	Total
Panel Fotovoltaico	\$524.000	14	\$7.336.000
Baterías + 10%	\$3.282.096	6	\$19.692.578
Regulador	\$282.000	3	\$846.000
Inversor	\$309.000	1	\$309.000
Cableado planta fotovoltaica	\$235.000	1	\$235.000
Estructura de soporte	\$67.437	28	\$1.888.236
Fusibles	\$1.000	8	\$8.000
TOTAL			\$28.565.836

Costos Dispositivos ahorrativos

Para cumplir con las recomendaciones de la guía para construcciones eco sostenibles LEED Credit Library ²², se deben instalar los siguientes dispositivos no convencionales certificados por Energy Star y Water Sense.

Tabla 9. Costos dispositivos certificados por Water Sense y Energy Star vs dispositivos comunes

Elemento	Certificado	Común
Nevera	\$639.200	\$590.000
Plancha	\$47.158	\$39.000
Lavadora	\$2.040.000	\$1.200.000
Ventilador	\$556.000	\$ 50.000
Bombillos	\$8.000	\$ 1.000
Inodoro	\$943.000	\$ 374.000
Ducha	\$90.000	\$ 24.000

Fuente: energystar.org epa.gov

2.2 ANÁLISIS FINANCIERO

2.2.1. Flujo de caja. Para que exista un flujo de caja debe existir una fuente de ingresos y otra de egresos, este flujo se obtiene comparando los términos de la ruta 1 (LEED) frente a la ruta 4 (convencional), para un periodo de análisis de 25 años debido a que este periodo corresponde a la vida útil aproximada de la planta de energía fotovoltaica.

Egresos corresponde a la diferencia de la inversión del sistema de plantas eco sostenible con el costo del sistema convencional, sumado con la diferencia en los

²² LEED Op. Cit.

costos de dispositivos ahorradores con los costos de los dispositivos convencionales.

Ingresos se ven reflejados con la diferencia entre la estimación del valor consumo futuro de un hogar convencional frente a la estimación del valor consumo futuro de un hogar certificado LEED. Teniendo en cuenta que el consumo a la red de electricidad es nulo ya que la planta fotovoltaica es 100% autosuficiente y el consumo de agua potable se reduce en 78%, además se asume que el valor de la vivienda permanece constante en el tiempo por este motivo no se toma en cuenta para el análisis

La estimación del valor futuro para los ingresos se puede ver en la ecuación.

$$EF = D * \$ * C * (1 + i)^n \quad (1)$$

En donde:

EF= Estimación del valor consumo futuro

D=Número de días en el año

\$=costo de tarifa (m3 o kw)

C=consumo al día (m3 o kw)

i=incremento histórico anual

Será proyectados a 25 años ya que es la vida útil de la planta fotovoltaica

Al tener el flujo de caja se procede a usar los elementos de bondad económica, tales como VPN, TIR y B/C en donde sus ecuaciones se muestran a continuación para comprobar su viabilidad

$$VPN = -Inv + \sum_{j=1}^n \frac{F}{(1+i)^j}$$

$$0 = -Inv + \sum_{j=1}^n \frac{F}{(1+TIR)^j}$$

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{F}{(1+i)^j}}{Inv}$$

En donde

VPN: valor presente neto

TIR: Tasa interna de retorno

B/C: beneficio/costo

Inv: son los Egresos o la inversión del sistema

n: años de vida útil (25)

j: año

i: tasa de oportunidad (IPC)

F: Flujo de caja

Para definir la tasa de oportunidad en este caso fue conveniente usar la inflación anual es decir el IPC (índice de precios al consumidor) ²³ de los cuales se encontraron datos de los últimos diez años Tabla 10

²³ DANE "IPC" [Online]. Available: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/precios-y-costos/indice-de-precios-al-consumidor-ipc/ipc-historico> [Accessed: Ene-2020]

Tabla 10. Datos del IPC últimos 10 años

Año	IPC
2008	7,67
2009	2
2010	3,17
2011	3,73
2012	2,44
2013	1,94
2014	3,66
2015	6,77
2016	5,75
2017	4,09
2018	3,18
Promedio	4,04

Fuente: DANE "IPC" [Online]. Available: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/precios-y-costos/indice-de-precios-al-consumidor-ipc/ipc-historico> [Accessed: Ene-2020]

El VPN se calcula para 2 escenarios diferentes de IPC en el futuro, el primer escenario contempla un IPC constante equivalente al promedio de la tabla 10, el segundo escenario contempla un IPC variable en aumento hasta el punto VPN igual a 0. Todo en intervalos anuales ²⁴

Para cuantificar la viabilidad financiera de agregar tecnologías sostenibles a las viviendas en general, se calcula el VPN, la TIR y el indicador Beneficio/Costo para cada uno de los sistemas eco-sostenibles, también al proyecto total aplicando las ecuaciones de VPN, TIR y B/C

2.2.2. Análisis de consumos. Para realizar el análisis financiero se consideraron varios factores como lo son los costos de los recibos de los servicios de electricidad

²⁴ GARCIA, Jaime A. Matemáticas financieras con ecuaciones de diferencia finita. Colombia, 1997

y agua así mismo sus consumos, para realizar una comparación del pago de los recibos entre la ruta 1 y la ruta 4 es decir LEED vs convencional.

La diferencia del pago de los recibos se identificó como los ingresos ya que la ruta 1 busca menor consumo a la fuente pública, mientras que la inversión en cada una de las plantas eco-sostenibles, más el costo extra de cambiar dispositivos convencionales por dispositivos ahorradores o LEED representan los egresos.

