

**Punto piloto experimental para generación no convencional de energía con
fuentes renovables.**

(Modelo para Bogotá)

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

Magíster en Diseño Sostenible



Arq. José David Cubillos Parra

Universidad Católica de Colombia
Facultad de Diseño. Maestría en Diseño Sostenible
Bogotá, Colombia
2019

**Punto piloto experimental para generación no convencional de energía con
fuentes renovables.**

(Modelo para Bogotá)

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

Magíster en Diseño Sostenible



Director:

Dr. Arquitecto Claudio Varini

Universidad Católica de Colombia
Facultad de Diseño. Maestría en Diseño Sostenible
Bogotá, Colombia
2019



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Resumen

Con esta investigación desde de la identificación de nuevas tecnologías existentes, renovables, sostenibles, limpias, de bajo impacto, o gratuitas y en general eficientes a implementar; se busca definir un prototipo experimental de estaciones generadoras (y multipropósito) en el espacio público a partir de energías alternativas que permitan atender la demanda sectorial e implementar alternativas de reconversión energética.

La propuesta se plantea a partir del espacio público, porque se considera que este ha venido siendo subvalorado, en tanto, ante el ciudadano común se vislumbra solamente como espacio para la recreación, el disfrute sociocultural, el enriquecimiento del paisaje urbano y como componente del sistema de movilidad peatonal, se piensa entonces que también puede ser visto como generoso recurso público para la generación energética, donde además se pueden evitar las limitaciones normativas en la regulación de propuestas de autogeneración a pequeña escala que aplican para la propiedad privada, en consecuencia actuaría también como un factor reductor de cargas tributarias al ciudadano o aportante en la economía local desde la micro-generación.

Por otra parte, en la medida que se concibe la propuesta con implementación de dispositivos amigables con el ambiente a partir de fuentes renovables, limpias y de bajo impacto; de acuerdo al sistema a incorporar se generará un valor agregado según los beneficios de la tecnología utilizada ya que se plantea como multipropósito dentro de las posibles variables que abarca el concepto de sostenibilidad o sustentabilidad, haciendo incluso que pueda considerarse como nuevo elemento dentro de la estructura ecológica principal urbana.

Adicionalmente dentro del ámbito que concierne a la arquitectura específicamente, se pretende conseguir intervenciones con diseños que a través de su estética generen tanto

identidad como visibilización del espacio público al ciudadano y mediante su eficiencia en la función, que enriquezcan tanto el entorno como las dinámicas urbanas, que además puedan generar impacto socioambiental positivo para las comunidades donde sean dispuestas, ya sea como pilotos de aula ambiental o en la gestación de procesos participativos, y según los niveles organizacionales con posibilidades de inclusión en la gestión, construcción, cuidado y mantenimiento de los que serían sus nuevos bienes públicos.

Con la investigación de nuevos materiales y procesos, y el consecuente aumento de eficiencia de las tecnologías en desarrollo, esta propuesta implementada a gran escala pudiera a largo plazo competir con las formas convencionales de generación energética como son las hidroeléctricas y las termoeléctricas, aprovechando fuentes de energía gratuitas y sustentables buscando que no se vea afectado el sistema de generación por los fenómenos climáticos del niño y de la niña como ocurre en el caso de las hidroeléctricas y evitando la generación de gases por combustión como sucede con las termoeléctricas.

Adicionalmente se busca mitigar o disminuir el impacto que normalmente se puede generar por la construcción de redes de conducción del sistema eléctrico desde la fuente hasta la red domiciliaria y a largo plazo establecer fuentes que sumadas constituyan redes de retroalimentación como un sistema urbano que estimule el uso de vehículos eléctricos aportando de esta forma en la disminución de niveles de gases de efecto invernadero y evitando el impacto que generan al ambiente.

Palabras clave: Estaciones generadoras de energía, Energías limpias, Protección del medio ambiente, Energías renovables.

Abstract

With this research from the identification of new existing technologies, renewable, sustainable, clean, low impact, or free and generally efficient to implement; it seeks to define a prototype of generating stations (and multipurpose) in the public space from alternative energies that allow to meet the sectoral demand and implement alternatives for energy reconversion.

The proposal is based on the public space, because it is considered that this has been undervalued, while, before the common citizen, it is only seen as a space for recreation, sociocultural enjoyment, the enrichment of the urban landscape and as a component of the system of pedestrian mobility, then it is thought that it can also be seen as a generous public resource for energy generation, where it is also possible to avoid regulatory limitations in the regulation of proposals for small-scale self-generation that apply to private property, therefore acting as well as a reducing factor of tax charges to the citizen or contributor in the local economy.

On the other hand, to the extent that the proposal is conceived with the implementation of ecological or environmentally friendly devices, according to the system to be incorporated, an added value will be generated according to the benefits of the technology used since it is proposed as a multipurpose within the possible variables covered by the concept of sustainability or sustainability, even allowing it to be considered as a new element within the main urban ecological structure.

Additionally within the scope that concerns architecture specifically, it is intended to achieve interventions with designs that through their aesthetics generate both identity and visibility of public space to the citizen and through its efficiency in the function, which enrich both the environment and urban dynamics, which can also generate positive socio-environmental impact for the communities where they are willing, either as pilots of

environmental classroom or in the gestation of participatory processes, and according to the organizational levels with possibilities of inclusion in the management, construction, care and maintenance of the what would be their new public goods.

This proposal implemented on a large scale seeks to displace long-term conventional forms of energy generation such as hydroelectric and thermoelectric, taking advantage of free and sustainable energy seeking that the generation system is not affected by climatic phenomena of the child and the girl as it happens in the case of hydroelectric plants and avoiding the generation of gases by combustion, as is the case with thermoelectric plants.

Adicionalmente se busca mitigar o disminuir el impacto que normalmente se puede generar por la construcción de redes de conducción del sistema eléctrico desde la fuente hasta la red domiciliaria y a largo plazo establecer fuentes que sumadas constituyan redes de retroalimentación como un sistema urbano que estimule el uso de vehículos eléctricos aportando de esta forma en la disminución de niveles de gases de efecto invernadero y evitando el impacto que generan al ambiente.

Keywords: Energy generating stations, Clean energies, Environmental Protection, Renewable energy.

Tabla de contenido

Introducción	13
1. Generalidades	14
1.1 Descripción del problema	14
1.2 Hipótesis.....	14
1.2.1 Hipótesis de diagnóstico.....	14
1.2.2 Hipótesis de pronóstico	16
1.2.3 Hipótesis de control	17
1.2 Justificación	21
1.3 Objetivos	25
1.3.1 Objetivo general	25
1.3.2 Objetivos específicos	25
1.4 Metodología.....	26
2. Energía en Colombia	27
2.1 Generalidades (antecedentes de una crisis previsible).....	27
2.2 Modelo convencional	29
2.2.1 Termoeléctricas.....	34
2.2.2 Hidroeléctricas	36
2.2.3 Otras.....	40
2.3 Marco normativo y aspectos políticos	40
2.3.1 Entidades que intervienen.....	40
2.3.1.1 Actores marco internacional.....	40
2.3.1.2 Actores modelo y sistema nacional.....	43
2.3.1.3 Competencias administrativas locales.....	48
2.3.2 Normatividad y regulaciones	48
2.3.3 Energía, Plan Nacional de Desarrollo y Agenda en el Marco Internacional	62
3. Espacio público y ecourbanismo	67
3.1 Consideraciones generales, concepto de espacio público	67
3.2 Conceptos de sostenibilidad y criterios eco urbanísticos	67
4. Condiciones específicas del lugar a intervenir	74
4.1 Condiciones de contexto general	74
4.1.1 Características particulares.....	74
4.1.2 Potencialidades en recursos, materias primas y materiales	74
4.2 Condiciones geográficas	75
4.2.1 Ubicación superficie	75
4.2.2 Geomorfología topografía y suelos	77
4.2.3 Hidrología hidrografía.....	78
4.2.4 Vegetación.....	79
4.2.5 Aspectos naturales particulares.....	80

4.3 Condiciones climáticas	81
4.3.1 Vientos	81
4.3.2 Temperaturas	84
4.3.3 Humedad relativa	87
4.3.4 Precipitación	88
4.3.5 Nubosidad.....	93
4.3.6 Brillo solar	94
4.3.7 Radiación solar.....	95
4.4 Consideraciones a futuro.....	97
5. Propuesta de intervención arquitectónica	98
5.1 Programa arquitectónico	98
5.2 Materiales y sistema constructivo (modular).....	99
5.3 Planimetría arquitectónica.....	102
5.4 Tipología y materialidad	106
5.5 Cálculos potencial de generación energética.....	112
5.5.1 Datos de entrada superficies proyecto – dispositivo.....	112
5.5.1.1 Celdas orgánicas fotovoltaicas OPV.....	114
5.5.1.2 Tribo eléctrico.....	116
5.5.1.3 Microbial Fuel Cell Geobacter	116
5.5.1.4 Plant Microbial Fuel Cell.....	117
5.5.1.5 Turbinas hidrocinéticas.....	117
5.5.2 Datos de salida capacidad de generación – sistemas.....	118
5.5.2.1 Películas orgánicas fotovoltaicos.....	118
5.5.2.2 Triboeléctrico fotovoltaico	122
5.5.2.3 Geobacter MFC.....	125
5.5.2.4 Plant Microbial Fuel Cells PMFC	126
5.5.2.5 Microturbinas Lucid Pipe.....	127
5.5.2.6 Mini turbina Tubenergy.....	130
5.6 Síntesis de resultados.....	132
Conclusiones	138
Referencias.....	148
Apéndice 1. Sistemas preexistentes no convencionales de generación a implementar.....	163
Apéndice 2. Energía.....	233

Lista de tablas

Tabla 1. Valores medios multianuales del número de días con lluvia. Periodo 1981-2012	90
Tabla 2. Promedios mensuales de brillo solar para todas las estaciones del país (horas de sol al día)	95
Tabla 3. Programa arquitectónico.....	98
Tabla 4. Fuentes disponibles por condiciones climáticas.....	112
Tabla 5. Recursos disponibles por condiciones geográficas.....	112
Tabla 6. Área ventanería puertas y lucarnas: acrisolamiento superficies verticales.....	114
Tabla 7. Área celosías y luz cenital cubierta: acrisolamiento superficies horizontales.....	114
Tabla 8. Área paneles; fijos y abatibles.....	116
Tabla 9. Área cubierta verde: materas en cubierta (cultivos hidropónicos).....	116
Tabla 10. Área muro verde (bandejas de materias (terrarios).....	117
Tabla 11. Datos climatológicos de radiación directa y los datos de rendimiento correspondientes	119
Tabla 12. Promedio radiación global Wh/m ² por día-Bogotá	120
Tabla 13. Pánél orgánico fotovoltaico.....	123
Tabla 14. Película Teng de agua.....	124
Tabla 15. Densidades de potencia	126
Tabla 16. Sistema Geobacter	126
Tabla 17. Sistema Plant MFC	127
Tabla 18. Producción LPS	127
Tabla 19. Potencial teórico por unidad y por sistemas de 4 turbinas en serie.....	128
Tabla 20. Redes con sus características técnicas asociadas.....	129
Tabla 21. Evaluación del consumo	131
Tabla 22. Consumo de agua y energía per cápita (2017)	131
Tabla 23. Potencial teórico máximo de generación del proyecto.....	133
Tabla 24. Consumo de energía eléctrica Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá 2015-2017	134

Lista de figuras

Figura 1. Cómo funciona el Sistema Eléctrico Nacional.....	30
Figura 2. Cómo funciona el mercado.....	31
Figura 3. Ubicación del lote a intervenir	76
Figura 4. Universidad Nacional de Colombia UAV	76
Figura 5. Centro de acopio de residuos sólidos	77
Figura 6. Comparativo entre frecuencia, temperaturas, humedad relativa promedio y carga de lluvia en el comportamiento anual de los vientos para Bogotá	82
Figura 7. Comportamiento comparativo mes a mes para frecuencia de vientos predominantes.....	83
Figura 8. Temperatura máxima promedio	85
Figura 9. Temperatura promedio mínima	85
Figura 10. Temperatura media promedio	86
Figura 11. Comportamiento en los meses intermedios (junio a septiembre).....	86
Figura 12. Humedad relativa promedio en lecturas de datos semanales	87
Figura 13. Lecturas mensuales de humedad relativa	88
Figura 14. Comportamiento compilado de los últimos años de los picos de precipitación	88
Figura 15. Comportamiento compilado de los últimos años de los picos de precipitación	89
Figura 16. Mapa nacional multianual del Atlas Climatológico de Colombia 1981 - 2010	90
Figura 17. Comportamiento mensual expresadas en % y mm durante las horas del día.....	91
Figura 18. Lluvia horaria	92
Figura 19. Porcentaje de promedio de cobertura de nubes.....	93
Figura 20. Media anual promedio para rango de iluminación directa normal	94
Figura 21. Radiación máxima con radiación difusa para 2017	96
Figura 22. Radiación directa máxima en Bogotá para 2017	96
Figura 23. Promedio global de radiación global en Bogotá.....	97
Figura 24. Fachada principal.....	102
Figura 25. Corte general 1	102
Figura 26. Planta General.....	103
Figura 27. Planta cubiertas.....	104
Figura 28. Corte general 2	105
Figura 29. Fachada lateral.....	105
Figura 30. Perspectiva del proyecto costado nororiental.....	106
Figura 31. Perspectiva del proyecto costado suroriental	106
Figura 32. Corte longitudinal fugado módulo occidental (cuarto técnico general, sala de control, taller almacén y servicios)	107
Figura 33. Sección trasnversal servicios (depósito baños vestidores, corredor)	107
Figura 34. Corte longitudinal fugado módulo oriental (sala de conferencias, oficinas, recepción, cafetería).....	108
Figura 35. Corte transversal fugado (sala de control, sala de juntas, oficina, corredores).....	108

Figura 36. Sección trasnversal corredor, cuarto técnico general.....	109
Figura 37. Vista interna corredor doble fachada y muro verde.....	109
Figura 38. Vista módulo oriental costado sur, exterior sala de conferencias.....	110
Figura 39. Vista costado nororiental.....	110
Figura 40. Vista costado suroccidental.....	111
Figura 41. Vista costado noroccidental.....	111
Figura 42. Vista costado suroriental.....	112
Figura 43. Dispositivo Lucid Pipe.....	118
Figura 44. Dispositivo Mini Turbina Tubenergy.....	118
Figura 45. Ecuación - Energía eléctrica generada anualmente por m ² en kWh/m ² -año.....	121
Figura 46. Ecuación - Energía eléctrica generada anualmente por m ² en kWh/m ² -año.....	124

Introducción

En el marco de los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible) planteados por la ONU y acogidos por la CEPAL (Comisión Económica Para América Latina y el Caribe) como agenda para 2030, y teniendo en cuenta la decisión y los acuerdos de los países latinoamericanos ratificados en los COP's (Conferencia de las Partes), la CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático), y el PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) estamentos de los cuales hace parte Colombia, y en los cuales se considera que el cambio de época hace necesario transformar el paradigma existente de desarrollo por uno inclusivo y sostenible; se plantea este trabajo de investigación, con el desarrollo de una propuesta académica arquitectónica a nivel de anteproyecto, con obtención de resultados correspondientes a rendimientos teóricos, presentada sin embargo, como ejemplo de aplicación seria de tecnologías existentes y alternativa para actuaciones concretas en políticas, planes y programas. Se abarca específicamente para el caso de este estudio algunos aspectos del objetivo seleccionado; “7, Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos”; iniciativa enfocada para el caso, en servicios de energía modernos, rendimiento y promoción en el uso de fuentes renovables. Se trabajan las metas principales del objetivo; 7.1 garantizar acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos, a través de una propuesta piloto con sistemas no convencionales avalados y sostenibles, en espacio público, que funciona para zonas no interconectadas; 7.2 aumentar la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas, a partir de la implementación integral de múltiples tecnologías existentes de mediana difusión en una misma estación de generación; 7.3 duplicar la tasa de mejora de eficiencia energética, con la aplicación algunos dispositivos exitosos de rendimientos comprobados y otros de gran posibilidad y eficiencia conforme a resultados de distintas investigaciones.

1. Generalidades

1.1 Descripción del problema

Teniendo en cuenta que en Colombia debido al cambio climático y las modificaciones en temperatura y precipitaciones, se incrementa la desertificación y la deforestación, con afectaciones del sector hidroenergético (CEPAL 2016) lo cual perjudica la oferta energética convencional y en consideración de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS); y de que faltan más intervenciones concretas, para la reconversión tecnológica energética; cómo se pueden aprovechar fuentes renovables para generación de energías sostenibles con implementación de sistemas no convencionales a partir de tecnologías existentes en desarrollo.

1.2 Hipótesis

1.2.1 Hipótesis de diagnóstico. El sistema de oferta energética actualmente no es óptimo puesto que el modelo depende de energías que en principio generan impactos ambientales importantes, como Modificación o pérdida de hábitats naturales, por cambios en el uso del suelo e Intrusión paisajística; Perturbación a la flora y fauna, por actividades que afectan hábitats y especies, Fragmentación del hábitat; consumo de recursos; emisiones de GEI y material particulado; vertimientos y generación de residuos y subproductos. (Iberdrola, 2017).

Además dado que el sector energético se ve castigado por el cambio climático y los desastres naturales, como se evidencia en el documento Evaluación de Potencial de Crecimiento Verde (GGPA) para Colombia “Más en detalle, los cambios previstos para finales del siglo XXI se asocian a: a) un aumento de la temperatura media anual de 2,4 %; b) la afectación del nivel de precipitación en 31 % del territorio nacional, lo que implica deslizamientos, inundaciones y daños a la infraestructura y c) una intensificación de los fenómenos de El Niño y La Niña (Ideam y PNUD, 2015). En particular, el efecto de La Niña de 2010-2011 con sus impactos por 11,23

billones de pesos (BID y CEPAL, 2012) provocó que Colombia fuera catalogado como el tercer país más vulnerable del mundo al cambio climático (Harmeling, 2011).” Sumado esto, a los costos propios en la cadena de generación, transmisión y distribución, en tanto la energía debe conducirse desde centrales lejanas hasta las redes metropolitanas locales, sectoriales y hasta las domiciliarias.

Adicionalmente en el modelo de generación convencional mientras que las hidroeléctricas se ven afectadas directamente por el clima con los fenómenos llamados del niño y de la niña, el sistema de generación de energía se apoya en termoeléctricas, que por su funcionamiento a base de combustión de carbón mineral, gas natural propano y otros, emiten gases de efecto invernadero y material particulado a la atmósfera. Lo anterior evidencia tanto la deficiencia del modelo existente, como la falta de intervenciones concretas, en este caso implementación escasa para generación de energías no convencionales, limpias, renovables, gratuitas y en ese sentido de bajo impacto o de impacto cero en algunos casos.

Hasta ahora se están generando las primeras alternativas de parques eólicos en nuestro país y ya tenemos ejemplos de parque solares en el mundo, sin embargo en ambos casos estos requieren de grandes zonas concentradas que normalmente se ubican lejos de las ciudades o poblaciones a donde tiene que llegar la energía; “El modelo energético en uso se caracteriza por la concentración y especialización territorial, donde los recursos, los centros de transformación y generación y el consumo están, en muchas ocasiones, a grandes distancias, incluso continentales. El consecuente transporte, tanto de la energía primaria como de la electricidad, entre los centros de recursos, generación y consumo, implica numerosos impactos sobre el territorio y el medio ambiente.” (J. Domínguez 2010), si se piensa en el espacio público como recurso potencial para el aprovechamiento de energías alternativas podríamos descentralizar los puntos de generación dispersándolos sobre el extenso espacio público de una ciudad para formar una red de generación

cercana o en los mismos puntos a donde se debe conducir la energía, mitigando en varios sentidos el impacto generado, evitando las limitaciones normativas existentes para autogeneración y en general ampliando el espectro de posibilidades de intervención y en cierto modo facilitando también su financiamiento.

1.2.2 Hipótesis de pronóstico. Se necesita urgentemente cambio de modos, sustitución energética y reconversión tecnológica; según el informe mensual de variables de generación y del mercado eléctrico colombiano – agosto de 2018 subdirección de energía eléctrica – grupo de generación del SIEL, en nuestro país casi el 70% de energía la producen hidroeléctricas, mientras que el resto de la oferta prácticamente la producen las termoeléctricas, generadores menores y cogeneradores, a partir de hidrocarburos, derivados de petróleo, combustible fósil y biocombustibles; con una pobrísima participación del 0.16% de tecnología solar y eólica.

Por otra parte,

Si bien Colombia es un país que no contribuye considerablemente a las emisiones globales de GEI (contribuye aproximadamente con 0,37% de las emisiones mundiales, su alta dependencia en el recurso hídrico para generación eléctrica lo hace altamente vulnerable a los efectos del cambio climático... Es importante para Colombia diversificar sus fuentes de generación eléctrica para evitar un aumento significativo en emisiones de GEI a 2025 (aumento del 100%) y reducir la vulnerabilidad del sistema ante posibles efectos del cambio climático. (Fedesarrollo, 2013).

Si no se prevén alternativas, estrategias y planes que rompan los paradigmas actuales pasaremos del déficit y de la zona de riesgo a un escenario crítico de carencia y racionamiento inevitable, como se vislumbró en 2017, “los efectos del fenómeno de El Niño 2015-2016 demostraron lo vulnerable que es Colombia ante el cambio climático como fuertes sequías, incluso cuando es uno de los países con mayor riqueza hídrica en el mundo” (Fedesarrollo, 2013).

Conforme a los antecedentes y a las posibles amenazas de limitación en consumos por “ahorros obligatorios”, “apagones” y racionamiento, se presentaran problemas eventuales, imprevistos y sistemáticos; que comprometen el normal y eficiente funcionamiento de las actividades habituales, pero además ponen de manifiesto al ciudadano en situaciones de riesgo en detrimento de su seguridad, por carencias en la red de iluminación pública, en la red de comunicaciones, red de salud, o incluso afectarlo en el sistema educativo nacional (que pretende hacer uso extensivo de horarios en las instituciones) y en labores asociadas a la producción, procesamiento y mantenimiento de alimentos. Sobre esto, en el Informe de consultoría Crecimiento Verde Ciencia, Tecnología e Innovación (2016), de los documentos de diagnóstico del DNP para la Misión de Crecimiento Verde, se consignó:

La alta dependencia de una fuente de energía conlleva a riesgos concretos para el abastecimiento energético de los países, ese es el caso de Marruecos y Colombia. En este momento Colombia está al límite, considerando posibles racionamientos que tendrían un impacto negativo en la economía y la sociedad, por esta razón es fundamental desarrollar nuevas opciones que amplíen la oferta de fuentes de energía renovable en la canasta energética. (Alarcón, 2016).

La falta de soluciones inmediatas eficientes se debe también en gran parte al desconocimiento de alternativas tecnológicas sostenibles para aplicación e implementación de soluciones en el territorio nacional. Hay una “Limitada difusión tecnológica entre los países y dentro de ellos”...“A fin de crear capacidades, son necesarias nuevas políticas para el acceso a la tecnología por parte de las firmas locales, en particular las de menor tamaño. Una de ellas es el establecimiento de un fondo que compre y libere patentes relevantes desde la perspectiva de la sostenibilidad.” (CEPAL, 2016. Horizontes, 2010).~

1.2.3 Hipótesis de control. En Colombia “Con el Documento CONPES Social 140

Modificación a CONPES Social 91 del 14 de junio de 2005: Metas y estrategias de Colombia para el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) el país estableció metas nacionales para 2015 y lineamientos estratégicos para alcanzarlas.” (CONPES, 2018). Conforme al Informe de Seguimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio 2014, se muestra un avance nacional en metas y compromisos para cada uno de los ODM que en su mayoría se enfocan en aspectos del sector social, salud y educación, en él se anuncia reducción de la pobreza multidimensional y monetaria, mientras que en lo ambiental se habla de acciones forestales, reducción de HCFC/CFC, GEI y material particulado; y en cuanto a proporción de la oferta energética suministrada por fuentes renovables, se argumentó que se abastece la mayoría de la demanda nacional a partir de hidroenergía y que tenemos bajo nivel de emisiones, para afirmar que somos un país relativamente limpio; si se revisa por ejemplo el informe del Ministerio de Minas y Energía al congreso para el periodo 2014-2015, se percibe en el campo de producción de energías alternativas, limpias y renovables, que el alcance llega solo a consideraciones generales.

Con el acuerdo de París, aprobado en diciembre de 2015, se definieron metas comunes en reducción de emisiones de GEI y descarbonización de las economías, luego en 2016 con la Agenda 2030 y los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), aprobados por los países de Naciones Unidas, se reconoce la igualdad y la sostenibilidad como principios universales, para establecer estrategias y políticas globales, regionales y nacionales. Ya con el documento Horizontes 2030: la igualdad en el centro del desarrollo sostenible, de la Comisión Económica Para América Latina y el Caribe (CEPAL), de las Naciones Unidas, se estableció una hoja de ruta integral en cuanto a acciones específicas y transversales para el caso del denominado objetivo 7, Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos. Para el logro de los (ODM) en Colombia de manera paralela a la negociación final de la Agenda 2030 y los ODS, se aprobó el PND 2014-2018 que integra esta nueva visión de desarrollo. En particular,

a través del artículo 1 de la Ley 1753 de 2015, la visión de desarrollo del Gobierno nacional para este cuatrienio quedó alineada con los ODS y permitió iniciar su implementación incluso antes de que estos fueran aprobados en Naciones Unidas el 25 de septiembre de 2015.

En el Documento CONPES 3918 (2018), se establecen metas y estrategias para seguimiento y cumplimiento de las ODS a 2030, con la intención de aumentar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y la tecnología relativas a la energía limpia incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos contaminantes de combustibles fósiles, y promover la inversión en infraestructura energética y tecnologías limpias.

Sin embargo en medio del ambiente generado y los esfuerzos evidentes, no alcanzan a percibirse aplicaciones inmediatas eficientes, esto principalmente porque, de los indicadores establecidos, los dos que apuntan a cumplimiento de instalación de servicios energéticos modernos y sostenibles, y aumento de la proporción de energía renovable, se dan a partir del porcentaje de capacidad efectiva neta instalada y porcentaje de capacidad instalada cuya fuente de energía sea renovable, dentro de las cuales Colombia pasa, por aprovechamiento de hidroenergía convencional; por otro lado también es en parte producto, de deficiencias administrativas, el foco está en los problemas y externalidades negativos del actual estilo de desarrollo y la dirección de las políticas necesarias para corregirlos. Se habla de una débil o ausente política industrial y tecnológica. La CEPAL ha planteado la necesidad de instituir una gobernanza de los recursos naturales mediante políticas soberanas e instituciones que determinen la propiedad, captación, distribución e inversión de sus rentas, principalmente en el caso de las actividades extractivas. (CEPAL, 2016). Así como producto del desconocimiento de alternativas tecnológicas sostenibles para aplicación e implementación de soluciones en el territorio nacional y a la falta de estímulos para investigación, para el caso de Áreas en las cuales se genera

conocimiento en Colombia en el Informe de consultoría Crecimiento Verde (2016) se afirma por ejemplo en uno de los campos que en relación a la poca actividad de generación de conocimiento en biotecnología medida según la cantidad de patentes solicitadas, llaman la atención los resultados del estudio bio-prospectivo realizado en 2013 por INNpulsas Estos resultados apuntan a un contexto no alentador para iniciativas de desarrollo de conocimiento y productos en biotecnología en Colombia, y a una barrera para el aprovechamiento de un recurso natural biológico de Colombia que, utilizado con prácticas sostenibles, podría ser un sólido pilar para el Crecimiento Verde.

La búsqueda de propuestas con alternativas tecnológicas sostenibles permite que se le devuelva al ciudadano regular, algo por el daño causado a gran escala, en la medida que no requiere redes interconectadas sino más bien de sistemas de multipuntos de producción, beneficiaría a cualquier habitante de la ciudad sin discriminación sectorizada de clases o ubicación socio política o geográfica.

Se requiere desarrollar y diseñar nuevos equipamientos urbanos para producción alternativa de energía, con la posibilidad de usos auxiliares para manejo piloto de material reciclable (ver Dave Hakkens) a pequeña escala, en sinergia con las dinámicas actuales de recolección (transformación y reúso de plásticos sin combinar con desechos orgánicos) y eventualmente para permacultura urbana.

El marco legal permite y de hecho promueve el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético, con la Ley 1715 de 2014, por medio de la cual se regula la

integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional, que busca, además, promover la gestión eficiente de la energía, que comprende tanto la eficiencia energética como la respuesta de la demanda.

