

**PROPUESTA DE PAQUETE DE TECNOLOGÍAS LIMPIAS PARA EL
MEJORAMIENTO EN LA CALIDAD DE VIDA DE POBLACIONES
VULNERABLES**

BRAYAN NICOLÁS PRIETO

OMAR HERNÁNDEZ BERMÚDEZ

UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO

FACULTAD INGENIERÍA AMBIENTAL

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

BOGOTÁ D.C

2020

**PROPUESTA DE PAQUETE DE TECNOLOGÍAS LIMPIAS PARA EL
MEJORAMIENTO EN LA CALIDAD DE VIDA DE POBLACIONES
VULNERABLES**

BRAYAN NICOLÁS PRIETO

OMAR HERNÁNDEZ BERMÚDEZ

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniería
Ambiental**

DIRECTOR:

MARCOS RAMOS

Ingeniero ambiental

Especialista en Higiene, Seguridad y Salud en el trabajo

UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

BOGOTÁ D.C

2020

Dedicatoria

Esta tesis es dedicada a nuestras familias, a nuestros padres y hermanos, que siempre nos apoyaron sin importar los obstáculos que se presentamos durante nuestro periodo de estudio.

Agradecimientos

Queremos agradecer en primer lugar al ingeniero Marcos Ramos, quién fue nuestro director de tesis, por toda la paciencia, comprensión y apoyo que nos brindó para que se realizara este trabajo.

A la universidad Antonio Nariño por entregarnos diversos conocimientos y ayudarnos a crecer como personas y a ejercer como profesionales.

Contenido

1	Introducción.....	1
2	Planteamiento Del Problema	2
3	Justificación.....	3
4	Objetivos.....	4
4.1	Objetivo General	4
4.2	Objetivos Específicos.....	4
5	Marco Conceptual.....	5
6	Estado Del Conocimiento.....	8
7	Metodología.....	14
7.1	Caracterización De Tecnologías Limpias, Verdes, Apropriadas, Relacionadas Con Energías Renovables:	14
7.2	Identificación De La Zona De Implementación De Las Tecnologías:	14
7.3	Selección De Las Posibles Tecnologías Limpias y Apropriadas a Implementar En La Zona De Estudio:.....	15
7.4	Diseño De Cada Tecnología Que Se Podría Implementar En La Zona De Estudio: 15	
7.5	Presentar El Paquete De Tecnologías Limpias Apropriadas:.....	15
7.5.1	<i>Definición De Costos De La Propuesta Para Una Posible Implementación:</i>	15

8	Resultados.....	16
8.1	Caracterización De Tecnologías Limpias	16
8.1.1	<i>Granjas Verticales</i>	16
8.1.2	<i>Bacterias Como Fuente De Energía</i>	18
8.1.3	<i>Tejas Purificadoras De Aire</i>	19
8.1.4	<i>Calentadores De Aire</i>	21
8.1.5	<i>Calentador Solar Con Base En Botellas PET</i>	22
8.1.6	<i>Secado Solar</i>	24
8.1.7	<i>Cocinas Solares</i>	25
8.1.8	<i>Aprovechamiento Agua Lluvia</i>	26
8.1.9	<i>Turbina Eólica De Eje Vertical Tipo Savonius</i>	28
8.1.10	<i>Techos Verdes</i>	30
8.1.11	<i>Tonerpave</i>	31
8.1.12	<i>Lifestraw Go Water Bottle</i>	33
8.1.13	<i>Biodigestor Casero</i>	34
8.1.14	<i>Litro De Luz</i>	36
8.1.15	<i>Caracterización de Tecnologías</i>	37
8.2	Identificación Zona De Estudio.....	40
8.3	Selección De Tecnologías	42
8.3.1	<i>Criterios De Selección</i>	42

8.3.2	<i>Descripción Tecnologías Utilizadas</i>	44
8.4	Diseño De Cada Tecnología	46
8.4.1	<i>Calentador Solar Con Base En Botellas PET</i>	46
8.4.2	<i>Cocina Solar Tipo Caja</i>	49
8.4.3	<i>Litro De Luz</i>	53
8.4.4	<i>Turbina Eólica De Eje Vertical Tipo Savonius</i>	55
8.4.5	<i>Biodigestor Casero</i>	58
8.5	Paquete	61
8.5.1	<i>Presentación De La Propuesta</i>	61
8.5.2	<i>Costos</i>	63
9	Análisis De Resultados	67
10	Conclusiones	71
11	Recomendaciones	73
12	Referencias	74
13	Anexos	86

Lista De Ilustraciones

Ilustración 1. Metodología para la investigación	16
Ilustración 2. Ejemplo de una grana vertical	17
Ilustración 3. Esquema básico de una celda de combustible microbiana.....	19
Ilustración 4. Ejemplo de tejas purificadoras de aire	20
Ilustración 5. Funcionamiento básico del sistema calentador de aire.....	21
Ilustración 6. Esquema básico de un calentador de agua con botellas	23
Ilustración 7. Funcionamiento de un secado solar.....	24
Ilustración 8. Diseño básico de una cocina solar tipo caja	26
Ilustración 9. Esquema de un sistema de captación de agua lluvia	27
Ilustración 10. Ejemplo de parámetros importantes en turbinas para energía eólica	28
Ilustración 11. Funcionamiento turbina eólica de eje vertical tipo Savonius.....	29
Ilustración 12. Componentes para un techo verde.....	31
Ilustración 13. Ejemplo de un tonerpave	32
Ilustración 14. Ejemplo de un recipiente lifestraw	33
Ilustración 15. Ejemplo de la membrana filtrante	34
Ilustración 16. Esquema básico de biodigestor de cúpula fija y cúpula flotante.....	35
Ilustración 17. Reflexión de la luz solar por medio de litro de luz.....	37
Ilustración 18. Tecnologías evaluadas mediante la rueda de LiDS.....	42
Ilustración 19. Tecnologías seleccionadas por medio de la rueda de LiDS	43
Ilustración 20. Cortes y disposición de tubería a través de las botellas PET	47
Ilustración 21. Tuberías y vista de tubería insertada en botellas PET.....	47

Ilustración 22. Recolector solar	48
Ilustración 23. Tanque termoacumulador	48
Ilustración 24. Ejemplo de un calentador solar con base en botellas PET	49
Ilustración 25. Piezas de la sección interior y exterior con la base	50
Ilustración 26. Material aislante en el fondo y costados	51
Ilustración 27. Piezas de la sección interior y exterior unidas.....	51
Ilustración 28. Sección insertada para ángulos del espejo	52
Ilustración 29. Cocina solar con reflector.....	52
Ilustración 30. Botella PET	54
Ilustración 31. Ejemplo corte en el techo	54
Ilustración 32. Ejemplo de botella PET instalada en el tejado	55
Ilustración 33. Componentes básicos para el rotor.....	56
Ilustración 34. Prototipo del rotor y medidas necesarias.....	56
Ilustración 35. Soporte de Acero y eje vertical	57
Ilustración 36. Prototipo del rotor instalado	57
Ilustración 37. Lata PVC de 30 litros	59
Ilustración 38. Ejemplo orificios	59
Ilustración 39. Orificios necesarios para tuberías.....	60
Ilustración 40. Portada del brochure.....	61
Ilustración 41. Página información de energías alternativas	62
Ilustración 42. Página de tecnologías propuestas	62

Lista de tablas

Tabla 1. Variedad de flujo de aire	22
Tabla 2. Caracterización tecnologías	37
Tabla 3. Costo aproximado calentador solar con base en botellas PET.....	63
Tabla 4. Costo aproximado cocina solar tipo caja	63
Tabla 5. Costo aproximado turbina epolica de eje vertical tipo Savionus	64
Tabla 6. Costo aproximado litro de luz	64
Tabla 7. Costo aproximado biodigestor casero	65
Tabla 8. Costos totales	66
Tabla 9. Relación costo beneficio	66

1 Introducción

Las energías renovables son una alternativa clara frente a los combustibles fósiles, dado que son fuentes limpias e inagotables las cuales no generan ningún tipo de afectación al medio ambiente ni gases de efecto invernadero. Debido al crecimiento poblacional, las desigualdades sociales y el impacto ambiental, es de gran importancia captar, utilizar y aprovechar las distintas energías renovables por medio de tecnologías limpias para así generar beneficios a los usuarios, en donde puedan obtener electricidad, calefacción, agua caliente, sistema de cocción de alimentos, purificación del agua, entre otros, por lo que familias que no se encuentran garantizadas ante servicios básicos como electricidad, gas natural y agua potable puedan de alguna u otra forma suplir estas necesidades a través de tecnologías limpias.

El motivo de este proyecto de investigación es determinar un paquete general de tecnologías limpias para mejorar la calidad de vida a poblaciones vulnerables, utilizando diversas referencias bibliográficas, teniendo en cuenta los materiales más convenientes para su elaboración y ejecución.

Esta investigación es un recurso que se encuentra relacionado con las energías renovables, Objetivos de Desarrollo Sostenible, sociología, entre otros y que de igual manera puede ser abarcado a quienes les interese para seguir y profundizar en las distintas tecnologías limpias que puedan implementarse en los hogares.

2 Planteamiento Del Problema

Diversas poblaciones requieren como necesidad primordial la energía eléctrica, gas natural y agua potable, donde en pleno siglo XXI se siguen presentando inconvenientes en la distribución y adquisición de estos servicios públicos. En casos particulares, algunas veredas ubicadas en la Localidad de Sumapaz tienen cobertura total del servicio de energía eléctrica pero presentan cortes permanentes, los cuales pueden incluso hasta 5 días, como por ejemplo en Las Auras, de igual manera, pueden llegar a no poseer instalaciones de gas natural por la lejanía de los hogares ($3-4 \text{ hab/km}^2$) (Alcaldía local de Sumapaz, 2018), entonces recurren al consumo de materia prima como la madera para la preparación de alimentos en el sector rural y estas pueden generar enfermedades respiratorias, gases de efecto invernadero y deforestación (González-Avilés, López-Sosa, Servín-Campuzano, & González-Pérez, 2017), con respecto al suministro del agua, en Colombia existe una brecha Urbano-Rural, en el sector rural la cantidad de cobertura del acueducto se ubica en un 74.2% para el año 2016 (Herrera Araújo, y otros, 2018) generando así una desigualdad y un mayor número de enfermedades de origen hídrico como también muertes prematuras, por lo tanto, se plantea la propuesta de un “paquete” de tecnologías limpias y apropiadas relacionadas al aprovechamiento de la energía solar y biomasa, dirigido para aquellas poblaciones de bajos recursos e independientemente si cuentan o no con servicio públicos, para de esta manera mejorar las condiciones de vida notablemente.

Pregunta Problema: ¿De qué forma se pueden implementar las tecnologías limpias y apropiadas a poblaciones vulnerables en general?

3 Justificación

La calidad de vida no se ha observado muy favorable en todo el país, diversas familias no poseen la oportunidad de adquirir servicios públicos o se encuentra en constante irregularidad, con respecto a la cobertura nacional la energía eléctrica es de 93,6%, gas natural 66,8% y agua potable 96,4% (teniendo departamentos por debajo del 40% para todos los servicios básicos, como Vaupés, Vichada, La Guajira, entre otros) (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2018), por consiguiente, se plantea la idea de garantizar a poblaciones vulnerables, una ayuda o sustento que les permita de alguna forma elevar su calidad de vida, implementando una propuesta de tecnologías limpias por medio de un “paquete” en lo posible de fácil acceso (económico), elaboración y que genere resultados inmediatos.

Se espera una aceptación positiva por parte de los usuarios que las empleen, además de un mayor atractivo hacia este tipo de tecnologías y conocimientos, como también las ventajas que pueden presentar con respecto al medio ambiente (materiales de bajo impactos, reciclables, reuso y reutilizables), que podrían ser bastante útiles para la actualidad y a futuro

4 Objetivos

4.1 Objetivo General

- Proponer una alternativa de mejoramiento de calidad de vida para poblaciones vulnerables mediante el uso de un paquete de tecnologías limpias, económicas y de fácil implementación.

4.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar el estado actual de la población vulnerable a mejorar a través de componentes ambientales y socioeconómicos.
- Identificar las tecnologías limpias apropiadas para la población vulnerable con el fin de mejorar la calidad de vida a través de los resultados del diagnóstico.
- Proponer un paquete de tecnologías limpias y apropiadas con base a la identificación de las necesidades para la población vulnerable que sea viable técnica, ambiental y económicamente.

5 Marco Conceptual

Se han planteado diferentes energías renovables que funcionan aprovechando los factores o elementos ambientales, como por ejemplo energía eólica, hidráulica, geotérmica, solar fotovoltaica y biomasa (Medina Rincón & Venegas Camargo, 2018), es así que serían una ventaja en cara al futuro con respecto al uso de tecnologías convencionales las cuales utilizan combustibles fósiles afectando negativamente el entorno y promoviendo así el calentamiento global, es por ello que Colombia hace parte del acuerdo de París realizado en 2015 en la Convención Marco de las Naciones Unidas, el cual trata acerca de la mitigación del cambio climático para el año 2030, para lograr lo acordado de no sobrepasar los 2°C y tratar de estar por debajo de los 1.5°C a nivel mundial, es necesario la implementación de energías renovables y tecnologías eficientes, que no utilicen combustibles fósiles o generen gases de efecto invernadero (García Arbeláez, Vallejo, Higgings, & Escobar, 2016) Por lo tanto las energías renovables son también conocidas como energías alternativas, a pesar de que este término ya no es muy utilizado, hoy por hoy, este tipo de energías no son tomadas como una opción, sino como una prioridad cuando sea posible utilizarlas (Machado Toranzo, Lussón Cervantes, Oro Carralero, Bonzon Henríquez, & Escalona Costa, 2015). Es así, que las energías renovables han tenido un notable crecimiento en los últimos años, pues además de ser agradables con el medio ambiente, son una alternativa eficiente y económica que puede implementarse para una población vulnerable.

En consecuencia, aprovechar la energía solar se convierte en una iniciativa de gran peso, donde su pilar de funcionamiento recae en la obtención de la mayor cantidad de radiación solar en un lugar específico (Machado Toranzo et al., 2015), esto quiere decir que la radiación solar es un parámetro a tener en cuenta para utilizar esta energía, como lo es la generación de energía

solar térmica por medio de una central, puesto que es una manera de aprovechar la energía solar y que funciona mediante el calentamiento de un fluido específico por medio de la radiación solar, esto permite que su utilidad se prolongue por un periodo termodinámico tradicional considerable; de esta forma, se genera la potencia necesaria para que un alternador produzca energía tal como lo hace una central térmica tradicional (Placco & Saravia, 2016), existen tecnologías que utilizan este concepto, entre ellas se encuentran centrales de torres, sistema de concentración cilíndrico parabólicos, sistema de discos parabólicos, concentradores solares tipo fresnal lineal, entre otros, no obstante, es necesario la implementación de espejos para aumentar la radiación solar y así favorecer la eficiencia del ciclo termodinámico y de este modo poder satisfacer la demanda energética que existe hoy en día (Placco & Saravia, 2016).

Otra aplicación relacionada a la energía solar radica en la destilación tipo invernadero, dónde básicamente se separa el agua de la salmuera, por medio de una elevación de temperatura a la solución, gracias a la radiación solar efectuada en ella el agua pasará de estado líquido a gaseoso apartándose de la sal y está quedando en una solución, cabe recalcar que esta tecnología funciona con respecto al área de trabajo, es decir que entre mayor sea el área, mejor será la producción de agua pura (Franco , 2016), esta tecnología se ve muy bien aplicada a una zona donde el recurso hídrico provenga de pozos o manantiales (agua subterránea) puesto que generalmente contienen sales.

Con el fin de aprovechar totalmente la energía solar y aumentar sus capacidad o eficiencia de diferentes tecnologías limpias o verdes es la implementación de paneles solares (Trujillo Hernandez, Patacón, & Velez, 2015), como en todas las tecnologías requieren de un entorno adecuado para su funcionamiento, por esta razón es necesario el uso de unos mecanismos intermedios que den pie a la transformación de la energía y que ésta pueda cumplir

con los requerimientos del sistema, como por ejemplo la frecuencia en la red, sincronismo y extensión (Trujillo Hernandez et al., 2015), hay gran variedad de equipos elaborados con paneles solares y diferentes usos, siendo así manera rápida y sencilla pero no tan económica de obtener energía eléctrica.

Con lo mencionado anteriormente, se resalta la creación tecnologías únicas, económicas y muy funcionales para poblaciones vulnerables, incluso para algunas de sus necesidades más básicas, como por ejemplo el horno solar, el cual se planteó de dos tipos de diseño y funcionamiento, los cuales son acumulación y concentración, siendo un invento que ofrece un sistema simplificado de cocina, que a largo plazo generará un ahorro económico o de materia prima, debido a que este no requiere combustible más allá de la energía proporcionada por el sol, para el sistema de concentración, el cual se caracteriza por ser un sistema parabólico, se dice que tal como se ven las antenas parabólicas en lo alto de los edificios, se encuentra envuelto por material reflectante para que, de esta forma, se pueda condensar el calor en un foco, simulando la estufa en la cual se ubica la olla de cocción, alcanzando una temperatura de hasta 300C° , aumenta velozmente la temperatura de esta y funciona tanto para freír como para cocinar (EcoInventos, 2020). De esta manera, se obtiene un notable crecimiento térmico en la olla en la cual se enfocará la radiación solar.