2.2.3 Recolección de datos

Consumos Energía y agua

Energía El consumo de una vivienda equipada con electrodomésticos certificados por Energy Star es de 3,2 kWh por día, el cual se encuentra detallado en el anexo 4, sin embargo, el consumo total de la red pública de la ruta 1 a comparar es de 0 kWh debido a que la instalación fotovoltaica está diseñada para cubrir el 100% de este consumo

Por lo tanto, para el análisis financiero de la inversión adicional en la categoría “Energy and Atmosphere” se tiene el consumo en el modelo (0 kW) frente el total de consumo promedio en Santander que es de 6,33 kWh²⁵

Agua Para calcular los consumos de agua interior y exterior se usó la tabla de consumo base por persona suministrada por LEED en la categoría Water Efficiency y la herramienta Water Budget Tool de EPA, estos consumos corresponden a la ruta 4 (sin dispositivos ahorradores y sin reutilización de agua lluvia) que para las cinco personas es de 0,95 metros cúbicos al día

²⁵ ESSA “Consultar tarifas [.]” [Online]. Available: http://www.essa.com.co/site/clientes/es-es/tarifas/consultartarifas.aspx?fbclid=IwAR0m6PgZq1dSMgd2i36P23TRcg5H24P9Fn1cQ_s08XOhvq68_5KhQXeXQy0. [Accessed: Ago-2019].

Para los consumos de la ruta 1 (con dispositivos ahorradores y reutilización de agua lluvia) se modifican los consumos de ducha e inodoro por consumos de dispositivos certificados por Water Sense y se cancela el caudal de agua potable para lavadora, inodoro y agua de jardín siendo este igual a 0,21 metros cúbicos tabla 9

Costo de los servicios e incremento histórico

El costo de metro cúbico de agua según AMB es \$2100 para estrato cuatro en el año 2019 ²⁶, por decisión de la AMB, no fueron facilitados los datos históricos de las tarifas del servicio, por lo tanto, para funciones de estimar el costo del servicio en el futuro se debe usar el IPC de la tabla 10

El costo por kW es de 665 pesos, dato suministrado por la ESSA en el año 2018 ²⁷, también fue suministrada información histórica con la cual se puede estimar el valor de la tarifa eléctrica con dicho incremento siendo este de 6,85% anual.

2.2.4 Costos generales. En la tabla 11 se aprecian los costos de la vivienda modelo los cuales son constantes para los dos casos, ruta 1 y 4, Estos costos no se tienen en cuenta para el cálculo de rentabilidad ya que estos son similares en las 2 rutas.

Tabla 11. APU

DESCRIPCIÓN	TOTAL
Preliminares	\$268.861
Red de desagüe	\$531.101
Zapatas	\$7.213.535
Mampostería confinada	\$17.667.267
Puertas y ventanas	\$7.179.559
Instalaciones	\$5.521.578
Fontanería	\$880.442

²⁶ AMB ESP "Tarifas de AMB ESP" [Online]. Available: <http://www.amb.com.co:8081/wp-servcliente/2018/01/18/tarifas-del-servicio-2018/>

²⁷ ESSA Op. Cit.

DESCRIPCIÓN	TOTAL
Gas	\$2.477.293
Cubierta	\$61.864.945
Equipamiento	\$3.227.620
Jardín	\$71.965
Urbanización de interiores	\$25.558.006
Lote	\$49.000.000
Total APU sin LEED	\$181.462.173

Fuente: COLOMBIA. Generador de precios info

Los costos variables entre las dos rutas tanto en agua como en electricidad se ven en la tabla 12 y tabla 13

Tabla 12. Costos variables Agua

Agua	Ruta 1	Ruta 4
Dispositivos	\$2.066.000	\$1.485.481
Planta pluv	\$6.344.630	\$0
TOTAL	\$8.410.630	\$1.485.481

Tabla 13. Costos variables Electricidad

Electricidad	Ruta 1	Ruta 4
Dispositivos	\$3.442.358	\$690.022
Planta fot	\$28.565.836	\$467.000
Total	\$32.008.194	\$1.157.022

El valor adicional en tema de aguas es de \$6.925.149 y el de electricidad es de \$30.851.172 por tanto el valor adicional es decir el de los egresos es la suma que es de **\$37.776.322**

3. RESULTADOS

3.1. ANÁLISIS FINANCIERO

De acuerdo a los datos suministrados por las diferentes fuentes de los costos de tarifas, los consumos de los dispositivos convencionales y los ahorradores de cada una de las tecnologías mencionadas en la metodología se obtuvieron en la tabla 14

Tabla 14. Costos tarifas y consumos resumen

	Agua	Luz
Costo Tarifas	2125 [\$/m ³]	665 [\$/Kw]
Consumo LEED	0,21 [m ³ /dia]	0 [m ³ /dia]
Consumo conve	1,32 [m ³ /dia]	6,33 [Kw/dia]

El incremento histórico del servicio de agua se asume que es el mismo valor de IPC ya que no se encontraron históricos al respecto

Tomando la ecuación 1 se estimó el valor de consumo futuro para las dos plantas eco sostenibles, planta de reciclaje pluvial y planta fotovoltaica, comparando el escenario de instalación de plantas fotovoltaicas y dispositivos ahorradores de energía contra el escenario de una vivienda sin ninguno de estos dispositivos instalados, lo cual corresponde a la ruta 1 y 4 de la figura 4

El flujo de caja resumido calculado a 25 cada 5 años se muestra en la tabla 15 y detalladamente año por año en el anexo 6