En tanto el marco legal restringe en cierto modo las propuestas de autogeneración a pequeña escala (Resolución UPME 0281 de 2015, Resolución CREG 024 de 2015, Decreto 2469 de 2014), se vislumbra como alternativa la producción de energía desde el espacio público para evitar limitaciones en autogestión energética por marco normativo, con pequeñas centrales o subestaciones y centros de medición, y adicionalmente procurar la disminución de gases de efecto invernadero mediante la promoción del uso de vehículos eléctricos de cualquier tipo que puedan cargarse en estaciones en todos los barrios bogotanos y estimulando a los usuarios a la conversión con programas de movilidad que privilegien este uso con tarifas preferenciales en tanto la energía utilizada se presume gratuita o de bajo costo.

1.2 Justificación

En términos generales cuando se investiga sobre reconversión energética, aunque se encontrarán múltiples fuentes y referencias, no se hace referencia a una teoría específica como tal, por otro lado, sin embargo, sí podemos encontrar teorías sobre colapso energético; en ese sentido se presenta este trabajo, como aporte para la comprensión distinta del problema identificado desde el déficit de energía, entendiendo que el problema en sí mismo no es la falta de energía y planteando una visión, como “aspecto teórico”, que permita desde alternativas y fuentes existentes no convencionales, gratuitas, limpias y sostenibles una lectura diferente y diversa en la descripción y explicación de la problemática, que en sus efectos inmediatos, por ejemplo, económicos llega a ser más eficiente. Además, con base en la lectura que se logre se podrá realizar una predicción de su posible comportamiento a futuro.

Se considera que uno de los aportes del proyecto, está, tanto en el reconocimiento de tecnologías existentes que por su novedad tal vez hasta ahora vienen siendo documentadas en nuestro contexto, como en la validación de datos en términos de ganancias y rendimientos en la generación energética de dichas tecnologías, *en síntesis los resultados proporcionarán un aporte metodológico sobre procesos de identificación, reconocimiento, revisión, caracterización, evaluación de rendimientos, validación y aplicación de dispositivos, sistemas y tecnologías para generación de energía eléctrica sustentable, con la posibilidad de monitoreo a largo plazo en la implementación de la propuesta.*

Esta propuesta sumada a otras iniciativas de investigación en la materia o similares pueden claramente conformarse como soporte técnico en un ámbito gubernamental para aterrizar políticas, programas e intervenciones concretas que se lleguen a materializar en beneficio de la sociedad y el ambiente, en lo particular, tal como se plantea la propuesta, como solución desde el espacio público, permite la exploración en la aplicación de sistemas energéticos que no solo la hacen realizable en términos de implementación, sino también pertinente, en tanto resuelve limitaciones por regulación de autogeneración.

Esta investigación en su planteamiento y los resultados esperados, corresponde, de acuerdo con las prioridades y preocupaciones a la tendencia local y global, ya que en el marco de los lineamientos y acuerdos establecidos en el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD, y más específicamente por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA y el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change); los países integrantes, entre ellos Colombia, han adquirido la responsabilidad, el compromiso y el deber de incluir en sus políticas ambientales locales y nacionales, y en sus planes de desarrollo, consideraciones medio ambientales, que

conlleven a la implementación tanto en lo propositivo, como en lo ejecutivo, de acciones específicas que apunten a mejoras contundentes en cuanto a problemáticas ambientales globales.

Ya en cuanto a los resultados específicos, se presta la investigación como herramienta técnica en la planeación, para la toma de decisiones inmediatas de gobiernos en las distintas escalas de los entes territoriales, para cumplimiento de las agendas en temas ambientales, de servicios, de innovación o incluso de saneamiento económico.

Adicionalmente, tanto el planteamiento como la metodología, los datos de entrada y los resultados se prestan también, para la reinterpretación en procesos de reingeniería que logren con el tiempo perfeccionar tecnologías existentes o resulten inclusive en el desarrollo de nuevas tecnologías propias que en requerimientos y rendimientos se adecuen más a nuestras necesidades específicas y contextos.

El impacto que se alcanzaría con el éxito de la investigación tiene gran potencial de aferencia ya que se presenta como iniciativa incidente que afecta la dimensión ambiental, social, infraestructural, económica y de recursos en general y que pretende responder como alternativa de cara al cambio climático, persiguiendo además un cambio hacia un panorama cultural de lo sustentable.

Reconociendo dentro del sistema actual de servicio público de energía eléctrica, que un ahorro de energía escasamente se evidencia en el cobro del servicio y ante un consumo de 0.00kw/h., igual se sigue cobrando un cargo fijo al usuario, el concepto de ahorro no es ni tan claro, ni tan real como se suele presentar. Dentro de los alcances de la propuesta, mediante el uso aplicativo de los datos validados y el análisis de sus rendimientos, se aportará una herramienta clara para establecer, línea base, bases para análisis de costo beneficio, consideraciones de punto de equilibrio y tiempo de retorno, en consecuencia, actuaría también como un factor reductor de

cargas tributarias al ciudadano o aportante en la economía local. Se buscan beneficios visibles, medibles y de incidencia en eficiencia económica (ver economía ecológica Joan Martínez).

La investigación plantea además que se generaría mayor cobertura en sectores que no presentan líneas o redes de servicio público de energía eléctrica, tanto por temas de segregación social o abandono del estado como para lugares simplemente alejados, insulares o de difícil acceso para torres o redes convencionales de alta tensión. El concepto puede aplicar también para particulares con potencial de inversión que tengan la intención de generar nuevos desarrollos, o para iniciativas de proyectos de viviendas subsidiadas, a edificar en lugares donde por estar apenas en consolidación no existan redes o no tenga alcance la posible línea existente. Se trasciende del concepto de energía pública a energía comunitaria naturalmente sin que por ello perdiera el carácter público que le reafirma el hecho de su implementación en el mismo espacio público.

De lograr rendimientos significativos por encima de los niveles esperados, podría llegar a superarse por completo el sistema o modelo convencional en el servicio de energía eléctrica, logrando un aporte enorme debido a reducción de los impactos por evolución del modelo, disminuyendo la cadena de generación, transmisión y distribución a redes conformadas por repetición de pequeñas células energéticas autótrofas independientes en lo posible. Si esto se lograra y a largo plazo se superarán también las barreras normativas y se permite autogeneración intensiva en las viviendas, estos equipamientos pueden y deberán adaptarse, cambiando en su función primaria para ser estaciones acumuladoras de energía y abrirían nuevas ventanas de posibilidades.

Dentro del concepto de Smart grid o redes eléctricas inteligentes, se justifica la iniciativa por las proyecciones donde se advierte que las fuentes convencionales no alcanzarán a cubrir la demanda, por esto se debe generar la energía requerida a futuro con medios alternativos a los

sistemas de fuentes almacenables (hidroeléctricas y combustibles fósiles), inclusive planteado en un escenario realista-pesimista como apoyo de sistemas convencionales y soluciones donde se requiera autoabastecimiento ante la complejidad de la transición en términos políticos y económicos de la modificación del sistema generador y las redes de distribución, y la renovación de los mercados y sus formas de operar.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Proponer el modelo arquitectónico de un “Punto Piloto Experimental Para Generación No Convencional De Energía Con Fuentes Renovables” P.P.E.GE.N.C.E, que permita lograr condiciones de confort adecuadas con la implementación de dispositivos para generación energética renovable, a manera de minicentrales piloto o subestaciones experimentales con centros de medición, para suplir a largo plazo el déficit energético metropolitano generando un ícono urbano donde prime la sostenibilidad de los recursos y del medio.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Analizar las fuentes tecnológicas existentes, renovables, sostenibles, de bajo impacto, o gratuitas para producción alternativa de energías a escala zonal y metropolitana.
- Establecer los aspectos ambientales predominantes de un espacio público urbano como criterios sobre el análisis general para escoger los dispositivos que integrarán el diseño con base en ganancias y potencial de generación energética.
- Determinar tipologías arquitectónicas en un clima específico utilizando interacción de sistemas constructivos modulares y propuestas de mobiliarios y dispositivos que convencionalmente son producidos en serie para espacio público en todos los climas.

1.4 Metodología

Ya que se plantea como una investigación aplicada de carácter documental debido a la forma de obtención de datos, se esboza una metodología con enfoque de tipo analítico, pretende ser también evaluativa en la medida que la pertinencia, disponibilidad y fiabilidad de los datos y documentos primarios revisados, permita mediante simulación y otros medios de posibles verificaciones, que se puedan lograr resultados para la aplicación de sistemas enfocados a la obtención del objetivo mediante los siguientes procesos:

- Identificación de alternativas tecnológicas existentes inventario inicial.
- Revisión de tecnologías y sistemas.
- Selección preliminar de tecnologías y dispositivos eficientes apropiados.
- Estudio de rendimientos energéticos y valor agregado del sistema.
- Selección final de sistemas a implementar.
- Análisis de determinantes y potencialidades generales (condiciones y elementos).
- Definición de escenario a intervenir.
- Análisis de factores ambientales y climáticos.
- Determinar condiciones generales de confort adecuadas.
- Estudio de posibilidades o tipologías Arquitectónicas.
- Propuesta de materiales.
- Propuesta de sistema constructivo modular.
- Definición prototipo multipropósito, para espacio público en clima específico.
- Enfoque bioclimático del arquetipo y ajustes según pautas y estrategias de diseño.
- Calcular ganancias y potencial de generación energética.
- Definición de equipamiento urbano (modelos digital 3D, render y animaciones).

2. Energía en Colombia

2.1 Generalidades (antecedentes de una crisis previsible)

En Colombia, el gobierno nacional es el que se encarga de garantizar el servicio a los habitantes; el suministro eléctrico para este país inicio en 1928 mediante la Ley 113, empezando con la explotación de la energía hidroeléctrica; para 1940 durante el periodo del presidente Eduardo Santos se conforma el Ministerio de Minas y Petróleos que apuntaba a la regulación de los recursos y respondía a la tendencia del modernismo del uso de los hidrocarburos. Para esta época también se inicia con las primeras hidroeléctricas regionales (Hildebrija Santander) y en 1946 se crea el Instituto de aprovechamiento de aguas y fomento eléctrico Electroaguas.

Ya en cuanto a la prestación del servicio de energía eléctrica, éste inició con los primeros inversionistas y sus empresas privadas bajo el esquema básico de generar, distribuir y comercializar. Para 1954 empezaron a crearse empresas municipales de servicios públicos como Empresas Públicas de Medellín (EPPMM) y la Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá, entre otras, bajo la figura de establecimientos públicos autónomos. En 1960 se crea a Interconexión Eléctrica S.A. (ISA), como empresa nacional encargada específicamente del sector eléctrico, con la participación de las municipales anteriores y con el plan de disminuir costos del sistema expandiéndolo con nueva infraestructura para generación.

En el año de 1968 Electroaguas pasa a convertirse en el Instituto Colombiano de Energía Eléctrica, ICEL, y para 1970 en el país ya se contaba con veinte electrificadoras. En consecuencia, el antiguo ministerio se convierte para 1974 en Ministerio de Minas y Energía (nombre que conserva hasta hoy). Con la aparición de éste se crea también para 1978 la Comisión Nacional de Energía, CNE.

En los ochentas vino la primera crisis, debida a la “politización” de las empresas y a la falta de eficiencia en la planeación que se evidenció por demoras en obras de infraestructura y

mayores costos de los proyectos. Posteriormente sobrevino para 1991 como secuela y por única vez en la historia del país (hasta hoy) un racionamiento nacional; por lo mismo, a partir de la constituyente del mismo año, se disponen desde la carta magna, nuevas formas para la prestación de servicios públicos, que implican libre comercio y privatización de empresas estatales; esto hace que en 1992 el ICEL se convierta en empresa industrial y comercial del estado, y que en el mismo año se derivara por decreto la CNE (aún existente), en la Unidad de Planeación Minero Energética, UPME. Fue hasta 1994, mediante las leyes 142 y 143, que se planteó el nuevo modelo de prestación (vigente), creando la Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG como ente de regulación y control.

Con la participación activa de generadores y comercializadores, y pasiva de distribuidores y transmisores, se crea en 1995 a partir del concepto de Bolsa de Energía, el Mercado Energético Mayorista MEM, que entraría en crisis en 1999 por falta de demanda, en consecuencia de la recesión. El mismo año se transforma el ICEL en el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas IPSE que en 2004 por decreto para efectos del alcance agrega al nombre del instituto “para las zonas no interconectadas”.

Como consecuencia de la Ley 142, mediante “contratos especiales para gestión de servicios públicos”, entró al sector la empresa canadiense Brookfield que en enero de 2016 en proceso controvertido compró el 57.6% de la empresa ISAGEN al Estado. Luego compró el 13,14% de EPM y algunas otras acciones, que le dan en la actualidad un 99.64% de la participación accionaria a BRE Colombia Holdings S.A.S. (representante en Colombia de Brookfield Asset Management).

Con el movimiento internacional y la preocupación mundial por los temas ambientales, el país inscrito en los programas, paneles y convenciones de Naciones Unidas, está comprometido con el cumplimiento de una agenda para desarrollo, transición y consideraciones generales para

el tema de la energía y su eficiencia, para lo cual viene implementado en su normatividad herramientas que le permitan dar respuesta a ello. En la actualidad se afinan proyectos de ley para el Fondo de Energías Renovables y Gestión Eficiente de la Energía FENOGE, el Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas no Interconectadas FAZNI, o el Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía, PROURE. No obstante se han logrado avances en la regulación (que aún presenta deficiencias), en relación es muy poco lo que se avanza en aplicación, tanto por vacíos o falta de especificidad y detalles, en la definición, reglamentación y delimitación de las normas y leyes generales expedidas, como por la falta de voluntades de un gremio que comercialmente no ve utilidades en la reconversión y falta de información de los usuarios para adelantarse en la implementación en la fuente de dispositivos para generación alternativa, renovable y limpia.

Con la venta de la empresa ISAGEN el país no solo ofreció su planta física, sino que también implícitamente negoció el control de los recursos, además de perder soberanía energética y ambiental, vendió una empresa, que dejaba considerables dividendos monetarios, surtía de energía a múltiples sectores poblacionales y ayudaba en el control de caudales de ríos; la “pérdida” del Estado de esta estratégica empresa, genera incertidumbre en cuanto al funcionamiento de los embalses y represas, operados por multinacionales durante los periodos de sequía, con los consecuentes efectos colaterales, considerando el cambio climático como inconveniente y obstáculo para la forma convencional de producción energética.

2.2 Modelo convencional

En nuestro país se establece desde el gobierno nacional en cabeza de la Presidencia de la República de Colombia y a través del Ministerio de Minas y Energía, el modelo para prestación de servicio de energía eléctrica que será delegado en sus distintas funciones a instituciones como son la Comisión Nacional de Energía, la Unidad de Planeación Minero Energética, la Comisión

de Regulación de Energía y Gas y el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas.



Figura 1. Cómo funciona el Sistema Eléctrico Nacional

Fuente: Acolgen, 2016

Desde la Ley 142 de 1994 el esquema de prestación del servicio de energía eléctrica se estableció en una cadena de generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía basada en un modelo de Mercado Energético Mayorista (MEM) donde intervienen instituciones adjuntas administrativas y del mercado como la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), el Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales (ASIC), el Liquidador y Administrador de Cuentas (LAC), el Centro Nacional de Despacho (CND) y el Consejo Nacional de Operación (CNO), el marco normativo establece la libre competencia para generación y comercialización, mientras que plantea la transmisión y distribución como monopolios con oportunidad de competencia.

En Colombia es ACOLGEN la asociación que agremia a los generadores de energía y en la cual existe una jerarquía en cuanto a los actores que la componen:

MINMINAS Ministerio de Minas y Energía (director).

UPME Unidad de Planeación Minero Energética (planeación).

CREG Comisión de Regulación de Energía y Gas (regulación).

CNO Consejo Nacional de Operación (consejo y comité ACOLGEN)

CAC Comité Asesor de Comercialización (consejo y comité ACOLGEN)

SUPERSERVICIOS Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (control y vigilancia)

XM Compañía Expertos en Mercados S.A. E.S.P. (operación y administración del mercado).

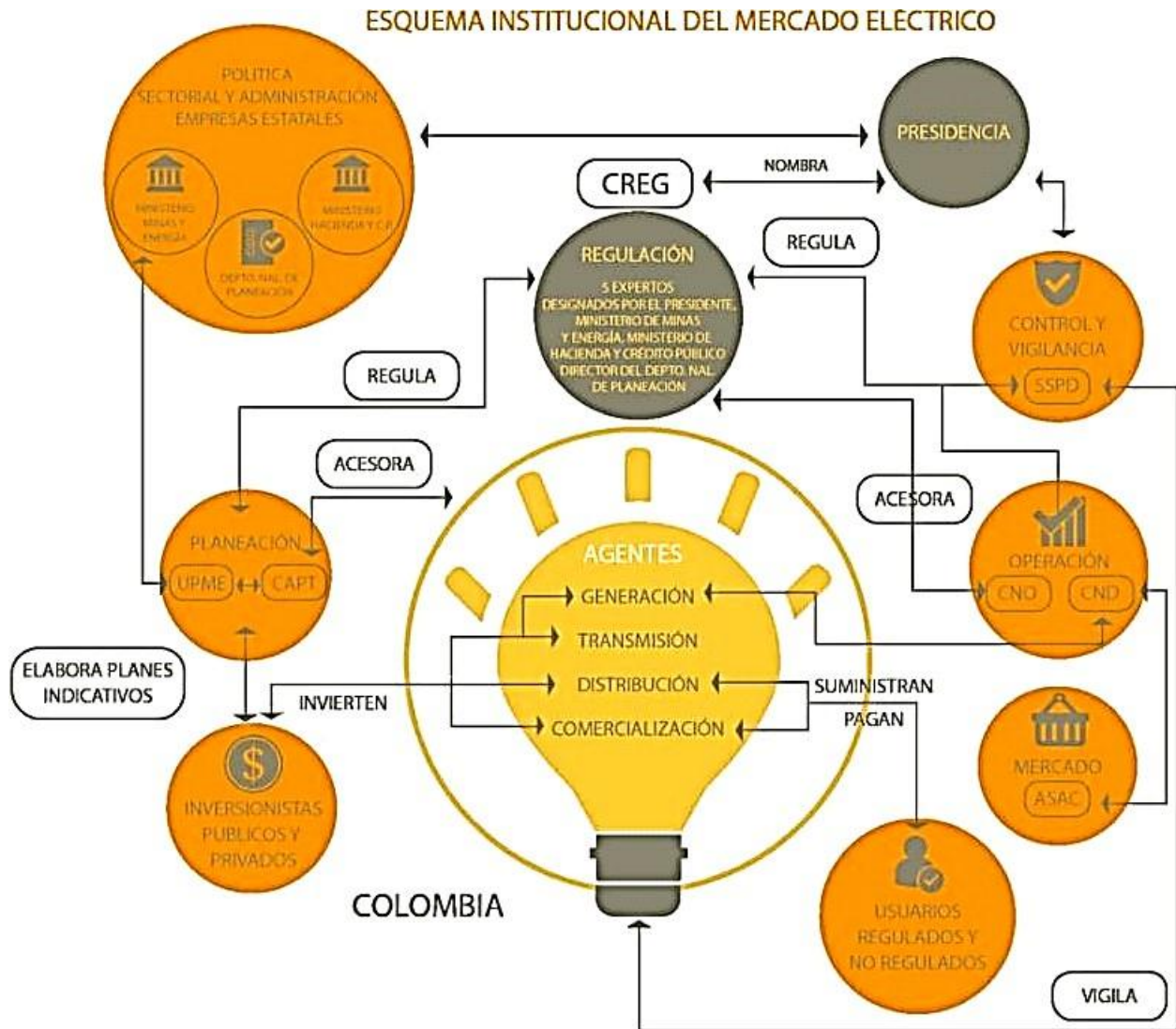


Figura 2. Cómo funciona el mercado

Fuente: Acolgen, 2016

- **MERCADO REGULADO.** Es contratado por empresa de distribución para cualquier

tipo de usuario con demanda inferior a 55Mw tanto las tarifas como la regulación son controladas por la CREG la mayoría de usuarios en Colombia pertenecen a este mercado.

- **MERCADO NO REGULADO.** Enfocado a industrias y usuarios con demanda igual o mayor a 0.5 MW en potencia y 270 MWh-mes en energía, aunque los valores de generación y comercialización son libremente acordados, deben registrar y reportar consumos a la CREG, son aproximadamente el 20% de usuarios; puede pasarse de un mercado a otro mientras cumpla con algunos requisitos básicos determinados en el marco normativo legal vigente.
- **CONTRATACIÓN DE LA ENERGÍA.** Para garantizar las condiciones en la prestación del servicio los comercializadores deben contratar la compra a empresas generadoras de energía o pueden si lo requieren realizar compra en la bolsa de energía del MEM expuestos a la fluctuación del mismo y afectando también a los usuarios en las tarifas; los contratos son bilaterales y por lo general de largo plazo, lo que implica que las generadoras mantengan tanto la cantidad de energía a suministrar como el precio de la misma, por lo cual si la demanda excede su oferta deben contratar con otros generadores o comprar en la bolsa.

Debido a nuestra forma convencional de generación el mercado se mueve con respecto a proyecciones a futuro sobre la expectativa del recurso hídrico para estimar cantidades de energía en oferta y demanda. Se necesita urgentemente cambio de modos, sustitución energética y reconversión tecnológica.

En Colombia cerca del 70% de energía eléctrica es producto de la hidrogenación, alrededor de un 30% se obtiene por conversión de energía térmica (a partir de carbón) y parte del porcentaje restante (entre el 0 y menos del 1%), se obtiene por cogeneración y por medio

generadores menores a partir de gas y combustibles para operar generadores eléctricos o plantas eléctricas portátiles, en conjunto estas fuentes de energía almacenables constituyen el sistema convencional de generación en el país, basados en el control sobre el flujo del recurso, se permiten en gran parte garantizar la disponibilidad y fiabilidad del sistema, sin embargo la variación de las condiciones climáticas de las que depende y el hecho de que se sustente en recursos no renovables, hacen que la energía producida por hidroeléctricas, termoeléctricas y plantas a partir de combustibles; se vea comprometida a futuro por escases del recurso afectando el índice de auto abastecimiento.

Según el Informe de Agosto de 2018 de la Subdirección De Energía Eléctrica de UPME La capacidad instalada efectiva neta fue de 17,720.5 MW, mientras que la generación mensual fue de 6,006.2 GWh/Mes. Las plantas hidroeléctricas incluyendo grandes generadores y plantas menores aportaron 5,051.7 GWh/Mes, generando 84.11 por ciento, las plantas térmicas 14.6 por ciento (grandes generadores y plantas menores) y la planta eólica Jepírachi (plantas menores) 0.1 por ciento del total. Con base en los datos aportados por la XM - Compañía Expertos en Mercados S.A. E.S.P., en su sitio web (informesanuales.xm.com.co, 2017) para el caso del Comportamiento de la demanda de energía anual en Colombia –GWh, se tiene que “En el año 2017 la demanda de energía eléctrica del SIN creció 1.3% respecto al año 2016, con un consumo de 66,893 GWh”, mientras que según el reporte de la UPME para 2018, el consumo de energía anual fue de 69.121 GWh, lo que equivale a un consumo per cápita de 1.159 kWh por año de energía en Colombia. Conforme al PAI-PROURE y los datos presentados en documento Plan De Acción Indicativo De eficiencia energética 2017 – 2022 (MINMINAS - UPME), el consumo por sector en el Balance Energético Colombiano para 2015 se dividió porcentualmente de esta forma:

- * Transporte: 64%
- * Industrial: 16%
- * Residencial: 15%

- * Comercial y público: 3%
- * Minero: 2%

En paralelo la Distribución de Consumo de Energía Final, durante 2015 en Colombia se dio de la siguiente manera:

- | | |
|-----------------------|---|
| * Transporte: 40.90% | * Comercial y público: 5.32% |
| * Industrial: 29.36% | * Minero: 1.2% |
| * Residencial: 16.72% | * Agropecuario, construcciones y otros: 6.51% |

De acuerdo con el Informe mensual de variables de generación y del mercado eléctrico colombiano (agosto de 2018) de la Subdirección de Energía Eléctrica – Grupo De Generación de UPME, (Unidad de Planeación Minero Energética, 2018a), la demanda para abril de 2018 creció cerca de los 235 GWh (232.5 Aproximadamente). Adicionalmente durante agosto del mismo año se realizaron intercambios con Ecuador por exportación de 174.32 MW/H mes y con Venezuela por exportación de 2.91 MW/H mes, e importación de 2.88 MW/H mes.

El Proyecto Mesoamérica, antiguo Plan Puebla Panamá incluye un proyecto de interconexión eléctrica entre Colombia y Panamá que permitirá integrar a Colombia con Centroamérica. Este proyecto, llevado a cabo por Interconexiones Eléctricas S.A. - ISA en Colombia y Empresa de Transmisión Eléctrica S.A. - ETESA en Panamá, comprende la construcción de una línea de transmisión de 300 MW de capacidad (3% de la capacidad instalada) desde Colombia a Panamá y 200 MW de capacidad de modo revertida. Se anticipó que la línea entrará en operación en 2013.

Además de eso, el gobierno Colombiano suscribió un acuerdo con los gobiernos nacional de Republica Dominicana y estatal de Puerto Rico para el suministro de energía eléctrica por medio de una red submarina que conectaría el norte de Colombia con Republica Dominicana, la cual tendría un costo aproximado a los 4.000 o 5.000 millones de dólares y actualmente se encuentra en estudio de prefactibilidad económica.

2.2.1 Termoelectricas. El problema radica en que a partir de la ley 142 de 1994 todos los generadores vinculados al mercado energético mayorista deben garantizar fiabilidad en la

prestación del servicio incluyendo las termoeléctricas de acuerdo a los márgenes que se establezcan en cada contrato de generación, implicando esto, que ante una baja o déficit tengan que recurrir a la bolsa “comprando en la bolsa de energía a altos precios y vendiendo a menores precios” (Arcieri 2,001), lo anterior se evidencia como inviabilidad financiera, dificultando la situación de las termoeléctricas colombianas, que se han visto inclusive en riesgo de parar actividades, incrementando las posibilidades de causar apagones, razón por la cual terminan siendo subsidiadas por el gobierno central de turno.

Adicionalmente en Colombia no se ha entendido, ni se aclaró, porque por ejemplo los costos que se cobran como sobretasa a los combustibles, como el Diesel que son utilizados en cambio de biomasa (carbón) en las termoelectricas en epocas de crisis de las hidroeléctricas, sean valores trasladados al usuario como incremento en el coste del servicio público desconociendo la tarifa denominada como cargo por confiabilidad recaudado por años para casos emergentes como contingencia; el estado soportado en los tributos de los usuarios ha asumido en los últimos años el déficit financiero de particulares, compañías como Termocandelaria, Termovalle, Termoencali, Gecelca S. A. y Zona Franca Celsia S.A, situaciones que han sido motivo de investigación por la Contraloría General de la Nación y por lo cual se encuentran actualmente bajo vigilancia en cuanto a su estado actual, condiciones y planes de contingencia, por parte de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

Debido a la forma en que se plantea el modelo convencional para el sistema nacional de generación, dado la vulnerabilidad de las hidroeléctricas y sin mucha discusión alrededor, el país se ha visto obligado a recurrir a las termoeléctricas y a soportar sus utilidades; para el caso por ejemplo explicaba la funcionaria de la dirección de la ANDI, Roxana Segovia (2001) refiriéndose ante el posible y anunciado cierre de termocandelaria en 2001 "El problema con el retiro de las termoeléctricas es que si se llegase a producir voladuras de torres de energía o se aparece con

intensidad un fenómeno natural como el de El Niño, se afectaría la actual producción de energía, y habría que recurrir a térmicas. Si no las hay, la industria... entraría en problemas".

Todo este perjuicio económico que por ahora seguimos cargando los usuarios se suman a los costos ambientales que impactan sumándose a niveles mundiales en cuanto a generación de CO2 por uso de sistemas a partir de combustión y generación de material particulado.

2.2.2 Hidroeléctricas.

- **CENTRAL HIDROELÉCTRICA JAGUAS.** Está localizada en el departamento de Antioquia, sobre las hoyas hidrográficas de los ríos Nare y Guatapé, a 117 km al Oriente de Medellín por la vía Medellín - El Peñol - Guatapé - San Rafael. Aprovecha el caudal del río Nare, (abajo de la presa Santa Rita, embalse del Peñol. Se encuentra en operación comercial desde junio de 1988. EQUIPO PRINCIPAL: 2 turbinas Francis de eje vertical con una potencia nominal de 96 MW cada una, velocidad de rotación 400 r.p.m. Cada turbina tiene como elemento de cierre una válvula esférica. 2 generadores trifásicos, de eje vertical con tensión nominal de 13.8 KV, potencia nominal de 90 MVA y factor de potencia de 0.95. 2 transformadores principales trifásicos de capacidad 103.5 MVA cada uno y relación de tensión de 13.2/230 KV.