Se encuentran otras tecnologías a utilizar sin tener en cuenta la energía solar, como por ejemplo homebiogás 2.0, una versión mejorada de homebiogás, la cual se encarga de convertir desechos de comida en biogás o incluso fertilizante utilizando bacterias que se encargan de replicar el proceso que ocurre en el estómago descomponiendo la materia orgánica en el tanque digestor, se deshace la materia orgánica para así generar el biogás, cosechado en un tanque de almacenamiento de 700 litros de capacidad, el cual puede ser utilizado para sustentar estufas o

cocinas (Fernández, 2017); por lo que sin duda alguna puede suplir la forma convencional de la cocción de alimentos.

Para una población vulnerable es importante resaltar el aprovechamiento del agua de lluvia a manera de ahorro, y esta cuenta con diversas formas de hacerlo, muchos sistemas de captación se utilizan de formas múltiples, uno de ellos es el método de obtención de agua pluvial para uso de agua potable y uso doméstico, en el cual se caracteriza por utilizar filtros que limpian el agua pluvial para luego almacenarse, ya sea subterráneamente o sobre el terreno para finalmente aprovecharla, esto evitará que se pierdan millones de litros por el corredor o incluso en su propio hogar, utilizando el agua como uso o consumo doméstico (EcoInventos, 2020). Se tiene que tener en cuenta diferentes factores, entre los más importantes, la precipitación del lugar para así diseñar y dimensionar correctamente lo que vendría siendo el sistema de captación, sin dejar de lado las normas constructivas y tipo de material (Basán Nickisch, Sánchez, Tosolini, Tejerina Díaz, & Jordan, 2016). Por último, se debe valorar los parámetros microbiológicos (como también físicos-químicos), con el fin de no correr el riesgo de sufrir enfermedades por fuentes hídricas, esto por bacterias que dan la presencia de coliformes presentes en el agua, puede darse por roedores, aves, seres humanos o inclusive del suelo mismo, por ende es necesario el cuidado y tapado del sistema de almacenamiento con respecto al exterior (Arboleda Montaña, 2016).

6 Estado Del Conocimiento

La problemática social que aborda la pobreza y el deficiente acceso a recursos básicos como lo son el agua, luz o el gas natural, ha sido desde siempre un conflicto a nivel nacional como mundial, pues entre el año 2019 y a día de hoy en el país aproximadamente 9,69 millones

de colombianos se encuentran como pobreza multidimensional (Becerra Elejalde, 2019), dicho estado se mide a través del IPM (Índice de Pobreza Multidimensional), el cual intenta cuantificar el nivel de pobreza que presenta una persona según la presencia y cumplimiento, en mayor o menor medida, de una serie de características vitales (Vivas Fuentes & Diez Cortes, 2016), debido a las diferentes condiciones precarias que puedan afectar una zona, grupo social o familia en específico, se planteó una idea que beneficie a un grupo de individuos que conviven en estas circunstancias y a la vez poder mantener la calidad del medio ambiente, se trata de un paquete de tecnologías limpias que brinden un fácil acceso a servicios básicos y no altere negativamente su entorno, puesto que se ha evidenciado que la energía obtenida por medio de fuentes renovables posee un rendimiento óptimo para las actividades necesarias, lo cual le ha otorgado una mayor importancia, ya que esto resulta una solución eficiente frente al fenómeno del calentamiento global, provocado por la utilización inminente de combustibles fósiles, tales como el gas natural, carbón y derivados del petróleo (Laborde & Williams, 2016).

Un estudio relata cómo piensan y viven algunas familias de la comuna 16 ubicada al oriente de la ciudad de Cali, Colombia, las cuales se encuentran en situación de pobreza (alrededor del 38,8% de personas), a través de una serie de entrevistas se muestra cómo es la forma de vivir de diferentes familias con los recursos que poseen y cómo se manifiesta su pensamiento en lo satisfactorio que es contar con una vivienda, sin importar si es propia o alquilada, como también lo grato que debe ser poder acceder a una educación superior, son familias en las cuales predominan las estrategias económicas encargadas de eludir gastos de consumo, ganando dinero extra o cambiando acciones mercantiles por acciones no monetaristas para sobrevivir (Ortiz-Ruiz & Díaz-Grajales, 2018). Las tecnologías limpias pueden generar una

ayuda a estas poblaciones vulnerables, aparte de reducir los gases de efecto invernadero, son muy accesibles económicamente (González-Avilés et al., 2017).

Las tecnologías que no requieren una gran cantidad de materia prima o energía, tienen la ventaja de ser más ecológicas (sus residuos disminuyen), es así que las herramientas y estrategias que se implementen pueden minimizar los residuos y así disminuyendo la contaminación (Canales, 2020).

Aunque se plantee la reducción de materia prima y energía eléctrica para minimizar la contaminación por medio de tecnologías limpias o verdes, el descontrolado crecimiento poblacional se encarga de perjudicar cada vez más la situación actual, pasando de 7.700 a 9.700 millones de personas para el año 2050 o 8.500 millones de personas para 2030 aproximadamente (ONU, 2019), es así que para el año 2005 hasta el año 2030, la demanda de energía mundial aumentará en un 35% junto con la economía en los diversos países en desarrollo (Sukarman & Soeprapto Putri, 2018) consumiendo gran cantidad de recursos no renovables, por lo tanto, se implementó el uso de las primeras ideas de tecnologías limpias en la década de los 90's hasta la actualidad, La realización de una verificación es más controlada en el proceso productivo dándole importancia a las tecnologías verdes, pues minimizan la contaminación iniciando el ciclo dando así un resultado menor en el daño al ecosistema (Canales, 2020). Sin embargo, cabe resaltar que las tecnologías limpias pueden llegar a ser una ventaja frente a las tecnologías convencionales, con respecto a la parte económica que presenta una población de bajos recursos, que no tienen oportunidad de adquirir servicios públicos básicos, por lo tanto una tecnología limpia podría además de reducir notablemente la contaminación de un entorno, disminuir el gasto de energía eléctrica o agua, lo cual beneficiaría notablemente a las poblaciones de bajos recursos, implementando así tecnologías limpias que aprovechen la energía solar como

también las precipitaciones que se presenten en el lugar y así poder aumentar la calidad de vida de la población vulnerable.

Con respecto a lo mencionado anteriormente, un sistema de obtención y almacenamiento de energía solar como tecnología es una correcta iniciativa que se ha probado anteriormente en el sector rural o en incluso comunidades indígenas, con respecto a la preparación de alimentos (cocinar) con resultados notoriamente positivos para la comunidad en sí, llegando así a reducir hasta en un 30% el consumo de leña como componente principal para la cocción alimentos (González-Avilés et al., 2017), esto quiere decir que la propuesta de utilizar la energía solar para freír alimentos reduce la deforestación (uso de la madera para cocinar) y favorece a la familia, evitándolos a adquirir o comprar materia prima para preparación de alimentos y favoreciendo su economía.

En Michoacán, México se implementaron modelos de cocinas solares parabólicas a diferentes familias cuyo consumo de recursos madereros para la cocción de alimentos podía reemplazarse por esta eco tecnología la cual estaría desarrollada a partir de aluminio pulido espejo, dispositivo de olla de presión e inclinación solar, con el objetivo de reducir el consumo maderero y fomentar el uso de tecnologías limpias para sistemas básicos del hogar y lograr así ser base de futuras implementaciones (Sosa, L, Avilés, Pérez, & Gutiérrez, 2014).

En áreas rurales cerca de la ciudad de Cajamarca, Perú, en donde la conexión a energía eléctrica es limitada y presenta cortes, se llevó a cabo una iniciativa, el cual abarcaba en la instalación de paneles solares (85 W), una batería (100 Ah), un controlador, luces LED y el equipo necesario para la instalación, para poblaciones cuyo consumo era menor a 100 kw/h, además de ello, el pago se realizó 20 % por parte de los habitantes, el 80% era por medio de un subsidio (García, 2020), aunque la producción de energía eléctrica mediante paneles

solares se encontraba limitada, fue un suministro que favoreció a las poblaciones aledañas y el cual no iba a fallar.

El potencial de sistemas de biogás en pequeña escala fue evaluado y llevado a cabo en zonas rurales al norte de Sumatra, Indonesia teniendo en cuenta las diferentes ventajas en términos medioambientales, económicos y energéticos en las cuales el control de los desechos producidos de la ganadería puede no ser eficiente por la fuerte demanda de productos animales, se encuestaron diferentes hogares de los cuales solo la mitad tiene conocimiento acerca del biogás como forma de energía alternativa, el desarrollo de estos sistemas de energía de biogás fue impulsado debido a la cantidad de estiércol que puede ser utilizada como materia prima y los diseños de estos (Roubík & Mazancová, 2020).

De igual manera, la implementación de un sistema para el aprovechamiento del agua lluvia para consumo humano es una oportunidad para aquellas poblaciones que no cuentan o presentan irregularidades con este servicio, sin embargo, se deben tener en cuenta tanto parámetros fisicoquímicos como biológicos que se pueden observar en la resolución 2115 del 2007 del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, así como también el material a utilizar, como por ejemplo el material del techo, el cual se recomienda que sea de zinc, puesto que se mantienen en mejor condición que los de asbesto (Arboleda Montaña, 2016), como consecuencia a no optar por un sistema eficiente se podría considerar como agua para consumo humano pero no potable, es decir, se emplearía en aseo e higiene, como también riego, lo cual disminuiría el valor de consumo (pagar por el servicio) por parte de comunidades que sí poseen dicho servicio y generar así un ahorro (Torres Hugues R. , 2019).

La lluvia que en cierto modo se encuentra limpia, puede llegar a implementarse en diversas aplicaciones en las cuales la calidad de potable no es necesaria, por lo tanto, el agua

lluvia es una alternativa conveniente que ayuda a disminuir hasta un 40% del consumo del agua potable como uso doméstico (Torres Hugues R. , 2019), dependiendo de la cantidad de precipitación que ocurre en las zonas.

Debido a las necesidades requeridas de energía eléctrica y agua potable, se ha implementado un sistema fotovoltaico y desinfección solar de agua (SODIS) en comunidades indígenas en Santa Rosa Buenavista en el estado de Oaxaca, México, en donde el sistema híbrido denominado SolWat aportará energía eléctrica por medio de un panel solar (5W), mientras que un reactor (1L) purificará el agua gracias a la luz solar, debido a que población utilizaba agua subterránea sin tratar como uso doméstico y la conexión eléctrica era limitada (Pichel, Vivar, Fuentes, & Eugenio-Cruz, 2020), esta comunidad fue piloto en la implementación de la tecnología SolWat y en la cual purificó el agua que contenía coliformes en menos de 5 horas.

Otra necesidad con respecto al agua es el calentamiento de ésta, en zonas aledañas del municipio de El Cercado, República Dominicana, se instalaron dos diferentes tipos de calentadores de agua por medio de la energía solar, un sistema por termosifón y otro por lotes, debido a que en las comunidades rurales no contaban con conexiones o se podían dar el lujo de gastar gas, electricidad o leña para su higiene, es así que se implementó dicho proyecto, donde la mayoría de familias escogieron el sistema termosifón, por su accesibilidad en el diseño, construcción y mantenimiento, siendo el sistema por lotes menos costoso (Hoffman & Ngo, 2018).

Por último, las tecnologías limpias son una oportunidad de cambio y evolución pues han favorecido diferentes aspectos de la sociedad una vez se han implementado correctamente. Un breve ejemplo de cambio refiere a el sector de la construcción, construcción, la unión de cambios en los procesos lucrativos generan beneficios a las compañías así como el uso eficaz de

recursos, minimización de costos de colecta, tratamiento y transporte, entre otros (Zuñiga, I, Flores, M, & Lona, 2016), indica como la implementación de estas tecnologías producen aprovechamientos sociales como ambientales y económicos, a mediano-largo plazo llevando a cabo el estudio de factores internos y externos beneficiados con el uso de las tecnologías limpias, los principales cambios fueron en base a programas de hipoteca verde, sistemas ahorradores de agua, lámparas fluorescentes, calentadores solares, renovación de equipo y maquinaria, entre otros, para el caso de estas empresas.

7 Metodología

Se plantea desarrollar y alcanzar los objetivos de la propuesta del proyecto por medio de la siguiente metodología:

7.1 Caracterización De Tecnologías Limpias, Verdes, Apropriadas, Relacionadas Con Energías Renovables:

Se investigaron distintas tecnologías limpias por medio de diversas fuentes bibliográficas obtenidas por los recursos electrónicos ofrecidos por la institución (Informe Académico, *ScienceDirect*, *Scopus*) y en algunos casos en páginas web. Se tuvo en cuenta el año de publicación (no más de 10 años) y la calificación de las revistas por medio de la página web *Scimago Journal & Country Rank* (SJR), ya sea observando el *H index* (citas obtenidas por cada publicación) o *Quartiles* (calificación de la revista, Q1 siendo la mejor), como también algunos criterios.

7.2 Identificación De La Zona De Implementación De Las Tecnologías:

Mediante la situación actual, se identificó el estado en que se encuentran regularmente las viviendas de las poblaciones vulnerables por medio de documentos confiables (Departamento

Administrativo Nacional de Estadística (DANE), informes como revistas), en donde se observó los materiales de estas, como también la posible zona de aplicación.

7.3 Selección De Las Posibles Tecnologías Limpias y Apropriadas a Implementar En La Zona De Estudio:

A través de revistas científicas, tesis, reportes de investigación, entre otras, con respecto a la información averiguada en los ítems previos (tipo de población, necesidad, componentes ambientales y socioeconómicos) se seleccionó las tecnologías más apropiadas por medio de la rueda LiDS (*Life Cycle Design*).

7.4 Diseño De Cada Tecnología Que Se Podría Implementar En La Zona De Estudio:

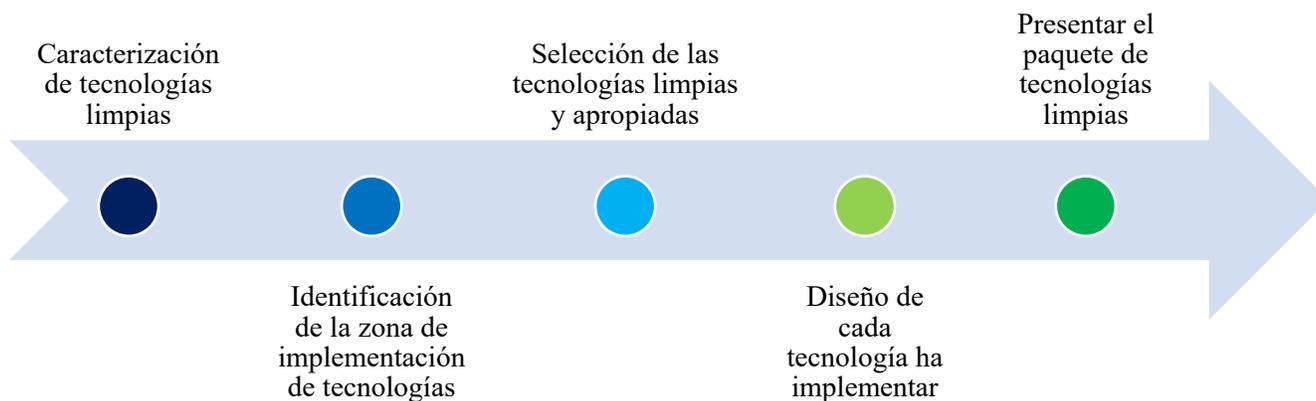
Se elaboró el diseño de las tecnologías por medio del programa *AutoCAD* en donde se consideró las medidas de las fuentes consultadas, como también algunos materiales, de igual modo, otros fueron criterio propio (accesibilidad) y dependiendo de los costos.

7.5 Presentar El Paquete De Tecnologías Limpias Apropriadas:

Se planteó presentar el paquete de tecnologías por medio de un catálogo o *brochure*, de modo que se muestre de manera profesional los servicios que puede otorgar el paquete con sus respectivos costos.

7.5.1 Definición De Costos De La Propuesta Para Una Posible Implementación:

Se calculó los costos de manera aproximada en el caso de llevar a cabo la implementación del paquete, los valores fueron consultados en páginas web como por ejemplo mercado libre y *homecenter* y en depósitos de forma presencial.

Ilustración 1.*Metodología para la investigación*

Fuente: *Elaboración Propia*

8 Resultados

A continuación, se plantean los siguientes resultados.

8.1 Caracterización De Tecnologías Limpias

Se identificó un listado de las tecnologías limpias y apropiadas con su definición, funcionamiento y componentes. Los criterios a considerar fueron la disponibilidad de información, su fácil accesibilidad y construcción como también que tuvieran una relación con las energías alternativas.

8.1.1 Granjas Verticales

Se trata de un concepto de granja desarrollada en edificios o edificaciones construidas a lo alto para llevar a cabo la producción, como puede ser la agricultura, acuicultura o ganadería en

el interior de estas con beneficios como por ejemplo recortes de tiempo a la hora de realizar una cosecha, menor utilización de agua, fertilizantes y además cero pesticidas, herbicidas y fungicidas (Díaz, 2016).

Puede ayudar a reducir el calentamiento global, mejorar el ambiente urbano y alimentar la creciente población; los componentes básicos para su funcionamiento son el panel solar, los cuales se encargarán de proveer la energía principalmente para la temperatura del interior (calefacción y refrigeración); paneles de vidrio como recubrimiento transparente de óxido de titanio los cuales recolectan los desechos provenientes del agua pluvial e irrigación en la cual las aguas residuales se filtran y se tratan para ser utilizadas como agua de riego (Díaz, 2016).