Tabla 15. Flujo de caja resumido cada 5 años

Años	Flujo de caja
0	\$ -37.776.322
[1-5]	\$ 12.611.614
[6-10]	\$ 17.008.988
[11-15]	\$ 23.011.704
[16-20]	\$ 31.223.599
[21-25]	\$ 42.479.832

se pudo obtener la TIR, VPN y B/C de la totalidad de la inversión adicional en certificación LEED Gold V4 como se indica en la tabla 16 para el escenario de IPC constante. Para el escenario de IPC variable se obtuvo que aumentando 0,33% anual hasta alcanzar un valor de 12.70% en el último año de estudio se obtiene un valor de VPN igual a cero y B/C igual a 1

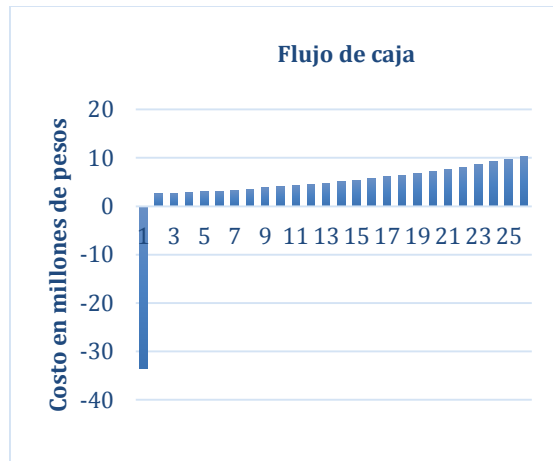
Para el cálculo del VPN se usa su respectiva ecuación en donde la tasa de descuento se considera como el incremento del IPC para el caso 1

$$VPN = 31'727.857 \$$$

Tabla 16. Valores TIR, VPN, B/C

TIR	9,09%
B/C	1,8
VPN	\$ 31.727,857

Figura 7. Flujo de Caja



Para la instalación fotovoltaica Con una vida útil de 25 años se obtienen los siguientes indicadores de viabilidad de la inversión, encontrándose los resultados para el escenario IPC constante en la tabla 17 y para el escenario IPC variable se obtuvo que aumentando 0,30% anual hasta alcanzar un valor de 11,57% en el último año de estudio se obtiene un valor de VPN igual a cero y B/C igual a 1

Tabla 17. Valores TIR, VPN, B/C

TIR	8,73%
B/C	1,8
VPN	\$ 24.472,756

Este análisis detallado se encuentra en el Anexo 6

Para la planta pluvial con estimación de vida útil de 25 años se obtienen los siguientes indicadores de viabilidad de la inversión, encontrándose los resultados para el escenario IPC constante en la tabla 18, para el escenario IPC variable se obtuvo que aumentando 0,51% anual hasta alcanzar un valor de 16,81% en el último año de estudio se obtiene un valor de VPN igual a cero y B/C igual a 1

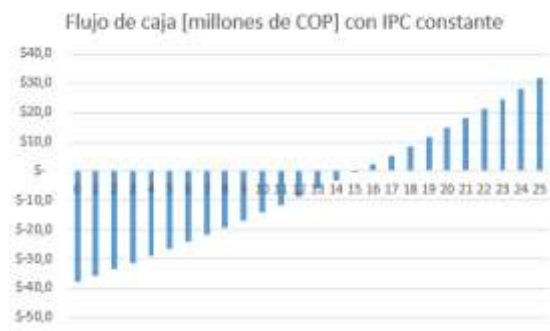
Tabla 18. Valores TIR, VPN, B/C

TIR	10,79%
B/C	1,8
VPN	\$ 7.255,101

Cuando nuestra tasa de oportunidad (IPC) disminuye a través del tiempo, el proyecto será cada vez más viable por esa razón no se hicieron los cálculos para dicho escenario, mientras que, si este aumenta, será viable hasta que el VPN sea menor a cero.

En la figura 8 se muestra el escenario de flujo de caja con un IPC constante a lo largo del periodo de análisis, el cual muestra un periodo de retorno de la inversión de 15 años.

Figura 8. Flujo de caja IPC constante



En la figura 9 se muestra el escenario de flujo de caja con un incremento del IPC a lo largo del periodo de análisis comenzando con un valor de 4,04 y aumentando 0,33% anual, el cual muestra un periodo de retorno de la inversión igual al periodo de análisis de 25 años.

Figura 9. Flujo de caja IPC variable



4. CONCLUSIONES

- Se logró el diseño de una vivienda con certificación LEED Gold con un ahorro del 100% en el servicio de energía eléctrica, gracias a un sistema compuesto por 14 paneles de 350W, 6 baterías de 600Ah, 3 reguladores de carga de 50Ah y un inversor ayudando así al ahorro incalculable de emisiones de gases de efecto invernadero. Adicionalmente un ahorro de agua potable del 78% gracias a una planta de reciclaje pluvial.
- El valor presente neto (VPN) de la inversión adicional en la metodología LEED proyectado a 25 años corresponde a \$31.727.857 COP, además se obtuvo un porcentaje de TIR de 9,09%, al ser mucho mayor que la tasa de oportunidad anual mas alta de los bancos colombianos correspondiente al 5%, significa que además de ser un proyecto para el ahorro de recursos esenciales, también es un proyecto de inversión financiera rentable.
- De acuerdo con la figura 8 el Periodo de retorno de la inversión adicional en todo lo que implica certificación LEED es de 15 años, 10 años más temprano que la vida útil del sistema fotovoltaico, periodo en el cual se incrementan los ahorros en servicio de agua y energía eléctrica.
- El incremento del IPC necesario para hacer inviable el proyecto el cual debe llegar hasta 12.7% es poco probable según los datos históricos del IPC
- Además de los buenos resultados en el análisis financiero de la instalación fotovoltaica aislada de la red, es evidente que el ahorro más importante es el

generado por la reducción de huella de carbono, correspondiendo para este proyecto un total de 479 kg de CO2 por año. ²⁸19]

- El análisis financiero del proyecto depende de las condiciones climáticas de la zona, por lo tanto si se desea replicar el proyecto en otra localidad se debe tener en cuenta el cambio de dichas condiciones.