- **PROYECTO HIDROELÉCTRICO PLAYAS.** Localizado en el departamento de Antioquia, a 120 km de Medellín por carretera. Sus obras e instalaciones están en jurisdicción de los municipios de San Rafael y San Carlos y su cuenca hidrográfica comprende también territorios del municipio de Guatapé. El proyecto forma parte del aprovechamiento hidroeléctrico de los ríos Nare y Guatapé, el cual está formado por 4 centrales: sobre el río Nare: Guatapé (560 MW) y Jaguas (170 MW); y sobre el río Guatapé: Playas (200 MW) y San Carlos (1.240MW).

Aprovecha las aguas y condiciones topográficas de las cuencas de estos ríos así: el río Nare, de su primer embalse de regulación "El Peñol", permite desviar un caudal de 45 m³/s al río Guatapé a través de la central hidroeléctrica de Guatapé; adicionalmente, de su segundo embalse

de San Lorenzo, permite desviar un caudal medio de $39 \text{ m}^3/\text{s}$ también al río Guatapé a través de la central hidroeléctrica de Jaguas. Los caudales anteriores, adicionados al caudal propio aportado por la cuenca del río Guatapé, el cual es de $29 \text{ m}^3/\text{s}$ y regulados por el embalse Playas, permite utilizar un caudal medio de $112 \text{ m}^3/\text{s}$ y una cabeza neta de 176 m, en la central hidroeléctrica Playa con capacidad instalada de 200MW en 3 unidades, para producir 1.450 GWh de energía al año.

- PROYECTO HIDROELÉCTRICO RIO GRANDE. Está localizado en la cuenca del río Grande, la cual, a su vez, hace parte de la hoya hidrográfica del río Porce. Dicha cuenca está situada en la zona central del departamento de Antioquia, en jurisdicción de los municipios de San Pedro, Entre Ríos, Belmira, Don Matías y Santa Rosa de Osos. El objetivo principal de este aprovechamiento es atender la demanda del acueducto metropolitano de Medellín. Adicionalmente se tiene la generación de energía mediante el aprovechamiento de la diferencia de altura de 900 m, existente entre la altiplanicie del río Grande y el Valle de Aburrá.

- CENTRAL LA TASAJERA. Generación de 303 MW - CENTRAL NIQUÍA: generador con 21 MW; EQUIPOS Central La Tasajera: Turbinas: 3 Pelton de cuatro chorros. Potencia nominal: 105 MW. Generadores: 3 de eje vertical, capacidad nominal: 109 MVA y voltaje: 13.8 KV.

Transformadores: 3 trifásicos. Central de Niquía: Turbina: Tipo Pelton de eje vertical, cinco chorros. Potencia nominal: 21 MW. Velocidad: 450 r.p.m. Generador: Eje vertical, capacidad nominal: 23.5 MVA y voltaje: 13.8 KV.

- CENTRAL HIDROELÉCTRICA MIEL I. La Central Hidroeléctrica Miel I es la quinta central eléctrica con mayor capacidad instalada en Colombia, teniendo una capacidad instalada de 396MW, está ubicada en el municipio de Norcasia en el departamento de Caldas.

- CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE CHIVOR. Es la tercera central eléctrica con

mayor capacidad instalada en Colombia, teniendo una capacidad instalada de 1000MW, divididos en dos etapas similares, con cuatro unidades generadores cada una; la primera etapa inició su operación comercial en 1977 y la segunda en 1982. Está ubicada en el municipio de Santa María en el departamento de Boyacá a 160 km de Bogotá es propiedad de AES CHIVOR & CIA SCA ESP. El lago artificial creado para proveer la potencia hidroeléctrica a esta central se llama embalse La Esmeralda, el cual limita con el territorio de los municipios de Macanal, Chivor y Almeida. Aprovecha el potencial hidroeléctrico del río Batá, regulado por la presa de La Esmeralda que forma un embalse con una capacidad de almacenamiento de 760 Mm³. El caudal regulado del río Batá, se desvía por medio de dos túneles a la hoya del río Lengupá, donde se encuentra situada la casa de máquinas. Esto permite aprovechar una caída de 768 m.

- **CENTRAL HIDROELÉCTRICA DEL GUAVIO.** La Central Hidroeléctrica del Guavio es la segunda central en funcionamiento más grande de Colombia con una capacidad instalada de 1213 MW¹ distribuidos en 5 unidades, es subterránea y está ubicada en la inspección de policía Mambita en el municipio de Ubalá en Cundinamarca a 120 km al noreste de Bogotá, D.C., su embalse abarca los municipios de Ubalá, Gachalá, Gachetá, Gamma y Junín, entró en operación el 15 de diciembre de 1992, cuenta con la infraestructura necesaria para la instalación de tres unidades adicionales, las cuales no fueron instaladas por falta de recursos económicos, si se instalaran estas unidades sería capaz de generar 1900 MW, convirtiéndola en la de mayor capacidad instalada del país.

- **REPRESA URRÁ I.** La Central Hidroeléctrica Urrá I, está localizada en el departamento de Córdoba, al noroccidente de Colombia. Su acceso es vía terrestre, con una distancia de 110 kilómetros desde Montería (la ciudad capital) y de 30 kilómetros desde el municipio Tierralta.

La principal fuente de abastecimiento de agua es el río Sinú y sus afluentes, que nacen en

el parque nacional natural Paramillo, cubierto en su mayor parte por bosque húmedo tropical y con niveles de precipitación del orden de 3.000 mm/año, factores que contribuyen a mantener un caudal promedio de 340 m³/s. Desde su nacimiento, el río Sinú recorre 350 kilómetros hasta su desembocadura en el mar Caribe. El área de influencia directa de URRÁ I comprende la zona rural del municipio de Tierralta.

- **HIDROELÉCTRICA DE SOGAMOSO**, La Hidroeléctrica de Sogamoso, o mejor conocida como Hidrosogamoso, es una central hidroeléctrica de Colombia, ubicada en el departamento de Santander, de propiedad de la empresa generadora de energía ISAGEN. Ubicada en el Río Sogamoso, donde este forma un cañón que conecta a la cadena montañosa conocida como Serranía de la Paz, 62 km aguas abajo de la confluencia de los ríos Suarez y Chicamocha y 75 km aguas arriba de la desembocadura en el río Magdalena. La represa tiene 190 m de alto y 345 m de ancho en la parte más alta, con un vertedero de 72 m de ancho y el embalse cubre unas 7.000 ha, convirtiéndose en el más grande del país.

Su jurisdicción está dividida entre los municipios de Girón, Betulia (donde se encuentran las instalaciones principales), Zapatoca, Los Santos y San Vicente de Chucurí. Tiene una capacidad de almacenamiento de 4.800 millones de m³ de agua y tres unidades de generación o dínamos gigantes ubicados en una central subterránea. Será una de las 5 centrales de generación más grandes del país con una capacidad instalada de 820 MW que generará 5.056 MWh al año, suficiente para abastecer el 50% del consumo de una ciudad como Bogotá y equivalente al 10% de la energía que Colombia consume en un año.

- **HIDROITUANGO**. La Hidroeléctrica de Pescadero-Ituango o Hidroituango es el nombre del proyecto hidroeléctrico más grande en la historia de Colombia, cuya construcción se inició en 2010 y entró en funcionamiento en el 2018.

El proyecto de Hidroituango estará ubicado al occidente de Colombia, en el departamento

de Antioquia, a unos 171 kilómetros de la capital de este departamento, Medellín, en tierras de los municipios de Briceño, Ituango y Toledo (Antioquia) estará construida con núcleo del suelo, tendrá una altura de 220 metros y creó un embalse de 70 kilómetros de largo, que contiene hasta 2.720 millones de metros cúbicos de agua. La casa de máquinas tendrá instaladas ocho (8) Turbinas capaces de generar 2.400Mw, lo que la convertirá en el proyecto hidroeléctrico más grande de Colombia.

- **CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN CARLOS R: UNO TRIFÁSICO.** La Central Hidroeléctrica San Carlos es la central eléctrica con mayor capacidad instalada en Colombia, con 1240 MW. Está ubicada en el municipio de San Carlos, en el departamento de Antioquia, 150 km al este de Medellín, siendo propiedad de ISAGEN S.A E.S.P.

Está localizada en jurisdicción del municipio de San Carlos, cerca al corregimiento El Jordán. Con más de 30 años de operación comercial, continúa siendo la de mayor capacidad instalada del país, con 1.240 MW, distribuidos en ocho unidades de 155 MW cada una y con la infraestructura necesaria para la instalación de dos unidades adicionales. Su primera etapa entró en funcionamiento en 1984 y la segunda en 1987.

2.2.3 Otras. También existe la Generación de Energía Casera o Plantas Eléctricas Portátiles donde puede Generar Energía a 110V o 220V en servicio de Emergencia hasta 5 o 7 horas continuas como máximo y trabajan a gasolina por ejemplo, en la Alta Guajira, Empresas Públicas de Medellín (EPM) puso en funcionamiento el primer parque eólico, Jepirachí, con 15 aerogeneradores que aportan 19.5 megavatios al Sistema Interconectado Nacional.

2.3 Marco normativo y aspectos políticos

2.3.1 Entidades que intervienen.

2.3.1.1 Actores marco internacional. En nuestro planeta el cambio climático se plantea como la modificación acelerada en las variables del clima por acción antrópica, con

consecuencias devastadoras debidas a climas extremos. A partir de la preocupación mundial por la aceleración en el calentamiento global y el cambio climático, crece el interés general de la comunidad internacional apareciendo distintos actores y escenarios para atender los asuntos del clima y medioambientales entre ellos principalmente:

- Organización meteorológica mundial OMM 1950 (antecesor OMI 1873, 191 miembros en 2013), Su objetivo es asegurar y facilitar la cooperación entre los servicios meteorológicos nacionales, promover y unificar los instrumentos de medida y los métodos de observación.

- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD 1966 (presente en 177 países). Su función es contribuir a la mejora de la calidad de vida de las naciones. Promueve el cambio y conecta a los conocimientos, la experiencia y los recursos necesarios para ayudar a los pueblos a forjar una vida mejor. Dentro de sus 8 objetivos para el milenio, está el Objetivo 7: Garantizar la sostenibilidad medioambiental, cuyas metas son:

- * Meta 7. A: Incorporar los principios del desarrollo sostenible en las políticas y los programas nacionales y reducir la pérdida de recursos del medio ambiente.

- * Meta 7. B: Haber reducido y haber ralentizado considerablemente la pérdida de diversidad biológica en 2010.

- * Meta 7. C: Reducir a la mitad, para 2015, la proporción de personas sin acceso sostenible al agua potable y a servicios básicos de saneamiento.

- * Meta 7. D: Haber mejorado considerablemente, en 2020, la vida de al menos 100 millones de habitantes de barrios marginales.

- Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA, 1972 (UNEP por sus siglas en inglés) fue creado en Estocolmo por recomendación de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Humano, tiene sede en Nairobi, Kenia, coordina actividades relacionadas con el medio ambiente, asistiendo a los países en la implementación de políticas

medioambientales adecuadas, así como a fomentar el desarrollo sostenible. Su misión es proporcionar liderazgo y promover los esfuerzos conjuntos para el cuidado del medio ambiente, alentando, informando y capacitando a las naciones y a los pueblos para que mejoren su vida sin comprometer la de las futuras generaciones.

- Panel Intergubernamental de Cambio Climático 1988 (IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change). Fue establecido por la (OMM) y el (PNUMA), y posteriormente ratificada por la Asamblea General de las Naciones Unidas mediante la Resolución 43/53. Actualmente su principal actividad es publicar informes especiales sobre asuntos relevantes a la implementación de la CMNUCC. Siendo el último documento oficial, su Quinto Informe de Evaluación (AR5) del año 2013 y 2014 que presenta rutas metodológicas propuestas de cara al cambio climático.

En 1994 Nuestro país se reafirmó en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, mediante la Ley 164, para disminución de GEI y a partir de la Cumbre de Johannesburgo.

Se trabaja en el uso racional y eficiente URE de la energía, mediante implementación y promoción fuentes no convencionales de energía – FNCE.

- Fondo para el medio ambiente mundial FMAM, 1991 (182 miembros) establecido para conceder nuevas donaciones y financiamiento en condiciones favorables para cubrir los costos “incrementales” o costos suplementarios asociados con la transformación de un proyecto con beneficios nacionales a uno con beneficios ambientales mundiales. Estos proyectos están relacionados con las áreas focales de trabajo: biodiversidad, cambio climático, aguas internacionales, degradación de tierras, manejo sostenible de bosques, capa de ozono y contaminantes orgánicos persistentes.

- Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático CMNUCC (UNFCCC por sus siglas en inglés). Adoptada en New York en mayo 9 de 1992. Entró en vigor

en marzo 21 de 1994. En 1997, se acordó incorporar el Protocolo de Kyoto (medidas más energéticas y jurídicamente vinculantes), en 2006 en Nairobi se enmendó a la CMNUCC se adoptaría un protocolo nuevo en Copenhague en 2009, que retrasó a 2010 y se realizó en México.

2.3.1.2 Actores modelo y sistema nacional. Debido a las tendencias y preocupaciones surgidas alrededor del tema medio ambiental en todo el mundo y a las actuaciones que se vienen realizando para contrarrestar reducir y en lo posible mitigar los impactos en Colombia como miembro adscrito a la ONU y participe de sus iniciativas, correspondientemente se busca tener un papel en el asunto.

En el caso específico colombiano se creó en 1969 el Servicio Colombiano de Hidrología y Meteorología (SCHM), luego pasaría a ser el HIMAT y desde 1993 hasta ahora se conoce como el Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), cuya misión es suministrar la información y el conocimiento ambiental a la comunidad colombiana para su avance hacia el desarrollo sostenible del país. Para poder analizar resultados, se miden datos con base en estaciones ubicadas a lo largo del territorio para estudiar las diversas variables del clima, calcular posibles cambios en las mismas y establecer los posibles escenarios como base para toma de decisiones. Desde las organizaciones y entes que conciernen a temas energéticos están:

- MINAMBIENTE Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MADS. Para el aspecto energético en conjunto con Minminas, lidera y promueve los planes, procesos y proyecto de reconversión energética en el país, se encarga de implementar medidas para URE y el ahorro y uso eficiente del agua, representa al país ante los estamentos internacionales sobre cualquier tema allegado a los asuntos medioambientales.

- ANLA Asociación Nacional de Licencias Ambientales. En procura del desarrollo y cumplimiento normativo otorga licencias y permisos a proyectos del sector energía, presas, represas, trasvases y embalses; busca equilibrio entre lo económico, lo social y lo ambiental,

priorizando los recursos y el territorio natural, ante esta se tramita por ejemplo la solicitud de certificación ambiental para proyectos de fuentes no convencionales de energía y gestión eficiente de la energía

- ACOLGEN Asociación Colombia de Generadores de Energía Eléctrica. Organización gremial para promover libre competencia y desarrollo eléctrico reúne a su vez otros entes para gestión armónica interinstitucional, para cualquier asunto referido a energías en el país.

- MINMINAS Ministerio de Minas y Energía. Se encarga de administrar por parte del gobierno los recursos naturales no renovables dirige y desarrolla las políticas en materia de energía y sus usos, garantizando disponibilidad energética. Fija compensaciones sobre impuestos, capacidad de centrales y áreas para infraestructura en generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.

- CREG Comisión de Regulación de Energía y Gas. Se creó para regular los servicios públicos de energía eléctrica, gas natural y gas licuado de Petróleo buscando lograr cobertura, asequibilidad y calidad, equilibrando, costos, valores y utilidades, arbitra y ofrece servicios para consulta en general tanto de disposiciones normativas como de documentación electrónica en general del sector energético.

- UPME Unidad de Planeación Minero Energética. Emite concepto técnico y financiero para proyectos de energía eléctrica; crea información para estrategias energéticas (SIMEC), produce planes balances registros proyecciones y estructura convocatorias públicas, para asistir al gobierno en la toma de decisiones, desarrollo sustentable y formulación de políticas y planes.

- CNO Consejo Nacional de Operación. Constituye el consejo y comité ACOLGEN, no es un organismo estatal, como ente privado ejecuta el reglamento de operación. Se conformó mediante la ley 143 para concertar exclusivamente aspectos técnicos.

- CAC Comité Asesor de Comercialización. Conformar el consejo y comité de

ACOLGEN, es un comité asesor creado por la CREG para apoyarla en el seguimiento y revisión de asuntos comerciales, asiste anticipa y recomienda soluciones y analiza y propone cambios en las reglas, según se requiera.

- SUPERSERVICIOS Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Supervisa y vigila a nivel nacional los asuntos de servicios públicos, para el caso específico se deriva en Superintendencia Delegada para Energía y Gas Combustible, se encarga de perfeccionar estudios exclusivamente técnicos o normativos cuando se requieren como base para realizar recomendaciones expresas a instancias superiores.

- XM Compañía Expertos en Mercados S.A. E.S.P. Filial de ISA, administra y gestiona sistemas y plataformas, opera el Sistema Interconectado Nacional (SIN) de Colombia y administra el MEM local, con base en la demanda de los usuarios y en la oferta diaria (hora a hora) de los generadores.

- IPSE Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas no Interconectadas. Es un gestor de carácter público y estatal, tiene como finalidad identificar, elaborar, promocionar y viabilizar proyectos que expandir la cobertura del servicio en zonas apartadas o aisladas, normalmente mediante tecnologías de energías alternativas.

- SIN Sistema Interconectado Nacional. Es un sistema que se puede entender como el conjunto de infraestructuras y elementos interdependientes enlazados que se requieren en los distintos puntos del territorio y en cada una de las instancias de los procesos, en los cuales participan tanto proveedores, intermediarios o consumidores, para constituir una sola red directa entre la generación y el consumo.

- SIEL Sistema de Información Eléctrico Colombiano, módulo de información específico para el tema eléctrico dentro del SIMEC; Sistema de Información Minero Energético Colombiano.

- CNE Comisión Nacional de Energía. Organismo técnico de carácter público y descentralizado, asesora al gobierno en temas del sector energético a través del Ministerio de Energía y puede proponerle en términos de políticas. Se encarga de analizar precios y tarifas, fijar normas técnicas a las empresas de producción, generación, transporte y distribución, para el óptimo funcionamiento y prestación del servicio.

- FAZNI: Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas no Interconectadas.

- Fondo de MINMINAS sujeto a regulación según la constitución política que se nutre de recursos recaudados estatales, públicos y privados nacionales e internacionales; para financiar iniciativas de inversión en infraestructura para garantizar la demanda del servicio de energía eléctrica en zonas no interconectadas (ZNI). Definido por Art. 82 Ley 633 de 2000.

- FENOGE Fondo de Energías Renovables y Gestión Eficiente de la Energía. Es un fondo que se busca generar a partir de la ley 1715 de 2014 en la actualidad se encuentra en proyecto de Decreto "Por el cual se reglamenta el Fondo de Energías Renovables y Gestión Eficiente de la Energía - FENOGE". Se ha publicado para presentación de observaciones y comentarios de cualquier ente que participe del sector. Como Fondo de Energías no Convencionales, financiaría las iniciativas de generación alternativa de energía.

- FOES: Fondo de Energía Social. Creado mediante el artículo 118 de la Ley 812 de 2003, lo definió como fondo especial del orden nacional, financiado con los recursos provenientes del ochenta por ciento (80%) de las rentas de congestión calculadas por el Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales, como producto de las exportaciones de energía eléctrica a los países vecinos dentro de los Convenios de la Comunidad Andina de Naciones.

Prorrogado mediante el artículo 59 de la Ley 1151 de 2007, continuidad en artículo 103 de la Ley 1450 de 2011, regula zonas especiales en Decreto 0111 el 20 de enero de 2012, se

realizaron ajustes en Decreto 883 de 2012 y se modificó en Decreto 1144 de 2013.

Su fin es cubrir, parte del valor de la energía eléctrica destinada al consumo de los usuarios ubicados en zonas de difícil gestión, usuarios residenciales de estratos 1 y 2 de las áreas rurales de menor desarrollo y en barrios o zonas subnormales urbanas definidas por el Gobierno Nacional. No se beneficiarán de este Fondo los usuarios no regulados. (Ministerio de Minas y Energía, s.f.).

- FAER: Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas Rurales Interconectadas. El Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas Rurales Interconectadas – FAER –, creado por el Artículo 105 de la Ley 788 de 2002 y reglamentado con el Decreto 1122 de 2008, permite que los Entes Territoriales con el apoyo de las Empresas Prestadoras del Servicio de Energía Eléctrica en la zona de influencia, sean los gestores de planes, programas y proyectos de inversión priorizados para la construcción e instalación de la nueva infraestructura eléctrica. El objetivo es ampliar la cobertura y procurar la satisfacción de la demanda de energía en las zonas rurales interconectadas, conforme con los planes de ampliación de cobertura que estructurarán cada uno de los Operadores de Red y que deberá contar con la viabilidad de la Unidad de Planeación Minero Energética - UPME. (Ministerio de Minas y Energía, 2018a).

- FSSRI: Fondo de Solidaridad para Subsidios y Redistribución de Ingreso. El Gobierno Nacional mediante las Leyes 142 de 1994 y 286 de 1996, creó el Fondo de Solidaridad para Subsidios y Redistribución de Ingresos - FSSRI como un fondo cuenta para administrar y distribuir los recursos asignados del Presupuesto Nacional y del mismo fondo, destinados a cubrir los subsidios del servicio público domiciliario de energía eléctrica a los usuarios de menores ingresos.

El FSSRI se rige por los Decretos 847 de 2001 y 201 de 2004, que reglamentan las leyes

142 y 286, donde se establecen los procedimientos de liquidación, cobro, recaudo y manejo de los subsidios y de las contribuciones de solidaridad en materia del servicio de energía eléctrica. (Ministerio de Minas y Energía, 2019).

- COLCIENCIAS. A través de su Departamento Administrativo de Ciencias Tecnología e Innovación, se encarga de asuntos de investigación y desarrollo de las fuentes no convencionales de energía (FNCE) y el uso eficiente de la energía.

2.3.1.3 Competencias administrativas locales.

- MINHACIENDA. Ministerio de Hacienda y Crédito Público
- DIAN. Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales.

2.3.2 Normatividad y regulaciones.

- Ley 99. (Congreso de la República, 1993). Los numerales 32 y 33 del artículo 5° de la ley asignan al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la función de promover planes de reconversión industrial ligados al uso de tecnologías ambientalmente sanas, y de promover programas de sustitución de los recursos naturales no renovables, para el desarrollo de tecnologías de generación de energías no contaminantes ni degradantes.

- Ley 142. (Congreso de la República, 1994a). Reglamentada Parcialmente por el Decreto Nacional 1641 de 1994, Reglamentado por el Decreto Nacional 2785 de 1994, Reglamentada por el Decreto Nacional 3087 de 1997, Reglamentada por el Decreto Nacional 302 de 2000, Reglamentada por el Decreto Nacional 847 de 2001, Reglamentada por el Decreto Nacional 1713 de 2002, Reglamentada parcialmente por el Decreto Nacional 549 de 2007, por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.

Ley básicamente aplicada a los servicios públicos en general incluyendo servicio de energía eléctrica y a los operadores de red, para garantizar la eficiencia, accesibilidad y calidad del servicio y disponer regulaciones generales. A partir de este se abre la posibilidad de

concesiones mediante contratos especiales para la gestión de los servicios públicos, en su Título IX de normas especiales para algunos servicios, en el Capítulo II para energía eléctrica y gas combustible, autoriza al gobierno a crear una empresa mixta vinculada al MINMINAS para generación y comercialización de electricidad, entre otras disposiciones.

- Ley 143. (Congreso de la República, 1994b). Reglamentada por el Decreto Nacional 3087 de 1997, Reglamentada por el Decreto Nacional 847 de 2001, Reglamentada parcialmente por el Decreto Nacional 549 de 2007, en relación con la contribución de solidaridad en la autogeneración. Por la cual se establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, se conceden unas autorizaciones y se dictan otras disposiciones en materia energética.

El Estado debe abarcar la cobertura de servicios en todo el territorio nacional y garantizar la atención de necesidades básicas para persona de estratos bajos y en zonas rurales, el mismo, deberá asignar y disponer de recursos en sus planes de desarrollo, para que en 20 se garantice dicha cobertura tanto en zonas interconectadas como no interconectadas.

- Ley 164. (Congreso de la República, 1994c). Colombia ratificó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, cuyo fin es estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Años más tarde, en la Cumbre de Johannesburgo, confirmó que el acceso a la energía facilita la erradicación de la pobreza y que para esto se deben incluir medidas globales relacionadas con su uso racional y eficiente – URE, con las fuentes no convencionales de energía – FNCE, la diversificación de fuentes energéticas y la promoción de la investigación y desarrollo en tecnologías de uso eficiente de energía.

- Ley 697. (Congreso de la República, 2001). Fomenta el uso racional y eficiente de la energía – URE y promueve la utilización de energías alternativas en Colombia. La Ley considera el URE como asunto de interés social, público y de conveniencia nacional y fundamental para

asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección al consumidor y la promoción del uso de energías no convencionales de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales. La Ley 697 de 2001 se refirió a las fuentes no renovables de energía – FNCE como las fuentes disponibles a nivel mundial que son ambientalmente sostenibles, pero que en el país no son empleadas o son utilizadas de manera marginal y no se comercializan ampliamente (...) estas fuentes están representadas principalmente por las llamadas fuentes renovables, que son energías que se regeneran o no se agotan, como el sol, el viento, el agua (pequeñas caídas de agua, olas, mareas, y diferencias de temperatura en los océanos), la biomasa y el calor de la tierra. (...) y la energía nuclear.

- Ley 788 (Congreso de la República, 2002). Establece beneficios tributarios para inversión en proyectos con energías renovables. Determina otras rentas exentas por venta de energía eléctrica generada con recursos eólicos y biomasa; así como recaudo por despachado en la bolsa de energía mayorista, para el Fondo de Apoyo Financiero para la energización de las zonas rurales interconectadas.

- Ley 855 (congreso de la República, 2003). En esta se definen las Zonas No Interconectadas, (modifica ley 788 de 2002).

- Decreto 2532. (Presidencia de la República, 2001). Por el cual se reglamenta el numeral 4 del artículo 424-5 y el literal f) del artículo 428 del Estatuto Tributario. Artículo 6o. Elementos, equipos o maquinaria que no son objeto de certificación para la exclusión de IVA.

- Decreto 3683. (Presidencia de la República, 2003). Por el cual se reglamenta la Ley 697 de 2001 y se crea una Comisión Intersectorial para el Uso Racional y Eficiente de la Energía y Fuentes No Convencionales de Energía (CIURE), del cual hacen parte el Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial, el Ministerio de Industria, Comercio

y Turismo, el Departamento Nacional de Planeación, la Comisión de Regulación de Energía y Gas – CREG, COLCIENCIAS y el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas – IPSE. El Decreto 3683 de 2003, también creó el Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes No Convencionales – PROURE, adscrito al Ministerio de Minas y Energía.

- Decreto 257. (Presidencia de la República, 2004). Por el cual se modifica la Estructura del Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas, IPSE.

- Resolución UPME 520. (Unidad de Planeación Minero Energética, 2007a). Por medio de la cual se establece el registro de proyectos de generación con el cual deben ser registrados los proyectos de generación y cogeneración de energía eléctrica a operar en el Sistema Interconectado Nacional.

- Resolución UPME 638. (Unidad de Planeación Minero Energética, 2007b). Por medio de la cual se modifica el artículo 4° y anexos 1, 2 y 3 y se adicionan dos artículos a la Resolución UPME número 0520 del 9 de octubre de 2007 que estableció lo relacionado con el Registro de Proyectos de Generación y la forma como deben ser registrados los proyectos de generación y cogeneración de energía eléctrica a operar en el Sistema Interconectado Nacional.

- Ley 1376 (Congreso de la República, 2010). Extiende el término de vigencia del Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de Zonas Rurales Interconectadas – Faer; creado por el artículo 105 de la Ley 788 de 2002, administrado por el Ministerio de Minas y Energía y se dictan otras disposiciones.

- Resolución 18-0919. (Ministerio de Minas y Energía, 2010). Por la cual se adopta el Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE, se definen sus objetivos, subprogramas y se adoptan otras disposiciones al respecto.

- Resolución 186. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012). Por la cual se adoptan Metas Ambientales, de que trata el literal "J" del artículo 6° del Decreto 2532 de 2001 y el literal "E" del artículo 4° del Decreto 3172 de 2003.

- Resolución UPME 563. (Unidad de Planeación Minero Energética, 2012). Por la cual se establecen el procedimiento y los requisitos para evaluar y conceptuar sobre las solicitudes que se presenten ante el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible con miras a obtener la exclusión del impuestos sobre las ventas IVA y/o deducción en la renta de elementos, equipos y maquinaria destinados a proyectos, programas o actividades de reducción en el consumo de energía y eficiencia energética, según lo dispuesto en el artículo 4o de la Resolución número 186 de 2012 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

- Decreto 2469. (Presidencia de la República, 2014a). Por el cual se establecen los lineamientos de política energética en materia de entrega de excedentes de autogeneración. Condiciones de participación en el mercado mayorista entre los generadores y auto generadores a gran escala. - Al expedir la regulación para la entrega de excedentes de los auto generadores, Define política sobre entrega excedentes. No estableció límite al excedente.