Ilustración 2.

Ejemplo de una grana vertical



Fuente: *Espada (2013)*

Las ventajas que pueden presentar esta tecnología sería un ambiente controlado en el cual se puedan cosechar vegetales en variedad durante mucho tiempo mitigando así los problemas de los cuales hacen parte las cosechas comunes como las sequías, las plagas y otros; una eficiencia mayor que la regular, pues se utilizará una menor cantidad de agua como de energía y se seguiría

generando una gran cantidad de alimento; una mayor calidad en las cosechas, debido a que ya no se utilizan plaguicidas o pesticidas; una regeneración de ecosistemas a largo plazo, debido a las cosechas ya no se darán en suelo, por lo tanto, se reducirá su erosión y el posible mal uso del recurso hídrico (Averigüe sobre las granjas verticales, 2014)

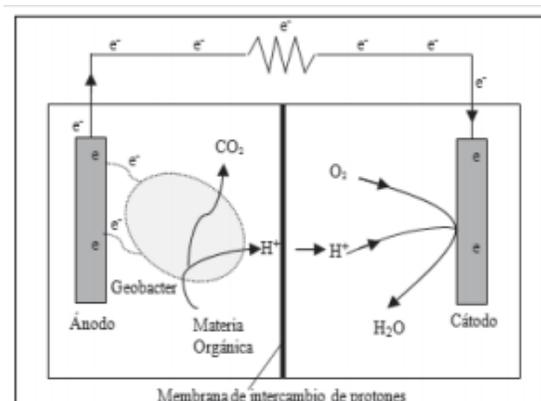
8.1.2 Bacterias Como Fuente De Energía

Se trata de una grupo de bacterias llamadas *Geobacter* las cuales tienen la posibilidad de generar electricidad en una celda de combustible microbiana; esta se puede aprovechar a manera de energía eléctrica renovable, es una bacteria de tipo quimioorganotrofo anaerobio (utilizan compuestos orgánicos como forma de energía y carbono para su desarrollo). Se encuentran mayormente en sedimentos de agua dulce, de sal de pantano, acuíferos y ambientes subterráneos, siendo estos sitios zonas ricas en sulfatos y nitratos además de estar libres de oxígeno puro (Mejía, A, Vásquez, & González, 2012).

Estas bacterias se encargan de oxidar diferentes compuestos orgánicos empleando una variedad de sustancias como aceptores de electrones para de esta manera generar la electricidad; se podría decir de una manera más sencilla que la bacteria es apta para transformar energía química en energía eléctrica mediante la oxidación del acetato a electrodos (Mejía et al., 2012) como se ilustra a continuación.

Ilustración 3.

Esquema básico de una celda de combustible



Fuente: Mejía, et al. (2012)

8.1.3 Tejas Purificadoras De Aire

Es importante reconocer que existen diversas estrategias para que la contaminación del aire disminuya, las cuales no requieren de un mayor esfuerzo o mantenimiento por parte del hombre, una de ellas y de las más recientes, son las tejas, gracias a la empresa 3M *Gayle Schueller*, en Estados Unidos, se puede contar con la posibilidad de aportar al medio ambiente poniendo estas tejas en las viviendas o edificios; esto es posible gracias al diseño de las tejas con gránulos especiales, con un recubrimiento fotocatalítico que se activa con los rayos UV del sol, generando radicales que se unen a los químicos nocivos del aire contaminado (como por ejemplo, los óxidos de nitrógeno NOX) y los transforman en iones solubles en agua, permitiendo que se laven con la lluvia; a la vez que también ayuda a mantener las propiedades frescas y disminuir el consumo de tecnologías como el aire acondicionado (ONU, 2019).

El dióxido de titanio se trata del elemento más indispensable en esta herramienta, ya que es de fácil acceso y económico, siendo un producto idóneo para crear una idea eficaz y de menor

valor; con el fin de llegar a esta conclusión tomaron tejas de arcilla recubiertas del químico, las pusieron en una cámara con óxidos de nitrógeno y simularon la luz del sol con ultravioleta, esto permite la activación del dióxido de titanio, al final concluyeron que estas tejas lograron descomponer los elementos tóxicos entre un 88% hasta un 97%, de esta forma si un millón de techos implementaran esta técnica eliminando 21 toneladas de NOx y recubriendo las tejas de un solo hogar podría anular en un año las transmisiones que produce un auto al recorrer 17.700 km (Araus, 2014).

Esto resulta sumamente beneficioso, si se considera que se ha encontrado que un tejado de estos, de magnitud promedio, permite eliminar tanto *smog* como lo harían 3 árboles, según estudios del Laboratorio Nacional *Lawrence Berkeley* (ONU, 2019). Por lo tanto, es conveniente pensar que esta estrategia es muy económica, ya que se promedia que con unos 5 dólares (18.000 COP aproximadamente) se puede implementar este sistema en una casa de tamaño promedio (Araus, 2014).

Ilustración 4.

Ejemplo de tejas purificadoras de aire



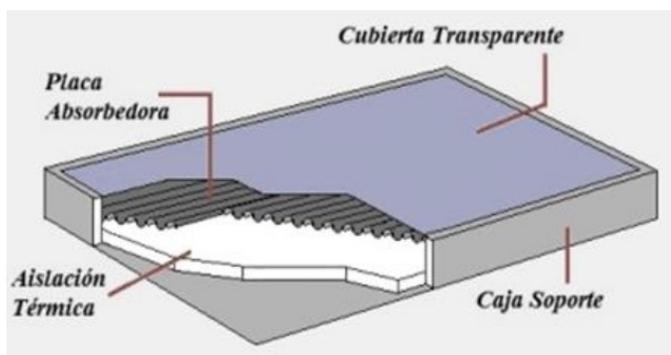
Fuente: *Tejas purificadoras del aire (2018)*

8.1.4 Calentadores De Aire

Esta tecnología consiste en aprovechar la energía solar, por medio de un dispositivo para la captación solar, de manera que caliente un flujo de aire y este vaya dirigido y aprovechado al interior de una vivienda, obteniendo una mayor temperatura que el exterior. Se trata de un instrumento metálico que se encuentra aislado térmicamente del exterior salvó su parte superior, en su interior se encuentra el dispositivo captador de la radiación solar (puede ser de aluminio, hierro galvanizado o cobre), la parte superior se encuentra cubierta por una doble lámina de vidrio o policarbonato con el objetivo de mantener la temperatura alta por la radiación solar y evitar un enfriamiento por el viento; por último, entre la lámina de vidrio y el fondo aislado es donde el aire recorrerá, el captador suministrará el calor recolectado al aire y así lo calentará (Hernández & Quiñonez, 2016), Como se observa en la siguiente figura.

Ilustración 5.

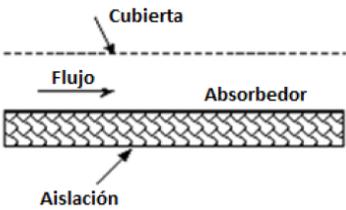
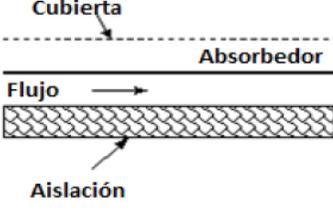
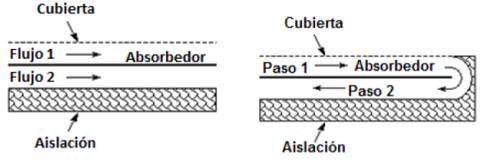
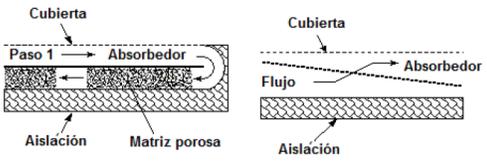
Funcionamiento básico del sistema calentador de aire



Fuente: Hernández & Quiñonez (2016)

Como dispositivo para captar la radiación solar se encuentran: placas planas, corrugadas, tubos cilíndricos, caños rectangulares, mallas y matrices porosas.

Tabla 1.*Variedad de flujo de aire*

Flujo de aire	Esquema representativo
Entre absorbedor y cubierta superior	
Entre absorbedor y aislante del fondo	
De doble flujo: entre cubierta y absorbedor (A), absorbedor y aislante fondo (B) o una corriente de aire A y se devuelve en B	
Por medio de matriz porosa o malla	

Fuente: *Hernández & Quiñonez (2016)*

8.1.5 Calentador Solar Con Base En Botellas PET

Relacionado con la anterior tecnología, se plantea calentar en este caso agua por medio de botellas tipo PET (*polyethylene terephthalate*), es decir, botellas plásticas y envoltorios metálicos de alimentos. Habrá un termoacumulador el cual será un tanque y estará recubierto por una pintura que brinda un aislamiento con su exterior, las tuberías necesarias para el sistema se pintarán de negro, como también el sistema de botellas PET, esto con el fin de que la luz solar no

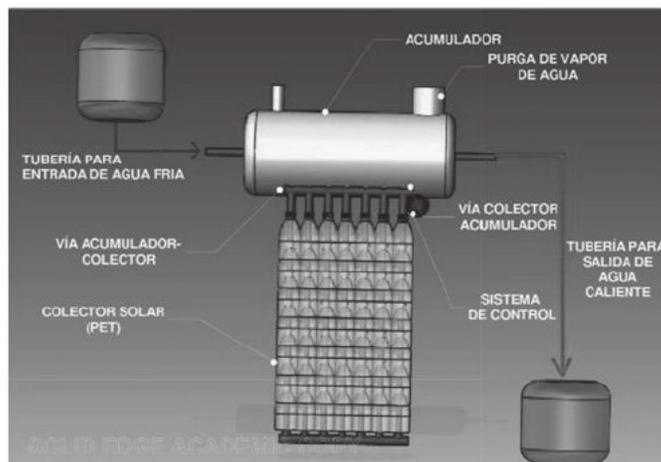
refleje hacia su alrededor y se conserve en el sistema, las botellas PET estarán rellenas en el interior por los envoltorios metálicos con el fin de generar un efecto invernadero (Felipe Lujána, Felipe Isaza, Alexander Duque, & Chica, 2013)

El sistema funcionará por efecto termosifón, donde todo el sistema se encontrará lleno de agua y por medio del calor transferido por el colector solar al agua, el agua caliente perderá densidad y se desplazará hacia el acumulador (va ascender), el agua que se encuentre fría se desplazará hacia el sistema colector solar, debido a que tiene una mayor densidad y pesará más (va descender), por lo que el sistema podría funcionar sin bombas (Felipe Lujána et al., 2013).

Con el fin de no presentar problemas por la generación de vapor, se puede instalar una purga de vapor de agua con un medidor de presión, para indicar de manera más precisa en qué momento se da la salida de este. La siguiente ilustración permite observar el esquema básico que conlleva calentar agua por medio de botellas PET.

Ilustración 6.

Esquema básico de un calentador de agua con botellas



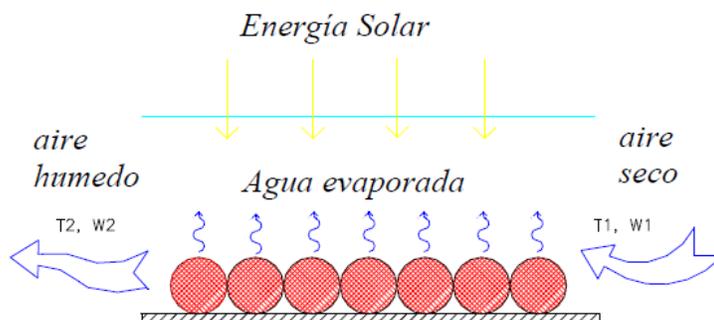
Fuente: Lujána, et. al. (2013)

8.1.6 Secado Solar

El secado solar es una tecnología ecológica empleada para la eliminación de humedad en productos agrícolas para consumo humano o animal, con la finalidad de mantener en condiciones apropiadas el producto y que no se deteriore en su almacenamiento, evitando germinación de semillas y aparición de hongos como también procesos bioquímicos, en general su funcionamiento consta de una cámara que adquiere radiación solar por medio de una cubierta transparente que se denomina colector ubicado en su superficie, a través de ella pasa la radiación solar que llega al interior de la cámara a una superficie absorbedora y este aumenta la temperatura, el aire que entra y que recorre por la cámara se calienta por el contacto con la superficie absorbedora y favorece al secado de productos agrícolas, reduciendo la humedad relativa (evaporándose) y el aire que sale de la cámara transporta la humedad recogida del producto (como se observa en la siguiente ilustración), es necesario que la temperatura sea constante (50 a 55 °C), pues un exceso de esta favorece a que el material se descomponga (Domínguez Calvo, Morejón Mesa, & Travieso Ruiz, 2015). Es necesario que la temperatura sea constante (50 a 55 °C), pues un exceso de esta favorece a que el material se descomponga.

Ilustración 7.

Funcionamiento de un secado solar



Fuente: Condori (2016)

Existen diferentes sistemas de secado solar, como lo son: caja, gabinete, túnel e invernadero; como también el tipo de incidencia de radiación solar los que se encuentran: directos, indirectos y mixtos, por último aquellos que utilizan circulación de aire natural que son pasivos y otros con ventiladores que son activos; los lugares más apropiados para el uso de la tecnología son con alta radiación solar, días claros y con baja humedad relativa (para permitir el correcto desplazamiento de la humedad por medio de flujos de aire y así se deshidrate el producto) (Condorí, 2016).

8.1.7 Cocinas Solares

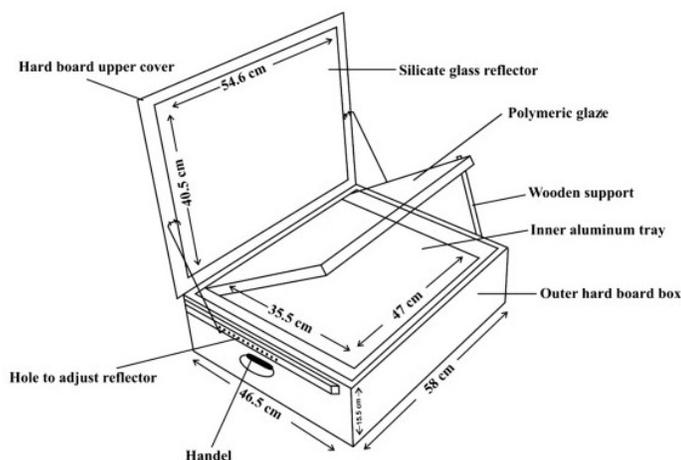
Son diferentes modelos de cocinas solares, entre ellos se encuentran caja solar, de concentración parabólica directa e indirecta, cocina de panel parabólico y de embudo, almacenamiento térmico parabólico y comedor, entre otras, en este caso se hablará sobre las cajas solar, debido a su bajo presupuesto y fácil construcción (Aramesh, y otros, 2019).

Por lo tanto, en general los elementos a tener en cuenta en cocinas solares serían la caja, la bandeja absorbente, vidrios y el material aislante, como tal, el equipo tendrá una forma rectangular, en el cual tendría una bandeja absorbente de aluminio en el interior de la caja (donde ocurre la cocción), Mahavar, Sengar, Rajawat, Verma, & Dashora, (2012) recomiendan que un aislamiento en capas que contendría cartón corrugado, poliestireno expandido y papel de periódico (estaría en los lados de la caja y el fondo), en la parte superior de la caja también recomienda cubrirla con un esmalte polimérico (poli metacrilato de metilo o PMMA) debido a su bajo peso y mejor resistencia (aunque se puede utilizar un vidriado doble), como cubierta de la caja se dispone de un espejo de vidrio de silicato para reflejar los rayos solares y este puede unirse a diferentes orificios que se encuentran a los costados de la caja para ajustar de mejor

manera el ángulo de reflexión, por último, recomienda que la cubierta de la caja sea de tablero duro, porque reduce el peso de la caja y es más económico.

Ilustración 8.

Diseño básico de una cocina solar tipo caja



Fuente: Mahavar, et. al. (2012)

Nota: hard board upper cover (cubierta superior de tablero duro), silicate glass reflector (reflector de vidrio de silicato), polymer glass (vidrio polimérico), wenden support (soporte de contacto), inner aluminium tray (bandeja de aluminio interior), outer hard board box (caja exterior de tablero duro), hole to adjust reflect (agujero para ajustar reflejo), handel (comercio)

Teniendo en cuenta a Mahavar, et. al., (2012), se toma como ejemplo la realización de una cocina solar unifamiliar, la cual se enfoca en ser más pequeña, mantener hasta dos recipientes (circulares), teniendo en cuenta que sea lo más ligero y económicamente posible.