5. OBSERVACIONES

- El ahorro es notable a pesar de que no se analizó la categoría LEED Materiales y Recursos, sin embargo, en el mercado actual se encuentran innovaciones como mampostería en pet o concreto celular, las cuales representan un ahorro y plusvalía mayores.
- En la herramienta EPA WaterSense Water Budget se utilizaron especies nativas de la zona, por lo tanto, al momento de diseñar el proyecto de vivienda en otra zona de Colombia, se debe añadir vegetación nativa de esta zona para evitar consumo de agua de riego extra.
- Los créditos de localización y transporte fueron fáciles de lograr ya que el predio en estudio está localizado dentro del pueblo donde todo está cerca, incentivando el transporte a pie o en bicicleta, sin embargo, en las demás zonas nacionales posibles de construcción del proyecto se puede presentar una configuración de créditos diferente.
- Si bien la plusvalía incrementa el valor del inmueble por el buen nombre, no se tomo en cuenta la consideración porque no se cuenta con información suficiente para un estudio de mercado

BIBLIOGRAFÍA

AGUA DE LLUVIA,” Cent. Panam. Ing. Sanit. y ciencias 2] OMS, “Guía De Diseño Para Captación Del del Ambient. CEPIS/OPS, p. 15, 2004.

AMB ESP”Tarifas de AMB ESP” [Online]. Available: <http://www.amb.com.co:8081/wp-servcliente/2018/01/18/tarifas-del-servicio-2018/>

ATHA “Coeficiente de esorrentía.” [Online]. Available: http://www.atha.es/atha_archivos/manual/c4474.htm. [Accessed: Ene-2020].

CAMPANAS “Hora punta de la energía” [Online].Available: <https://rpp.pe/contenido-patrocinado/sabes-cual-es-la-hora-punta-de-la-energia-electrica-noticia-1156268> [Accessed: Ene-2020].

CCCS “Certificaciones en Colombia.” [Online]. Available: <https://www.cccs.org.co/wp/haga-parte-del-cccs/comparativo-sistemas-de-certificacion-en-construccion-sostenible-en-colombia/> [Accessed: Ene-2020].

CEROCO2 “Cálculo de huella de carbono por consumo eléctrico.” [Online]. Available: <https://www.ceroco2.org/calculadoras/electric> [Accessed: Ene-2020]

CONSEJO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE – CCCS “Programa LEED® en Colombia –.” [Online]. Available: <https://www.cccs.org.co/wp/capacitacion/talleres-de-preparacion-leed/?fbclid=IwAR3YJDvwZegOpY8qlcklhi7Us5fJvs92z05fkDbfJQ3SmB7IUIdWMqdzQgl>. [Accessed: Dic-2019].

CONSERVEMOS “Las cuentas del agua, consumo en hogares colombianos” [Online]. Available: <https://www.conservemos.com/las-cuentas-del-agua-el-consumo-de-los-hogares-colombianos/>[Accessed: Ene-2020].

DANE “IPC” [Online]. Available: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/precios-y-costos/indice-de-precios-al-consumidor-ipc/ipc-historico> [Accessed: Ene-2020].

DATOS ABIERTOS COLOMBIA “Listado Industria y Comercio del Municipio de San Andrés Santander” [Online]. Available: https://www.datos.gov.co/Comercio-Industria-y-Turismo/Listado-Industria-y-Comercio-del-Municipio-de-San-/cfdj-m6x9/data?fbclid=IwAR2u-DZVNDrvb-dLsEUEX4D_j05WQcdpvtzhA8-tW50I4IGc404DGDBeEKY. [Accessed: 09-Feb-2019].

EDGE BUILDINGS “Certificación EDGE” [Online]. Available: <https://www.edgebuildings.com/certify/colombia/?lang=es> [Accessed: Ene-2020].

ENERGY STAR.” [Online]. Available: <https://www.energystar.gov/>. [Accessed: Dic-2019].

EPA “atersense water budget tool.” [Online]. Available: <https://www.epa.gov/watersense/water-budget-tool>. [Accessed: Ene-2020]

EPM Tips para el uso inteligente [Online]. Available: https://www.epm.com.co/site/clientes_usuarios/clientes-y-usuarios/empresas/energ%C3%ADa/grandes-empresas/tips-para-el-uso-inteligente [Accessed: Ene-2020].

ESSA “Consultar tarifas |.” [Online]. Available: <http://www.essa.com.co/site/clientes/es->

es/tarifas/consultartarifas.aspx?fbclid=IwAR0m6PgZq1dSMgd2i36P23TRcg5H24P9Fn1cQ_s08XOhvq68_5KhQXeXQy0. [Accessed: Ago-2019].

GARCÍA, Jaime A. Matemáticas financieras con ecuaciones de diferencia finita. Colombia, 1997.

HABITISSIMO “¿Cuál es el costo de construir una casa? - Habitissimo.” [Online]. Available: https://www.habitissimo.com.co/cotizacion/construccion-casa?fbclid=IwAR3W5qIV0AJv6aydqgw_dKHzXOI_gvIS48cSWnrsjoLJYBCK_9sBVCqnmr4. [Accessed: ago-2019].

HUMBOLDT “Hora punta de la energía” [Online]. Available: <http://www.humboldt.org.co/es/> [Accessed: Ene-2020].

IDEAM - [Online]. Available: <http://www.ideam.gov.co/>. [Accessed: Oct-2019].

IDEAM “Atlas Interactivo - Radiación.” [Online]. Available: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>. [Accessed: Ago-2019].