- Decreto 2492. (Presidencia de la República, 2014b). Lineamientos mecanismos de respuesta de la demanda.

- Circular CREG 098. (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2014). Proyecto de resolución de carácter general, por la cual se regula la Respuesta de la Demanda para el mercado diario en condiciones de escasez.

- Ley 1715. (Congreso de la República, 2014). Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. Faltaba por reglamentar; Resolución 045/2016 Definir el límite máximo de potencia de la autogeneración a gran escala, Entrega de excedentes de autogeneración en el Sistema Interconectado Nacional

(SIN) Conexión y operación de la generación distribuida.

Procedimiento conexión, operación, respaldo y comercialización de energía de la autogeneración distribuida. Procedimientos simplificados para autogeneradores con excedentes de energía menores a 5MW.

Ciclo de evaluación rápido para proyectos relativos a la ampliación, mejora y adaptación de las redes e instalaciones eléctricas y de hidrocarburos en proyectos de fuentes no convencionales de energía (FNE).

- Decreto 1073. (Presidencia de la República, 2015a). Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía. Estructura y régimen reglamentario del sector minero energético.

- Decreto 1076. (Presidencia de la República, 2015b). Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Aprovechamiento de recursos como fuentes de energías renovables; competencia de la ANLA y corporaciones autónomas regionales frente a centrales generadoras de energía eléctrica a partir del recurso hídrico; proyectos de exploración y uso de fuentes de energía alternativa, líneas de transmisión del Sistema de Transmisión Nacional (STN), líneas del Sistema de Transmisión Regional, proyectos para generación de energía nuclear.

- Resolución UPME 0281. (Unidad de Planeación Minero Energética, 2015). Definió límite autogeneración pequeña escala: 1MW.

- Resolución CREG 024. (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2015). Por la cual se regula la actividad de autogeneración a gran escala en el sistema interconectado nacional (SIN) y se dictan otras disposiciones. (Plantas mayores a 1 MW).

√ Condiciones para la conexión al SIN del autogenerador.

√ Condiciones para el acceso al respaldo de la red.

√ Condiciones para la entrega de excedentes.

- Decreto 1623. (Presidencia de la República, 2015c). Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política para la expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional y en las Zonas No Interconectadas.

- Decreto 2143. (Presidencia de la República, 2015d). Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, Decreto 1073 de 2015, en lo relacionado con la definición de los lineamientos para la aplicación de los incentivos establecidos en el Capítulo 111 de la Ley 1715 de 2014.

Expedido por el Ministerio de Minas y Energía, Todos los proyectos de generación eléctrica con fuentes no convencionales de energía (FNCE), podrán obtener cuatro beneficios: 1. Deducción especial sobre el impuesto de renta y complementarios, 2. Exclusión del IVA, 3. Exención de gravamen arancelario, 4. Régimen de depreciación acelerada; esto a partir de febrero de 2016.

- COP 21 París 2015. (Wikipedia, 2019). La llamada COP o conferencia de las partes es el espacio de reunión de los asociados a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), es a través de los COP que se hace seguimiento y monitoreo anual tanto a los esfuerzos, aplicación y compromisos, como a comunicados e inventarios de las partes frente al cambio climático y sus efectos; en la conferencia como foro máximo y común se da también la toma de decisiones según se considere determinante.

Nuestro país dentro de las partes, es considerado para el caso y según reportes de PNDU, como país en vía de desarrollo, sin embargo nuestra posición con respecto al grupo de naciones, fluctúa por condiciones de desigualdad; como se muestra en la medición del Índice de Desarrollo Humano ajustado a la Desigualdad de cada país (IDHD), de acuerdo a esto Colombia al igual que

Ecuador y Brasil se consideran de cuarto mundo con IDHD de 0.500 a 0.599.

Desde la primera COP, conferencia de Berlín en 1995; el COP 21 de París se considera por sus resultados uno de los más determinantes, pues en él se firmó por primera vez un acuerdo global que establece: medidas para reducción en las emisiones de GEI; mitigación, adaptación y resiliencia a los efectos del calentamiento global, y aplicabilidad para 2020 al término del Protocolo de Kioto. El acuerdo de París adoptado en diciembre 12 de 2015 y abierto a firmas en abril 22 de 2016, según datos en el sitio oficial de la CMNUCC (UNFCCC siglas en inglés), para la fecha de la firma contó con 175 partes (174 países y la Unión Europea), y para noviembre del mismo año 100 países ya habían ratificado el mismo oficialmente.

En cuanto a los aspectos energéticos y retomando la iniciativa expuesta previamente durante el G-20 de 2015, por el presidente francés Francois Holland y el primer ministro Indio Narendra Modi; como propuesta, se planteó crear una alianza de países con altos niveles de radiación y brillo solar a llamarse tentativamente “Agencia Internacional para la Política y Aplicación Solar (INSPA)” como entidad análoga a la OPEP; esto desembocó para final de 2017 y comienzo de 2018 en la entrada en vigor de la Alianza Solar Internacional (ISA, en inglés), que tuvo su evento de fundación oficial el 11 de marzo de 2018, que a la fecha ya contaba con 61 países unidos a la alianza.

Para la COP 23 en Bonn entre otros temas, se trataron aspectos de sostenibilidad como; transporte, gestión de residuos, restauración, energía y compensación del carbono. El equipo organizador según su lectura planteó que la mayoría de las emisiones provienen del transporte convencional por lo cual mostro, como ejemplo durante el certamen la disposición de buses públicos híbridos y eléctricos, de la ciudad de Bonn, así como la implementación de sistemas renovables para energía en las construcciones.

- Resolución 41430 de 2015. (Ministerio de Minas y Energía, 2015). Por la cual se

prorroga la vigencia del Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía no Convencionales, Proure y de su Plan de Acción Indicativo.

- Resolución 045 UPME. (Unidad de Planeación Minero Energética, 2016a). Por la cual se establecen los procedimientos y requisitos para emitir la certificación y avalar los Proyectos de Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE), con miras a obtener el beneficio de la exclusión del IVA y la exención de gravamen arancelario de que tratan los artículos 12 y 13 de la Ley 1715 de 2014, y se toman otras determinaciones.

Beneficio tributario, beneficio tributario en materia ambiental, servicio público de energía eléctrica, sistema del servicio público de energía eléctrica, contribuyente del impuesto sobre la renta, gravamen arancelario, intervinientes en la política de gobierno, servicio público de energía eléctrica en zona no interconectada, generación de energía eléctrica, fuente no convencional de energía, energía renovable no convencional, exclusión del impuesto sobre las ventas.

- Resolución 40095. (Ministerio de Minas y Energía, 2016a). Por la cual se adopta el Plan de Expansión de Referencia Generación y Transmisión 2015-2029.

- Resolución CREG 048. (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2016a). Por la cual se amplía el plazo de consulta del artículo 2 de la Resolución CREG 024 de 2016 Por la cual se ordena hacer público un proyecto de resolución “Por la cual se establece la metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el sistema interconectado nacional”.

- Resolución UPME 143. (Unidad de Planeación Minero Energética, 2016b). Por la cual se modifica el artículo quinto y se adicionan artículos y anexos a la Resolución Upme 0520 de octubre 9 de 2007 por medio de la cual se establece el Registro de Proyectos de Generación y se toman otras disposiciones.

- Resolución 40634. (Ministerio de Minas y Energía, 2016b). Por la cual se prorroga la vigencia del Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE y de su Plan de Acción Indicativo.

- Decreto 1513. (Presidencia de la República, 2016). Por el cual se modifica el decreto 1073 de 2015 en lo relacionado con lineamientos de política pública en materia de expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica.

- Resolución 176. (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2016b). Por la cual se ordena hacer público un proyecto de resolución “Por la cual se establece la metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el sistema interconectado nacional”.

- Resolución 197. (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2016c). Por la cual se amplía el plazo de consulta del artículo 2o de la Resolución CREG 176 de 2016 Por la cual se ordena hacer público un proyecto de resolución “por la cual se establece la metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el sistema interconectado nacional.”

- Resolución 41286. (Ministerio de Minas y Energía, 2016c). Por la cual se adopta el plan de acción indicativo 2017-2022 para el desarrollo del Programa de Uso Racional Eficiente de la Energía, PROURE, que define objetivos y metas indicativas de eficiencia energética, acciones y medidas sectoriales y estratégicas base para el cumplimiento de metas y se adoptan otras disposiciones al respecto. (PAI 2017-2022).

- Resolución 1283. (Ministero de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016). Por la cual se establece el procedimiento y requisitos para la expedición de la certificación de beneficio ambiental por nuevas inversiones en proyectos de fuentes no convencionales de energías

renovables – FNCER y gestión eficiente de la energía, para obtener los beneficios tributarios de que tratan los artículos 11, 12, 13 y 14 de la Ley 1715 de 2014 y se adoptan otras determinaciones.

- Resolución 40098. (Ministerio de Minas y Energía, 2017a). Por la cual se adopta el Plan de Expansión de Referencia Generación - Transmisión 2016-2030.

- Resolución CREG 019. (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2017a). Por la cual se ordena hacer público un proyecto de resolución “Por la cual se establece la metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el sistema interconectado nacional”.

- Decreto 884. (Presidencia de la República, 2017a). Por el cual se expiden normas tendientes a la implementación del Plan Nacional de Electrificación Rural en el marco del Acuerdo Final para la Terminación del Conflicto y la Construcción de una Paz Estable y Duradera

- Decreto 926. (Presidencia de la República, 2017b). Con el artículo 221 de la ley 1819 de 2016, se creó el impuesto nacional al carbono para cumplimiento de las metas de mitigación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a nivel nacional, este aplica para el contenido de carbono de todos los derivados de petróleo y todos los tipos de gas fósil que sean usados con fines energéticos, siempre que sean utilizados para combustión (exceptuando el carbón).

En la misma ley que crea este impuesto se da un mandato al MADS, el cual se consolida en el decreto 926 de 2017, para establecer un procedimiento para la No Causación del Impuesto Nacional al Carbono. Para estimular la formulación e implementación de iniciativas de mitigación que generen reducciones de emisiones o remociones de GEI a cambio de la no causación del impuesto. El Decreto 926 de 2017 que establece el mecanismo de no causación del impuesto fue expedido y es operativo desde el 01 de junio de 2017.

- Resolución CREG 201. (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2017b). Por la cual se modifica la Resolución CREG 243 de 2016, que define la metodología para determinar la energía firme para el Cargo por Confiabilidad, ENFICC, de plantas solares fotovoltaicas.

- Resolución CREG 121. (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2017c). Por la cual se ordena hacer público el proyecto de resolución “Por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el sistema interconectado nacional”.

- Resolución CREG 167. (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2017d). Por la cual se define la metodología para determinar la energía firme de plantas eólicas. Deroga las Resoluciones CREG 148 de 2011 y CREG 061 de 2015. Energía Firme para el Cargo por Confiabilidad (ENFICC) de Plantas o Parques Eólicos, Energía Disponible Adicional, Verificación de parámetros Plantas Eólicas. Anexo; requisitos mínimos de la auditoría.

- Decreto 348. (Presidencia de la República, 2017c). Por el cual se adiciona el Decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política pública en materia de gestión eficiente de la energía y entrega de excedentes de autogeneración a pequeña escala.

- Decreto 1543. (Presidencia de la República, 2017c). Por el cual se reglamenta el Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía, FENOGE, adicionando una Sección 5 al Capítulo 3 del Título III de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía 1073 de 2015.

- Resolución 1988. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017a). Por la cual se adoptan las metas ambientales y se establecen otras disposiciones. En el marco del PROURE y PAI 2017-2022, establece además de metas de eficiencia energética, acciones y medidas diferenciadas por sectores transporte, industria, terciario, y residencial; para reconversión, uso,

eficiencia, e implementación de sistemas de gestión de la energía (SGEn).

- Resolución 2000. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017b). Por la cual se establece la forma y requisitos para presentar ante la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), las solicitudes de acreditación para obtener la exclusión del impuesto sobre las ventas de que tratan los artículos 424 numeral 7 y 428 literal f) del Estatuto Tributario y se dictan otras disposiciones.

- Resolución UPME 585. (Unidad de Planeación Minero Energética, 2017). Por la cual se establece el procedimiento para conceptuar sobre los proyectos de eficiencia energética/gestión eficiente de la energía que se presenten para acceder al beneficio tributario de que trata el literal d) del artículo 1.3.1.14.7 del Decreto 1625 de 2016; con sus respectivas modificaciones. Procedimiento y alcance de proyectos susceptibles de exclusión de IVA.

- Resolución 41407. (Ministerio de Minas y Energía, 2017b). Por la cual se expide el Manual Operativo del FENOGE y se dictan otras disposiciones. Objetivos, fuentes de financiación, destinación de recurso, operatividad, estructura organizacional, metodología y ejecución.

- Decreto 0570. (Ministerio de Minas y Energía, 2018b). Por el cual se adiciona el decreto único reglamentario del sector administrativo de minas y energía 1073 de 2015, en lo relacionado con los lineamientos de política pública para la contratación a largo plazo de proyectos de generación de energía eléctrica y se dictan otras disposiciones.

Lineamientos de política pública para la contratación a largo plazo de proyectos de generación de energía eléctrica. Para promover la contratación a largo plazo de proyectos de generación de energía eléctrica provenientes de fuentes renovables y complementarias a las actuales. Se establecen objetivos para fortalecer, diversificar y complementar la matriz de generación de energía, lo que redundará en una formación eficiente de los precios y el

aprovechamiento del potencial de los recursos renovables.

Igualmente, se fomenta la seguridad energética regional y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, lo que le permitirá al país cumplir con los compromisos asumidos en el COP21 para el año 2030.

- Resolución CREG 30. (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2018). Por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional. Abarca temas como: usos de espacios y cubiertas autogeneración, empresas nuevas de energías alternativas tendrían exclusión de I.V.A., habría beneficio en tanto no tendrían que pagar aranceles para exportación y se reducirían durante los primeros cuatro años los intereses por concepto de renta, ahora lo que se produce como usuario dentro del sistema de tensión 1, el operador de servicio está obligado a recibirlo a título de compra.

- Resolución UPME 279. (Unidad de Planeación Minero Energética, 2018b). Por la cual se adopta el procedimiento para la evaluación por parte de la UPME de los planes de expansión de cobertura de energía eléctrica en zonas interconectadas al SIN que sean presentados por los OR.

- Resolución UPME 463 (Unidad de Planeación Minero Energética, 2018b). Por la cual se establece el procedimiento para conceptuar sobre los proyectos de eficiencia energética/gestión eficiente de la energía que se presenten para acceder a los beneficios tributarios sobre el iva y/o la renta conforme a lo establecido en los decretos 1625 de 2016, decreto único reglamentario en materia tributaria y 1073 de 2015, decreto único reglamentario del sector administrativo de minas y energía. Deroga integralmente la resolución 585 de 2017.

- ICONTEC

√ Código Eléctrico Colombiano: NTC 2050

√ Energía solar térmica: NTC 4368, NTC 3507, NTC 3322, NTC 2960, NTC 2774, NTC 2631, NTC 2461.

√ Energía solar fotovoltaica: NTC 4405, NTC 2775, NTC 1736.

- RETIE Resolución 180398. (Ministerio de Minas y Energía, 2004). Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.

- RETILAP Resolución 181331. Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público. (Ministerio de Minas y Energía, 2009).

- ISO 50001. Norma internacional de sistemas de gestión de la energía (SGEn), eficiencia, seguridad y uso energético. (Organización Internacional de Normalización, 2011).

2.3.3 Energía, Plan Nacional de Desarrollo y Agenda en el Marco Internacional. Con el interés y la interacción global, debido a la aceleración de los fenómenos de calentamiento global y con la información del comportamiento del clima se hace necesario anticipar y considerar los escenarios de cambio climático, que son descripciones estimables de desarrollos futuros para avanzar sobre decisiones con conocimiento de causa para construir territorios adaptados y resilientes.

Para calcular las variables meteorológicas con respecto al clima actual, se tienen en cuenta los factores de temperatura y precipitación y las lecturas que se vienen tomando en Colombia para proyectar su comportamiento, considerando también las tasas representativas de concentración de emisiones (RCP).

Como herramienta para la construcción de un futuro sostenible y ante los miembros del CMNUCC se presentan las comunicaciones nacionales, como principal fuente de información sobre efectos del cambio climático, en 2010 Colombia presentó la Tercera Comunicación en la cual se presentan por regiones y departamentos los posibles escenarios futuros convincentes con base en el conjunto de variables y en supuestos proyectados: se advierte que dichos escenarios

plantean panoramas no deseados que requieren la intervención inmediata de los distintos actores y en general de la población; para establecer dichos escenarios con base en el AR5 (Quinto Informe de Evaluación), del IPCC se utiliza una metodología en paralelo.

Los escenarios planteados consideran el forzamiento radioactivo FR, como unidad expresando en W/m^2 que indicara calentamiento o enfriamiento según si es positivo o negativo; estos índices dependerán también de las emisiones conforme las Sendas Representativas de Concentración (RCP, de sus siglas en inglés). (2.6, 1986-2005; 4.5, 6.0, 8.5, 2081-2100) o por ejemplo de incremento en los gases de efecto invernadero GEI.

Se tiene como ejemplo de escenarios de cambio el texto “Cambio Climático: Bases Físicas guía resumida, Del quinto informe de evaluación del IPCC, Grupo de trabajo I, Gobierno de España”. Sobre este panorama la Tercera Comunicación prevé que los cambios en las variables de temperatura y precipitación serán intensos para el país pero distintos según la región, se advierte que se esperan aumentos en los GEI, ocasionando aumentos en el nivel del mar, derretimiento de nevados y glaciares, inundaciones o desertificación, disminución en la productividad de los suelos agrícolas, pérdida de fuentes y cursos de agua y mayor incidencia de calor en zonas urbanas, así mismo la modificación de variables harán que los fenómenos del Niño y de la Niña generen mayor impacto.

Para desarrollar los Escenarios de Colombia, los científicos del IDEAM tomaron los 16 modelos globales que mejor representan el clima de referencia de Colombia (1976 - 2005) y que modelan la temperatura y la precipitación hasta el año 2100, y los regionalizaron utilizando un método llamado Ensamble Promedio de Fiabilidad Conjunta (“Reliability Ensemble Averaging” REA Method, por sus siglas en inglés). Éste es un método que permite combinar las salidas de los modelos de circulación general teniendo en cuenta dos criterios: desempeño y convergencia. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios

Ambientales, 2015).

Bogotá, D.C. 25 de mayo de 2016 (MADS). En reunión con representantes del World Wildlife Fund, WWF, la delegación de Colombia encabezada por el viceministro de Ambiente, Pablo Vieira, en UNEA-2 acordó la construcción de una agenda de trabajo para el establecimiento de un ambicioso plan de energías renovables alternativas para el año 2030.

Este acuerdo se dio en el desarrollo de la segunda sesión de la Asamblea de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEA-2) en Nairobi, Kenia.

Ver PAI PROURE 2017 - 2022

PAS: Plan de Acción Sectorial de mitigación para el Cambio Climático

BECO: Balance Energético Colombiano

CIURE: Comisión Intersectorial para el Uso Racional y Eficiente de la Energía y Fuentes No Renovables.

ECDBC: Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono

PGEE: Plan de Gestión Eficiente de la Energía

PROURE: Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y demás Formas de Energía No Convencionales

UPME Unidad de Planeación Minero Energética. • Sistema de Información Minero Energética – SIMEC.

Es la Matriz de información en la cual la UPME consolida las principales variables de estudio del sector para consulta, como producción, importación, exportación, precio de minerales, regalías, entre otros.

Productos:

• Plan Energético Nacional (PEN) 2010–2030; Estrategia Energética Integral,

Visión 2003–2020.

- Ley 1450 de 2011 (Plan de Desarrollo 2010 - 2014, artículo 105). Visualiza las opciones más favorables para el desarrollo de los sectores de energía eléctrica, energías alternativas, hidrocarburos y gas.
- Plan de Expansión de Generación y Transmisión. Define los requerimientos de la expansión a nivel nacional y la interconexión a nivel internacional.
- Plan de Abastecimiento para el suministro y transporte de gas natural. Presenta la situación del abastecimiento de gas natural para el mediano y largo plazo, y sugiere requerimientos de infraestructura.
- Balances energéticos. Consolidan la estructura de oferta, transformación y demanda de los recursos energéticos por sectores y usos.
- Cadena de los energéticos. Presentan el comportamiento de las principales variables asociadas a la explotación y comercialización del petróleo, el gas natural, el gas licuado de petróleo y el carbón en el país.
- Plan Nacional de Desarrollo Minero. Instrumento que orienta y articula la gestión de las entidades y agentes del sector, en los propósitos comunes que se derivan de las políticas de Gobierno y Estado.
- Plan Nacional de Ordenamiento. Identifica y elabora los elementos base del ordenamiento minero para garantizar prácticas mineras ambiental y socialmente responsable, que contribuyan al desarrollo económico, social y cultural de las comunidades locales.

Funciones asignadas por el Ministerio de Minas:

- Registro de proyectos de Generación. Este registro se utiliza para conocer las diferentes iniciativas de proyectos de generación del país, por lo que se constituye en insumo fundamental para la formulación del Plan Indicativo de Expansión de Generación. Está articulado por el decreto 1258 del 17 de junio de 2013 artículo 13 numeral 13.

- Convocatorias públicas para la expansión del Sistema de Transmisión Nacional. La UPME es a encargada de estructurar los procesos de convocatorias públicas, seleccionar los inversores que ejecutarán las obras del Sistema de Transmisión Nacional (STN) así como el inventor de cada proyecto y efectuar el seguimiento a la ejecución de los proyectos de transmisión y distribución de electricidad, definidos en el Plan de Expansión del Sistema Interconectado Nacional. (Artículo 13 Numeral 14 Decreto 1258).

3. Espacio público y ecourbanismo

3.1 Consideraciones generales, concepto de espacio público

Se presenta como valor agregado que la propuesta encierre dentro de sus efectos la resignificación del espacio público donde se legitima, incluye y dignifica la comunidad y su participación y responsabilidad en los procesos estructurales de revitalización del mismo espacio público y su cuidado obteniendo un correspondiente beneficio

El espacio público se entiende como un espacio contenido entre límites virtuales, el lugar, conforme con quienes imaginan el espacio público como espacio para la recreación, puede pensarse como patio de juegos, en ese sentido puede enfocarse hacia la lúdica a través de actividades que involucren a los ciudadanos niños jóvenes adultos y ancianos y para el caso, aprovechando la tendencia creciente de interés global por los temas ecológicos y preocupación por el medio ambiente, en procura de la preservación del mismo, tanto del espacio público como del medio ambiente.

Podemos volver a ensuciarnos las manos sembrando la tierra y hacer de ello un juego, implementar estrategias de permacultura urbana, cultivar y cosechar en lo posible nuestra propia comida y proponerse lograr adicionalmente la generación de energía a partir de la fotosíntesis y los factores del clima.

El espacio público puede tener condiciones de laboratorio urbano; social, cultural, político, ambiental, lúdico y en fin sensorial de las formas imaginables. Puede ser visto como “taller” para el desarrollo de actividades que le beneficien al mismo y por tanto a sus usuarios.

3.2 Conceptos de sostenibilidad y criterios eco urbanísticos

Dentro de las nuevas formas de entender el lugar que habitamos, como territorio y medio ambiente, como ciudad y como ecosistema, con todas las relaciones de interdependencia que

pueden establecerse, encontramos el concepto de Ecourbanismo. Este concepto entre otras cosas, identifica en las funciones de la ciudad como urbe y ecosistema, los sistemas de soporte de la misma en lo que considera metabolismo urbano; a partir de este y del entendimiento del mismo concepto, se determina que el modelo de intercambio de energía y materia de una ciudad es opuesto al del sistema natural, sobre lo cual se identifica la necesidad de realizar una intervención al respecto en procura de establecer acciones de mitigación de impactos en los procesos de habitar, para el caso específico reconversión energética.

Con este nuevo concepto aplicado al tema, se propone un punto piloto de Generación Energética, que sirva como equipamiento urbano multipropósito a tres fines básicos: primero como estación de transformación de energías limpias para generación de energía eléctrica, segundo como aula ambiental mostrándose como modelo prototípico y sirviendo a fines investigativos principalmente para monitoreo de rendimientos y desarrollo de tecnologías para atender necesidades de abastecimiento a partir de espacios públicos, específicamente zonas verdes, descubiertas y/o abiertas, de cesión tipo A y parques públicos en general (de escala metropolitana, local y zonal principalmente), y tercero como equipamiento comunal de carácter social y cultural e incluso económico, que genere procesos incluyentes de participación comunitaria desde la pedagogía, formación en aspectos medio ambientales y sostenibles, asesorías para generación doméstica y equilibrio energético, inclusive adoptando modelos cooperativistas; y apoyando además en la realización de eventos culturales de pequeña escala como proyecciones de tipo cineclub en los parques y eventos de mediana escala de la agenda distrital como festivales al parque, realizados en ambos casos con equipos que se alimenten del suministro energético generado en la estación multipropósito, o inclusive complementando al sector de las comunicaciones.

Se procura con la reconversión energética, integrar algunas de las funciones del

metabolismo exo-somático de los ecosistemas urbanos, a ciclos naturales aprovechados para generación en procura del equilibrio ambiental, mitigando en lo posible algunos síntomas de patologías urbanas; esto desde las funciones urbanas tanto anabólicas; en la suma de procesos de síntesis de energía para abastecimiento eficiente a sistemas complejos convencionales a partir de otros no convencionales más sencillos en la fuente, como catabólicas; en la descentralización de las grandes generadoras complejas y los sistemas convencionales concebidos como redes masivas eléctricas de carácter nacional o regional, reemplazadas por sistemas concebidos como la suma de subsistemas locales o zonales de pequeñas y medianas estaciones de generación eficiente.

Aunque la finalidad de la propuesta basados en la primera ley de la termodinámica conocida como ley de la conservación de la energía, no es precisamente economizar energía ya que la energía no se crea ni se destruye, sí se tienen como puntos de partida o principios de diseño, factores como eficiencia energética, línea base de consumo, equilibrio térmico y energético, e implementación de sistemas de energías pasivas para consumo máximo aprovechamiento en general, y como finalidad específica la de generar energía eléctrica a partir de energías no convencionales, gratuitas, renovables y limpias o de bajo impacto, en ese sentido alternativas, a partir del espacio público.

En complemento se soportan también los beneficios económicos a partir del concepto de cuentas ambientales / costos ambientales, del cual se puede decir se desprenden tres metodologías básicas para evaluación del beneficio económico:

- Cuánto vale no tener la energía generada.
- Cuánto cuesta la energía (y el tratamiento de residuos, en caso de implementación de sistemas tipo biodigestor, o propuestas con sistemas de reutilización o reciclaje), o cuánto vale lo que generaría si no está, enfocado como valoración inversa de impactos negativos.
- Cuánto es lo máximo que se estaría dispuesto a pagar por lo que se propone. Teniendo

en cuenta además de lo que se pagaría por el servicio que se presta (en este caso lo que se genera de energía eléctrica y sus beneficios subyacentes).

Adicionalmente entendiendo que el gobierno de turno, es el encargado de la administración del capital (en cuanto a patrimonio) tanto de los recursos naturales como económicos y del territorio físico, geográfico y político-administrativo; se considera necesario dejar como reflexión o aclaración, que cuando se identifican los factores incidentes dentro de las políticas generales que enmarcan cualquier asunto de recursos naturales, siempre el factor económico suele tener mayor incidencia, esto no es en principio necesariamente bueno o malo, sin embargo lo que si puede resultar nocivo a un territorio y a su población es el enfoque económico con el cual se atiendan las necesidades y se aprovechen los potenciales de los recursos.

Cualquier enfoque económico debe propender primero por la implementación de regulaciones, normas y marcos legales en general, que garanticen la protección del recurso natural y en esa medida de su potencial de aprovechamiento; en segundo lugar que la posibilidad de disfrute y beneficio sobre cualquier recurso sea para todos sus pobladores, siempre que en lo posible se mantengan las condiciones originales eco sistémicas o se garantice el equilibrio de dichas condiciones medio ambientales; y en tercer lugar que en los análisis de costo beneficio, prime tanto la rigurosidad de los estudios como la consideración de los beneficios locales directos para la población local y no para los grandes mercados basados en sistemas convencionales que benefician monopolios preestablecidos o multinacionales y al contrario de lo que se esperaría, no necesariamente logran la eficiencia mínima demandada en la oferta o prestación del servicio (caso Electricaribe).

En la medida que se atienda la demanda creciente, la recolección de energía gratuita, se aumente la eficiencia y se logren con la propuesta los resultados esperados, evidenciando el

ahorro real de energía, podrá traducirse todo ello en reducción de costos por generación o disminución de valor kwa. Para poder llegar a plantearse a largo plazo sistemas de subsidio a través de facilidades para y por implementación de energías gratuitas.