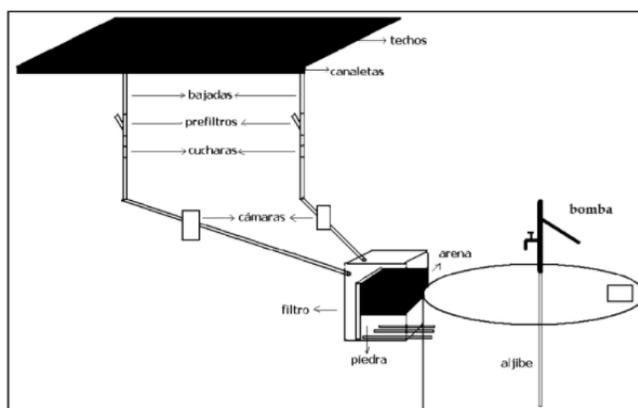
8.1.8 Aprovechamiento Agua Lluvia

El método de aprovechamiento de agua pluvial se basa básicamente en la captación, almacenamiento, tratamiento y distribución o disposición final, contando con el sistema de

conducción que tendrá. El área de captación generalmente se sitúa en los techos de las viviendas, en donde llegarán a un canal captador semicircular, el cual si se requiere o no puede llevar rejillas u otro elemento de obstrucción para la eliminación de ramas, hojas u otro desecho que puede llegar al techo (Torres Hugues & Lázara Fresquet Blanco, 2019). Posterior a ello el agua se va dirigir hacia un filtro de arena (arena y grava), el cual retendrá partículas más grandes arrastradas por el agua y evitará deficiencias en el tratamiento bacteriológico. El agua puede ser depositada en una cisterna (puede ser construida en ferrocemento o no) y a gravedad a un tanque distribuidor, o implementando una bomba hidráulica manual, elaborada en PVC, pistón de hule y estructura mecánica, conducir el agua de la cisterna al tanque distribuidor (misma cita siguiente). Seguramente el agua no se encuentre apta para consumo humano por características del lugar, aun así se puede implementar un filtro más, el cual se recomienda que sea un filtro de la marca British Berkeled®, donde se encontraba el agua purificada (Avelar Roblero, Sánchez Bravo, Domínguez Acevedo, Lobato de La Cruz, & Mancilla Villa, 2019).

Ilustración 9.

Esquema de un sistema de captación de agua lluvia



Fuente: *Basán Nickisch, et al. (2016)*

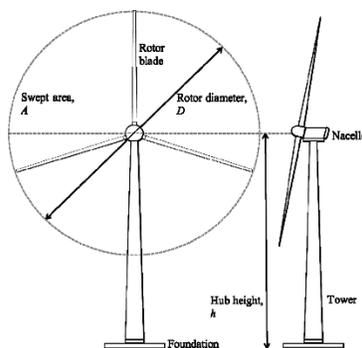
Por último, para el tratamiento biológico es necesario la implementación de cloro para la eliminación de patógenos, sin embargo, en el caso de no tener el químico, existen otras alternativas más económicas y ecológicas para su tratamiento, como el método SODIS (Solar Desinfección), básicamente es la implementación de botellas PET almacenadas de agua y expuestas a la radiación solar, las cuales por un tiempo prolongado de 1 a 2 días según el grado de incidencia de radiación solar se realizará una desinfección del agua (Castro, Arámbula, Centeno, & Giraldo, 2009) o simplemente hervir el agua durante 1 a 5 minutos, este es el método más común en las familias en las zonas rurales.

8.1.9 Turbina Eólica De Eje Vertical Tipo Savonius

La energía eólica es otra opción en la obtención de electricidad, para conseguir un sistema eficiente depende de la densidad del aire, el área que en sistemas comunes serían las aspas, la velocidad del aire a la altura requerida, la altura de las aspas y un gradiente de cizalladura del viento (Caduff, Huijbregts, M, Althaus, Koehler, & Hellweg, 2012).

Ilustración 10.

Ejemplo de parámetros importantes en turbinas para energía eólica

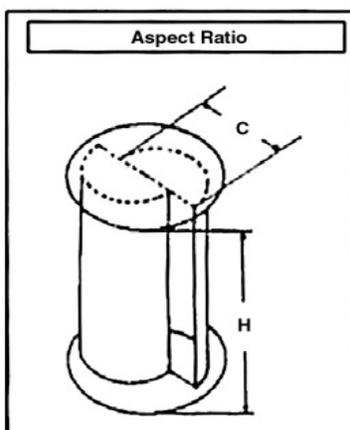


Fuente: Caduff, et. al. (2012)

Se encuentran dos principales tipos de aerogeneradores, la turbina eólica de eje horizontal (movimiento perpendicular al movimiento de la brisa) y la turbina eólica de eje vertical (movimiento en la dirección de la brisa). La turbina eólica de eje vertical tipo Savonius pueden alcanzar una eficiencia del 20% y no tienen necesidad de estar dirigida hacia el viento, como también la obligación de ubicarse a una cierta altura y contando con que es muy económico, simple y fácil de elaborar; su diseño implica dos placas semicirculares con el fin de formar una un rotor “S”, que pueden variar de tamaño, pues entre más grande, mayor eficiencia (Al-Bahadly, 2009)

Ilustración 11.

Funcionamiento turbina eólica de eje vertical tipo Savonius



Fuente: *Al-Bahadly (2009)*

Generalmente se implementan un tipo de palas del rotor de forma ecológica, puede ser PVC o metálico, en ello irán componentes como tornillos, arandelas, rodamientos, cojinetes, el generador, entre otros; es necesario la adquisición de un aparato eléctrico para el almacenamiento de energía, pues su demanda de esta no será constante ni tampoco su generación (Al-Bahadly, 2009).

8.1.10 Techos Verdes

Los techos verdes o techos vivos al contrario de las tecnologías nombradas, son planteadas con el propósito de mantener una temperatura más adecuadas en las estructuras, además de contribuir con la reducción de polución del aire, mejor manejo de agua pluvial, un ahorro energético (calefacción y refrigeración) y un entorno más agradable a la vista, donde básicamente con ayuda de una capa vegetativa se desea reflejar mejor la radiación solar (Berardi, 2016)

Los componentes y materiales que se encuentran la elaboración de techos verde son en primer lugar la vegetación, el cual se encuentra la parte superior y por ende es el más llamativo, sin embargo, se debe escoger de manera precisa y clara el tipo de especie, pues debe presentar diferentes características de supervivencia que puede presentar el entorno (tolerar periodos de sequía, perdurar con escasas de nutrientes, poco cuidado, soportar raíces cortas, entre otros); en seguida se tiene el sustrato de crecimiento, el cual es importante para que la capa vegetativa pueda crecer y permanecer en el techo (se debe seleccionar correctamente); luego una capa de filtro, que separa la sección del drenaje con el sustrato, se recomienda que sea malla geotextil; posteriormente la capa de drenaje, la cual ayuda a drenar el agua y que prevalezca el sustrato, para proyectos pequeños se recomienda materiales granulares; en seguida una capa de protección como también barrera de raíces, esta última es necesaria para marcar límite de la raíz vegetativa; por último una membrana impermeable es obligatoria para evitar goteras al final de la estructura (Vijayaraghavan, 2016).

Ilustración 12.

Componentes para un techo verde



Fuente: *Vijayaraghavan (2016)*

Nota: Vegetation (vegetación), growth substrate (sustrato de crecimiento), filter fabric (fabrica de filtros), drainage element (elemento de desagüe), protection layer (capa de salvaguarda), root barrier (obstrucción de raíces), insulation layer (capa de aislamiento), waterproofing membrane (membrana impermeabilizante), roof deck (cubierta de azotea)

Existen dos tipos de cubiertas verdes, en las cuales podemos encontrar las extensas, éstas en realidad son más simples, debido a que son más ligeras y su capa vegetativa es más fina; las cubiertas intensas por el contrario son más robustas, pues se pueden ocupar por pequeños árboles, por lo tanto serían más pesado (Santamouris, 2013)

8.1.11 Tonerpave

Es un producto elaborado a partir de residuos, se trata de un aglutinante de sellos en aerosol elaborado con caucho de neumáticos reciclado y tóner de cartuchos de impresión, el cual será destinado a las carreteras, se trata de un producto innovador y rentable, pues su función es virtuosa y es de uso público, además que se reutilizan materiales que normalmente irían a parar a un vertedero, la empresa Downer asociado con un consejo de Queensland se encargaron de

inaugurar este proyecto pensando en la rentabilidad que se le puede dar a este tipo de producto (Waste Management Review, 2016).

En Australia ya se está ejecutando esta idea y se está poniendo en práctica con sus carreteras, utilizándolo en base a su efectividad , pues es 40% menos contaminante (reduciendo niveles de CO₂), más económico como duradero y no se compromete la calidad del asfalto, pues es tan eficaz como el tradicional y se puede verter con la misma maquinaria; el material principal del producto es un polímero modificado del tóner, el cual está compuesto por residuo de polvo de tóner, predominante del plástico, cera, minerales y pigmentación (EcoInventos, 2019)

Ilustración 13.

Ejemplo de un tonerpave



Fuente: *EcoInventos (2019)*

Al utilizar una combinación que ocupa tóner de impresoras usadas, se reduce la generación de CO₂ y rinde la misma forma o incluso más que el pavimento tradicional, pues se puede hacer uso de aproximadamente 50 cartuchos de tóner por media tonelada de asfalto y todo al alcance que se le dé al uso de los cartuchos ya utilizados de una impresora y caucho de neumáticos (EcoInventos, 2019).

8.1.12 *Lifestraw Go Water Bottle*

Lifestraw, también conocida como *Vestergaard Frandsen* es una empresa que se encargó de crear el producto *lifestraw go water bottle*, el cual está destinado a filtrar agua para hacerla potable y de uso personal por medio de nanomateriales, su producto básicamente se trata de una botella que incluye pitillo o pajita, diseñada para succionar el agua directamente desde una fuente contaminada o sucia, los filtros están diseñados de resina desinfectante *purotech* y cada filtro está destinado a poder filtrar aproximadamente 1000 litros de agua, haciendo de este producto una opción económica y rentable; principalmente en países de bajos recursos, y es que el producto fue diseñado principalmente para estas zonas más sin embargo debido a su utilidad y rentabilidad, es algo que se puede estar apreciando en todo el mundo, a manera no solo de rentabilidad económica , sino de herramienta de por ejemplo supervivencia; además de *lifestraw* existen otros productos parecidos y dedicados a este tipo de acción como lo son *karofi* y *tupperware* para la purificación y posible potabilización del agua, sin embargo *lifestraw* se ha coronado como uno de los mejores productos (Khan & Malik, 2019).

Ilustración 14.

Ejemplo de un recipiente lifestraw

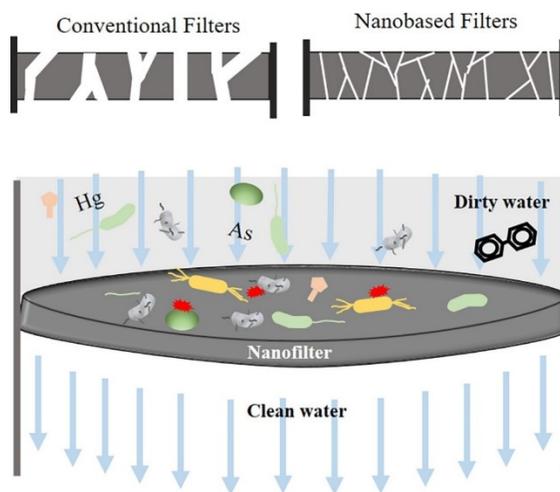


Fuente: *Lifestraw (s.f)*

El contenedor o la botella está principalmente hecha de plástico duradero o en acero inoxidable, no es necesario ponerle piezas de repuesto, baterías o productos químicos. Los nanomateriales que contiene el *lifestraw* son capaces de absorber además contaminantes de alto riesgo como lo son el mercurio, el arsénico y los pesticidas. El método de filtración puede eliminar partículas en un rango de 2 a 50 ηm o más, dependiendo del tamaño de poro de la membrana utilizada. Este tamaño de poro es lo bastante pequeño para la eliminación de virus y bacterias que pueda contener el agua (Chaidez, y otros, 2016).

Ilustración 15.

Ejemplo de la membrana filtrante



Fuente: *Khan & Malik (2019)*

Nota: Conventional filters (Filtros convencionales), Nanobased filters (filtros de nanobase), Dirty water (agua sucia), Nanofilter (nanofiltro), Clean water (agua limpia)

8.1.13 Biodigestor Casero

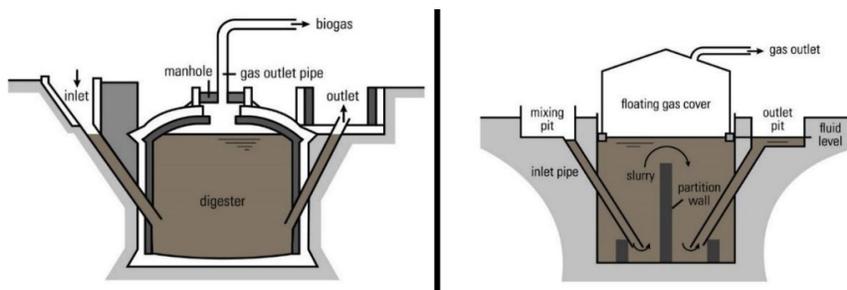
La idea se basa en la producción de biogás casero (mediante digestión anaerobia) con la utilización de desperdicios de alimentos como desecho orgánico para este proceso, la principal motivación de este tipo de tecnología es la ausencia de organización para el desperdicio de

alimentos (materia orgánica) en los diferentes países, desarrollados o subdesarrollados, pues esto puede incitar a las personas a explorar e identificar el potencial que puede tener el biogás hecho de manera doméstica para de esta forma generar energía y crear biofertilizante, sin embargo en parte es complicada su expansión por el hecho de que el nivel de materia orgánica debería ser grande, explorar una posibilidad de este tipo o parecida siendo que el método tradicional para combustibles y fertilizantes son la costumbre, dependiendo la zona y la cantidad de desechos que genera puede ser muy rentable; por lo tanto es una alternativa rentable, económica y amigable con el ambiente (Alexander, Harris, & McCabe, 2019).

Generalmente hay dos tipos de digestores anaerobios, como se observa en la figura, a la izquierda el digestor de cúpula fija y a la derecha el digestor de cúpula flotante; el digestor de cúpula fija está compuesto en sus partes por: una entrada, un digestor, agujero hombre, tubo para salida de gas, un tomacorriente y finalmente la boquilla por donde sale el biogás (Alexander et al., 2019). La cúpula flotante está compuesta generalmente por: un pozo de mezcla, tubo de entrada, para este caso ejemplar estiércol líquido como materia orgánica, tabique, cubierta de gas flotante, pozo de salida, medidor del nivel de fluido y finalmente la salida del gas (Alexander et al., 2019).

Ilustración 16.

Esquema básico de biodigestor de cúpula fija y cúpula flotante



Fuente: Alexander et al. (2019)

Nota: inlet (entrada), digester (digestor), gas outlet pipe (tubo de salida de gas), outlet (salida), mixing pit (pozo de mezcla), inlet pipe (tubo de entrada), slurry (estiércol), partition wall (pared de partición o tabique), floating gas cover (cubierta de gas flotante), gas outlet (salida de gas), outlet pit (pozo de salida), fluid level (nivel de fluido).

El equipo tiene un espacio de almacenamiento que va desde los 6 litros a los 15 litros de desechos orgánicos por día para su posterior conversión en lo que vendría siendo el biogás (EcoInventos, 2019).

8.1.14 Litro De Luz

Se trata de una forma sustentable y económica de crear luz con la ventaja de ahorrar hasta un 40% en gastos de este mismo servicio por medio de una forma innovadora llamada “Litro de Luz”, con la intención de hacer uso de esta en zonas vulnerables u hogares que no cuenten con la suficiente ayuda económica para sostenerse de manera estable, por medio de materiales simples y sencillos de conseguir creando así una bombilla de luz natural que es capaz de alumbrar una habitación entera, los materiales son básicamente una botella de plástico reciclada, agua ,cloro o lejía y pegamento, con una intensidad aproximadamente de 60 Vatios, de igual manera depende directamente de la luz solar emitida (Negocios verdes, 2014). El proceso igualmente es simple, pues solo hay que llenar con el agua y el cloro o la lejía una botella de plástico de aproximadamente litro y medio , debido a que es el tamaño apropiado para la buena distribución de la luz, su instalación se realiza en el tejado de la vivienda por medio de un pequeño agujero por el cual se inserta la botella ya anteriormente compuesta con los materiales; una vez colocada con el pegamento, esta reflejará la luz proyectada por el sol, así iluminando la zona que se encuentra bajo la botella tal cual como si fuera una bombilla de luz, solo que con luz natural (Sánchez, 2016).

Colombia es el principal país a nivel latinoamericano en llevar a cabo este proyecto, a nivel mundial el país que hace más uso de esta técnica de innovación ambiental es el país de filipinas contando con más de 30.000 botellas instaladas alrededor de este, la vida útil de esta botella y su funcionamiento es de aproximadamente 8 años (Yávar, 2014).

Ilustración 17.

Reflexión de la luz solar por medio de litro de luz



Fuente: *González (s.f)*

8.1.15 Caracterización de Tecnologías

A continuación, se observa la caracterización de las tecnologías limpias junto al tipo de energía renovable relacionada, con los materiales y el alcance que pueden llegar a poseer.

Tabla 2.