LAHAUS “Panorama Leed en colombia.” [Online]. Available: <https://www.lahaus.com/actualidad/panorama-de-certificaciones-leed-en-colombia> [Accessed: Ene-2020]

LEED Credit Library” [Online]. Available: <https://www.usgbc.org/credits?Rating+System=%5B%22Homes%22%5D&Version=%5B%22v4%22%5D> [Accessed: Ene-2020].

MERCADO LIBRE [Online]. Available: <https://www.mercadolibre.com.co/> [Accessed: Ene-2020].

OBRA “Certificaciones en Colombia.” [Online]. Available: <https://en-obra.com/noticias/conozca-las-certificaciones-construccion-sostenible/>
[Accessed: Ene-2020]

OBRAS WEB MÉXICO La certificación leed catapulta la plusvalia hasta 10 [Online]. Available: <https://obrasweb.mx/construccion/2013/11/27/la-certificacion-leed-catapulta-la-plusvalia-hasta-10>.

PAREJA APARICIO, M. Energía solar fotovoltaica. Barcelona: Marcombo, 2010.

PORTAFOLIO, proyectos con certi.” [Online]. Available: <https://www.portafolio.co/economia/proyectos-con-certificado-leed-crecieron-23-525262>.

USGBC “Costos de certificación LEED.” [Online]. Available: <https://new.usgbc.org/cert-guide/fees>.

USGBC homepage | USGBC.” [Online]. Available: <https://new.usgbc.org/>.
[Accessed: Ene-2020].

YIREPA “Determinar tasa de descuento” [Online]. Available: <http://yirepa.es/determinar-tasa-descuento.html>

ANEXOS

Anexo A. Fotos de localización y transporte parte 1



Figura 1. *Límite sur del lote.*



Figura 2. *Límite norte del lote.*



Figura 3. *Límite occidente del lote.*



Figura 4. Localización del espacio comunitario abierto.

Anexo B. Fotos de localización y transporte parte 2

Indicador	Categoría	Distancia [m]
1	Supermercado	356
2	Tienda de ropa	527
3	Verduleria	588
4	Ferreteria	312
5	Farmacia	190
6	Banco	444
7	hospital	118
8	Restaurante	527
9	Peluqueria	577
10	ancianato	244
11	guarderia	144
12	colegio	226

Tabla 1. Distancias a establecimientos clave



Figura 5. Localización de los locales clave 2, 5, 10, 11 y 12.



Figura 6. Localización de los locales clave 1, 3, 4, 8 y 9

Anexo C- Parte 1. Datos precipitación (1957-1995)

AÑO	Enero	Febre	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Septi	Octub	Novie	Dicie
1957	3	81	13	189	427	53	54	84	120	202	189	20
1958	20	34	61	144	182	73	54	31	93	165	119	25
1959	3	8	37	115	145		28	12	28	14	11	13
1960	8	15	4	25	22	134	32	173	135	159	177	65
1961	68	60	102		72	70	40	77	136	328	168	131
1962	52	19	209	91	239	161	69	80	99	205	192	103
1963	8	28	9	35	118	93	116	142	101	166	191	28
1964	14	21	3	100	106	134	163	90	90	65	76	23
1965	49	15	46	193	322	89	58	115	147	220	423	84
1966	58	10	61	368	372	235	116	138	144	348	327	33
1967	23	126	171	248	230	105	83	59	175	270	122	53
1968	21	54	165	206	390	242	195	105	256	287	190	103
1969	71	62	35	305	149	110	69	153	191	170	192	45
1970	145	20	120	305	310	284	153	710	1220	608	477	331
1971	438	180	248	358	895	68	96	153	239	357	196	111
1972	141	133	121	440	426	232	22	142	126	198	132	130
1973	14	0	151	107	84	126	67	151	116	178	150	385
1974	273	183	327	449	388	97	50	264	389	250	189	6
1975	82	103	155	103	214	56	113	142	160	242	230	194
1976	28	138	108	152	190	41	58	18	96	247	110	49

AÑO	Enero	Febre	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Septi	Octub	Novie	Dicie
1977	7	15	71	119	227	129	70	73	89	234	225	36
1978	63	52	136	191	148	53	57	133	103	203	118	42
1979	18	50	48	245	165	166	128	101	128	266	148	110
1980	39	40	72	107	107	129	57	186	167	170	148	139
1981	11	121	76	247	412	188	57	149	168	268	94	58
1982	58	137	95	235	221	134	57	39	131	226	98	42
1983	7	9	80	128	147	86	44	51	49	146	81	84
1984	127	24	57	39	127	77	107	86	247	202	82	142
1985	83	77	62	43	98	112	84	67	158	339	192	95
1986	67	155	152	331	237	62	18	110	199	341	107	52
1987	53	111	98	69	285	57	83	95	245	316	126	64
1988	30	134	40	117	169		100	266	228	164	177	51
1989	11	38	86	77	125	47	76	86	265	101	49	58
1990	54	39	97	198	87	98	63	136	102	254	242	97
1991	58	45	91	132	189	110	43	30	188	156	201	45
1992	40	30	49	64	186	56	47	93	144	179	163	87
1993	114	14	89	189	279	58	60	37	207	240	169	96
1994	54	163	82	278	180	29	48	73	195	152	269	55
1995	36	44	122	231	201	138	90	247	213	323	52	125

Parte 2 Datos precipitación. (1996-2017)