Por otra parte, teniendo en cuenta las distintas consideraciones en cuanto a usos del suelo por impactos concentrados, encontraremos desde los usos convencionales para generación, que estos involucran modificaciones forzadas de concentraciones de agua y modificaciones agresivas de los cuerpos hídricos:

La construcción de una presa en el cauce de un río produce una alteración del régimen natural de caudales, ya que esa presa se construye precisamente para regular éstos, acomodando los recursos aportados por el río a unas determinadas necesidades. (Iberdrola, 2017).

Lo que implica afectaciones en las condiciones de humedad e índices de absorción naturales, propias de los suelos encada clima y ecosistema específico. Debido a ello, en uno de dos casos se colapsa el suelo por saturación incrementando riesgos de inundación en lugares donde se presenten altos índices de precipitación y el suelo ya no tenga la capacidad de contribuir a mitigar esto naturalmente, durante ciclos intensificados en temporadas de lluvias como en presencia del denominado fenómeno de la niña. En el otro caso, que se presenta con mayor frecuencia, se genera disminución en los caudales y cauces de los ríos ocasionando progresiva e inminentemente desecamiento de suelos originalmente estables, tanto sobre antiguas riveras, meandros y llanuras inundables, como sobre cualquier terreno que dependa o este asociado a los sistemas y subsistemas hídricos, así como también se generan franjas secas en los embalses y presas de centrales eléctricas.

Claramente esto impacta todas las demás funciones eco sistémicas y actividades ligadas al entorno inmediato por citar dos ejemplos dentro de actividades económicas propias del sector

primario en Colombia; veremos que se presentan efectos colaterales en la disminución de especies de río que sustentan la pesca, así como disminución en la fertilidad y por tanto de la productividad de suelos potenciales para agricultura. En ambos ejemplos planteados habrá nuevas consecuencias que derivan, por ejemplo, en escases de alimentos y desempleo, a su vez generando crisis del sector social y de salud.

La investigación plantea además la posibilidad indirecta, para lograr mayor cobertura en sectores que no presentan líneas o redes de servicio público de energía eléctrica, tanto por temas de segregación social o abandono del estado como para lugares simplemente alejados, insulares o de difícil acceso para torres o redes convencionales de alta tensión. El concepto puede aplicar también para particulares con potencial de inversión que tengan la intención de generar nuevos desarrollos, o para iniciativas de proyectos de viviendas subsidiadas a edificar en lugares donde por estar apenas en consolidación no existan redes o no tenga alcance la posible línea existente. Se trasciende del concepto de energía pública a energía comunitaria naturalmente sin que por ello perdiera el carácter público que le reafirma el hecho de su implementación en el mismo espacio público; además teniendo en consideración que en los planes de ordenamiento ya se empieza a tener como directriz, tal es el caso por ejemplo del POT de Cali, en el Artículo 60. Numeral 9, del Acuerdo 069 de 2000 en el cual se indica que “No se permitirá el paso de redes públicas por edificaciones privadas. Las redes se ubicarán en los sitios de mayor disponibilidad de espacio público, buscando las áreas donde causen menor congestión y molestia a los ciudadanos.”. (Art. 69, numeral 9).

Como estrategia para abarcar el tema y cambiar el modelo tradicional de generación, se plantea una propuesta que busca presentar solución integral al déficit energético mediante sistemas no convencionales de Generación energética y desarrollo urbano sostenible, persiguiendo a partir de criterios adicionales de planificación y adecuado aprovechamiento de

recursos, un valor agregado en varios sentidos:

- Consideración especializada de los factores medioambientales.
- Afrontar la obsolescencia de la zonificación funcional, con la implementación de un equipamiento de usos mixtos que se preste para la diversificación de actividades, la calidad multipropósito planteada.
- Integración y diseño de red de espacios libres urbanos como sistema.
- Aprovechamiento de recursos energéticos naturales.
- Implementar biodigestores para control sobre residuos y valorización energética de los residuos como parte de las iniciativas de economía circular.
- Consideraciones de movilidad para el futuro a partir de la repetición de estaciones que generen sistema de recarga para bicicletas y vehículos eléctricos.
- Se planteará con un sistema constructivo de fácil montaje e industrializable, que, en la deconstrucción de la edificación, permita que el material sea reciclado e incluso reusado; permitiendo mejoras en la ACV (análisis del ciclo de vida de los materiales) del sistema constructivo.
- Si bien la edificación se basa en un sistema modular que pueda adaptable, flexible y pueda ser ampliado por repetición y que permita en lo posible algunos detalles modificables pensando en lugares específicos tipificados que puedan responder a su entorno.
- Aprovechamiento de energías renovables limpias no convencionales para alimentación energética durable.
- Se tendrán en cuenta las condiciones de contexto urbano en cuanto a vecinos tanto edificios como usuarios. Necesariamente la propuesta prototipo debe responder a condiciones particulares de clima, topografía, clima y condiciones generales del territorio.

4. Condiciones específicas del lugar a intervenir

4.1 Condiciones de contexto general

4.1.1 Características particulares. Se eligió como lugar general de intervención la sede en Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia, se plantea en la capital por condiciones básicas de accesibilidad a la información en tanto se cuentan con bases fiables de datos documentadas mediante múltiples estaciones ubicadas en varios puntos de la ciudad contando con las de dos aeropuertos; estos insumos se suman a las lecturas y resultados de los diversos estudios realizados por entidades institucionales como el DNP, el MINAMBIENTE, el IDEAM, la CAR y particularmente la Secretaría Distrital de Ambiente SDA (anteriormente DAMA). Por otro lado, los resultados en una megalópolis como Bogotá presentan diversidad en cuanto a que se encuentran para la misma ciudad microclimas y zonificaciones que aportan como variables a los posibles resultados a obtener con la investigación, adicionalmente como habitante de la ciudad durante varios años, se tiene una idea preconcebida por experimentación que permite un conocimiento general del comportamiento climático en la capital.

4.1.2 Potencialidades en recursos, materias primas y materiales. Por otro lado, la Universidad Nacional se presta idónea a la propuesta en tanto se plantea un componente de investigación y tecnología que de ser posible puede llegar a integrar intereses multidisciplinarios, por ejemplo, para aterrizar retroalimentar la propuesta en los temas constructivos y de materiales experimentales, se pueden aprovechar iniciativas o materiales desarrolladas o por desarrollar con los departamentos de ciencias, ingenierías y de construcción y arquitectura. Ofrece la posibilidad desde su condición de academia para la experimentación y permitiría retroalimentación.

Por otro lado, a pesar de estar inmersa en el contexto urbano su condición de campus y espacio verde genera un microclima que amortigua la isla de calor en la ciudad y ofrece una

posibilidad sin dinámicas extractivas de que se aprovechen algunas maderas de los árboles que en su momento son removidos producto del mantenimiento.

Adicionalmente la universidad cuenta con un programa de gestión ambiental, mediante el cual se recolecta, trata y dispone de los residuos, entre ellos tanto biodegradables (posibilidades de biodigestores), como reciclables y residuos sólidos ordinarios que abren posibilidad al planteamiento creativo de formas de reuso y aprovechamiento.

Los predios de la Universidad gozan de su condición estatal como espacio público lo que resulta ventajoso para proponer una estación piloto de generación de energía alternativa sin entrar en contraposición con el marco normativo y de regulación. Es un espacio público, verde, abierto (descubierto) representativo en la estructura ecológica principal del sector, y presenta condiciones climáticas particulares como por ejemplo el hecho de que es uno de los puntos en Bogotá donde más se presentan descargas eléctricas naturales, adicionalmente cuenta con una estación climatológica principal lo que permitiría en dado caso delimitar aún más los datos requeridos para las simulaciones.

Su condición de universidad pública permite en dado caso profundizar los temas que permitan aterrizar la propuesta y lograr desde su responsabilidad social, beneficios a partir de modelos vecinales, comunitarios o públicos y no monopolios o privados.

4.2 Condiciones geográficas

4.2.1 Ubicación superficie. El lote se ubica en la capital de Colombia, en la sabana de Bogotá, en la localidad de Teusaquillo, en las áreas de influencia del Plan Parcial de Renovación Urbana Ciudad CAN, dentro del perímetro urbano entre las calles 26 (Av. El Dorado) y calle 53, y las carreras 30 (Av. NQS) y la transversal 38 al interior de la llamada ciudad universitaria de la Universidad Nacional de Colombia, más específicamente, al norte de la misma, en el sector del estadio y las canchas recreo deportivas; en donde, se propone ubicar un nuevo equipamiento en el

predio aledaño al edificio 437 Centro de Acopio de Residuos Sólidos (estructura ligera desmontable, usada para la recolección y clasificación de material de desecho).



Figura 3. Ubicación del lote a intervenir

Fuente: Google Earth, 2019



Figura 4. Universidad Nacional de Colombia UAV

Fuente: Youtube, 2015



Figura 5. Centro de acopio de residuos sólidos

Fuente: Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá, 2013

Esta localización se plantea también como estrategia para conformar un núcleo enfocado a asuntos ambientales y de sostenibilidad en predios de la universidad; en superficie, el lote planteado para el caso de estudio tiene dimensiones de 50m x 50m para un área estimada de 2500m².

Se encuentra a una elevación de 2555m sobre el nivel del mar, lo que ubica el sector en piso térmico frío; en cuanto a sus coordenadas geográficas se localiza el lote a 4.38°N con respecto al paralelo del ecuador y a 74.05°O con respecto al meridiano de Greenwich, lo cual nos localiza al inicio del cono suramericano en la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT o ZCI), donde convergen vientos alisios con los del hemisferio sur.

4.2.2 Geomorfología topografía y suelos.

Topográficamente por estar localizado en el perímetro urbano, en la zona consolidada urbanizada de Teusaquillo, donde terminan la influencia topográfica del sistema de los cerros orientales; el proyecto se encuentra sobre un terreno predominantemente plano, aunque se

considera que puede tener tendencia de pendiente al noroccidente; estos factores lo ubican en la que se denomina unidad geomorfológica IV la cual está constituida por depósitos cuaternarios que corresponden a terrazas, llanuras aluviales, conos aluviales y coluviones. (Secretaría Distrital de Planeación, 2009).

Geológicamente la superficie del lote está determinada por la formación Sabana, que se conformó en su parte superior por sedimentaciones y variaciones en el nivel de un antiguo gran lago en la sabana de Bogotá, en su franja o sección superior este depósito de sedimentos se formó principalmente de varios tipos de arcillas, algo de arenas, y turbas y limos principalmente, respondiendo esto a su naturaleza lacustre.

Para este lugar, en cuanto a la litología del sector, como se ha mencionado entre capas horizontales con contenidos rocosos producto de la sedimentación, se diferencia una serie de 9 capas (formaciones):

De suelos y depósito: Formación Sabana (Qsa1) 2525-2550, Formación Sabana (Qsa2) 2260-2525. Unidades de roca: Formación Guaduas conjunto superior (Tkgs) 2150-2260, Formación Guaduas conjunto medio (Tkgm) 1890-2150, Formación Guaduas conjunto inferior (Tkgi) 1800-1890, Formación arenisca labor-tierna (Ksglt) 1480-1800, Formación Plaeners (Ksgp) 1400-1480, Formación Arenisca Dura (Ksgd) 950 – 1400, Formación Chipaque (Ksch) 120 – 950. (Veloza, 2013)

4.2.3 Hidrología hidrografía. Con base en datos del IDECA (Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital, 2016), a pesar de que el lote escogido, está en la localidad de Teusaquillo, se encuentra específicamente dentro de la Cuenca del Río Fucha, al borde de la misma donde se encuentra con la Cuenca del Salitre, se considera que para el caso hay mayor influencia de esta última, por la presencia de elementos o cuerpos representativos. El sistema hídrico se constituye para el sector del lote, por segmentos de los canales arzobispo y salitre, y

por la influencia que por cercanía tiene el lago artificial del parque Simón Bolívar.

Como resultado de las aguas que manan de los cerros al oriente de Bogotá, entrando a la ciudad por el parque nacional, encontramos al Río Arzobispo, que se extiende como canalización bajando de manera diagonal entre calles 39 y 50, hasta la avenida NQS frente a la Universidad Nacional donde se convierte en el canal salitre; al pasar por la zona urbana el Canal Arzobispo, así como el Canal Salitre funcionan como complemento del sistema de drenajes para aguas de lluvia.

La universidad cuenta con un humedal artificial llamado Mamá Dominga:

Es un humedal establecido en una antigua zona de humedal natural, que se alimenta de aguas fluviales y de escorrentía, y que está ubicado en el costado oriental del departamento de Biología de la Universidad Nacional de Colombia, sirve como sistema natural para control de drenaje y retención superficial de aguas, lo que mantiene un nivel de permeabilidad estable del terreno. (Fundación Humedales Bogotá, 2012).

4.2.4 Vegetación. El lote escogido para el proyecto no presenta en la actualidad, en su inmediatez, masas de vegetación representativa, lo cual permitirá eventualmente para la propuesta y según direcciones y velocidades, aprovechar los vientos predominantes o generar barreras que beneficien dinámicas de Aero-generación.

Por otro lado, en el caso del lugar específico a intervenir, por estar dentro del campus, necesariamente se verá beneficiado del ecosistema que puedan conformar las especies que allí se encuentran y que hacen de la Universidad Nacional como pulmón urbano, parte importante de la estructura ecológica principal de la ciudad.

Para Infante-Betancourt, Jara-Muñoz, & Rivera-Díaz, (2008), sobre las especies podemos diferenciar dos grupos básicos: especies nativas y foráneas. Entre los árboles y arbustos que representan la vegetación original de Bogotá antes de ser urbanizada y que se

encuentran en la ciudad universitaria, podemos destacar árboles reconocidos como el cedro y el roble, así como palmas de cera y siete cueros. Por otra parte, entre las especies introducidas hallaremos individuos que con el tiempo se han vuelto muy comunes en la toda la ciudad como son el Falso Pimiento, las Araucarias, el Chicalá y el Sauco. (p. 26).

4.2.5 Aspectos naturales particulares. El río Arzobispo, sus rondas y todos los individuos de fauna y flora que puedan estar asociados a él, forman parte activa de la Estructura Ecológica Principal (EEP) de la ciudad.

Debido a la urbanización progresiva de la ciudad se viene disminuyendo el potencial y los elementos de biodiversidad, afectando en consecuencia el ecosistema existente de la localidad, que para el caso de las especies vegetales se viene manifestando mayormente en problemas de follaje.

Por las condiciones favorables, las especies ubicadas dentro del Campus de la Nacional presentan patologías en mucha menor medida, por ello mismo, a pesar de la presencia de vías perimetrales de tipo avenidas vehiculares, por la proporción considerable de zona verde y su condición de aislamiento; de acuerdo a los datos arrojados por la estación de monitoreo de calidad del aire, no se llegan a exceder las concentraciones máximas permitidas; de manera similar ocurre con la contaminación auditiva.

En el caso del Canal del Arzobispo se han identificado problemáticas en las cuales el distrito viene trabajando, como son la presencia de basuras, la descarga de aguas residuales, la presencia de olores y vectores, la presencia de habitantes de calle y el deterioro de las rondas; hay que decir que estos temas directamente no generan afectación al lote del caso de estudio, pero en consideración integral de los factores ambientales y su riesgo como parte de la EEP si constituyen una amenaza.

4.3 Condiciones climáticas

Los insumos base con los que se han trabajado los datos climatológicos, corresponden a archivos acumulados en un periodo de 5 años descargados el 10 de marzo de 2017 del sitio web <https://energyplus.net/weather>, para Bogotá convertidos a tablas y graficas por medio del software Weather Tool. También se permiten presentar algunas graficas del software Climate Consultant con los datos del archivo en formato .epw obtenido previamente.

La gran importancia de los datos climatológicos de un punto geográfico radica principalmente en el conocimiento que se pueda lograr del lugar, en cuanto a sus antecedentes, su comportamiento actual y las posibles proyecciones que se puedan establecer del mismo clima en un lugar específico, gracias a los datos compilados por los distintos medios y fuentes. En segundo con base en dicho conocimiento pueden identificarse con base en los datos de vientos, lluvia, sol y sus variables, las posibilidades de interacción con las fuerzas vivas de la naturaleza que para el caso resulten en la plaicación adecuada de alternativas tecnológicas, en este caso para transducción energética.

Para el caso los datos que tomarán mayor relevancia son velocidad del viento, distribución horaria mensual de ocurrencia de lluvias, promedio multianual de días lluviosos, Irradiación global horizontal y promedio de irradiación global anual.

4.3.1 Vientos. En primer lugar, con base en la interpretación de la gráfica resultante de Weather Tool se determina con los datos, que los vientos predominantes de no más de 20km/h, se presentan viniendo desde el este este y el noreste, con porcentajes de entre el 2.2% y el 7.3% presencia entre 325h/mes y más de 393 horas al mes. Por otra parte, los vientos con mayor carga de humedad relativa de hasta 95% de porcentaje de humedad, se presentan algunos por el noreste (con los porcentajes mencionados de 7.3%), y por el norte y noroeste con porcentajes mucho menores de presencia de 0.1% y 1.8%; la temperatura de los vientos en general se mantiene

uniforme en rangos de entre 10°C y 20°C en correspondencia al comportamiento general de la temperatura.

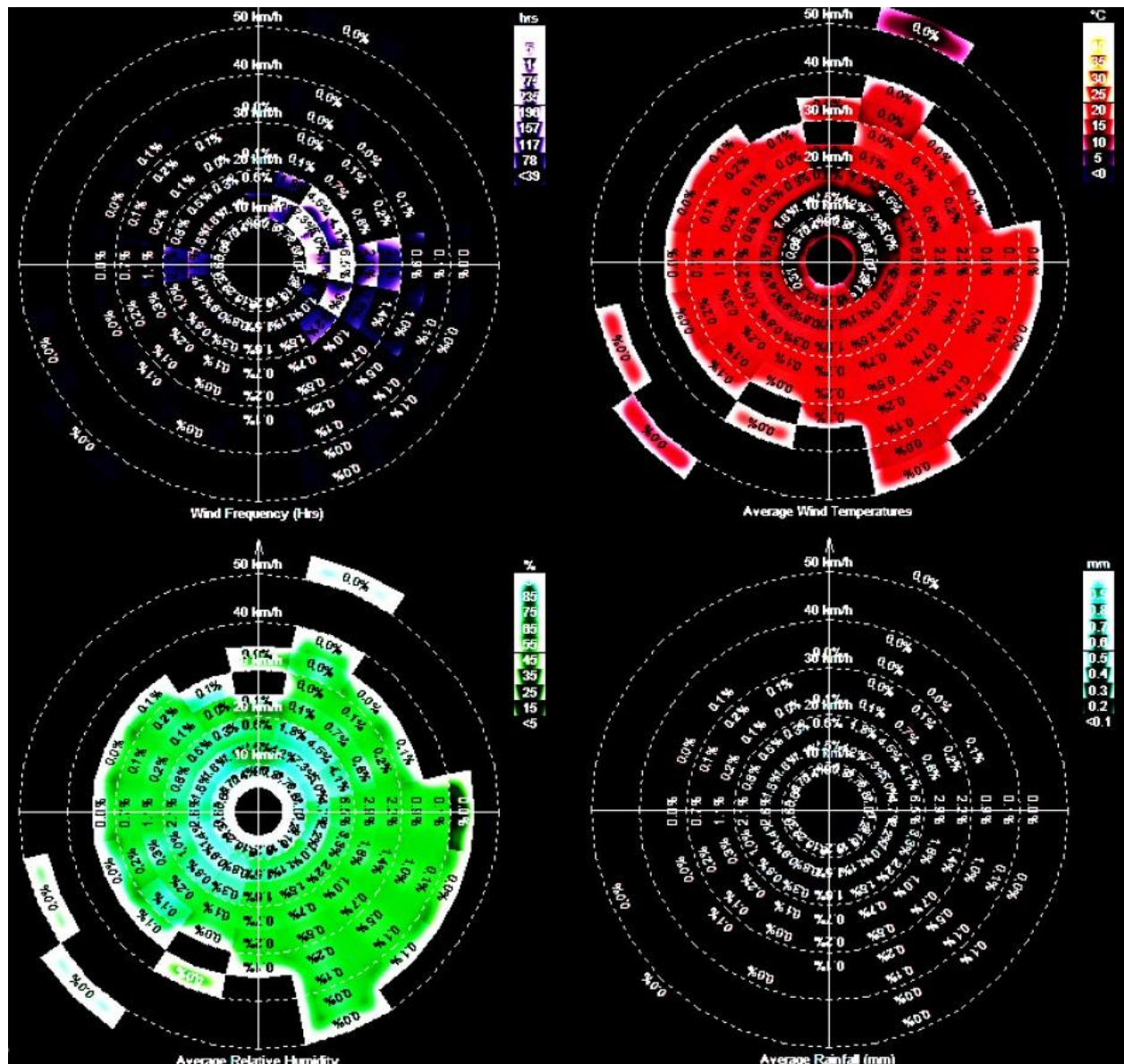


Figura 6. Comparativo entre frecuencia, temperaturas, humedad relativa promedio y carga de lluvia en el comportamiento anual de los vientos para Bogotá

Fuente: Autor, con base en el software Weather Tool

En la gráfica podemos ver el comparativo entre frecuencia, temperaturas, humedad relativa promedio y carga de lluvia en el comportamiento anual de los vientos para Bogotá.

Se muestra el comportamiento comparativo mes a mes para frecuencia de vientos predominantes según se presentan por horas y en cuanto a porcentajes se incluyen sus velocidades.

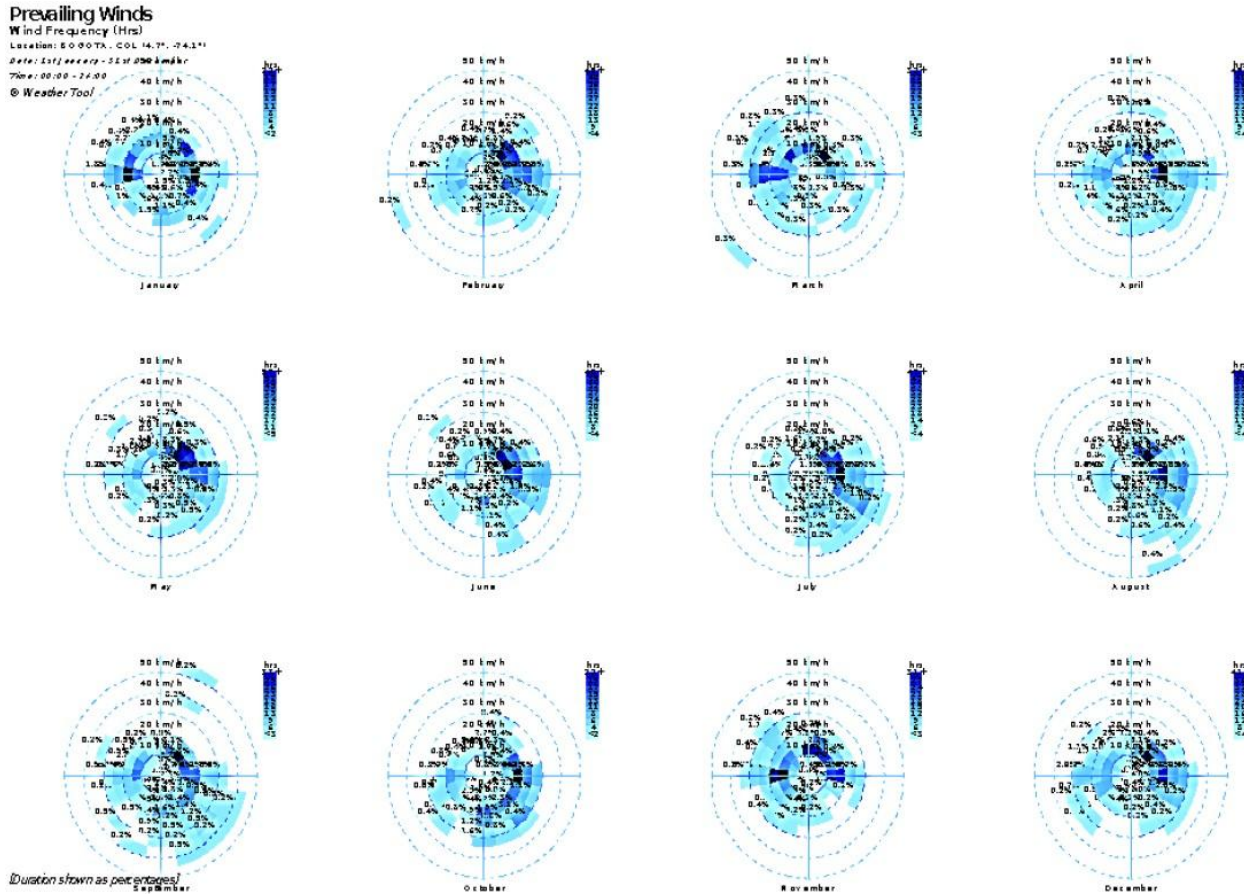


Figura 7. Comportamiento comparativo mes a mes para frecuencia de vientos predominantes

Fuente: Autor, con base en el software Weather Tool

Los comportamientos más atípicos dentro del ciclo anual se presentarán en los meses de marzo y noviembre donde la proporción de vientos es dominante por el occidente con vientos hasta de 30km/h y en los meses de septiembre julio y agosto donde tendremos vientos predominantes por el sureste con velocidades de hasta 40 km/h; hay que aclarar que para todos estos casos atípicos están en rangos por debajo de 12 horas a la semana, mientras que los predominantes del este y el noreste tienen una frecuencia en la mayoría de los casos por encima

de las 17 h y hasta las 57 horas semanales.

Se debe aclarar que en Bogotá según datos del 2015 de la Secretaría Distrital de Ambiente, se reconocen en la ciudad vientos leves en general en varias direcciones, que además tienden a ser más calmos de mañana y moderados en la tarde y en promedio registran velocidades de 4 - 6 m/s; en Bogotá conforme a los datos máximos y promedios de vientos predominantes tendremos que durante la noche no se registran aumentos de las constantes, lo cual se explica porque si bien los vientos fríos aumentan en densidad y decaen con una velocidad, en la noche no cuentan con un delta térmico diferencial que permita cambios de presión para generación de flujos. La irregularidad de los vientos favorecen la presencia de corrientes ascendentes, que al reaccionar con las temperaturas del día forman grupos de nubes que generan las lluvias fuertes y la ocurrencia de tormentas eléctricas, granizadas y torbellinos.

En cualquier caso, en una eventual realización del proyecto es necesario realizar mediciones específicas para el lugar y además diferenciar datos del día y de la noche conforme se requiera para determinar datos operativos mucho más ajustados.

4.3.2 Temperaturas. A continuación, se presentan gráficas que muestran para Bogotá los datos semanales para temperaturas promedio de bulbo seco, mínima, máxima y promedio expresadas en °C durante las horas del día. Los márgenes presentados con colores en las franjas responden al comportamiento anual sobre el cual se pueden estimar promedios para las tres temperaturas.

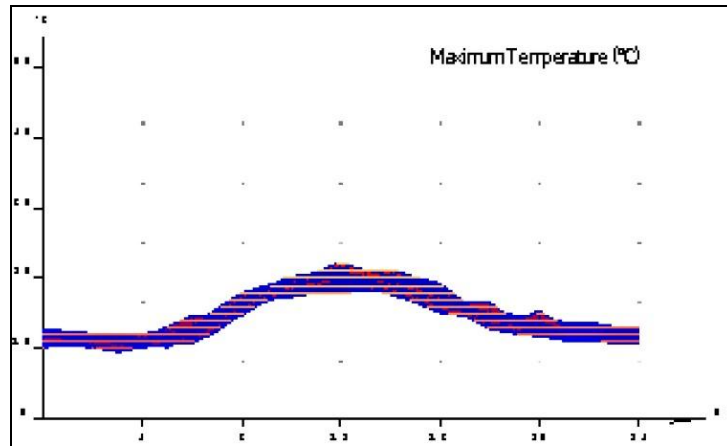


Figura 8. Temperatura máxima promedio

Fuente: Autor, con base en el software Weather Tool

La temperatura máxima promedio presenta su pico máximo al medio día con 22°C en su rango más bajo solo desciende hasta los 12°C entre las 11y hasta las 4 de la mañana.