Caracterización tecnologías

Tipo de energía	Tipo tecnología	Materiales	Alcance de la tecnología
	Calentador de aire	<ul style="list-style-type: none"> • Placa plana absorbente de aluminio, hierro galvanizado o cobre • Vidriado doble o policarbonato (cubierta transparente) • Papel corrugado, poliestireno expandido y papel periódico (material aislante) 	Para la sala de una vivienda

Solar		<ul style="list-style-type: none"> • Tablero duro 	
	Calentador solar con base en botellas PET	<ul style="list-style-type: none"> • Botellas PET • Tubería PVC • Envolturas metálicas • Recipiente termoacumulador • Pintura negra • Poliestireno expandido y adhesivo 	Depende del almacenamiento del termoacumulador y el sistema calentador, ejemplo: 30 L y 7 L respectivamente
	Secado solar directo	<ul style="list-style-type: none"> • Placa absorbente de aluminio • Material aislante • Vidrio o policarbonato (cubierta transparente) • Malla de nailon o perforación al costado 	De 8 a 50 kg, depende del recipiente y área de trabajo
	Cocina solar tipo caja	<ul style="list-style-type: none"> • Bandeja absorbente de aluminio • Cartón corrugado, poliestireno expandido y papel periódico (material aislante) • Esmalte polimérico o vidriado doble (cubierta transparente) • Espejo de vidrio de silicato (papel aluminio) • Tablero duro 	Puede ser de 2 e inclusive hasta 6 personas, depende del área de trabajo o número de instrumentos
	Litro de luz	<ul style="list-style-type: none"> • Botella PET • Agua • Cloro o legía 	Se instalan en tejados de aluminio. Una habitación de una vivienda, dependerá del número de botellas
Eólica	Turbina eólica de eje vertical tipo Savonius	<ul style="list-style-type: none"> • Plástico de PVC (aspas del rotor) • Tornillos y arandelas • Eje de acero inoxidable • Chumacera skf fy 505 U • Caja de acero A36 (soporte) • Motor, batería y controlador 	Limitado, estará influenciado directamente del tamaño del aparato (mayor escala o turbina, mayor capacidad)

Biomasa	Biodigestor casero	<ul style="list-style-type: none"> • Tanque o bidón de plástico • Latas de PVC vacías de 30 L de capacidad (tanque digestor) • Adhesivo aprueba de agua • Bolsas de recogida de gas • Tubos de PVC • Válvulas 	De 6 L a 15 L aproximadamente de desechos orgánicos por día
Bioteología	Bacterias como fuente de energía	<ul style="list-style-type: none"> • Celda de combustible microbiana (MFC) (electrodos de grafito, filtro de grafito, papel carbón, tela de carbón, carbón vítreo reticulado) 	Diferentes sustancias aceptor de electrones, oxidar cualquier tipo de compuesto orgánico, convirtiéndolo en electricidad
Otros	Techos verdes	<ul style="list-style-type: none"> • Vegetación y sustrato apropiado • Telas geotextiles (capa de filtro) • Material granular (capa de drenaje) • Membranas laminadas de una sola capa o termoplásticos (capa protectora) • Lamina de plástico duro o de metal (membrana impermeable) 	Puede instalarse en toda la superficie de la azoteas
	Granjas verticales	<ul style="list-style-type: none"> • Panel solar • Paneles de vidrio 	Cualquier tipo de pared ya sea de un edificio o hogar de más de 2 pisos de alto
	Sistema captador de lluvia	<ul style="list-style-type: none"> • Canaleta de acero galvanizado • Filtro (arena y grava) • Cisterna • Bomba manual (se puede excluir) • Filtro marca British Berkeled® • Tubería PVC • Tanque distribuidor 	Influenciado directamente con el volumen de la cisterna

Lifestraw go water bottle	<ul style="list-style-type: none"> • Filtro de resina • Desinfectante purotech • Plástico • Acero inoxidable 	Fuentes de agua sucia o contaminadas en niveles no muy altos cada filtro está destinado a filtrar 1000 litros de agua
Tonerpave	<ul style="list-style-type: none"> • Polímero modificado del tóner (residuo de polvo de tóner, predominante del plástico, cera, minerales y pigmentación) • Cartuchos de impresora • Caucho neumático (reciclado) 	50 cartuchos de tóner por media tonelada de asfalto
Tejas purificadora del aire	<ul style="list-style-type: none"> • Tejas con dióxido de titanio • Capa funcional foto catalítica 	Se puede instalar en cualquier tejado (preferiblemente de madera) para hogar o edificio

Fuente: *Elaboración Propia*

8.2 Identificación Zona De Estudio

En esta fase de la metodología se van a describir e identificar los materiales y condiciones generales de las viviendas más vulnerables particularmente en Colombia, como los aspectos a tener en cuenta para la implementación de tecnologías y la zona que favorece la posible implementación.

La infraestructura de los hogares vulnerables presentan condiciones no muy adecuadas, generalmente se componen de materiales de su entorno, como madera (alisal, coroba, guayacan, cedro entre otro), guadua, caña u otros recursos vegetales (Roncancio, Cutter, & Nardocci, 2020), como también desechos de construcción, barro o ladrillo, así constituyendo las paredes y aluminio como también zinc como componente principal en los techos, aunque puede variar; en muchos casos puede que no lleven muros externos y solo sea por columnas, esto tomando como ejemplo las viviendas ubicadas en el municipio de Riosucio (Chocó) (Cantillo Ramirez, 2018).

Se planteó la zona de estudio para el departamento de La Guajira (Colombia), este ubicado al norte del país, en el mar caribe y abarca un área de 20.848 km² los cuales dispone de 15 municipios (Barranca, Maicao, Uribía, Manaure, Riohacha, entre otros) y 142 centros poblados, albergando el 20% de la población indígena (Wayuu, Kinqui, Ika, kogui y Wiwa) que se encuentra en el país, se divide por tres regiones, La Guajira alta (mayor porcentaje de comunidades Wayuu y más afectada), La Guajira media (posee acceso a recursos) y la Guajira baja (la más urbanizada) y sus las principales actividades económicas son la minería, extracción de sal, gas, energía, agua y turismo (Carvajal-Romo, Valderrama-Mendoza, Rodríguez-Urrego, & Rodríguez-Urrego, 2019).

Debido a que es una zona que en términos generales aplica para el buen uso del paquete al contar con unas características climatológicas promedio como lo son la radiación solar con valores de entre 4.5 - 6 de KWh/m^2 y brillo solar de entre 7-9 horas al día; velocidad de viento de entre 2-8 m/s mensual y velocidades máximas que oscilan entre 18-30 m/s ; precipitaciones de entre 0-50 mm por mes y temperaturas que van desde los 24C° hasta los 28C° o más (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2014), siendo estas condiciones climáticas una buena opción que pueden producir un óptimo rendimiento del paquete.

Por otra parte, en la lista de departamentos según la pobreza monetaria se encuentra La Guajira en el segundo lugar (57,3%) y con respecto a la pobreza multidimensional se sitúa en el cuarto lugar (51,4%); acerca de la cobertura de los servicios públicos en residencias se encuentra en 60,7% energía eléctrica, 40,4% gas y 46,6% acueducto, para el año 2018, otros servicios como el alcantarillado, recolección de basura e internet poseen un 41,9%, 46,1% y 10,8% respectivamente (DANE, 2020).

Las condiciones adecuadas para la disposición de las posibles tecnologías a implementar se encontrarán de la siguiente manera, el techo, especialmente de zinc, por temas de limpieza e implementación de tecnología, un espacio amplio en su intemperie o alrededor de la vivienda (según las áreas de las tecnologías), por el cual se tendrá contacto directo con la radiación solar y el viento, para tener un mejor funcionamiento de las tecnologías y el número de habitaciones, que generalmente se cuenta con dos (en los hogares colombianos se cuenta con 3.1% de personas por vivienda según el DANE (DANE, 2018))

8.3 Selección De Tecnologías

En esta sección se procederá a seleccionar y justificar las tecnologías apropiadas para las poblaciones, teniendo en cuenta los impactos medio ambientales y lo mencionado anteriormente.

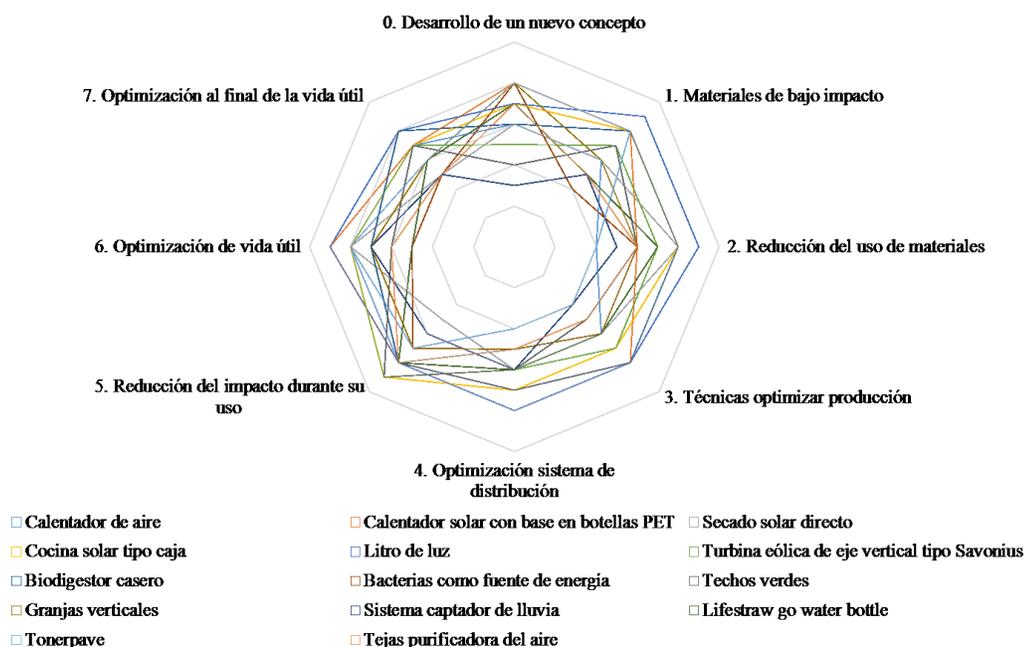
8.3.1 Criterios De Selección

Las tecnologías limpias y apropiadas investigadas se evaluaron mediante la rueda LiDS la cual está relacionada al ciclo de vida y a los materiales que lo componen, evaluando principalmente el impacto medio ambiental. Las tecnologías que constituyen una menor área con respecto al diagrama (octágono) generan un mayor impacto, por lo tanto, las de mayor área fueron las más apropiadas.

Ilustración 18.

Tecnologías evaluadas mediante la rueda de LiDS

SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS

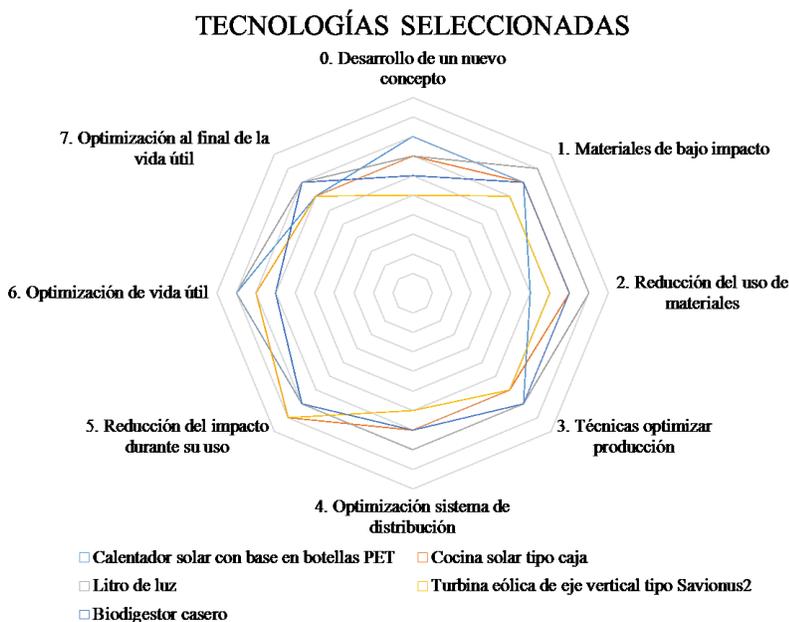


Fuente: *Elaboración Propia*

Las tecnologías que presentan mejores condiciones fueron separadas y mostradas en una distinta rueda de LiDS, siendo estas las tecnologías seleccionadas para el paquete.

Ilustración 19.

Tecnologías seleccionadas por medio de la rueda de LiDS



Fuente: *Elaboración propia*

Por lo tanto, las tecnologías apropiadas seleccionadas para las poblaciones vulnerables en general son:

- Calentador solar con base en botellas PET.
- Cocina solar tipo caja.
- Litro de luz.
- Turbina eólica de eje vertical tipo Savonius.
- Biodigestor casero.

Es así que su selección radica en el impacto medioambiental generado en el ciclo de vida de cada una de las tecnologías limpias y apropiadas, como también el tipo de material, su accesibilidad (costos), elaboración y que pueden suplir en cierta parte algunas necesidades básicas que presentan las poblaciones vulnerables en general.

8.3.2 Descripción Tecnologías Utilizadas

A continuación, se describen brevemente las tecnologías seleccionadas con respecto a sus materiales.

✓ **Calentador Solar Con Base En botellas PET:** el calentador solar incluye como material principal y reciclable las botellas PET (botellas plásticas) como también envolturas metálicas, adicionalmente requieren de tubería PVC y el recipiente termoacumulador, este último sería lo más costoso, sin embargo, su selección radica de la capacidad de calentar el agua únicamente con energía solar, al utilizar materiales considerados basura o desechos dan una mejor rentabilidad que los calentadores de agua convencionales.

✓ **Cocina Solar Tipo Caja:** como se mencionó anteriormente, la cocina solar se compone de una bandeja absorbente de aluminio, material aislante (cartón corrugado, poliestireno expandido y papel periódico), esmalte polimérico (siendo este más económico y resistente que el vidriado doble, puede ser también vinipel), espejo de vidrio de silicato (o papel aluminio) y un tablero duro. Aquellos materiales son recomendados por su fácil acceso siendo estos económicos, de igual manera su construcción y de mayor movilidad, el cual gracias a la radiación solar permite la cocción de alimentos.

✓ **Turbina Eólica:** también está relacionada con el PVC para las palas del rotor, siendo económico y de fácil acceso, como también soportar los rayos UV, de igual manera materiales como tornillos, arandelas, chumaceras, eje de acero inoxidable y caja de acero, sin embargo, el motor, batería y el controlador son un poco más costosos pero indispensables para su funcionamiento, el cual permitirá la generación de electricidad optando por la fuerza del viento.

✓ **Litro De Luz:** está compuesto de materiales básicos y económicos como lo son botellas plásticas, agua y lejía, además siendo uno de los más sencillos, pero de gran utilidad, donde es capaz de transmitir luz en viviendas que no presentan conexión eléctrica.

✓ **Biodigestor Casero:** su embalaje y operación requieren un mayor cuidado, sin embargo, aprovecharlo y emplearlo será de gran importancia, precisamente porque funciona con desechos orgánicos que surjan de la misma vivienda y generando así una fuente para el gas de estufa o lámparas. Estaría compuesto de materiales de fácil accesibilidad.

8.4 Diseño De Cada Tecnología

A continuación, se presenta de manera detallada el diseño de cada una de las tecnologías seleccionadas para la disposición del paquete teniendo en cuenta los materiales, dimensiones e implementación de estas.

8.4.1 *Calentador Solar Con Base En Botellas PET*

8.4.1.1 Materiales A Utilizar.

- Botellas PET.
- Tubería PVC.
- Envolturas metálicas (envolturas que envuelven alimentos).
- Recipiente termoacumulador.
- Poliestireno expandido y adhesivo.
- Pintura negra.

8.4.1.2 Dimensiones.

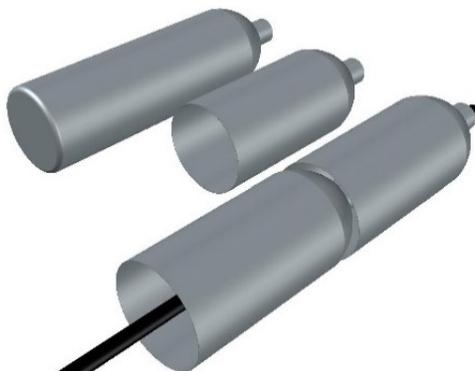
El sistema colector abarca un área de 0,75 m² y consta de 6 tuberías de 20 mm de diámetro (½ pulgada), con 1 m de longitud y un ancho de 0,75 m, cada tubería lleva 6 botellas PET (Lenz, y otros, 2017) el recipiente termoacumulador en este caso se optó por ser de 60 L, el cual tendrá una capa aislante de 20 mm de poliestireno expandido (Barbosa, y otros, 2019)

8.4.1.3 Procedimiento.

- A. A cada botella hacerle un corte en la parte inferior, se requiere que estén unidas unas con las otras, insertando el cuello de la botella en el corte realizado. En cada extremo de la hilera en serie de las botellas la tubería se unirá por el cuello de la botella.

Ilustración 20.

Cortes y disposición de tubería a través de las botellas PET

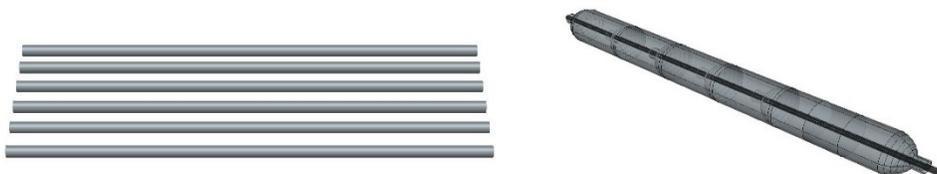


Fuente: *Elaboración Propia*

- B. Antes de ajustar totalmente las botellas, es necesario el recubrimiento de estas con las envolturas metálicas (a los costados y en la parte inferior).
- C. La tubería de PVC de $\frac{1}{2}$ pulgada tendrá que cortarse en 6 secciones de 1 m y pintarse de negro, posterior a esto, la tubería se inserta en la hilera de las botellas.