1996	92	112	198	148	182	182	144	167	172	207	64	78
1997	68	95	70	188	168	87	14	29	224	168	165	10
1998	21	109	146	191	228	106	113	86	191	313	80	200
1999	95	173	40	119	108	100	95	149	201	252	187	45
2000	41	109	64	154	113	104	59	20	234	219	59	54
2001	38	46	63	136	165	31	80	31	136	290	198	82
2002	0	9	209	239	137	126	11	52	146	180	77	122
2003	40	104	132	195	115	200	94	145	218	281	137	73
2004	54	27	58	144	266	29	40	45	216	234	207	20
2005	136	75	25	198	183	128	111	91	109	292	143	30
2006	63	49	146	224	266	95	46	79	126	217	180	71
2007	40	15	139	140	147	50	48	161	136	248	97	99
2008	49	104	70	126	190	51	113	136	131	127	137	10
2009	71	63	236	108	139	176	25	88	52	124	122	43
2010	16	7	42	138	166	210	130	125	211	304	165	104
2011	25	175	128	317	232	119	85	81	136	146	200	96
2012	48	12	202	277	111	87	74	133	122	194	55	33
2013	1	145	75	167	92	17	26	282	108	87	92	84
2014	47	134	73	189	82	16	6	91	65	209	137	41
2015	19	32	103	186	44	30	33	57	66	147	153	61
2016	42	84	73	230	110	35	17	64	75	171	189	60
2017	87	14	215	132	211	149	71	117	173	223	157	80
Prom	58	70	103	182	202	106	71	117	173	223	157	80

Anexo D. Datos consumo energético

HO RA	Nevera Fisher & Paykel - RB36S	Televiso rSamsung UN40K5 100AF	TV SPEL ER - SP- LED2 0	Planc ha	Lavadora Samsung - WF45M5 1**A*	Mic roon das	DIRE CTV HD Recei ver	Ventilad or Air King - N/A : DL4DH	Computado r ASUS - TP301U Series	Bombillos LEDISONG - DSA21- AD8.5S(2700K)	Bom ba	Celular es	Energy [kWh]
1	17,12	0	0	0	0	0	9,7	0	0	17	0		0,04382
2	17,12	0	0	0	0	0	9,7	0	0	17	0	0	0,04382
3	17,12	0	0	0	0	0	9,7	0	0	17	0	0	0,04382
4	17,12	0	0	0	0	0	9,7	0	0	17	0	0	0,04382
5	17,12	0	0	0	0	0	9,7	0	0	17	0	0	0,04382
6	17,12	0	0	0	0	0	9,7	0	0	42,5	0	0	0,06932
7	17,12	20,3	0	0	0	0	9,7	0	5,8	42,5	0	0	0,09542
8	17,12	20,3	0	0	0	0	9,7	0	5,8	42,5	0	0	0,09542
9	17,12	0,5	0	0	0	0	9,7	0	0	17	0	0	0,04432
10	17,12	0,5	0	0	0	0	9,7	0	0	17	0	0	0,04432
11	17,12	0,5	0	0	0	0	9,7	6,8	0	17	0	0	0,05112
12	17,12	0,5	0	0	0	0	9,7	6,8	0	17	0	0	0,05112
13	17,12	20,3	0	0	0	0	9,7	6,8	0	17	0	0	0,07092
14	17,12	20,3	0	0	0	0	9,7	6,8	0	17	0	0	0,07092
15	17,12	0,5	14,4	0	0	0	9,7	6,8	0	17	0	0	0,06552
16	17,12	0,5	14,4	0	0	0	9,7	6,8	5,8	34	0	0	0,08832
17	17,12	0,5	14,4	0	0	0	9,7	0	5,8	34	0	0	0,08152
18	17,12	0,5	0,5	0	0	0	9,7	0	5,8	34	0	0	0,06762

HO RA	Nevera Fisher & Paykel - RB36S	Televisor Samsung UN40K5100AF	TV SPEL ER - SP-LED20	Plancha	Lavadora Samsung - WF45M51**A*	Microondas	DIRE CTV HD Receiver	Ventilador Air King - N/A : DL4DH	Computador ASUS - TP301U Series	Bombillos LEDISONG - DSA21-AD8.5S(2700K)	Bomba	Celulares	Energy [kWh]
19	17,12	0,5	0,5	0	0	0	9,7	0	5,8	85	0	0	0,11862
20	17,12	20,3	0,5	0	0	0	9,7	0	5,8	85	0	0	0,13842
21	17,12	20,3	14,4	500	271,18	250	9,7	6,8	5,8	170	54	70	1,3893
22	17,12	0	14,4	0	0	0	9,7	0	5,8	170	0	0	0,21702
23	17,12	0	0	0	0	0	9,7	0	0	85	0	0	0,11182
24	17,12	0	0	0	0	0	9,7	0	0	85	0	0	0,11182
energía diaria demandada [KWh]													3,20196

Anexo E. Cálculos Instalación fotovoltaica

Para el dimensionamiento de la instalación fotovoltaica aislada totalmente de la red eléctrica municipal primero se conocerá cual es la potencia máxima diaria requerida y el consumo máximo diario de energía eléctrica, Utilizando estos datos se calculará el número de módulos fotovoltaicos y la capacidad requerida de la batería.

3.4..4.2.1.Cálculo de la Potencia Máxima Diaria

Para este cálculo se tiene en cuenta la potencia de cada equipo que se conecta a la instalación y las horas en las que se estará en funcionamiento durante un día. A esta potencia se le simboliza con $E_{potmaxdiaria}$ y las unidades son [Whd].

La tabla que muestra la cantidad de horas de uso de todos los equipos eléctricos que se conectaran en la vivienda en un día tipo de alto consumo energético, se encuentra en los anexos.

El consumo energético de la bomba de 0,5 HP de potencia que hará parte del sistema de reciclaje de agua lluvia se cálculo de la siguiente manera para un transporte de volumen diario de 350 litros.