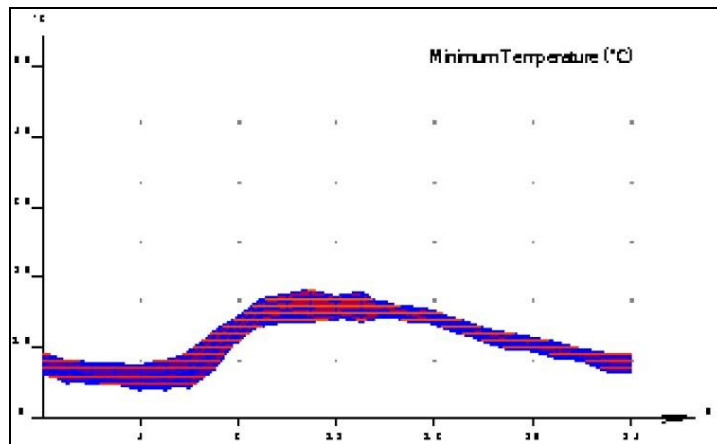


Figura 9. Temperatura promedio mínima

Fuente: Autor, con base en el software Weather Tool

En el caso de la temperatura promedio mínima se presentan picos a las 11a.m. y la 1p.m. con temperaturas de entre 18°C y 19°C, llegando en su menor momento a 8°C de temperatura.

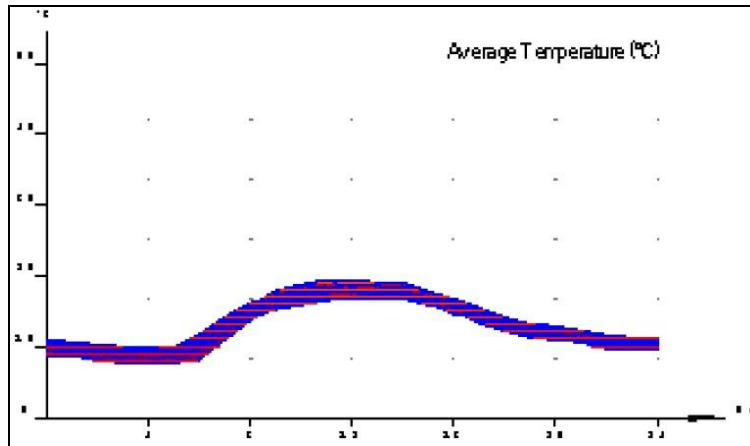


Figura 10. Temperatura media promedio

Fuente: Autor, con base en el software Weather Tool

Ya para la temperatura media promedio encontraremos como se espera un punto máximo entre las 11a.m. y la 1p.m. con temperaturas de entre 20°C y puntos mínimos entre las 11p.m. y las 5 a.m. con 10°C.

Como se deja ver en los tres casos iniciales se mantienen deltas de temperatura que van hasta los 10 °C, para el comportamiento mensual notamos que la temperatura se mantiene relativamente estable a lo largo del año siendo enero y febrero los meses más calientes en cuanto a temperaturas máximas y más frías, para temperaturas mínimas, aumentando el delta de diferencia térmica a un rango de hasta 15°C entre 5°C y 20°C.

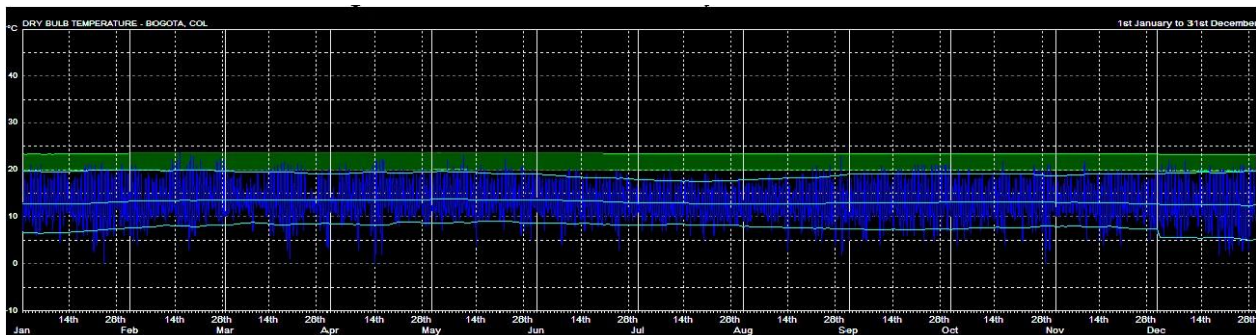


Figura 11. Comportamiento en los meses intermedios (junio a septiembre)

Fuente: Autor, con base en el software Weather Tool

En los meses intermedios del año de junio a septiembre, se presenta un comportamiento inversamente proporcional, se ven para la temperatura máxima los datos más bajos con 18°C y para la temperatura mínima los picos de temperatura de 9°C, presentando deltas de 8°C para mitad del mes de julio. En general como lo señala la franja verde la mayoría del año con respecto a las temperaturas nos encontramos por debajo de la zona de confort.

4.3.3 Humedad relativa.

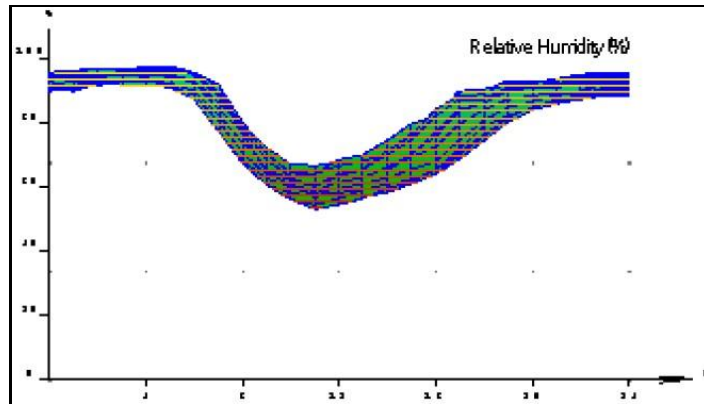


Figura 12. Humedad relativa promedio en lecturas de datos semanales

Fuente: Autor, con base en el software Weather Tool

La humedad relativa promedio en lecturas de datos semanales expresadas en % durante las horas del día, nos permite reconocer que en un rango entre las 6 p.m. y las 6 a.m. se presentan las mayores lecturas de humedad diaria, lo cual resulta natural por las dinámicas diferenciales de temperatura en el paso del día a la noche y viceversa, presentando para ambos casos condensación y siendo la transición más marcada durante la mañana entre las 7 a.m. y las 9 a.m.

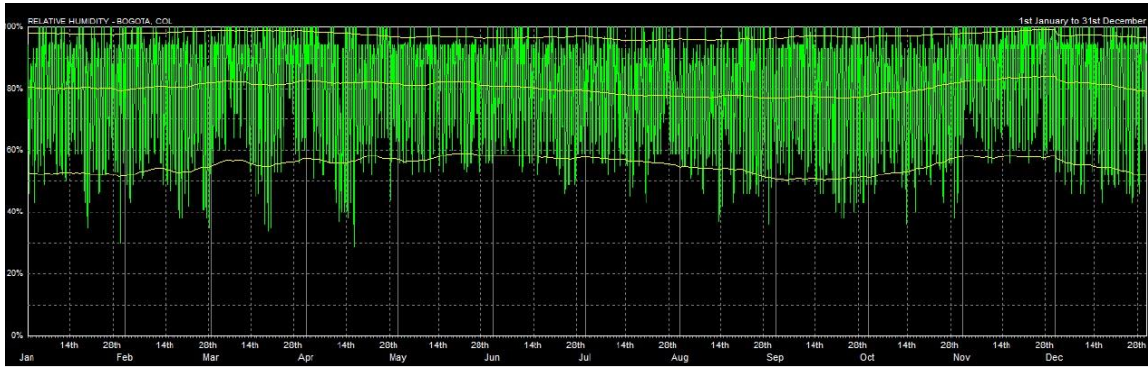


Figura 13. Lecturas mensuales de humedad relativa

Fuente: Autor, con base en el software Weather Tool

Podemos notar en las lecturas mensuales que en la tendencia mínima y a largo de todo el año nos encontramos siempre por encima del 50% de humedad relativa, y la tendencia máxima se mantiene relativamente uniforme cerca del 100% de humedad, lo cual se refleja también en los promedios semanales por horas del día. Como podremos entrever en el caso de las precipitaciones, con el cambio climático se comenzarán a presentar con el tiempo variaciones atípicas en los factores por cambios en las lluvias y las temperaturas.

4.3.4 Precipitación

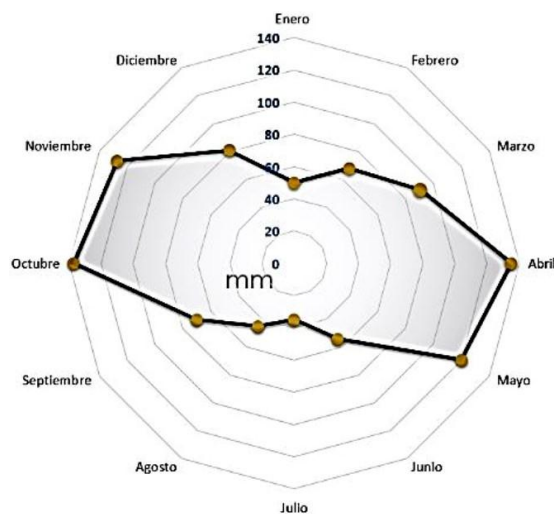


Figura 14. Comportamiento compilado de los últimos años de los picos de precipitación

Fuente: Autor, con base en el software Weather Tool

Según variadas fuentes que coinciden en los datos, el comportamiento compilado de los últimos años, arroja que los picos de precipitación se presentan el primer semestre del año entre los meses de abril y mayo y durante el segundo semestre en los meses de octubre y noviembre, con lecturas de entre 120 y 140 mm mensuales de lluvia y mínimos de entre 40 y 50mm en enero y julio, denotando un comportamiento bimodal (dos picos en su comportamiento anual) biestacional (sin estaciones regulares, con un periodo de invierno y uno de verano).

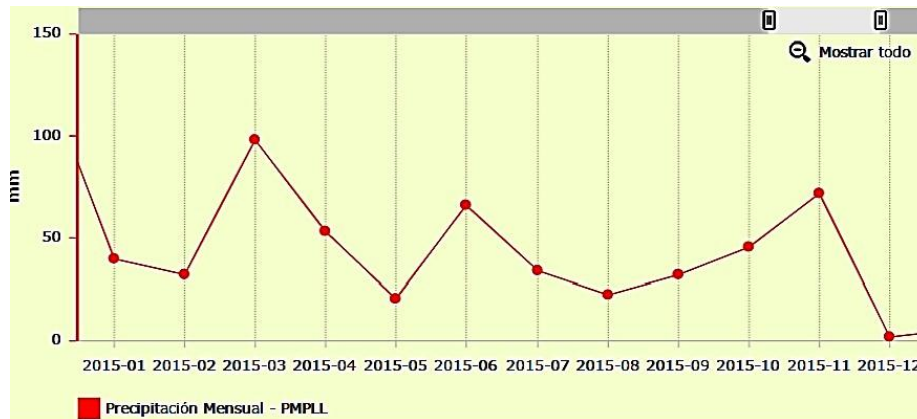


Figura 15. Comportamiento compilado de los últimos años de los picos de precipitación

Fuente: Observatorio Ambiental de Bogotá, 2019

No obstante, revisando las bases de datos en línea del Observatorio Ambiental de Bogotá de la Secretaría Distrital de Ambiente, en su gráfica de precipitación mensual para el año 2015, se puede reconocer una tendencia cambiante, en la cual se reconocen claramente para ese año, tres picos en los meses de marzo junio y noviembre con datos entre los 70 y los 100 mm, en los tres casos antecedidos y precedidos de puntos representativos mínimos, con datos de 20mm promedio aproximado, con lo cual podemos entender que se hacen evidentes con mayor fuerza los efectos del cambio climático, tanto en las variaciones del ciclo de precipitación como en la disminución en la misma.



Figura 16. Mapa nacional multianual del Atlas Climatológico de Colombia 1981 - 2010

Fuente: Ideam, 2019

De acuerdo al gráfico anexo del mapa nacional multianual del Atlas Climatológico de Colombia 1981 - 2010 del IDEAM; se evidencia nuevamente con la gráfica el comportamiento bimodal biestacional del clima en Bogotá.

De acuerdo a los datos, de la Estación Climatológica Universidad Nacional (21206220), aportados por el IDEAM con base en valores mensuales entre 1987 y 2013, la media de número de días lluviosos muestra valores de entre 9 días de lluvia durante el mes de Enero como el más seco y 19 días de lluvia para el mes de agosto en el que más llueve. Los valores tope máximo y mínimo son 25 a 27 días de lluvia durante 7 de los meses del año y de 0 a 3 días lluviosos durante 4 de los meses del año; esto evidencia la tendencia lluviosa del clima bogotano donde en resumen el promedio anual es de 182 días lluviosos en un año o un porcentaje del 50% anual.

Tabla 1. Valores medios multianuales del número de días con lluvia. Periodo 1981-2012

NOMBRE ESTACIÓN	MUNICIPIO	DEPTO	ALTITUD	LONGITUD	LATITUD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Apto Eldorado P1-2	Bogotá	Cundinamarca	2547	-74.142	4.696	8	11	15	19	21	18	18	16	16	19	17	12	189

Fuente: Ideam, 2019

Como se verifica con la tabla que soporta el Atlas Climatológico de Colombia 1981 -

2010 del IDEAM; en Bogotá durante 8 de los meses del año llueve más de la mitad del mes, para un total de 189 días de lluvia al año.

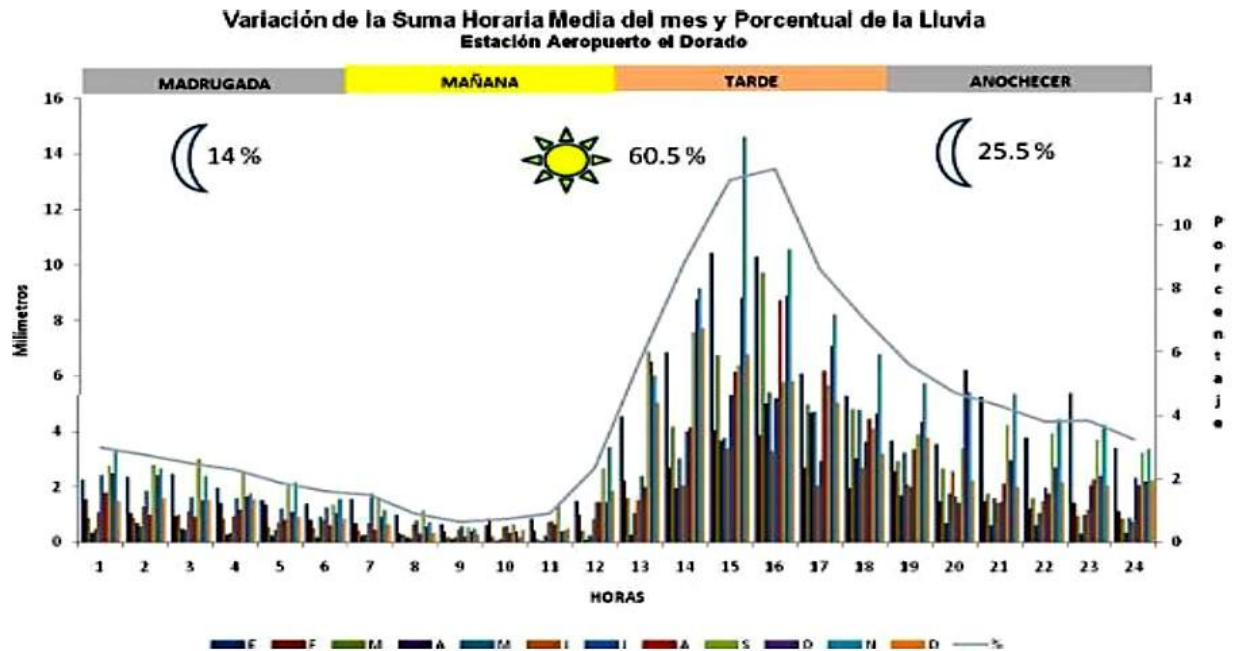


Figura 17. Comportamiento mensual expresadas en % y mm durante las horas del día

Fuente: Ideam, 2019

En el caso del comportamiento mensual expresadas en % y mm durante las horas del día podemos observar que entre las 3pm y las 5pm alcanza sus máximos indicadores, en esta última grafica nuevamente aparecen abril, mayo, octubre y noviembre como los meses con mayor nivel de precipitación.

ESTACION: AEROPUERTO EL DORADO - BOGOTA (CUNDINAMARCA)

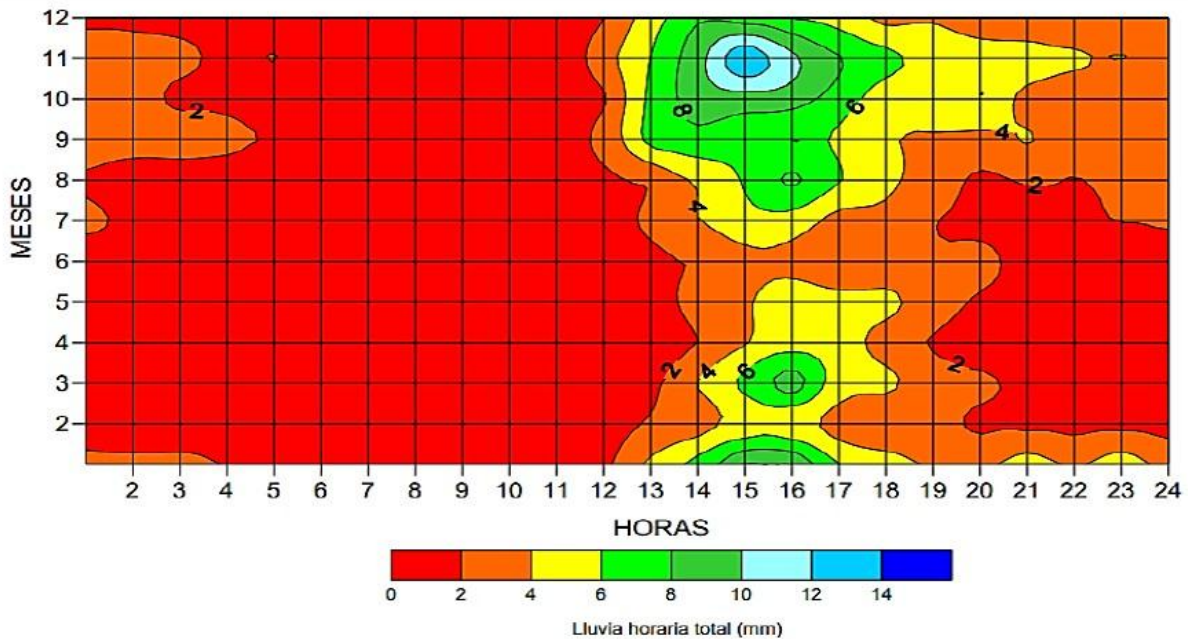


Figura 18. Lluvia horaria

Fuente: Ideam, 2019

Con base en la gráfica de lluvia horaria aportada por el Atlas Climatológico de Colombia 1981-2010 del IDEAM, podemos ver la distribución horaria mensual de ocurrencia de lluvias que se mantienen con tendencia general a suceder desde antes de las 12 del medio día y hasta después de las 4 de la mañana mostrando para todos los meses lluvias entre las 2 de la tarde y las 7 de la noche, presentando mayor intensidad hacia marzo y noviembre y menor en mayo y junio, evento interesante en la medida que el comportamiento de la ocurrencia horaria de las lluvias presenta claramente un valle a mediados de año y una tendencia similar a la cantidad mensual de días de lluvia que presenta el valle entre Junio y Septiembre.

Según el documento de la Aeronáutica Civil (2010):

Lo anterior refleja la incidencia de la salida del sol y el calentamiento en la mañana hasta alcanzar el máximo hacia el mediodía, y por lo tanto, originando el ascenso de corrientes

y la convección respectiva, dando lugar a grandes formaciones nubosas que alcanzan su madurez después del mediodía, para posteriormente originar lluvias de diferentes tipos en horas de la tarde, como suele acontecer en Bogotá y las áreas circundantes.

4.3.5 Nubosidad. En las tablas de porcentaje de promedio de cobertura de nubes se aprecian dos tendencias; en la gráfica de energyplus y Weather Tool el rango máximo fluctúa entre 72% y 90% diario, mientras en la de Climate Consultant se observa de 91% a 99% mensual correspondientemente, en cuanto al rango de porcentaje mínimo la primera grafica muestra 32%-73% y la segunda 19 % y 39%; de estos valores obtenemos un porcentaje promedio aproximado anual de 88% para la cobertura máxima y de 40.75% para la mínima.

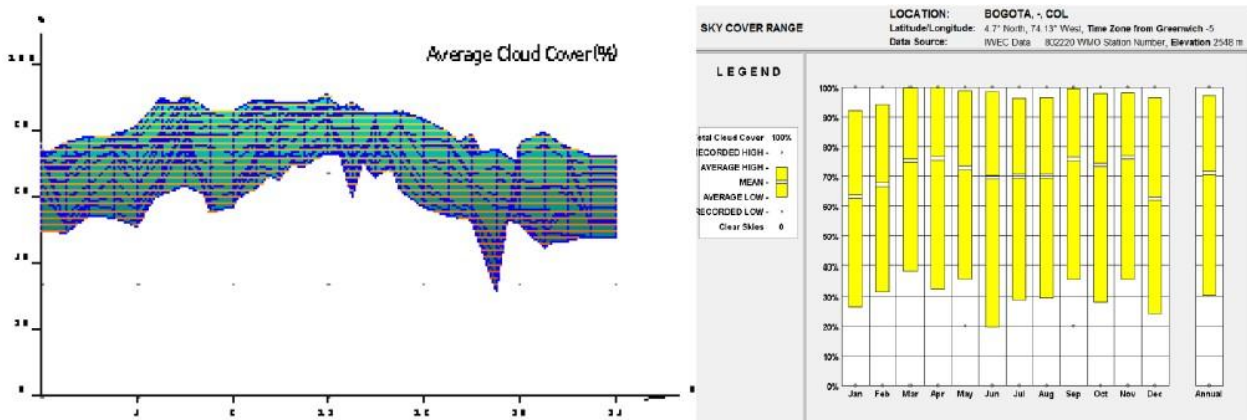


Figura 19. Porcentaje de promedio de cobertura de nubes

Fuente: Autor, con base en el software energyplus y Weather Tool

Según los datos aportados por el IDEAM, de la Estación Climatológica 21206220 ubicada en la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, sobre los valores mensuales para el periodo entre 1987 y 2013, la capital ha tenido un promedio anual de 5 octas de cielo cubierto (mayormente nublado), con un promedio máximo de 8 octas al mes (cielo completamente cubierto, septiembre-diciembre) y un mínimo promedio de 3 octas de cobertura mensual (ligeramente nublado, enero).

4.3.6 Brillo solar

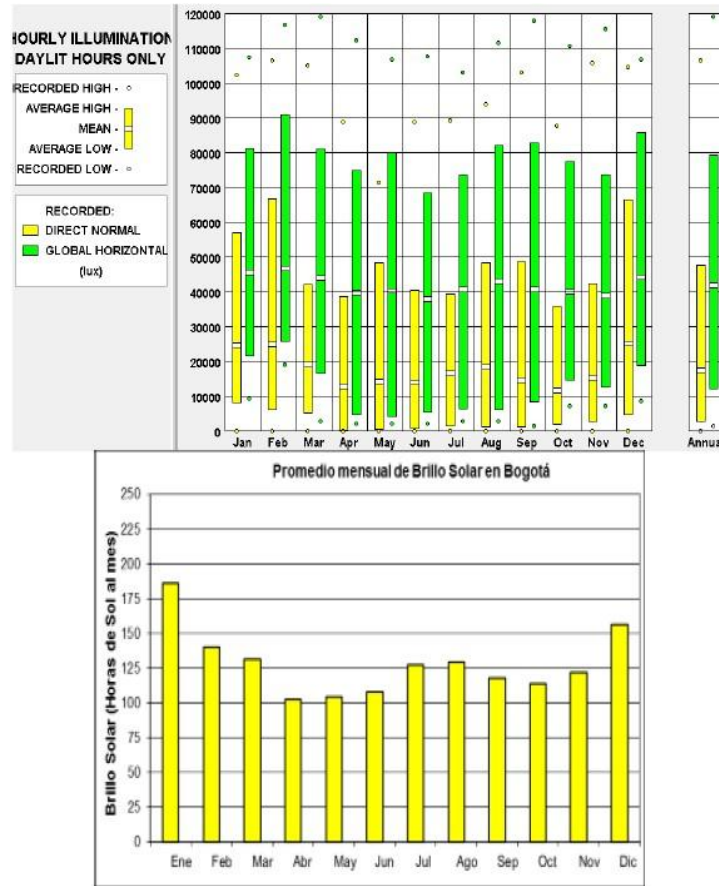


Figura 20. Media anual promedio para rango de iluminación directa normal

Fuente: Autor, con base en el software energyplus y Weather Tool

Se tiene una media anual promedio de 17500 lux por horas de luz día para rango de iluminación directa normal, con máximo anual de 47500 lux y mínimo de 2000 lux. Mientras que para iluminación global horizontal, la media anual promedio es de 41500 lux con máxima de 79000 lux y mínima de 11250 lux.

De acuerdo al mapa nacional multianual del atlas de radiación del IDEAM, Bogotá como zona recibe en su mayoría entre 3 y 5 horas de sol al día y el promedio de días al mes sin brillo solar esta entre 2 y 3 días, conforme a la tabla se observan rangos entre 105 y 187,5 horas de sol al mes, con mayor brillo solar en el mes de Enero y menor en Mayo.

Según los datos aportados por el IDEAM, de la Estación Climatológica ubicada en la U.N., Bogotá ha tenido un promedio anual de 1466,5 horas de sol con un máximo de 237.4 horas al mes (enero 2001) y un mínimo 52.2 horas al mes (octubre 1987), y un promedio de entre 89,1 y 165.6 horas de sol al mes.

En Tabla titulada Anexo: Promedios Mensuales De Brillo Solar Para Todas Las Estaciones Del País (Horas De Sol Al Día); tomada de los anexos para el sistema del atlas de radiación del IDEAM se extrajeron los datos para la estación Universidad Nacional en Bogotá donde se resalta el promedio anual de 4,3 horas de sol al día.

Tabla 2. Promedios mensuales de brillo solar para todas las estaciones del país (horas de sol al día)

Latitud	Longitud	Elevación (m.s.n.m)	Valor promedio (Horas de Sol al Día)												Promedio Anual	Años de Información	Fecha Inicio	Fecha Final
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC				
4,63	-74,08	2556	6,0	5,1	4,0	3,3	3,2	4,1	4,4	4,5	4,1	3,8	4,0	5,2	4,3	21	ago-87	jun-12

Fuente: Ideam, 2019

De la misma fuente para el caso del Anexo 3, promedios mensuales de días sin brillo solar, se encontró que de acuerdo al promedio anual de días sin brillo solar (1.61) no hay más de dos días al mes en que no haya brillo del sol en la capital (exceptuando abril).

4.3.7 Radiación solar. Para 2014, se contó con un valor promedio de 148 W/m² y máximos y mínimos comprendidos entre 600 y 1559 W/m² anual (UT OMA & G+C CAN 2050, 2015).

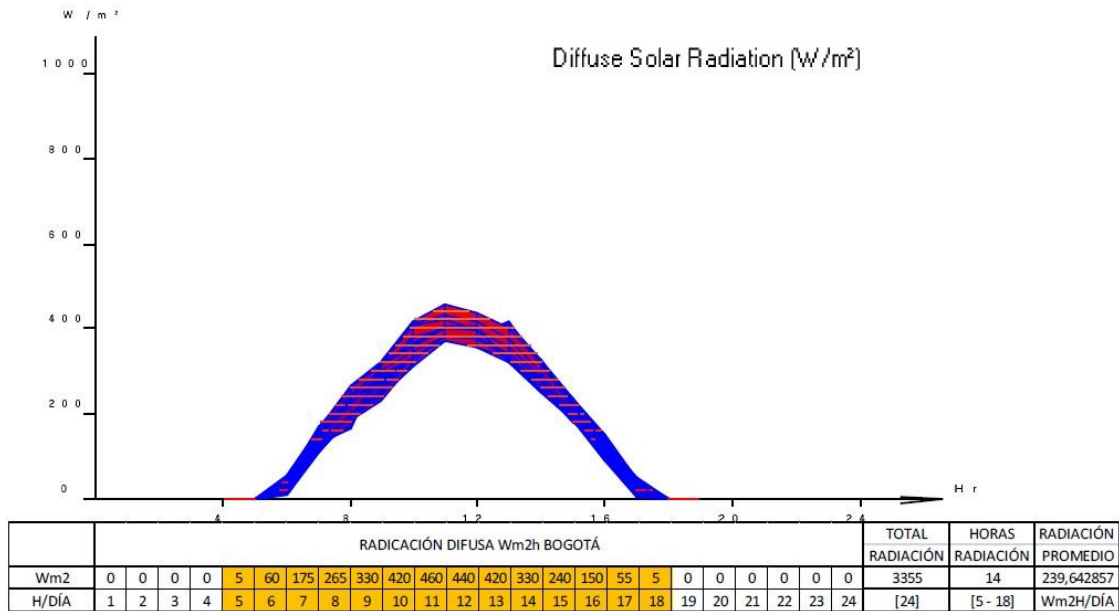


Figura 21. Radiación máxima con radiación difusa para 2017

Fuente: Autor, con base en el software energyplus y Weather Tool

Según datos presentados en las tablas, se nota que en Bogotá para 2017, la radiación máxima con radiación difusa alcanza los 460W/m2, con una radiación máxima promedio de 239,64Wm2/h para las horas de luz día.