Ilustración 21.

Tuberías y vista de tubería insertada en botellas PET

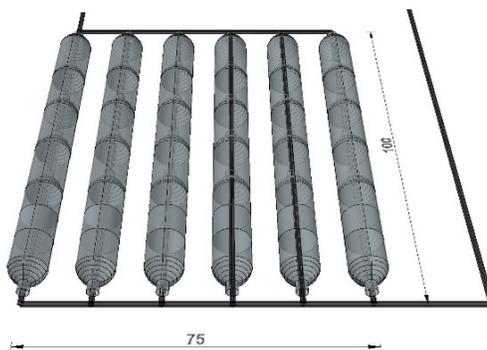


Fuente: *Elaboración Propia*

- D. Cada extremo de las tuberías de PVC se une a una T hacia una tubería principal (horizontal) que esparce y recoge el agua fría y caliente respectivamente, ubicadas en la parte superior e inferior del colector. Para los costados del colector se necesitarán codos.

Ilustración 22.

Recolector solar



Fuente: *Elaboración Propia*

- E. El colector deberá estar inclinado a 35° .
- F. El recipiente termoacumulador se recubre por tres capas distintas, se adhiere envolturas metálicas, posterior poliestireno expandido de 20 mm (2 cm), otra capa de envoltura y por último, un adhesivo envolvente.

Ilustración 23.

Tanque termoacumulador

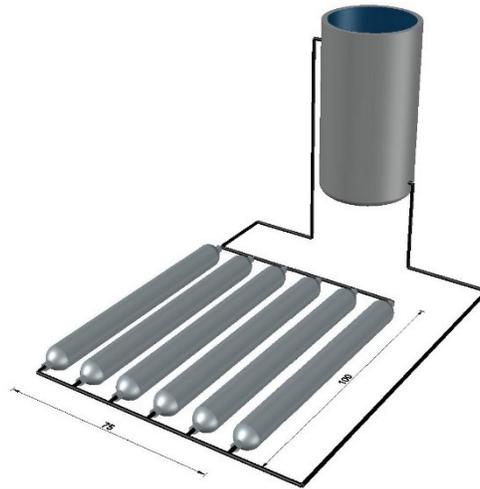


Fuente: *Elaboración Propia*

G. La tubería principal superior e inferior se unirá al termoacumulador en la sección superior e inferior respectivamente.

Ilustración 24.

Ejemplo de un calentador solar con base en botellas PET



Fuente: *Elaboración Propia*

H. Se instala una tubería en la parte superior del termoacumulador, en donde en ella saldrá el agua para consumo.

8.4.2 Cocina Solar Tipo Caja

8.4.2.1 Materiales a utilizar.

- Bandeja absorbente de aluminio
- Material aislante (cartón corrugado, poliestireno expandido y papel periódico)
- Esmalte polimérico como cubierta transparente (vinipel).
- Espejo de vidrio de silicato (papel aluminio).
- Tablero duro.

8.4.2.2 Dimensiones

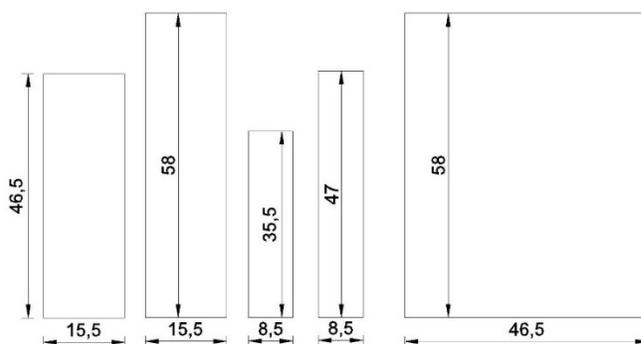
La dimensión de la estructura o el tablero duro son de 58 cm de longitud, 46,5 cm de extensión y 15,5 cm de altitud con 2,5 mm de espesor; el espejo de vidrio es de 54,6 cm de longitud, 40,5 cm de extensión y de 4 mm de espesor; La bandeja absorbente de 47 cm de longitud, 35,5 cm de extensión y 8,5 cm de altitud con 0,35 mm de espesor, la cubierta transparente posee estas mismas dimensiones pero con 2,75 mm de espesor; Por último, el material aislante estaría compuesto por 3 capas, para los costados es de 5 cm, 2 cm para cartón corrugado, 2 cm para poliestireno expandido y 1 cm para cartón corrugado y el fondo es de 3,5 cm, 0,5 cm para papel periódico, 1 cm para cartón corrugado y 2 cm para poliestireno expandido (Mahavar et al., 2012).

8.4.2.3 Procedimiento.

- A. Medir y cortar el tablero duro con las longitudes nombradas anteriormente para cada una de las caras de la caja; costados (46,5 cm x 15,5 cm), al frente y atrás (58 cm x 15,5 cm). Esto también para la sección interior (ubicación bandeja absorbente); lados (35,5 cm x 8,5 cm), al frente y atrás (47 cm x 8,5 cm). Contando con la base de la caja (58 cm x 46,5 cm).

Ilustración 25.

Piezas de la sección interior y exterior con la base

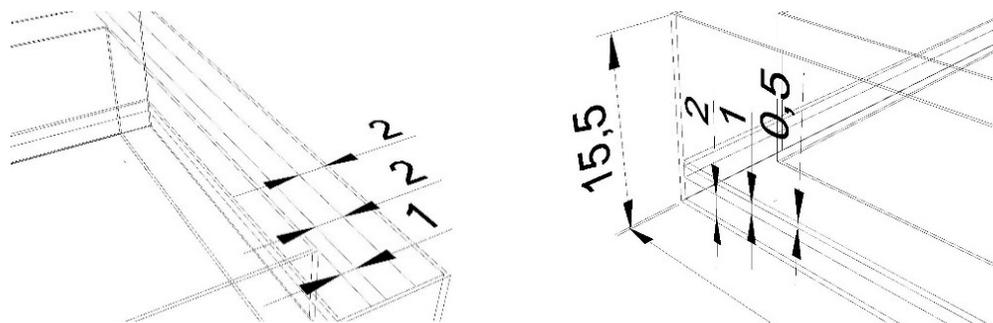


Fuente: *Elaboración Propia*

- B. Unir las piezas exteriores y rellenar con el material aislante tanto en los costados como en el fondo según las medidas descritas anteriormente.

Ilustración 26.

Material aislante en el fondo y costados

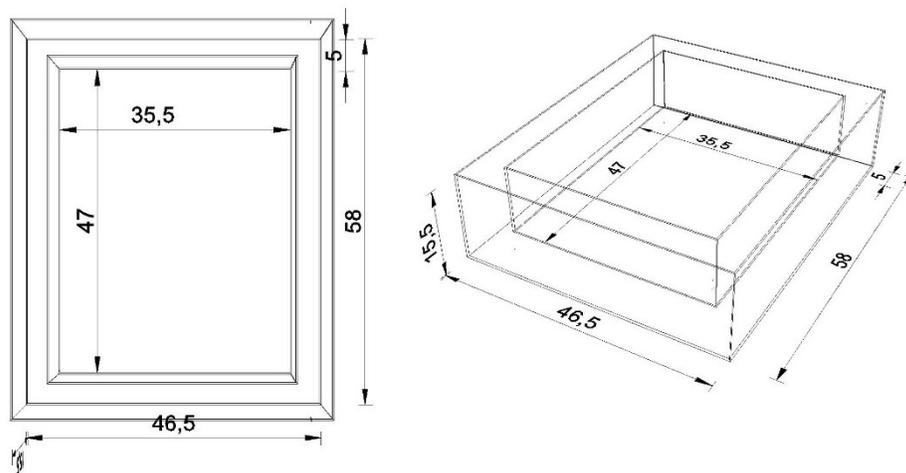


Fuente: *Elaboración Propia*

- C. Unir las piezas interiores y ubicarla en el centro a 5 cm de cada borde.

Ilustración 27.

Piezas de la sección interior y exterior unidas

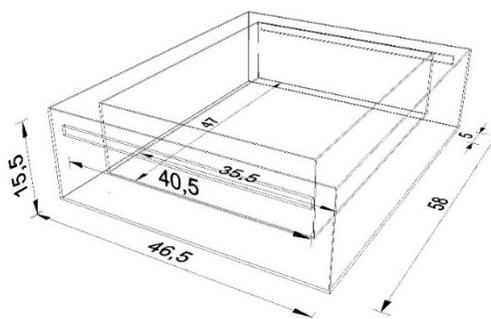


Fuente: *Elaboración Propia*

- D. Insertar una sección de 40,5 cm x 1-2 cm a los costados, de un espesor adecuado para la realización de orificios en línea para ajustar el ángulo del espejo.

Ilustración 28.

Sección insertada para ángulos del espejo

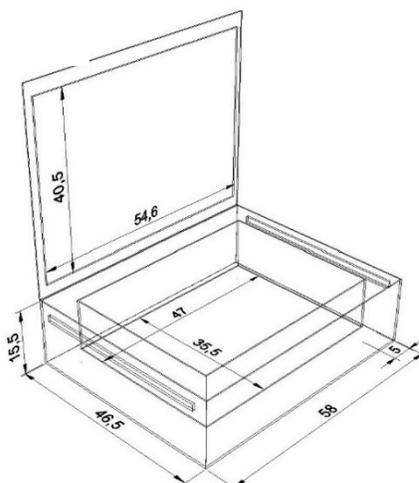


Fuente: *Elaboración Propia*

- E. En la sección interna se ubica la bandeja absorbente de aluminio y se recubre con una pintura negra mate.
- F. Se realiza un marco para el espejo, como también, dos secciones en los costados, en donde se van a ubicar cuatro pies de apoyo para cada costado para así sostener la tapa en el ángulo correcto junto con los orificios realizados anteriormente, esto mediante una varilla simple.

Ilustración 29.

Cocina solar con reflector



Fuente: *Elaboración Propia*

- G. Por último, se instala la cubierta transparente o el esmalte polimérico encima de la sección inferior de la cocina solar.

8.4.3 Litro De Luz

8.4.3.1 Materiales A Utilizar.

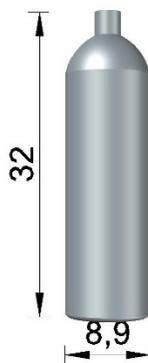
- Botella plástica litro y medio.
- Lejía (cloro).
- Pegamento.
- Bisturí.

8.4.3.2 Dimensiones.

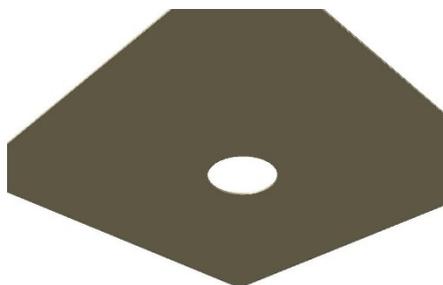
El largo de la botella mide 32,5 cm sin medir el tapón; Una vez tapada 33,3 cm y el diámetro 8,9 cm (son medidas aproximadas).

8.4.3.3 Procedimiento.

- A. Determinar la zona más apropiada para instalar la bombilla o la botella (donde se necesite una fuente de luz o donde se lleven a cabo la mayoría de las actividades).
- B. Identificar que la zona de instalación no sea vulnerable.
- C. Lavar meticulosamente la botella en el interior y exterior de esta.
- D. Obtener un galón de agua destilada y uno de blanqueador o lejía (el agua esparce la luz y el cloro previniendo que se formen algas en la botella).
- E. Medir la circunferencia de la botella y pasarla al techo marcándola para posteriormente hacer el corte.

Ilustración 30.*Botella PET*Fuente: *Elaboración Propia*

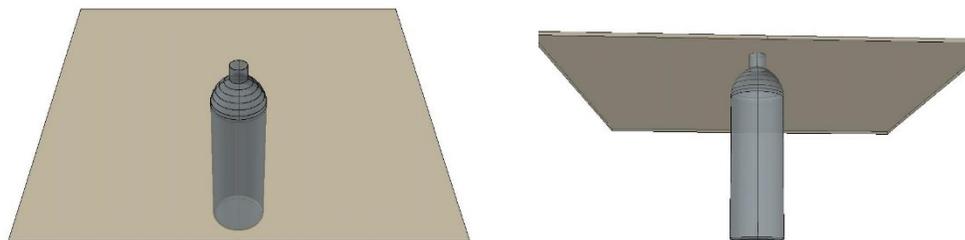
F. Realizar el corte y color la botella a través del agujero.

Ilustración 31.*Ejemplo corte en el techo*Fuente: *Elaboración Propia*

G. Llenar la botella casi por completo con agua destilada para luego terminar de llenar la botella con el cloro, siendo estas aproximadamente 3 cucharadas.

Ilustración 32.

Ejemplo de botella PET instalada en el tejado



Fuente: *Elaboración Propia*

H. Dejar que se mezcle sin agitar la botella.

I. Colocar sellador en la base de la botella y colgarla dentro del techo.

8.4.4 Turbina Eólica De Eje Vertical Tipo Savonius

8.4.4.1 Materiales A Utilizar.

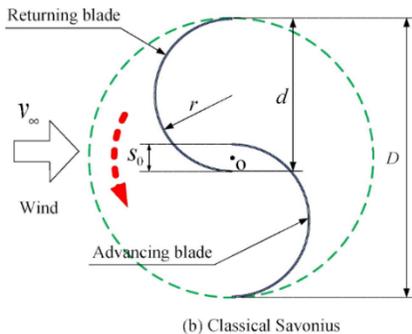
- ✓ Palas del rotor en PVC.
- ✓ Tornillos y arandelas.
- ✓ Chumacera skf fy 505 U.
- ✓ Eje de acero inoxidable de 24 mm diámetro.
- ✓ Acero A36 (soporte).
- ✓ Piñón de 17,5 cm y cadena.
- ✓ Motor (*AmpFlow* M27-150 12 voltios), batería (*UCG range* 7,2 Ah - 12 voltios) y controlador (*morningstar* SHS-6).

8.4.4.2 Dimensiones.

El diámetro del rotor de la turbina es de 65 cm (D) y el de las aspas del rotor es de 36,5 cm (d), su radio sería de 18,25 cm, la proporción de superposición de las aspas sería de 8 cm (s) y por último la altura de las aspas sería de 72 cm (Zhang, Song, Mao, & Tian, 2017), las dimensiones del soporte son 10 cm x 10 cm (cuadro) y con un espesor de 3 mm, su longitud será de 1,3 m (Cueva Barrazueta, 2015).

Ilustración 33.

Componentes básicos para el rotor.



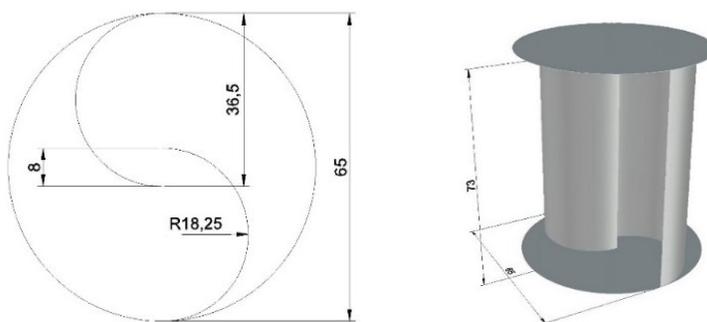
Fuente: Zhang, et al. (2017)

8.4.4.3 Procedimiento.

- A. Construir las palas del rotor en PVC y la tapa superior e inferior con las medidas nombradas anteriormente.

Ilustración 34.

Prototipo del rotor y medidas



Fuente: *Elaboración Propia*

- B. Instalar el soporte en el lugar requerido, el cual se une al suelo y se realiza una perforación de 24 mm para la ubicación del eje del rotor (1,3 metros de longitud).

Ilustración 35.

Soporte de Acero y eje vertical



Fuente: *Elaboración Propia*

- C. Ubicar y ajustar la chumacera interior a la altura correcta en el eje, donde encima de ella irá el piñón.
- D. Insertar el rotor en el eje y encima de este se ajusta la chumacera superior.

Ilustración 36.

Prototipo del rotor instalado



Fuente: *Elaboración Propia*

- E. Se instala la cadena en el piñón y posterior a la instalación del motor, se ubica en este.
- F. Instalar los equipos eléctricos y electrónicos requeridos (motor, batería y controlador), pueden ser ubicados encima del soporte de acero y se recomienda cubrirlos.

Si se quiere profundizar en la adaptación y en la instalación del sistema completo se recomienda revisar (Cueva Barraqueta, 2015).

8.4.5 Biodigestor Casero

8.4.5.1 Materiales A Utilizar.

- Latas de PVC vacías de 30 litros de capacidad
- Recipiente de plástico de cualquier tamaño, considerablemente de 120 litros.
- Cualquier adhesivo a prueba de agua
- Bolsas de recogida de gas (PVC)
- Tubos de PVC
- Válvulas
- Herramientas de soldadura
- Una hoja de sierra
- Un cuchillo afilado
- Componentes: Entrada para alimentar los residuos de cocina, tanque digestor, salida para la materia orgánica, sistema de recolección y almacenamiento de gas.