Tiempo encendido=Volumen bombeado diarioCaudal máximoobomba

Tiempo encendido=35040

Tiempo encendido=8,75[min]=0,15[h]

Consumo=tiempo encendido*Potenciabomba

Consumo=0,15*0,3675

$$\text{Consumo}=0,054[\text{KW}/\text{dia}]$$

Para calcular la energía en Whd se usa la siguiente ecuación :

$$\text{Epotmaxdiaria}=(\text{cantidad de horas}*\text{Potencia de equipo})$$

$$\text{Epotmaxdiaria}=3202 \text{ Whd}$$

Luego se calculó el consumo en amperios hora que se representa con Cinstmax en la siguiente ecuación

$$\text{Cinstmax}=\frac{\text{Epotmaxdiaria}}{\text{VoltajeBatería}}$$

Debido a que todas las baterías que se usarán son de 12V, se cálculo el consumo máximo con un factor de seguridad del 20%

$$\text{Cinstmax}= 3225,1612*1,2=320,2[\text{Ahd}]$$

También es necesario calcular el consumo máximo teniendo en cuenta las posibles pérdidas en la instalación, Para ello se calculan las pérdidas totales Kt con la siguiente ecuación:

$$\text{Kt}=[1-(\text{Kb}+\text{Kc}+\text{Kr}+\text{Kx})]*[1-(\text{Ka}*\text{Días-autonomíaPd})]$$

En donde:

- KA: pérdidas debido a la autodescarga diaria de la batería, dada a los 20 °C. El cual corresponde a 0,5% diario en la batería Trojan J185H-AC de 12V.
- KB: pérdidas debido al rendimiento de la batería que tiene un valor del 5%

- Kc: pérdidas debido al rendimiento del convertidor utilizado. El inversor escogido tiene un rendimiento de el 97%, por lo tanto las pérdidas corresponden al 3%
- KR: pérdidas debido al rendimiento del Regulador Controlador Solar Pwm 80 Amp Digital Usb 12-24 Vdc, correspondientes al 2%.
- Kx: otras pérdidas no contempladas (por el efecto Joule, caídas de tensión, etc.); se escoge un valor por defecto del 10%.
- Daut: días de autonomía con baja o nula insolación, cuyo valor corresponde a 4 días, según el Atlas interactivo del IDEAM[]
- Pd: profundidad de descarga de la batería, que por defecto se escoge un valor del 50%.

$K_t=0,768$

Una vez calculadas las pérdidas, hay que calcular el consumo de energía máximo necesario simbolizado con C_{max} , usando la siguiente ecuación:

$C_{max}=C_{maxdiariakt}$

$C_{max}=320,20,768$

$C_{max}=417 [Ahd]$

3.4..4.2.2.Cálculo de la Potencia del Inversor

Para la elección de el inversor hay que optar por uno en el que la potencia de salida sea inmediatamente superior a la potencia de todos los equipos conectados.

$$\Sigma=17,12+20,3+14,4+500+271,18+250+9,7+6,8+5,8+170+53+70=1388 \text{ W}$$

$$P_{\text{inversor}}=1388,38[\text{W}]$$

Por lo tanto se necesita un inversor de 2000 Wats de potencia.

3.4..4.2.3.Cálculo del Número de Paneles Fotovoltaicos

Primero se debe calcular la energía que genera un panel solar Representada por el símbolo E_{panel} durante un día, por medio de la siguiente ecuación:

$$E_{\text{panel}}=I_{\text{panel}}*HPS*R_{\text{panel}}$$

En donde

I_{panel}: Corriente pico o corriente máxima de el panel

HPS: Horas Pico Solar

R_{panel}: Rendimiento del panel

La corriente pico de el panel REC TWINPEAK 2S 72, segun el fabricante equivale a 9,0 amperios y su rendimiento general se encuentra alrededor de el 90%.

Por lo tanto:

$$E_{\text{panel}}=9,5*3,5*0,9$$

$$E_{\text{panel}}=29,9[\text{Ahd}]$$

El número de ramas en paralelo de los paneles fotovoltaicos se calcula como el cociente entre el consumo máximo necesario C_{max} y la corriente que suministra un módulo fotovoltaico E_{panel} .

$$\text{Numeroramas-paralelo}=\frac{C_{\text{max}}}{E_{\text{panel}}}$$

Numeroramas-paralelo=41729,9

Numeroramas-paralelo=13,914

Luego se calcularon el número de ramas en serie que debe llevar la instalación teniendo en cuenta la tensión nominal del módulo fotovoltaico y de la batería.

Numeroramas-serie= $\frac{V_{Batería}}{V_{panel}}$

Numeroramas-serie=1239

Numeroramas-serie $\geq 0,31=1$

3.4..4.2.4.Dimensionamiento del Banco de Baterías

Para el cálculo de la capacidad de la batería se deben tener en cuenta: el consumo máximo (C_{max}) que suministrará cuando haya poca o nula radiación solar, los días de autonomía (D_{aut}) que mantendrá el suministro y la profundidad de descarga (P_d) de batería.

$C_{bateria} = D_{aut} * C_{max} * P_d$

$C_{bateria} = 4 * 4170,5$

$C_{bateria} = 3335,4 [Ah]$

Para obtener el número de baterías en paralelo se obtendrán dividiendo la capacidad necesaria de baterías en el valor C_{100} característico de el tipo de batería a utilizar. La batería TROJAN J185P-AC 12V tiene un C_{100} de 205[Ah].

Numerobaterías-paralelo $\frac{C_{bateria}}{C_{100}}$

Numerobaterías-paralelo $\frac{3335,4}{205}$

Numerobaterías-paralelo 16,217 baterías

Como el valor de la tensión de la instalación ($V_{batería}$) y el valor de la tensión nominal de la batería ($V_{nominal}$) son iguales, no fue necesario adicionar ramas de baterías conectadas en serie.