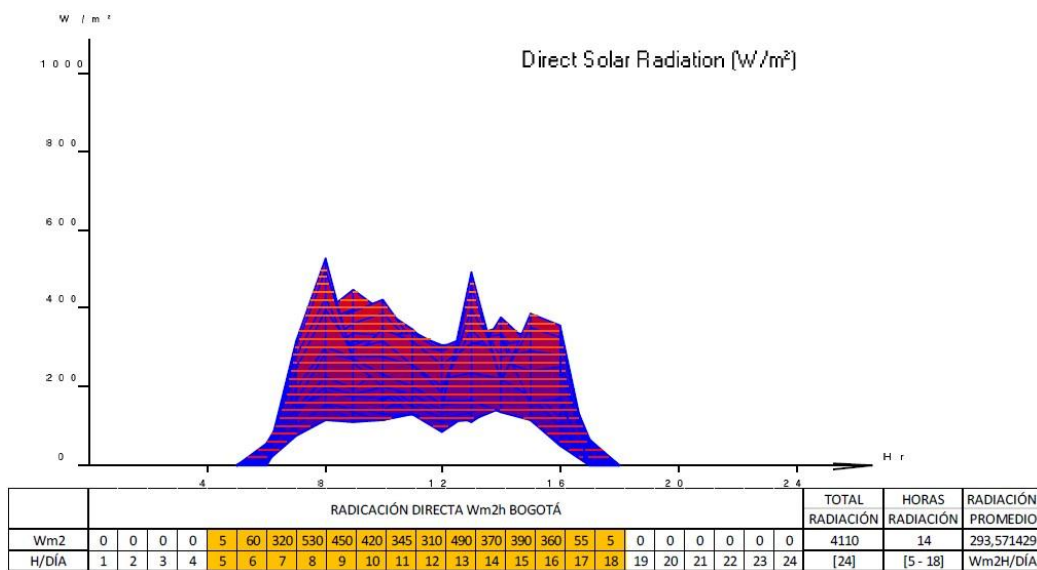


Figura 22. Radiación directa máxima en Bogotá para 2017

Fuente: Autor, con base en el software energyplus y Weather Tool

Para el caso se observa por los datos aportados en las tablas que la radiación máxima en Bogotá para 2017 alcanza los 530W/m² con radiación directa, con una radiación máxima promedio de 293,57Wm²/h para las horas de luz día.

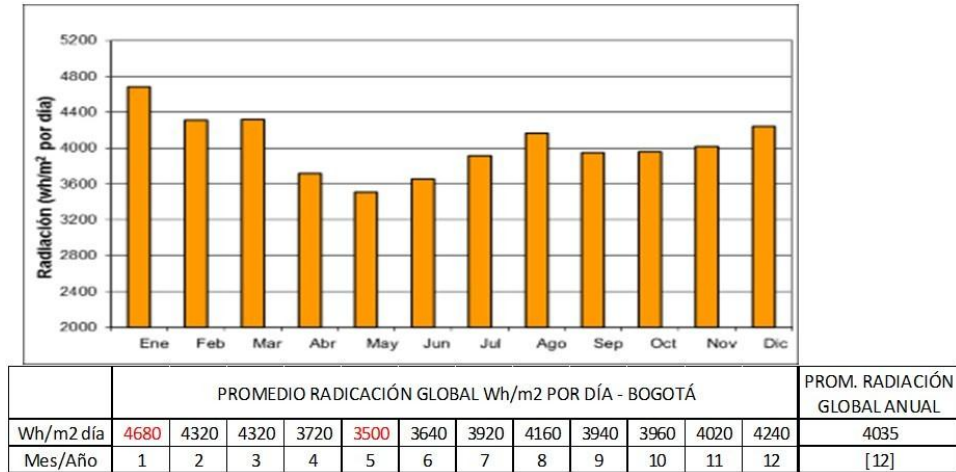


Figura 23. Promedio global de radiación global en Bogotá

Fuente: Autor, con base en el software energyplus y Weather Tool

De acuerdo al mapa nacional multianual del atlas de radiación del IDEAM, Bogotá como zona recibe en su mayoría entre 4 y 5 kW/m² de irradiación global horizontal, conforme a la tabla se observan rangos mensuales entre 3500 y 4680Wh/m² por día, con mayor irradiación en el mes de enero y menor en mayo, y un promedio de irradiación global anual de 4035 Wh/m².

4.4 Consideraciones a futuro

Es de resaltar que, en los últimos años, las características del clima han presentado una variación a causa del cambio climático y fenómenos naturales de variabilidad climática como los fenómenos del Niño y La Niña. Al respecto, el IDEAM catalogó el fenómeno del Niño de 2015 y 2016 como uno de los más severos, desde el observado entre 1997 y 1998, 2010 Colombia tercera comunicación establecen posibles escenarios futuros convincentes con base en el AR5 (Quinto Informe de Evaluación), por regiones y departamentos: plantean panoramas no deseados para intervención. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2015).

5. Propuesta de intervención arquitectónica

5.1 Programa arquitectónico

Tabla 3. Programa arquitectónico

ÁREA TIPO	ESP. No.	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	ÁREA /M2 SUBTOTAL	ÁREA /M2	UNIDADES
AREA LOTE	2500		A. EXT. OCUP TREEPOD-INVELOX-LIAM-EST. METEO	220,3	A. OCUP ED.	950,33986
ÁREA LIBRE	664,68					
INSTALACION DE TORRE INVELOX		ENERGIA EOLICA	UNIDAD PARA LA CONEXION DE CALIDAD DE AIRE	0	79	1
TORRES INVELOX		ENERGIA EOLICA	PROTOTIPOS SUPERFICIE DE 12m HASTA 21mH	71,5	143,75	1
AEROGENERADOR LIAM		GENERADORES EOLICOS	APROVECHAMIENTO SALIDA T. INVELOX GENERACION ADICIONAL PROTOTIPO (AWM-15000-3000W) (1,75h)	0	2,85	1
SISTEMA GEOBACTER		ENERGIA DE LAS PLANTAS	APROVECHAMIENTO DE SISTEMA DE APANTALLAMIENTO Y PUESTA A TIERRA PARA DISPACION Y APROVECHAMIENTO DE ENERGIA DE EVENTUALES RAYOS	332,34004		1
LUCID PIPE		ENERGIA HIDRAULICA	TURBINAS EN TUBERIAS DE SUMINISTRO Y DESAGUES AGUAS LUVIAS Y GRISES, SE CONSIDERARA TEORICAMENTE SUBTERRANEO			1
CAMPO TREEPODS		HIRIDO, ENERGIA FOTOVOLTAICA	PANELES Y GENERADOR DE BALANCIN, PARA PUNTOS DE CARGA CONEXION DE BAJO CONSUMO E ILUMINACION NOCTURNA, ESTRATEGIAS ADICIONALES, PURIFICADOR CO2, SOMBRA Y PROTECCION LLUVIA, ELEMENTO RECREOPASAJISTICO. MODULO EN AGRUPACIONES DE 3 UNIDADES	4,15	136,95	38
ESPACIO PUBLICO PAVEGEN		PISOS ENERGETICOS	TRATAMIENTO EN ZONAS DURAS	332,34004		1
TERRAZA PARA AEROGENERADOR LIAM		GENERADORES EOLICOS	APROVECHAMIENTO CUBIERTA GENERACION ADICIONAL PROTOTIPO (AWM-7500-150W) (0,91h)	0	0,825	8
ENVOLVENTE PELICULA FOTOVOLTAICA		SUPERFICIES VIDRIADAS	APROVECHAMIENTO CUBIERTA FOTOVOLTAICA	0	466,08288	1
CUBIERTA PANEL FOTOVOLTAICO		EN 8 SECTORES DE TERRAZA	APROVECHAMIENTO MURO FOTOVOLTAICO	0	740,22	1
ENVOLVENTE PANEL FOTOVOLTAICO		16+ 14 x cada fachada larga	APROVECHAMIENTO PANEL ABATIBLE ECUALIZABLE	0	60,28908	1
CUBIERTA VERDE PLANT-E			APROVECHAMIENTO CUBIERTA VERDE	0	178,178	1
ENVOLVENTE VERDE GEOBACTER			APROVECHAMIENTO MUROS VERDES	0	165,474	1
CUARTO TECNICO GENERAL	1	GENERACION	GENERADORES - ALTERNADORES (EN CADA DISPOSITIVO)	66,4608	16,8183	1
			CONDENSADORES - REGULADORES (c. continua o directa - c alterna)		31,8864	1
			INVERSORES (control tension)		17,7561	1
	2	ACUMULACION	BATERIAS CONVENCIONALES DE ACIDO		10,1816	
			BATERIAS DE ALTO RENDIMIENTO		9,2864	
			BAT. ACUMULADORAS, TESLA, GE Y BMW		15,2549	
SALA CONTROL	3	CONTROL DE GENERACION	PANEL DE CONTROL - TABLEROS INDICADORES	25,0177	11,5204	
		MONITOREO - MEDICION	GRUPO DE MEDIDA	4,6793		
			1 PUESTO DE TRABAJO INFORMÁTICA	4,409		
			1 PUESTO DE CONSULTA INFORMÁTICA	4,409		
TALLER	4	PRUEBAS	1 BANCO DE TRABAJO - 1 PTO. INFORMATICO	45,4939	11,5982	
		FABRICACION	2 BANCO DE TRABAJO - 1 PTO. INFORMATICO	22,2975	22,2975	
ALMACEN	5	REPARACION	1 BANCO DE TRABAJO - 1 PTO. INFORMATICO	45,4939	11,5982	
		ALMACENAMIENTO Y DEPOSITO	HERRAMIENTAS - EQUIPOS AUXILIARES	20,2968		
			MATERIALES - INSUMOS	25,1971		
AULA AMBIENTAL	6	SALA DE REUNIONES	SALA DE JUNTAS	26,1847	26,1847	
	7	SALA DE CONFERENCIAS	AULA MULTIPLE	101,2093	101,2093	
ADMINISTRACION	8	OFICINA lider		19,0293	15,394	
			BAÑO PRIVADO	3,6353		
	9	OFICINA oficial 1		8,8457	8,8457	
		OFICINA oficial 2		8,8457	8,8457	
	10	SALA DE ESPERA		4,7563	4,7563	
		SECRETARIA		8,8457	8,8457	
	11	ARCHIVO		7,4527	7,4527	
	12	RECEPCION PTO. INFORMACION		5,8839	5,8839	
SERVICIOS	13	CTO VIGILANCIA		73	73	
	14	CAFETERIA	ZONA MESAS	57,353	18,6725	
			COCINA	38,6805		
	15	DEPOSITO		7,1936	7,1936	
	16	VESTIER SERVICIOS	VESTIER HOMBRES	6,5912	3,2956	
			VESTIER MUJERES	3,2956		
	17	BAÑOS	BAÑOS mujeres	7,8681		
			BAÑOS hombres	9,0035		
			BAÑOS discapacitados	6,024		
	18	CUARTO DE ASEO		6,5955	6,5955	
19	CUARTO DE BASURAS					
				581,8344	581,8344	
				350,5488		
				932,3832		

Fuente: Elaboración propia

Se pretende con la propuesta generar alternativa y se considera necesario cuestionar el modelo convencional con lo que implican sus normas y requisitos de diseño, además el planteamiento como subestación generadora alternativa excluye el proyecto de las exigencias tradicionales para conexión, sin embargo, se remite a la regulación nacional por lo cual deberá cumplir con la resolución RETIE Resolución 9 0708 de agosto 30 de 2013 con sus ajustes, Capítulo 4. Requisitos Para el Proceso de Generación, Artículo 21 Prescripciones Generales, 21.1 Edificaciones; y entendiendo que para el caso planteado los criterios de diseño, especificaciones, dimensiones y recomendaciones técnicas, y demás condiciones para conexión dependen de los dispositivos y tecnologías a implementar, también se considera que en principio, los manuales y compendios de normas técnicas y generalidades de los operadores de red deben considerarse, como una herramienta que facilite la implementación del proyecto como propuesta válida.

5.2 Materiales y sistema constructivo (modular)

El proyecto se plantea modular para facilitar como prototipo una posible producción en serie y una implantación que pueda responder en lo posible a condiciones múltiples en terrenos y lugares diferentes; volumétricamente la propuesta se planteara en dos cuerpos separados estructuralmente y conectados peatonalmente mediante pasos a manera de pasarelas o puentes, los volúmenes responderán a zonificación de áreas especializadas y accesorias; esto sumado al sistema modular facilitara que el edificio se adapte conforme se requiera el tratamiento en terrenos inclinados, planos o de doble pendiente.

El proyecto deberá ir levantado del suelo para lograr fácil nivelación de los módulos en caso de que el terreno a implantar presente pendientes o falsos llanos. Además esto facilitara que todo el complejo funcione como si hubiese un piso técnico (pisos micarta) para arreglos y mantenimientos de instalaciones y redes; adicionalmente para ayudar en la ventilación de cuartos técnicos que pueden llegar a calentarse por encima de las zonas de confort debido al

funcionamiento normal de los equipos.

Las cubiertas deben ser inclinadas para favorecer la captación y aprovechamiento de agua lluvia y para aprovechamiento del ángulo de radiación solar en caso de utilización de paneles convencionales y en cualquier caso para optimizar el funcionamiento de los paneles de alto rendimiento.

Se plantea tratamiento en la envolvente con doble piel traslucida y muros verdes, procurando en lo posible la mayor exposición de fachada, para ganancias de radiación solar mediante celdas fotovoltaicas o aprovechamiento alternativo donde se requiera control de la radiación (muros verdes), una segunda piel interior podrá implementar igualmente películas fotovoltaicas de alto rendimiento para funcionamiento interior o con sombra. La doble envolvente generara circulaciones perimetrales para abrir o cerrar por las laterales, que aparte de servir al sistema propio de circulación, funcionaran como estrategia de regulación térmica, como ductos para ventilación natural, alejando las fachadas interiores de la radiación directa y evitando un sobrecalentamiento al interior de la temperatura operativa, y radiante en días extremos en verano con máxima radiación, y al cerrarse podrán funcionar como invernaderos en épocas de invierno con bajas temperaturas, para aumentar temperaturas operativas y generar “compuertas” o exclusas que ayuden a evitar pérdidas y a mantener la temperatura interior.

Sobre las fachadas frontal y posterior, aprovechando que el lote no presenta barreras inmediatas que obstaculicen la radiación directa sobre superficies verticales de la envolvente de la edificación, se plantean paneles solares abatibles de alta eficiencia, instalados de tipo (A) entre ejes y de tipo (B) sobre los perfiles de las columnas metálicas de cada eje, para recibir y absorber la energía de la luz solar aportada por el oriente y el occidente, con la posibilidad de ser ajustados para orientarse girando en un rango nor-sur/oriente y nor-sur/occidente, según como convenga más conforme al mes del año y el recorrido solar en el mismo.

Los materiales a utilizar para el caso específico de la estructura serán elementos metálicos en acero buscando la industrialización y fácil montaje tanto de los elementos como del módulo. La modulación en términos de longitudes de elementos se dará adaptando las luces a las dimensiones comerciales de elementos, con lo cual en caso de que en otro lugar se preste como material para columnas y vigas la madera, pueda ser igualmente implementada, en cualquier caso para el prototipo se pretende lograr aprovechamiento de la materia maderable producto del mantenimiento del campus de la Universidad Nacional y sus árboles; esta madera se utilizaría para apergolados con posibilidad de enredaderas y escalerillas de sobre poner para muros verdes.

Para las particiones o muros divisorios se plantea que el material a utilizar sea en elementos reciclados tipo ecoplack, black brick o mampuestos de plástico reciclado que en cualquier caso se pueden plantear de acuerdo al clima específico de otro lugar donde se quisiera implementar, a definirse con base en las simulaciones térmicas del edificio.

Para las aberturas se trabajara con vidrio laminados de 3x3 con película fotovoltaica en todos los casos. En caso de las cubiertas se plantean en concreto para soportar las cubiertas verdes, los paneles y demás dispositivos a ubicar en la parte superior y para facilitar la captación de agua lluvia. Por otra parte los pisos interiores se plantean de 5cm modulares sobre vigueteria, en doble lámina de superboard, con refuerzo bajo zonas de equipos y en general con acabado vinílico que ayuda en dado caso al aislamiento eléctrico y facilita el mantenimiento de pisos. En algunos casos y de acuerdo también a contextos con climas distintos puede trabajarse con rejillas en malla electroforjada para ventilación en donde las maquinas por los procesos de conversión energética produzcan aumento de temperatura.

Para el caso de la cimentación y el sobre piso aunque se deberá atender necesariamente a las recomendaciones de los estudios de suelos se plantean pedestales y zapatas aisladas en concreto con vigueteria y arriostramiento con elementos en acero.