Procedimiento realizado gracias a Jyothilakshmi & Prakash, (2016).

8.4.5.2 Dimensiones.

Las dimensiones físicas del producto son de 1,65 m × 1 m x 1,27 m (Largo x Ancho x Alto), incluyendo un digestor de 0,65 m³ (Alexander et al., 2019).

8.4.5.3 Procedimiento.

A. Lata de PVC de 30 litros de capacidad actuará como unidad digestiva

Ilustración 37.

Lata PVC de 30 litros



Fuente: *Elaboración Propia*

- B. Para la alimentación de los residuos de cocina se utilizarán tubos de PVC, tubo guía fijado con la cámara de digestión y una tubería se utilizará como salida para la materia orgánica.
- C. Aquí se hacen 3 orificios, un orificio más pequeño para el sistema de suministro de gas, un orificio para fijar la tubería de salida de la materia orgánica y un orificio para fijar el tubo de alimentación de residuos en el lado derecho. Hacer estos agujeros con la ayuda de un cuchillo afilado y hoja de sierra para metales.

Ilustración 38.

Ejemplo orificios



Fuente: *Elaboración Propia*

- D. El tanque de digestión está equipado con un tubo guía central y un tubo de salida para la materia orgánica.

Ilustración 39.

Orificios necesarios para tuberías



Fuente: *Elaboración Propia*

- E. Se cortan dos orificios a través del lado diametralmente opuesto del cuerpo cilíndrico en la mitad inferior de la lata y se introduce un tubo flexible formando bucles dentro de la lata y saliendo por el otro extremo.
- F. Se puede hacer que el agua caliente fluya a través de este bucle de la tubería para mantener una temperatura uniforme dentro del biodigestor en todos los climas.

8.4.5.4 Procedimiento extra.

- ✓ Pretratamiento: Es necesario triturar y/o moler los residuos, como también disolverlo correctamente (Şenol, 2020)

- ✓ Limpieza biogás: Puede filtrarse por medio del carbón activado (absorbe el H_2S (sulfuro de hidrogeno) y compuestos orgánicos volátiles) (Alexander et al., 2019) o como también puede lavarse con agua a presión (eliminación de CO_2) (Varnero Moreno, 2011).

8.5 Paquete

A continuación, se describe la propuesta del paquete de tecnologías limpias, su estructura y presentación.

8.5.1 Presentación De La Propuesta

Las tecnologías limpias se presentarán por medio de un brochure, el cual contará con la siguiente estructura:

- Página de presentación: se mostrará el título del brochure como también información académica, ciudad y año.

Ilustración 40.

Portada del brochure



Fuente: *Elaboración Propia*

- Página de información de energías alternativas usadas: se definirán algunos conceptos, una vez terminado las tecnologías relacionadas con la energía alternativa, se definirá la siguiente energía con sus respectivas tecnologías.

Ilustración 41.

Página información de energías alternativas



Fuente: *Elaboración Propia*

- Página de tecnologías: se presentará la tecnología de forma puntual, su uso, materiales, costo y procedimiento, no más de 3 páginas para cada una.

Ilustración 42.

Página de tecnologías



Fuente: *Elaboración Propia*

- Página final.

8.5.2 Costos

A continuación, se aproximan los costos que puedan abarcar la elaboración de las tecnologías teniendo en cuenta los materiales necesarios.

8.5.2.1 Calentador Solar Con Base En Botellas PET.

Tabla 3.

Costo aproximado calentador solar con base en botellas PET

Nº	Elementos	Cantidad	Costo por unidad (\$)	Costo aproximado (\$)
1	Tubería PVC	11 (metros)	2000	22000
2	Codos	9	500	4500
3	Tubería T	8	600	4800
4	Recipiente	1	70000	70000
5	poliestireno expandido	1	5700	3762
6	pintura en aerosol	400 ml	7600	7600
SUBTOTAL				112662

Fuente: *Elaboración Propia*

8.5.2.2 Cocina Solar Tipo Caja.

Tabla 4.

Costo aproximado cocina solar tipo caja

Nº	Elementos	Cantidad m2	Costo por m2 (\$)	Costo aproximado (\$)
1	Bandeja absorbente	0,164	110000	18700
2	Aislamiento			
	Lados	0,323	9000	2900
	Fondo	0,270	9000	2400

3	Cubierta transparente	0,333	20000	20000
5	Reflector	0,221	3000	3000
6	Estructura	0.950	5150	4900
SUBTOTAL				51900

Fuente: *Elaboración Propia*

8.5.2.3 Turbina Eólica De Eje Vertical Tipo Savionus.

Tabla 5.

Costo aproximado turbina eólica de eje vertical tipo Savionus

N°	Elementos	Cantidad	Costo por unidad (\$)	Costo aproximado (\$)
1	Rotor en PVC	1	53814	53814
2	Eje vertical	1	16000	16000
3	Chumaceras	2	25000	50000
5	Piñon	1	25000	25000
6	Motor	1	168200	168200
7	Batería	1	45000	45000
8	Controlador	1	154519	154519
SUBTOTAL				512533

Fuente: *Elaboración Propia*

8.5.2.4 Litro De Luz.

Tabla 6.

Costo aproximado litro de luz

N°	Elementos	Cantidad	Costo por unidad (\$)	Costo aproximado (\$)
1	Botella plástica litro y medio	1	Reciclado	N/A
2	Agua	1 lt	N/A	N/A

3	Cloro o lejía	½ lt	4000	4000
4	Sellador o pegamento	1	15000	15000
5	Bisturí	1	2000	2000
SUBTOTAL				21000

Fuente: *Elaboración Propia*

8.5.2.5 Biodigestor Casero.

Tabla 7.

Costo aproximado biodigestor casero

N°	Elementos	Cantidad	Costo por unidad (\$)	Costo aproximado (\$)
1	Lata de PVC de 30 l o bidón	1	Reciclado	N/A
2	Adhesivo a prueba de agua	1	16000	15000
3	Bolsas de recogida de gas (PVC)	1	2000	2000
4	Tubos de PVC	3	10000	35000
5	Válvula	1	17000	17000
6	Hoja de sierra	1	5000	5000
7	Cuchillo	1	6000	6000
SUBTOTAL				80000

Fuente: *Elaboración Propia*

Los materiales reciclables y componentes como el agua, no fueron tenidos en cuenta para todas las tecnologías.

8.5.2.6 Costos De Todas Las Tecnologías.

Tabla 8.

Costos totales

N°	Tipo tecnología	Costo aproximado (\$)
1	Calentador solar con base en botellas PET	112662
2	Cocina solar tipo caja	51900
3	Turbina eólica de eje vertical tipo Savionus	512533
4	Litro de luz	21000
5	Biodigestor casero	80000

Fuente: *Elaboración Propia*

8.5.2.7 Costo Beneficio.

Tabla 9.

Relación costo beneficio

Calentador solar con base en botellas PET		Cocina solar tipo caja		Turbina eólica de eje vertical tipo Savionus		Litro de luz		Biodigestor casero	
Año	Flujos efectivos \$	Año	Flujos efectivos \$	Año	Flujos efectivos \$	Año	Flujos efectivos \$	Año	Flujos efectivos \$
0	112662	0	51900	0	512533	0	21000	0	80000
1	38250	1	20000	1	160637	1	7700	1	29000
2	25800	2	16000	2	150000	2	6300	2	24000
3	25000	3	14000	3	130300	3	5800	3	20000
4	35000	4	21000	4	115200	4	10500	4	33500
5	25000	5	22000	5	80000	5	4800	5	17500
VPN ingresos	114306	VPN ingresos	69927	VPN ingresos	496254	VPN ingresos	26716	VPN ingresos	94972
VPN egresos	112662	VPN egresos	51900	VPN egresos	512533	VPN egresos	21000	VPN egresos	80000
Relación costo beneficio	1.014596	Relación costo beneficio	1.34733945	Relación costo beneficio	0.96823766	Relación costo beneficio	1.27220481	Relación costo beneficio	1.18714646

Fuente: *Autoridad Propia*

9 Análisis De Resultados

En el mundo existen una variedad de tecnologías limpias que poco a poco se van generalizando más, muchas de estas no se encuentran enfocadas a ser implementadas a las poblaciones necesitadas, en donde observando su estructura en los hogares por ejemplo se puede estimar que tampoco contarán con un servicio eficiente de servicios básicos y en ciertos casos no tener conexión a estos.

Las tecnologías mencionadas anteriormente son un ejemplo de cuales se podrían implementar en dicho lugar y de qué modo pueden dar un impacto positivo en lo ambiental y socioeconómico. Estas se encuentran directamente relacionadas con energías alternativas (energía solar, eólica y biomasa) y que pueden suministrar agua caliente, electricidad, luz y cocción de alimentos.

Los materiales de las tecnologías son de fácil accesibilidad como también reciclables, con lo cual de manera directa ayuda en el presupuesto para su elaboración y de manera indirecta, a dar impactos positivos al medio ambiente.

Por medio de la rueda de LiDS (Ilustración. 18) se evaluaron las tecnologías limpias y apropiadas teniendo en cuenta los parámetros relacionados al ciclo de vida (materiales de bajo impacto, reducción de materiales, optimización de producción, distribución, vida útil, entre otras), para así escoger las tecnologías más aptas. Debido a que los materiales son en general reciclables y reutilizables generó que la distribución del calentador solar con base en botellas PET, cocina solar tipo caja, turbina eólica de eje vertical tipo Savonius, litro de luz y biodigestor casero tuvieran un menor impacto (mayor área) y por lo tanto ser las tecnologías seleccionadas (Ilustración 19).

Las cocinas solares son una alternativa para suplir ciertas necesidades, si bien, la enseñada anteriormente es de un área pequeña es debido a que su diseño se enfoca en ser económico y de fácil implementación, como también su manipulación (ligera), sin embargo, existen una variedad de cocinas solares, como por ejemplo tipo caja con mayor área, de concentración solar, con paneles solares, de manera indirectas, entre otros (Aramesh et al, 2019). Muchas de estas cocinas pueden evitar situaciones como cuando no se posee una conexión de gas o el suficiente apartado económico se recorren al consumo de materia prima como la madera para la preparación de alimentos, no obstante, estas pueden generar enfermedades respiratorias, gases de efecto invernadero y deforestación (González-Avilés et al., 2017).

El calentador solar con base en botellas PET, de igual manera que la cocina solar, es un modelo de un área menor, debido a que pueden encontrarse inclusive de 10 secciones de tubería y con un tanque de 120 litros (Barbosa, y otros, 2020), el modelo presentado es simplificado teniendo en cuenta el costo de las tuberías, accesorios y tanque termoacumulador, por lo tanto su capacidad se ve altamente relacionada con el volumen de taquen a utilizar y la cantidad de agua caliente a producir del sistema recolector. Las condiciones óptimas del calentador solar con base en botellas se relacionan con el sistema de aislamiento que tendrá el tanque termoacumulador, debido a que el comercial, posee un aislamiento mucho más grueso y compacto (costo mayor), por lo tanto se plantea las capas de aislamiento con poliestireno expandido y envolturas metálicas y al final envolviendo todo con adhesivo envolvente (Barbosa et al., 2019).

Como se evidencia en la tabla 3, la turbina eólica de eje vertical tipo Savonius resultaría ser la más costosa de la propuesta, esto debido a los materiales necesarios (Tabla 2), principalmente a los equipos eléctricos y electrónicos, teniendo en cuenta la elaboración del rotor siendo este un sistema más pequeño en comparación a otros en general (Alizadeh, Jahangir, &

Ghasempour, 2020) la eficiencia como en todos depende del contacto con la energía alternativa, en este caso, la energía eólica, de igual manera, si se requiere mejores eficiencias se debe generar un diseño de mayor tamaño (rotor), teniendo en cuenta el sistema eléctrico y electrónico.

El litro de luz a diferencia de la turbina eólica y demás tecnologías , resulta ser la tecnología más económica (Tabla 8) debido a su sencilla elaboración y materiales de fácil adquisición (Tabla 6) , su eficiencia depende directamente del contacto con la luz solar, iluminando un área determinada, como por ejemplo una habitación donde generalmente es oscura, no se posee conexión eléctrica o simplemente se busca ahorrar dicho servicio, por medio de una botella de litro y medio y el principio de reflexión es lo necesario para simular una bombilla de luz durante el día (World Habita awards, 2014).

El biodigestor casero siendo una tecnología que aprovecha la biomasa como forma de energía es algo más compleja de implementar, sin embargo los materiales que lo conforman son de fácil acceso, además que estos pueden ser reciclados (Tabla 7); este modelo de biodigestor es una versión casera de ejemplos más grandes, como por ejemplo el home biogás (Alexander et al., 2019) el cual es un dispositivo diseñado para producir biogás casero por medio de materia orgánica, tal cual el biodigestor casero a diseñar, el cual posee la misma función y es más económico (Tabla 8).

Con respecto a la relación costo beneficio ubicado en la Tabla 9, los resultados generados indican que la turbina eólica de eje vertical tipo Savonius es un proyecto que difícilmente puede ser generado, puesto que su valor costo beneficio se encuentra por debajo de 1 (<1) lo que da a entender que la tecnología no es factible y no se aceptará, por otra parte, los demás se encuentran por encima del 1 (> 1), lo que indica que el proyecto puede ser aceptado.

En el anexo 1 se muestra el brochure completo con la estructura mencionada anteriormente, resultados generados en esta investigación se debió gracias a las diversas referencias bibliográfica consultadas y la mirada hacia las zonas vulnerables, de manera que puede servir como un insumo para ser elaborados de forma académica o como proyecto empresarial a largo plazo y por consiguiente se logre una iniciativa para reducir la brecha de desigualdad entre las poblaciones más vulnerables.

En el anexo 2 se presenta como artículo científico.

10 Conclusiones

Dando respuesta a los objetivos planteados en esta investigación y los resultados generados se puede concluir que:

- Se propuso un paquete de tecnologías para el enriquecimiento de la calidad de vida de las poblaciones vulnerables, se tuvieron en cuenta los servicios básicos de la población, los materiales, beneficios y procedimientos, se optó a investigar una variedad de tecnologías para tener un amplio rango de selección, sin embargo, estas dependen de la zona de implementación, debido a que la mayoría está directamente relacionada con las condiciones de la zona (Sol, viento, agua, etc).
- A partir de diversas fuentes se logró diagnosticar el estado actual de la población vulnerable en general dando como resultado las condiciones de vida, necesidades básicas como luz, gas y agua, como también la estructura de algunos hogares, los cuales se componen de madera, guadua, caña, desechos de construcción, barro, entre otros y condiciones climatológicas de la zona.
- Por medio de diversas fuentes y referencias bibliográficas se identificaron diversas tecnologías limpias con diferentes metodologías y materiales, las cuales muchas de ellas cubrían algunas necesidades básicas que presentan esta población en específico.
- Gracias a la identificación de las tecnologías, se logró proponer un paquete de tecnologías limpias y apropiadas que puedan ayudar de manera directa tanto a la población vulnerable como al medio ambiente, debido a que se utilizan materiales de bajo costo como también reciclables y no generan algún tipo de afectación al

medio ambiente, es así que las tecnologías de mayor accesibilidad y elaboración fueron presentadas en un *brochure*.

11 Recomendaciones

- Incluir otro tipo de tecnologías que obedezcan a otras energías alternativas como por ejemplo hidroeléctrica y geotérmica, en donde estas puedan ser adaptadas a una menor escala y ser instaladas en los hogares.
- Profundizar en la energía solar fotovoltaica tanto para la población vulnerable como la adaptación a edificaciones en zonas urbanas, teniendo en cuenta los costos que pueden llegar a generar.
- Conocer de manera más profunda las necesidades que presentan las poblaciones vulnerables y dependiendo del lugar geográfico en la que se encuentre, proponer tecnologías que mejoren su calidad de vida.
- El paquete de tecnologías mostrado en el brochure es un insumo para que a largo plazo pueda llegar a ser utilizado como un proyecto empresarial, elaborando así las tecnologías y extendiendo mucho más su concepto e importancia.

12 Referencias

- Franco , J. (2016). Destiladores solares tipo invernadero. En M. A. Laborde, & R. Williams, *Energía Solar* (págs. 143-155). Buenos Aires: Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Obtenido de https://www.ancefn.org.ar/user/FILES/PUBLICACIONES/Energia_Solar.pdf
- Placco, C., & Saravia, L. (2016). Generación de energía eléctrica solar térmica. En M. A. Laborde, & R. Williams, *Energía solar* (págs. 38-57). Buenos Aires: Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Obtenido de https://www.ancefn.org.ar/user/FILES/PUBLICACIONES/Energia_Solar.pdf
- Varnero Moreno, M. T. (2011). *Manual de biogás*. Santiago de Chile: FAO. Obtenido de <http://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>
- World Habita awards. (2014). *Un litro de luz*. Obtenido de World habitat awards: <https://world-habitat.org/es/premios-mundiales-del-habitat/ganadores-y-finalistas/un-litro-de-luz/#award-content>
- Al-Bahadly, I. (2009). Building a wind turbine for rural home. *Energy for Sustainable Development*, 13(3), 159-165.
doi:<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.esd.2009.06.005>
- Alcaldía local de Sumapaz. (2018). *Identificación y priorización escenarios riesgo*. Bogotá: Alcaldía Bogotá. Obtenido de <http://sumapaz.gov.co/milocalidad/plan-local-gestion-del-riesgo-y-cambio-climatico-sumapaz>

Alexander, S., Harris, P., & McCabe, B. K. (2019). Biogas in the suburbs: An untapped source of clean energy? *Journal of Cleaner Production*, 215, 1025-1035.

doi:<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.118>

Alizadeh, H., Jahangir, M. H., & Ghasempour, R. (2020). CFD-based improvement of Savonius type hydrokinetic turbine using optimized barrier at the low-speed flows. *Ocean Engineering*, 202, 107178.

doi:<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.107178>

Aramesh, M., Ghalebani, M., Kasaeian, A., Zamani, H., Lorenzini, G., Mahian, O., & Wongwises, S. (2019). A review of recent advances in solar cooking technology.