3.4.4.2.5. Dimensionamiento del Regulador

Primero se calculo la corriente del Regulador Controlador Solar Pwm 80 Amp Digital Usb 12-24 Vdc, con base en la corriente en cortocircuito del módulo fotovoltaico REC TwinPeak 72 / 2S 72. Además se debe multiplicar por un factor de seguridad de 1,1

$I_{campo-fotovoltaico} = I_{sc} \cdot \text{número de ramas}$

$I_{campo-fotovoltaico} = 9,78 \cdot 14 \cdot 1,1$

$I_{campo-fotovoltaico} = 150,6 [A]$

Finalmente se cálculo el número de reguladores necesarios dividiendo la corriente total de el campo fotovoltaico en la corriente de cada regulador.

$\text{Numero reguladores} = 182,0180$

$\text{Numero reguladores} = 2,3 = 3$

Debido a que son tres reguladores, a cada uno se le asignan 4, 5 y 5 paneles ya que se necesitan 14.

3.4.4.3. Consideraciones de Inclinación

Como el predio se encuentra en el hemisferio norte de el globo, el ángulo de azimuth de los paneles debe ser de 0 grados al sur y su ángulo de inclinación con respecto a la horizontal corresponde a la latitud del predio, siendo esta $6,49^\circ$.

3.4.4.4.Sombra de un Panel sobre Otro

No se tendrá en cuenta este efecto debido a que la totalidad de los módulos se pueden instalar en un mismo nivel siendo una fila de 10m de largo y una de 4, las cuales se ubican en la zona frontal y trasera del techo de la casa con ayuda de estructuras metálicas de soporte.

3.4.4.5.Cálculo del Cableado

El cableado debe ser número 8 (3,22mm) para la corriente alterna, es decir hasta que llegue al regulador, a partir de ese punto se contará con una instalación numero de cable numero 12 (2,05mm) que es la que distribuye al interior de la casa.

La caída de tensión (U) se calcula para un porcentaje de la tensión nominal, que variará en función de los equipos que interconecta:

- Caídas de tensión entre generador (módulo o campo generador) y regulador/inversor: 3%.
- Caídas de tensión entre regulador y batería: 1%.
- Caídas de tensión entre inversor y batería: 1%.
- Caídas de tensión entre regulador e inversor: 1%.

por lo tanto las tensiones para cada tramo son las siguientes

$$U_{\text{Paneles-Regulador}}=12*0,03=0,36[\text{V}]$$

$$U_{\text{Regulador-Bateria-Inversor}}=12*0,01=0,12[\text{V}]$$

Para el cableado desde el panel hasta los reguladores se tuvo en cuenta la corriente del campo fotovoltaico calculada anteriormente pero dividida en cada una de las secciones siendo dos de 5 y una de 4 paneles. Se dispuso de una longitud aproximada de veinte metros de cable de cobre, necesarios para llevar la corriente

eléctrica hasta la ubicación de los reguladores y banco de baterías en el pasillo externo oeste de la vivienda.

La sección transversal necesaria para cada tramo se cálculo de la siguiente manera cada uno con su I dependiendo del número de paneles

$$S=2*I*Lk*U$$

Donde:

I:Corriente del campo fotovoltaico

L:longitud del cable

k:Conductividad del cable

U:Caída de tensión en el tramo

$$S_{\text{Paneles(4)}}=2*151*2059,6*0,36=80,2 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$S_{\text{Paneles(5)}}=2*151*2059,6*0,36=100,2 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$S_{\text{Regulador-Inversor-batería}}=2*151*259,6*0,12=84,2 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Anexo F. Tabla VPN y flujo de caja Global de la inversión adicional de viviendas LEED Gold

	Agua	Luz	Total
0	\$ -6.925.149	\$ -30.851.172	\$ -37.776.322
1	\$ 590.125	\$ 1.641.696	\$ 2.231.821
2	\$ 613.966	\$ 1.754.152	\$ 2.368.119
3	\$ 638.771	\$ 1.874.312	\$ 2.513.082
4	\$ 664.577	\$ 2.002.702	\$ 2.667.279
5	\$ 691.426	\$ 2.139.887	\$ 2.831.313
6	\$ 719.359	\$ 2.286.469	\$ 3.005.829
7	\$ 748.422	\$ 2.443.092	\$ 3.191.514
8	\$ 778.658	\$ 2.610.444	\$ 3.389.102
9	\$ 810.116	\$ 2.789.260	\$ 3.599.375
10	\$ 842.844	\$ 2.980.324	\$ 3.823.168
11	\$ 876.895	\$ 3.184.476	\$ 4.061.371
12	\$ 912.322	\$ 3.402.613	\$ 4.314.935
13	\$ 949.179	\$ 3.635.692	\$ 4.584.871
14	\$ 987.526	\$ 3.884.737	\$ 4.872.263
15	\$ 1.027.422	\$ 4.150.841	\$ 5.178.264
16	\$ 1.068.930	\$ 4.435.174	\$ 5.504.104
17	\$ 1.112.115	\$ 4.738.983	\$ 5.851.098
18	\$ 1.157.045	\$ 5.063.604	\$ 6.220.648
19	\$ 1.203.789	\$ 5.410.460	\$ 6.614.250
20	\$ 1.252.422	\$ 5.781.077	\$ 7.033.499
21	\$ 1.303.020	\$ 6.177.081	\$ 7.480.101
22	\$ 1.355.662	\$ 6.600.211	\$ 7.955.873
23	\$ 1.410.431	\$ 7.052.325	\$ 8.462.756
24	\$ 1.467.412	\$ 7.535.409	\$ 9.002.822
25	\$ 1.526.696	\$ 8.051.585	\$ 9.578.281