Renewable Energy, 140, 419-435.

doi:<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.03.021>

Araus, M. (19 de Junio de 2014). *Actualidad*. Obtenido de El Definido:

https://eldefinido.cl/actualidad/mundo/2470/Conoce_las_tejas_y_calles_que_se_comen_e_l_smog/

Arboleda Montaña, N. (2016). Diagnostico del sistema de aprovechamiento del agua lluvia en el consejo comunitario de la comunidad Negra de Los Lagos, Buenaventura. *Luna Azul*(43),

29-55. Obtenido de <https://ezproxy.uan.edu.co:2203/ps/start.do?p=IFME&u=uanna>

Avelar Roblero, J. U., Sánchez Bravo, J. R., Domínguez Acevedo, A., Lobato de La Cruz, C., & Mancilla Villa, O. R. (2019). Validación de un prototipo de sistema captación de agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano. *Idesia (Arica)*, 37, 53-59. Obtenido de

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S071834292019005000302&script=sci_abstract&tlng=en

Averigue sobre las granjas verticales. (8 de Octubre de 2014). Obtenido de Agriculturers:

<https://agriculturers.com/averigue-sobre-las-granjas-verticales/>

Barbosa, E. G., Araujo, M. E., Lopes, R. P., Martins, M. A., Moraes, M, J. D., Barbosa, E. G., &

Falconí, J, H. H. (2020). Exergetic, economic and environmental (3E) analysis of a low cost solar heater in different configurations. *Renewable Energy*, 160, 1096-1104.

doi:<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.07.060>

Barbosa, E. G., Araujo, M. E., Moraes, M, J. D., Martins, M. A., Alves, B, G. X., & Barbosa, E.

G. (2019). Influence of the absorber tubes configuration on the performance of low cost solar water heating systems. *Journal of Cleaner Production*, 222, 22-28.

doi:<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.020>

Basán Nickisch, M., Sánchez, L., Tosolini, R., Tejerina Díaz, F., & Jordan, P. (2016).

Aprovechamiento del agua de lluvia para usos múltiples en los Bajos Submeridionales y áreas de influencia. *Instituto Nacional de Tecnologías Agropecuaria*, 1-16. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manejo_del_agua_de_lluvia_para_consumo_humano_animales_de_granja_y_huertas.pdf

Becerra Elejalde, L. L. (15 de julio de 2019). *LA REPÚBLICA: Así es el mapa de la pobreza en*

Colombia que debe sortear Iván Duque. Obtenido de Así es el mapa de la pobreza en

Colombia que debe sortear Iván Duque: <https://www.larepublica.co/>

Berardi, U. (2016). The outdoor microclimate benefits and energy saving resulting from green

roofs retrofits. *Energy and Buildings*, 121, 217-229.

doi:<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.03.021>

- Caduff, M., Huijbregts, M. A. J., Althaus, H. J., Koehler, A., & Hellweg, S. (2012). Wind Power Electricity: The Bigger the Turbine, The Greener the Electricity? *Environmental Science & Technology*, 46(9), 4725-4733. doi:<https://doi.org/10.1021/es204108n>
- Canales, H. J. (2020). Tecnologías limpias como fuente de ventaja competitiva empresarial. *ACADEMO Revista de Investigación en Ciencias Sociales y Humanidades*, 7(1), 97-104. Obtenido de <http://www.uamericana.edu.py/revistacientifica/index.php/academo/article/view/307>
- Cantillo Ramirez, L. J. (4 de Julio de 2018). *Viviendas flotantes municipio río sucio-choco*. Obtenido de issuu: <https://issuu.com/cartillasinvestigacion/docs/viviendas-flotantes-municipio-rio-sucio-choco>
- Carvajal-Romo, G., Valderrama-Mendoza, M., Rodríguez-Urrego, D., & Rodríguez-Urrego, L. (2019). Assessment of solar and wind energy potential in La Guajira, Colombia: Current status, and future prospects. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 36, 100531. doi:<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.seta.2019.100531>
- Castro, A. C., Arámbula, A. L., Centeno, A., & Giraldo, S. A. (2009). Degradacion heliofotocatalitica de Escherichia coli en sistemas tipo desinfeccion SODIS, con dióxido de titanio modificado. *Informacion Tecnologica*, 20(6), 29-36. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642009000600005&script=sci_arttext
- Chaidez, C., Ibarra-Rodríguez, J. R., Valdez-Torres, J. B., Soto, M., Gerba, C. P., & Castro-del Campo, N. (2016). Point-of-use Unit Based on Gravity Ultrafiltration Removes Waterborne Gastrointestinal Pathogens from Untreated Water Sources in Rural

Communities. *Wilderness & Environmental Medicine*, 27(3), 379-385.

doi:<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wem.2016.05.006>

Condorí, M. A. (2016). Secadores solares. En M. A. Laborde, & R. Williams, *Energía Solar* (págs. 77-87). Buenos Aires: Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Obtenido de https://www.ancefn.org.ar/user/FILES/PUBLICACIONES/Energia_Solar.pdf

Cueva Barraqueta, L. V. (2015). *Diseño y construcción de un generador eólico de eje vertical tipo Savonius para producir 20 watts*. Escuela politécnica nacional. Quito: [tesis de pregrado]. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10538>

DANE. (4 de Julio de 2018). *Comunicado de prensa: censo nacional de población y vivienda (CNPV)*. Obtenido de DANE información para todos: <https://www.dane.gov.co/files/censo2018/informacion-tecnica/cnpv-2018-comunicado-3ra-entrega.pdf>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2018). *¿Como vivimos?* Obtenido de DANE información para todos: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018/como-vivimos>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2020). *LA INFORMACIÓN DEL DANE EN LA TOMA DE DECISIONES DE LOS DEPARTAMENTOS - La Guajira*. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/>

- Díaz, I. (2016). Granjas verticales: una respuesta sostenible al crecimiento urbano. *Revista Prisma Tecnológico*, 7(1), 3-6. Obtenido de <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma/article/view/1255>
- Domínguez Calvo, G., Morejón Mesa, Y., & Travieso Ruiz, C. C. (2015). Influencia del color y forma del colector solar en el secado de semillas de soya. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24, 62-77.
- EcoInventos. (19 de Abril de 2019). *EcoInventos green technology*. Obtenido de <https://ecoinventos.com>
- EcoInventos. (23 de Junio de 2020). *Cocina solar, la forma ecológica de cocinar con el sol*. Obtenido de EcoInventos green technology: <https://ecoinventos.com/cocina-solar-elige-la-tuya-entre-diferentes-modelos/>
- EcoInventos. (9 de Noviembre de 2020). *Sistema de captación de agua de lluvia para usar como agua potable*. Obtenido de EcoInventos green technology: <https://ecoinventos.com/sistema-de-captacion-de-agua-de-lluvia-para-usar-como-agua-potable/>
- Espada, B. (11 de Marzo de 2013). *Elblogverde*. Obtenido de <https://elblogverde.com/granjas-verticales-3-nuevos-disenos-en-seattle/>
- Felipe Lujána, A., Felipe Isaza, A., Alexander Duque, E., & Chica, S. (2013). Calentador solar ecológico automatizado con base en botellas PET. *Revista CINTEX*(18), 259+. Obtenido de [//ezproxy.uan.edu.co:2203/ps/start.do?p=IFME&u=uanna](http://ezproxy.uan.edu.co:2203/ps/start.do?p=IFME&u=uanna)

- Fernández, S. (16 de Noviembre de 2017). *Diario Renovables: homebiogas producir biogas en casa*. Obtenido de homebiogas producir biogas en casa:
<https://www.diariorenovables.com>
- García Arbeláez, C., Vallejo, G., Higgings, M. L., & Escobar, E. M. (2016). El Acuerdo de París. Así actuará Colombia frente al cambio climático. (pág. 52). Cali, Colombia: WWF-Colombia. Obtenido de
https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/colombia_hacia_la_COP21/el_acuerdo_de_paris_frente_a_cambio_climatico.pdf
- García, D. W. (2020). Trading solar panels for grid power: An ethnography of rural energy service in Peru. *Journal of Rural Studies*, 78, 254-261.
doi:<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.06.017>
- González, J. H. (s.f). *Revista De Acuerdo*. Obtenido de
<https://www.revistadeacuerdo.org/2017/05/17/el-litro-de-luz-agua-que-ilumina/>
- González-Avilés, M., López-Sosa, L., Servín-Campuzano, H., & González-Pérez, D. (2017). Adopción tecnológica sustentable de cocinas solares en comunidades indígenas y rurales de Michoacán. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 16(1), 273-282. Obtenido de
<https://www.redalyc.org/pdf/620/62049878026.pdf>
- Hernández, A. L., & Quiñonez, J. E. (2016). Colectores solares calentadores de aire para la calefacción de edificios. En M. A. Laborde, & R. Williams, *Energía Solar* (págs. 58-67). Buenos Aires: Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Obtenido de
https://www.ancefn.org.ar/user/FILES/PUBLICACIONES/Energia_Solar.pdf

- Hoffman, L. A., & Ngo, T. T. (2018). Affordable solar thermal water heating solution for rural Dominican Republic. *Renewable Energy*, *115*, 1220-1230.
doi:<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.09.046>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2014). *Atlas climatológico, radiación solar y viento*. Obtenido de ATLAS:
<http://atlas.ideam.gov.co/presentacion/>
- Jyothilakshmi, R., & Prakash, S. V. (2016). Design, Fabrication and Experimentation of a Small Scale Anaerobic Biodigester for Domestic Biodegradable Solid Waste with Energy Recovery and Sizing Calculations. *Procedia Environmental Sciences*, *35*, 749-755.
doi:<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.085>
- Khan, S. T., & Malik, A. (2019). Engineered nanomaterials for water decontamination and purification: From lab to products. *Journal of Hazardous Materials*, *363*, 295-308.
doi:<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.09.091>
- Laborde, A. N., & Williams, R. (2016). *Energía Solar*. Buenos Aires: Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Obtenido de
https://www.ancefn.org.ar/user/FILES/PUBLICACIONES/Energia_Solar.pdf
- Lenz, A. M., Colle, G., de Souza, N. M., Prior, M., Camargo Nogueira, C. E., dos Santos, R., . . . Secco, D. (2017). Evaluation of three systems of solar thermal panel using low cost material, tested in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, *167*, 201-207.
doi:<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.149>
- Lifestraw. (s.f). *Lifestraw.com*. Obtenido de <https://www.lifestraw.com/products/lifestraw>

- Machado Toranzo, N., Lussón Cervantes, A., Oro Carralero, L. L., Bonzon Henríquez, J., & Escalona Costa, O. (2015). Seguidor Solar, optimizando el aprovechamiento de la energía solar. *Ingeniería Energética*, 36(2), 190-199. Obtenido de <https://ezproxy.uan.edu.co:2203/ps/start.do?p=IFME&u=uanna>
- Mahavar, S., Sengar, N., Rajawat, P., Verma, M., & Dashora, P. (2012). Design development and performance studies of a novel Single Family Solar Cooker. *Renewable Energy*, 47, 67-76. doi:<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.04.013>
- Medina Rincón, S., & Venegas Camargo, A. (2018). ENERGIAS RENOVABLES: Un futuro optimo para Colombia. *Punto de Vista*, 9(13). Obtenido de <https://ezproxy.uan.edu.co:2203/ps/start.do?p=IFME&u=uanna>
- Mejía, A, A. R., Vásquez, J. A., & González, A. L. (2012). Bacterias, fuente de energía para el futuro. *Tecnura*, 16(32), 117-142. doi:<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2012.2.a10>
- Negocios verdes*. (29 de Diciembre de 2014). Obtenido de Semana sostenible: <https://sostenibilidad.semana.com/negocios-verdes/articulo/litro-luz-el-delgado-limite-entre-inspiracion-plagio/32356>
- ONU. (28 de Mayo de 2019). *Aire*. Obtenido de ONU programa para el medio ambiente: <https://www.unenvironment.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/cuatro-innovaciones-para-limpiar-el-aire-de-nuestras-ciudades>
- ONU. (17 de Junio de 2019). *Poblaciones*. Obtenido de Naciones Unidas : <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/population/index.html>

- Ortiz-Ruiz, N., & Díaz-Grajales, C. (2018). Una mirada a la vulnerabilidad social desde las familias. *Revista Mexicana de Sociología*, 80(3), 611-638. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-25032018000300611
- Pichel, N., Vivar, M., Fuentes, M., & Eugenio-Cruz, K. (2020). Study of a hybrid photovoltaic-photochemical technology for meeting the needs of safe drinking water and electricity in developing countries: First field trial in rural Mexico. *Journal of Water Process Engineering*, 33, 101056. doi:<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.101056>
- Roncancio, D. J., Cutter, S. L., & Nardocci, A. C. (2020). Social vulnerability in Colombia. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 50, 101872. doi:<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101872>
- Roubík, H., & Mazancová, J. (2020). Suitability of small-scale biogas systems based on livestock manure for the rural areas of Sumatra. *Environmental Development*, 33, 100505. doi:<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envdev.2020.100505>
- Sánchez, C. F. (8 de Marzo de 2016). *Un litro de luz*. Obtenido de BID Mejorando vidas: <https://blogs.iadb.org/efectividad-desarrollo/es/un-litro-de-luz/>
- Santamouris, M. (2013). Cooling the cities – A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. *Solar Energy*, 103, 682-703. doi:<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.solener.2012.07.003>
- Şenol, H. (2020). Anaerobic digestion of hazelnut (*Corylus colurna*) husks after alkaline pretreatment and determination of new important points in Logistic model curves.

Bioresource Technology, 300, 122660.

doi:<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122660>

Sosa, L, B. L., Avilés, M. G., Pérez, D. G., & Gutiérrez, Y. S. (2014). Rural Solar Cookers, an Alternative to Reduce the Timber Resource Extraction through the Use of Renewable Energy Sources: Technology Transfer and Monitoring Project. *Energy Procedia*, 57, 1593-1602. doi:<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.10.151>

Sukarman, H., & Soeprapto Putri, N. K. (2018). Green Information Technology Policy in Indonesia. *International Conference on Information Management and Technology*, 309-314. Obtenido de <https://ezproxy.uan.edu.co:2139/document/8528181>

Tejas purificadoras del aire. (25 de Mayo de 2018). Obtenido de Tejas purificadoras del aire: <http://tejaspurificadorassa.blogspot.com/>

Torres Hugues, C. R., & Lázara Fresquet Blanco, A. (2019). Captación de lluvia para descarga de inodoros en edificio alto en el Vedado, La Habana. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 40(1), 122-135. Obtenido de <https://ezproxy.uan.edu.co:2203/ps/start.do?p=IFME&u=uanna>

Torres Hugues, R. (2019). La captación del agua de lluvia como solución en el pasado y el presente. *INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL*, 40(2), 125-139. Obtenido de <https://ezproxy.uan.edu.co:2203/ps/start.do?p=IFME&u=uanna>

Trujillo Hernandez, C. L., Patacón, S., & Velez, H. (2015). Diseño y modelado de un inversor monofásico para conexión a la red eléctrica a partir de paneles. *Redes de Ingeniería*, 6, 18+. Obtenido de <https://ezproxy.uan.edu.co:2203/ps/start.do?p=IFME&u=uanna>

- Vijayaraghavan, K. (2016). Green roofs: A critical review on the role of components, benefits, limitations and trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, 740-752.
doi:<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.119>
- Vivas Fuentes, L., & Diez Cortes, J. D. (2016). Política social en Colombia: una revisión desde el enfoque macroeconómico. *Revista Gestión y Región*(22), 33+. Obtenido de <https://ezproxy.uan.edu.co:2203/ps/start.do?p=IFME&u=uanna>
- Waste Management Review. (14 de Junio de 2016). *Waste Management Review*. Obtenido de <https://wastemanagementreview.com>
- Yávar, J. (18 de Octubre de 2014). *ArchDaily*. Obtenido de <https://www.archdaily.co/co/755620/un-litro-de-luz-iluminacion-autosostenible-con-botellas-recicladas>)
- Zhang, B., Song, B., Mao, Z., & Tian, W. (2017). A novel wake energy reuse method to optimize the layout for Savonius-type vertical axis wind turbines. *Energy*, 121, 341-355.
doi:<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.01.004>
- Zuñiga, I, Y. C., Flores, M, R. S., & Lona, L. R. (2016). LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS LIMPIAS PARA LA SUSTENTABILIDAD EMPRESARIAL: CASO DE DOS EMPRESAS DEL SECTOR FINANCIERO. *Red Internacional de Investigadores en Competitividad*, 9(1), 1847-1863. Obtenido de <https://riico.net/index.php/riico/article/view/102>

13 Anexos

Anexo 1. Resultados mostrados en formato tipo brochure (PDF)

Anexo 2. Artículo Científico