5.3 Planimetría arquitectónica

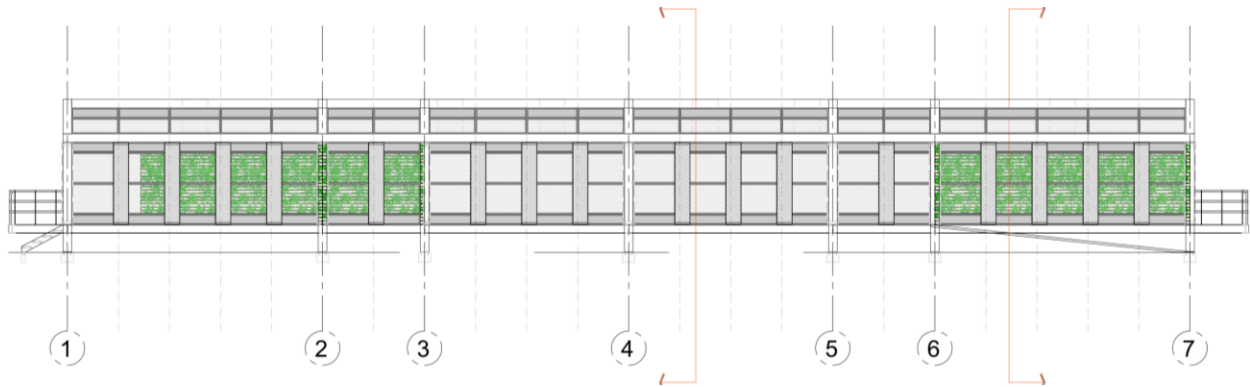


Figura 24. Fachada principal

Fuente: Elaboración propia

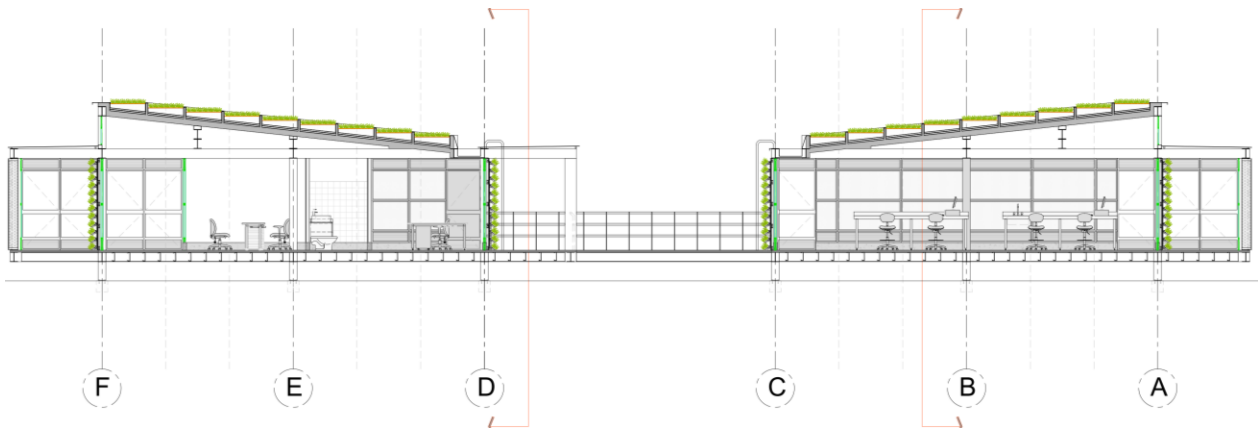


Figura 25. Corte general 1

Fuente: Elaboración propia

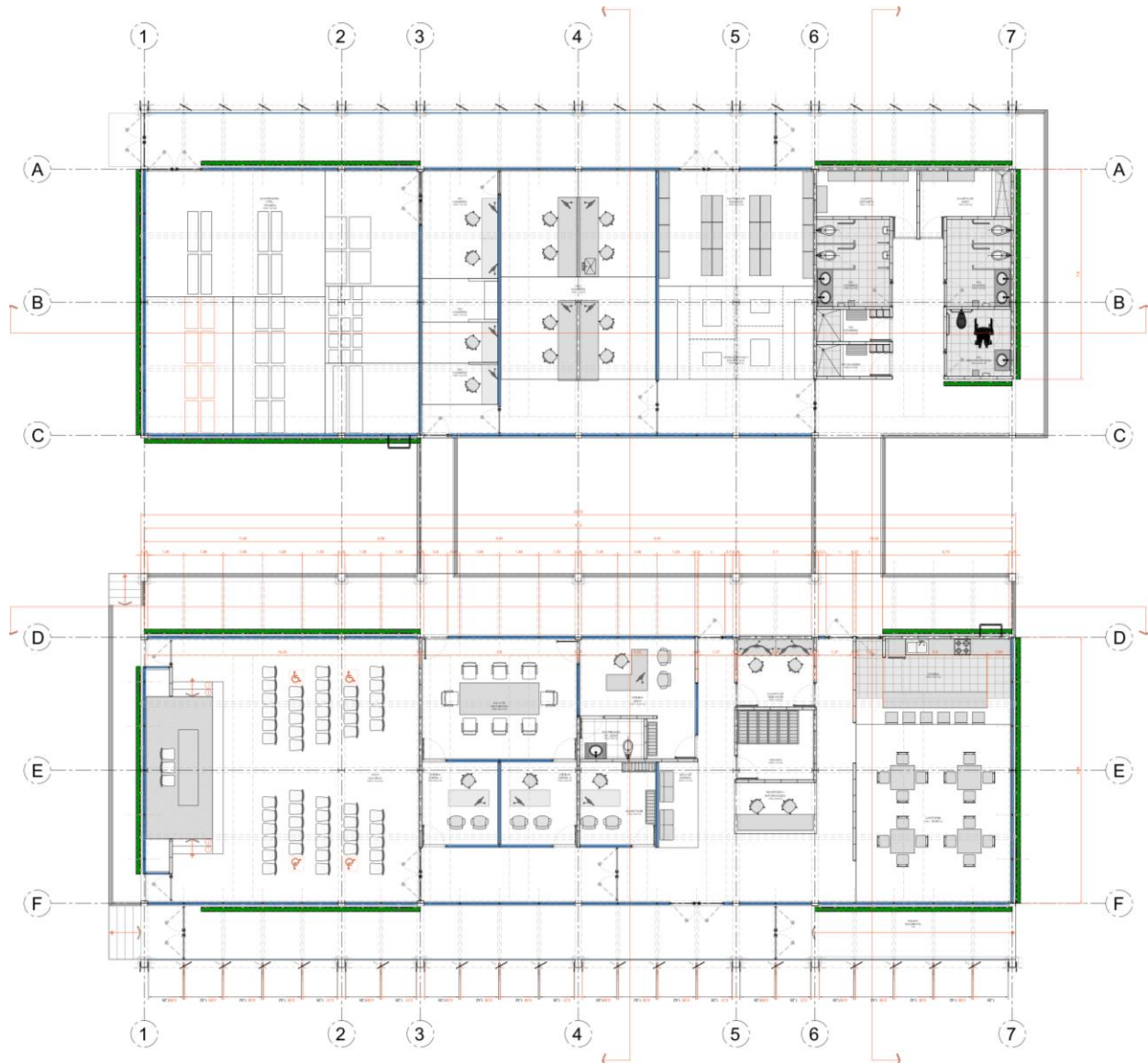


Figura 26. Planta General

Fuente: Elaboración propia

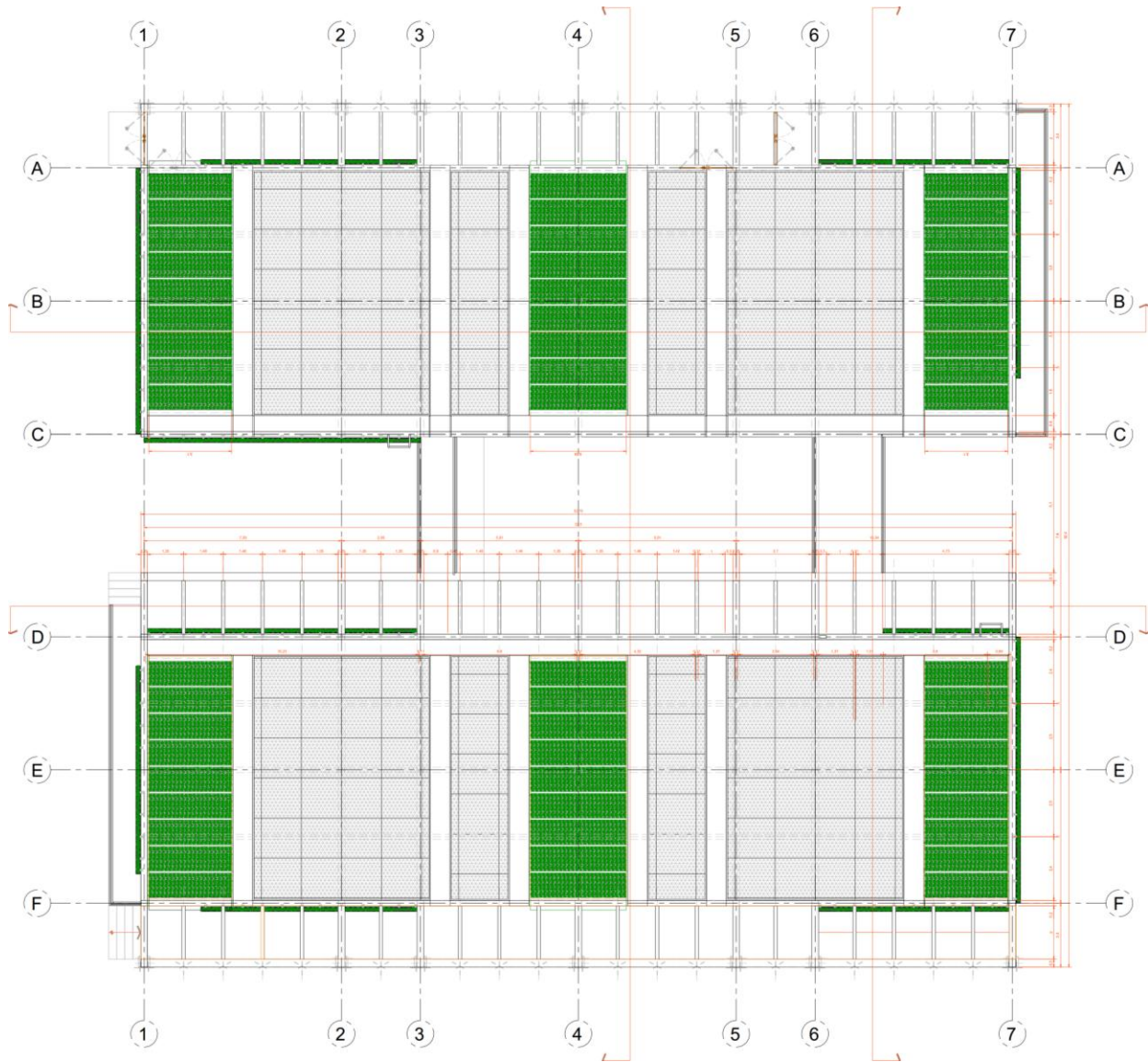


Figura 27. Planta cubiertas

Fuente: Elaboración propia

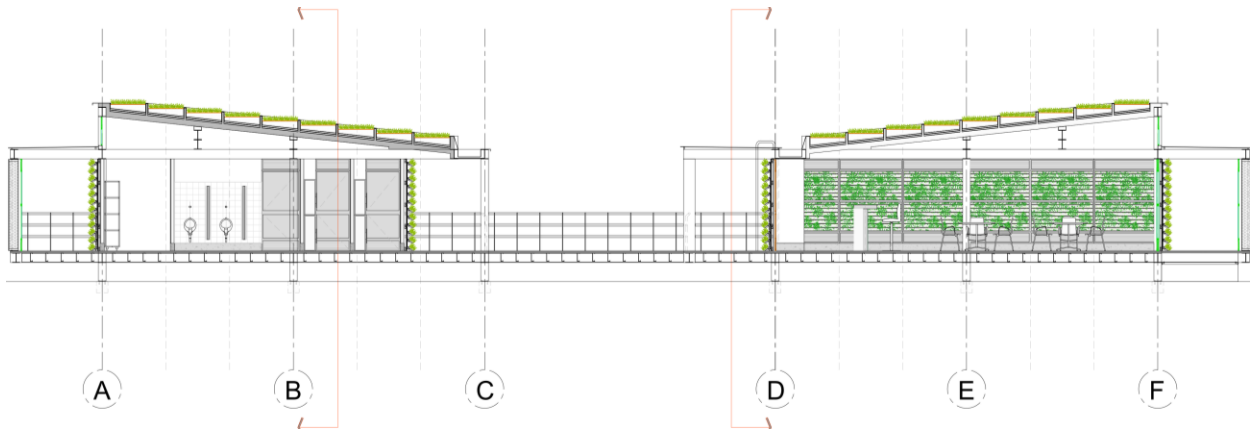


Figura 28. Corte general 2

Fuente: Elaboración propia

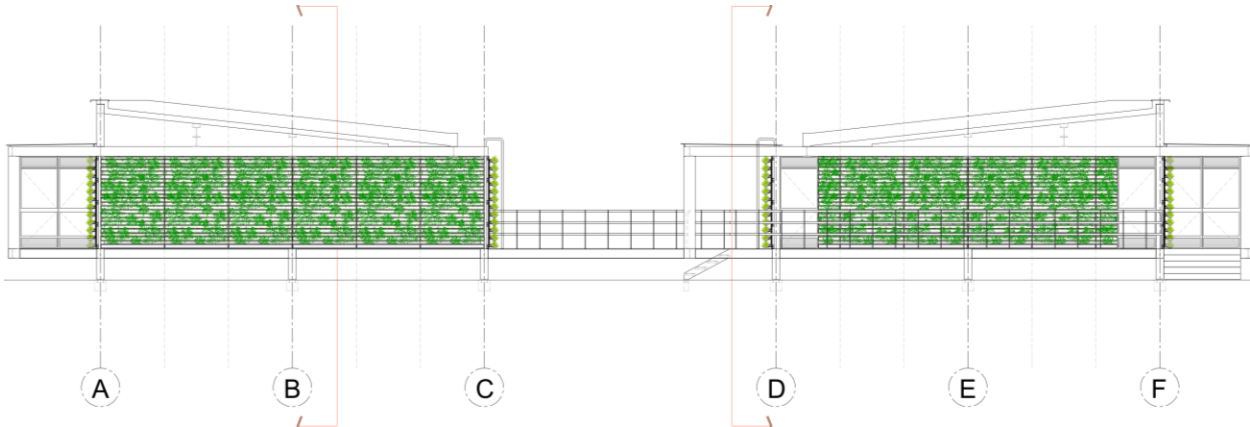


Figura 29. Fachada lateral

Fuente: Elaboración propia

5.4 Tipología y materialidad

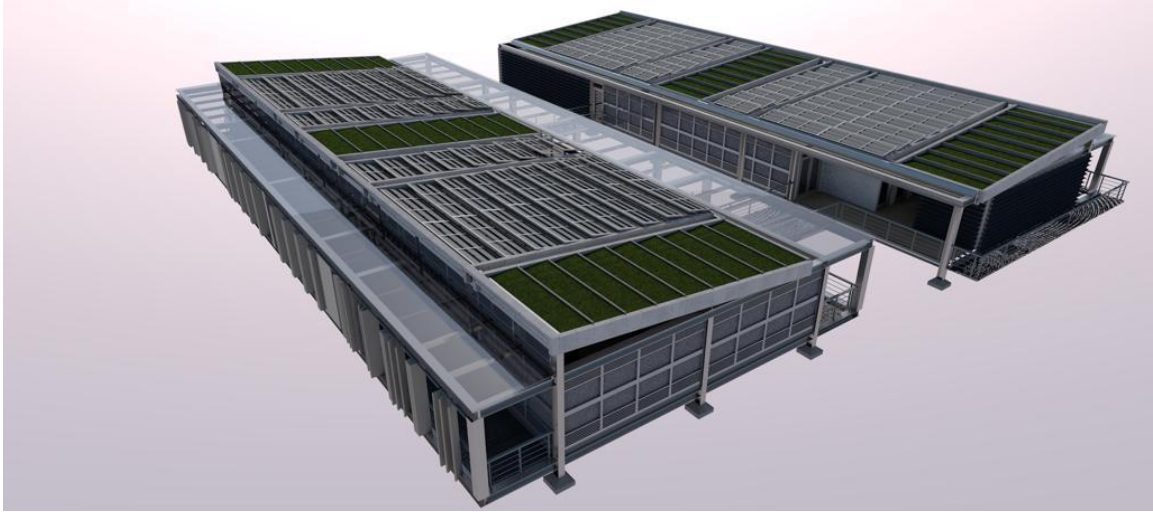


Figura 30. Perspectiva del proyecto costado nororiental

Fuente: Elaboración propia

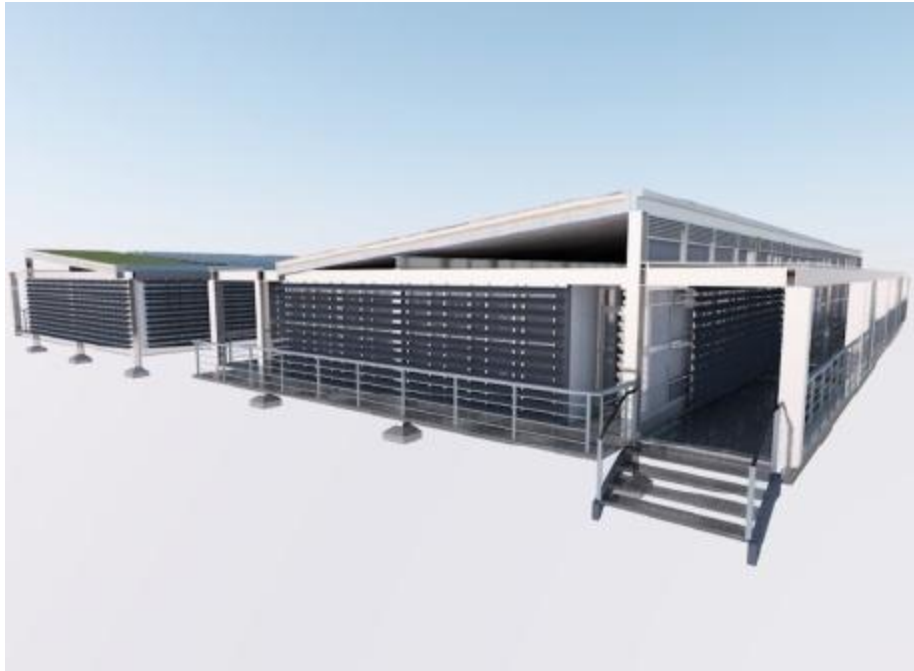


Figura 31. Perspectiva del proyecto costado suroriental

Fuente: Elaboración propia



Figura 32. Corte longitudinal fugado módulo occidental (cuarto técnico general, sala de control, taller almacén y servicios)

Fuente: Elaboración propia

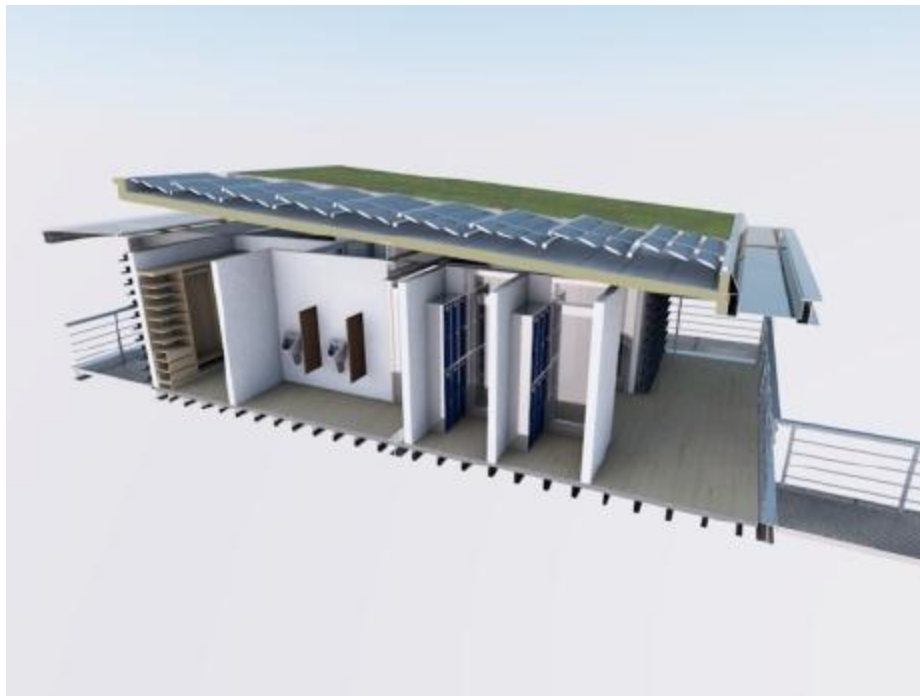


Figura 33. Sección trasnversal servicios (depósito baños vestidores, corredor)

Fuente: Elaboración propia



Figura 34. Corte longitudinal fugado módulo oriental (sala de conferencias, oficinas, recepción, cafetería)

Fuente: Elaboración propia

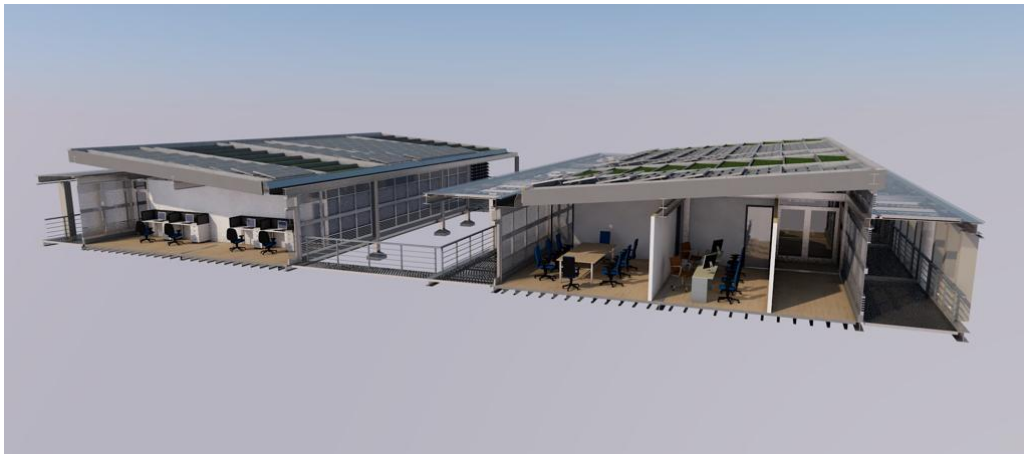


Figura 35. Corte transversal fugado (sala de control, sala de juntas, oficina, corredores)

Fuente: Elaboración propia



Figura 36. Sección trasversal corredor, cuarto técnico general

Fuente: Elaboración propia



Figura 37. Vista interna corredor doble fachada y muro verde

Fuente: Elaboración propia



Figura 38. Vista módulo oriental costado sur, exterior sala de conferencias

Fuente: Elaboración propia



Figura 39. Vista costado nororiental

Fuente: Elaboración propia



Figura 40. Vista costado suroccidental

Fuente: Elaboración propia



Figura 41. Vista costado noroccidental

Fuente: Elaboración propia

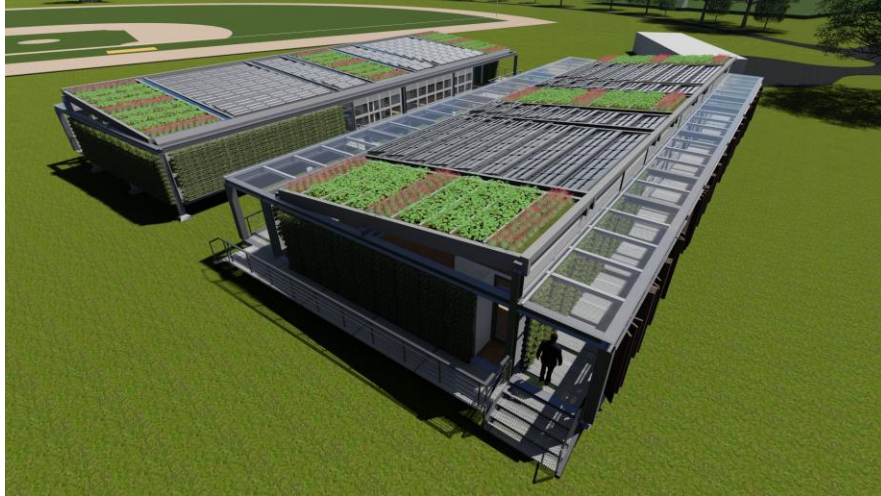


Figura 42. Vista costado suroriental

Fuente: Elaboración propia

5.5 Cálculos potencial de generación energética

5.5.1 Datos de entrada superficies proyecto – dispositivo. Se aclara para todos los casos de este estudio, que en consideración de las fuentes disponibles por condiciones climáticas y de los recursos disponibles por condiciones geográficas, de los que se trata con detalle en apartados previos de este texto y que se pueden resumir en las siguientes tablas:

Tabla 4. Fuentes disponibles por condiciones climáticas

FUENTE	POTENCIAL	DESCRIPCIÓN
Viento	REGULAR	Multidireccional con velocidad predominante de 2,8 m/s, requerido mínimo eólicos 3,0m/s
Temperatura	REGULAR	Clima frio, requiere ganancia solar para equilibrio térmico
Sol	BUENO	Comportamiento estándar homogéneo, radiación y brillo incidente durante el año, relación favorable de horas y días de sol vs radiación global
Lluvia	BUENO	Altos niveles de humedad, por convección presencia de nubosidad promedio alta, y por efecto del sol y la condensación altos niveles de precipitación en intensidad, cantidad y ocurrencia.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Recursos disponibles por condiciones geográficas

FUENTE	POTENCIAL	DESCRIPCIÓN
Agua	BUENO	Presencia de elementos del sistema hídrico, por ubicación urbana servicio fiable de agua potable, posible reúso de agua lluvia.
Suelo	BUENO	Área libre abierta, espacio público, campus universitario, terreno plano, presenta sustrato fértil superficial de tierra negra vegetal y subsuelo de arcillas y limos.
Vegetation	BUENO	Población forestal abundante, barrera natural acústica y ante emisiones de carbono

Fuente: Elaboración propia

Como criterio de selección, y atendiendo a los factores abióticos del lugar seleccionado para la propuesta, nos enfocamos prioritariamente en sistemas que hacen uso de las fuentes como son sol y lluvia, y recursos tales como agua, suelo y vegetación, cuyo potencial se determina BUENO, conforme a los análisis detallados y a las descripciones presentadas.

Adicionalmente los sistemas a implementar harán uso de fuentes renovables que en lo posible resulten abundantes en la naturaleza, serán no convencionales en tanto no involucren combustión en su funcionamiento; tendrán que implicar energías limpias en tanto no generen residuos contaminantes; que además de constituirse como tecnologías de conocimiento reciente y/o de poca difusión, sean de principio dispositivos orgánicos, y/o que impliquen mínimo impacto ambiental posible en su funcionamiento, operación en el tiempo y constitución por caracterización de materiales o proceso constructivo y de obtención.

Deberán ser sostenibles procurando además el bajo costo de los dispositivos, tasados con base en la abundancia y asequibilidad de los elementos y materias primas para elaboración, que además no implicaran contaminantes, ni necesidad de procesos complejos (especializados costosos); el costo de los mismos materiales, su procesamiento y el valor de fabricación de los dispositivos, debe de esta forma, resultar visiblemente más bajo que los de sistemas tradicionales convencionales; esperando en consecuencia una tasa de retorno de inversión mucho más rápida, y que con base en el aumento progresivo de rendimientos, duración o vida útil, puedan lograr a

largo plazo un uso masivo, resultante en paralelo de una producción masiva, en serie, a gran escala que reduzca aún más costos, para hacer las tecnologías accesibles al usuario promedio y al vulnerable.

5.5.1.1 Celdas orgánicas fotovoltaicas OPV

Tabla 6. Área ventanería puertas y lucarnas: acrisolamiento superficies verticales

FACHADA		MEDIDA MOD. VENTANA			CANTIDAD MOD. VENTANA			LONGITUD MOD. VENTANA			LONG. TOTAL	ALT.	ÁREA	TIPO VIDRIO	TOTAL ÁREA
		MOD.1	MOD.2	MOD.3	CANT.1	CANT.2	CANT.3	TOTAL 1	TOTAL 2	TOTAL 3	TOTAL L.	H			
SECTORES	ORIENTACIÓN	m			un			Total m			Total m	m	m2	CAPAS	m2
FACHADA 1 (PPAL)	ORIENTE	1,29	1,42		12	10		15,48	14,2	0	29,68	1,68	49,86	1	49,86
CONTRA FACHADA 1 (PPAL)	ORIENTE	1,29	1,42	0,71	11	9	1	14,19	12,78	0,71	27,68	1,68	46,50	2	93,00
FACHADA 2 (PPAL)	NORTE	1,6			6			9,6		0	9,6	1,48	14,21	2	28,42
FACHADA 3 (PPAL)	OCCIDENTE	1,29	1,42		12	10		15,48	14,2	0	29,68	1,68	49,86	1	49,86
CONTRA FACHADA 3 (PPAL)	OCCIDENTE	1,29	1,42	0,77	8	5	2	10,32	7,1	1,54	18,96	1,68	31,85	2	63,71
FACHADA 4 (PPAL)	SUR	1,6	0,51		10	2		16	1,02	0	17,02	1,48	25,19	2	50,38
CONTRA FACHADA 5 (INT.)	OCCIDENTE	1,29	1,42	2,23	6	6	1	7,74	8,52	2,23	18,49	1,68	31,06	2	62,13
FACHADA 6 (INT.)	ORIENTE	1,29	1,42	0,29	9	7	1	11,61	9,94	0,29	21,84	1,68	36,69	2	73,38
ÁREA VENTANERÍA															470,74
CONTRA FACHADA 1 (PPAL)	ORIENTE			1,94			1	0	0	1,94	1,94	1,64	3,18	2	6,36
FACHADA 2 (PPAL)	NORTE			1,94			3	0	0	5,82	5,82	1,64	9,54	2	19,09
CONTRA FACHADA 3 (PPAL)	OCCIDENTE			1,94			2	0	0	3,88	3,88	1,64	6,36	2	12,73
FACHADA 4 (PPAL)	SUR		0,86	1,94			2	2	0	1,72	3,88	1,64	9,18	2	18,37
CONTRA FACHADA 5 (INT.)	OCCIDENTE	0,65	0,86		1	3		0,65	2,58	0	3,23	1,64	5,30	2	10,59
FACHADA 6 (INT.)	ORIENTE		0,86				1	0	0,86	0	0,86	1,68	1,44	2	2,89
ÁREA PUERTAS															70,03
CONTRA FACHADA 1 (PPAL)	ORIENTE	1,29	1,42		12	10		15,48	14,2	0	29,68	1,68	49,86	2	99,72
CONTRA FACHADA 3 (PPAL)	OCCIDENTE	1,29	1,42		12	10		15,48	14,2	0	29,68	1,68	49,86	2	99,72
ÁREA LUCARNAS															199,45
TOTAL ÁREA ACRIALAMIENTO SUPERFICIES VERTICALES															740,22

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Área celosías y luz cenital cubierta: acrisolamiento superficies horizontales

CELOSIAS - CRISTAL SOBREPUESTO CAPA SENCILLA					LUZ CENITAL CRISTAL DOBLE CAPA						
CUBIERTA		DIMENSIONES		TOTAL ÁREA	CUBIERTA		DIMENSIONES		CANTIDAD x VOLUMEN	TIPO VIDRIO	TOTAL ÁREA
		ANCHO	LARGO				ANCHO	LARGO			
SECTORES	ORIENTACIÓN	m		m2	SECTORES	ORIENTACIÓN	m		un	CAPAS	m2
FACHADA 1 (PPAL)	ORIENTE	2,3554	32,95	77,61043	VOLUMEN 1 (ACCESO)	ORIENTE	0,7386	9,2	6	2	81,54144
FACHADA 3 (PPAL)	OCCIDENTE	2,3554	32,95	77,61043	VOLUMEN 2 (CTO. TÉCNICO)	OCCIDENTE	0,7386	9,2	6	2	81,54144
FACHADA 5 (INT.)	OCCIDENTE	2,6502	32,95	87,32409							
ÁREA CELOSIAS				242,54	ÁREA LUZ CENITAL						163,08
TOTAL ÁREA ACRIALAMIENTO SUPERFICIES HORIZONTALES											405,63
TOTAL ÁREA ACRIALAMIENTO SUPERFICIES PROYECTO											1145,85 M2

Fuente: Elaboración propia

Con base en las tablas presentadas, se resume para el caso de las envolventes del proyecto con superficies acristaladas, un área total de 1145,85 m², espacio que será aprovechado para implementar un sistema con películas de celdas orgánicas fotovoltaicas OPV, para las cuales establecen rendimientos conforme a la investigación en el próximo apartado.

Para el presente estudio se tiene en cuenta un rendimiento teórico de las celdas solares orgánicas, basado en datos recogidos de las fuentes; sin embargo y teniendo en cuenta que se trabaja con una tecnología en desarrollo, en la cual aún se investiga para lograr más fácilmente en cuanto a estructuración y producción, dispositivos que tengan mayor rendimiento y mayor vida útil; no se aplicaran para implementación en el proyecto los dispositivos de mayor rendimiento encontrados que corresponden a celdas DSSC de tipo Células Solares de Perovskita Semitransparentes (STPSC) de clasificación Células híbridas inorgánicas, cuya eficiencia en porcentajes de rendimientos máximos documentados es de rangos entre 10,1 y 16,5% (en caso tal solo se requeriría reemplazar los valores); Dada la preferencia por materiales orgánicos y por fiabilidad del sistema planteado, para tratar de establecer una eficiencia estándar y para tener un resultado consistente que aporte rendimiento real estable, se determina entonces usar como dato promedio la eficiencia de rendimiento máximo de celdas OSC de tipo células solares orgánicas semitransparentes (STOSC) de clasificación células híbridas de heterounión orgánicas, que además ya se vienen desarrollando desde 2013 y se consideran de mayor asequibilidad.

Aunque existen ejemplos en el mercado, de aplicaciones para arquitectura de celdas orgánicas fotovoltaicas como es el caso de Solar Window y otras aplicaciones varias a nivel de prototipos; sin embargo, conforme a la revisión realizada en esta investigación, no se conoció de algún proyecto arquitectónico como referente específico, construido ni diseñado (calculado) a la fecha, que sirva como caso de base para análisis, comparación o incluso revisión de rendimiento de un sistema fotovoltaico funcional instalado o diseñado a partir de paneles orgánicos.

5.5.1.2 Tribo eléctrico.

Tabla 8. Área paneles; fijos y abatibles

PANEL ABATIBLE EN FACHADAS						PANEL FIJO EN CUBIERTAS							
CUBIERTA		DIMENSIONES		CANTIDAD *	FACHADAS	TOTAL ÁREA	CUBIERTA		DIMENSIONES		CANTIDAD *	CANTIDAD *	TOTAL ÁREA
SECTORES	ORIENTACIÓN	ANCHO	LARGO	FACHADA	Un	m2	MODULO	ORIENTACIÓN	ANCHO	LARGO	TIPO	Un. ESTRUCTURAL	m2
TIPO 1	ORI-OCC	0,495	2,277	16	2	36,06768	ANCHO 1	ORIENTE	6,5477	9,1	2	2	238,33628
TIPO 2	ORI-OCC	0,73	2,37	7	2	24,2214	ANCHO 2	ORIENTE	2,1159	9,1	2	2	77,01876
ÁREA PANEL ABATIBLE						60,29	ÁREA PANEL FIJO						315,36
TOTAL ÁREA PANELES												375,64	

Fuente: Elaboración propia

Como se comentó en el capítulo respectivo por su adaptabilidad y esperando aprovechar las condiciones climáticas del contexto bogotano, se escogió como aplicación de los Nano Generadores Tribo Eléctricos (TENG) un Panel fotovoltaico Raindrop, que en su funcionamiento, en un mismo dispositivo genera energía a partir del Sol y de las gotas de lluvia.

Aunque los investigadores de la Universidad de Suzhou han hecho de este dispositivo una realidad y nació como alternativa a los paneles tradicionales para aprovechar las dinámicas estacionarias y de temporadas y ser implementados en edificaciones y parques solares (y de lluvia), aun no se encontró para establecer comparaciones y análisis, un referente de aplicación del sistema en proyectos arquitectónicos.

5.5.1.3 Microbial Fuel Cell Geobacter.

Dada las posibilidades del lugar para la cubierta se dispuso implementar un dispositivo Benthic MFC - CCM con lodos y sedimentos de cámara doble con electrodos grafito, Geobacter y PEM en Nafion. Puede sobre el mismo caso aplicarse a reúso de aguas lluvias y aguas grises o lixiviados producto de desechos orgánicos vegetales de cocina u hojarasca.

Tabla 9. Área cubierta verde: materas en cubierta (cultivos hidropónicos)

MATERAS CUBIERTA VERDE									
CUBIERTA		DIMENSIONES		ÁREA* MÓDULO	ALTURA MATERAS	VOLUMEN MATERAS	CANTIDAD * Un. ESTRUCTURAL	TOTAL ÁREA MATERAS	TOTAL VOLUMEN MATERAS
		ANCHO	LARGO						
SECTORES	ORIENTACIÓN	m		m2	m	m3	Un.	m2	m3
MODULO ANCHO 1	NOR-SUR	3,1	9,1	28,21	0,06	1,6926	4	112,84	6,7704
MODULO ANCHO 2	CENTRO	3,59	9,1	32,669	0,06	1,96014	2	65,338	3,92028
TOTAL MATERAS EN CUBIERTA								178,18	10,69
TOTAL ÁREA/VOLUMEN MATERAS								178,18	10,69

Fuente: Elaboración propia

5.5.1.4 Plant Microbial Fuel Cell.

Plant-E, PMFC - CCVM Células de Combustible Vegetal-Microbianas, suelo natural fértil lacustre. Condirando los distintos estudios y las especies recomendadas por un lado para Bogotá para cubiertas verdes y por otro para dispositivos de combustible microbiano, se determina el uso de especies vegetales de tipo Sedums.

Tabla 10. Área muro verde (bandejas de materias (terrarios)

MUROS CON BANDEJAS		LARGO MATERA		LARGO * FACHADA	ANCHO MED. MATERA	ÁREA MATERAS	ALTURA MATERAS	VOLUMEN MATERAS	MATERA* MURO	TOTAL ÁREA MATERAS	TOTAL VOLUMEN MATERAS
		MOD. 1	MOD. 2								
SECTORES	ORIENTACIÓN	m		m	m	m2	m	m3	Un.	m2	m3
CONTRA FACHADA 1 (PPAL)	ORIENTE	7,39	8,22	15,61	0,145	2,26345	0,06	0,135807	12	27,1614	1,629684
FACHADA 2 (PPAL)	NORTE	9,99	7,9	17,89	0,145	2,59405	0,06	0,155643	12	31,1286	1,867716
CONTRA FACHADA 3 (PPAL)	OCCIDENTE	7,39	8,22	15,61	0,145	2,26345	0,06	0,135807	12	27,1614	1,629684
FACHADA 4 (PPAL)	SUR	9,99	7,9	17,89	0,145	2,59405	0,06	0,155643	12	31,1286	1,867716
CONTRA FACHADA 5 (INT.)	OCCIDENTE	10,34	4,85	15,19	0,145	2,20255	0,06	0,132153	12	26,4306	1,585836
FACHADA 6 (INT.)	ORIENTE	10,34	2,57	12,91	0,145	1,87195	0,06	0,112317	12	22,4634	1,347804
TOTAL MATERAS EN MUROS										165,47	9,93
TOTAL ÁREA/VOLUMEN MATERAS										165,47	9,93

Fuente: Elaboración propia

5.5.1.5 Turbinas hidrocinéticas.

Para el dispositivo Lucid Pipe, con base en el caso exitoso implementado en Portland para el proyecto propuesto se dispone recrear el dispositivo con un cuarto técnico subsuperficial, sobre línea matriz serie de cuatro (4) turbinas para sistema Lucid P., como se representa en la imagen extraída de la presentación corporativa realizada por Matt Hickey en 2017.

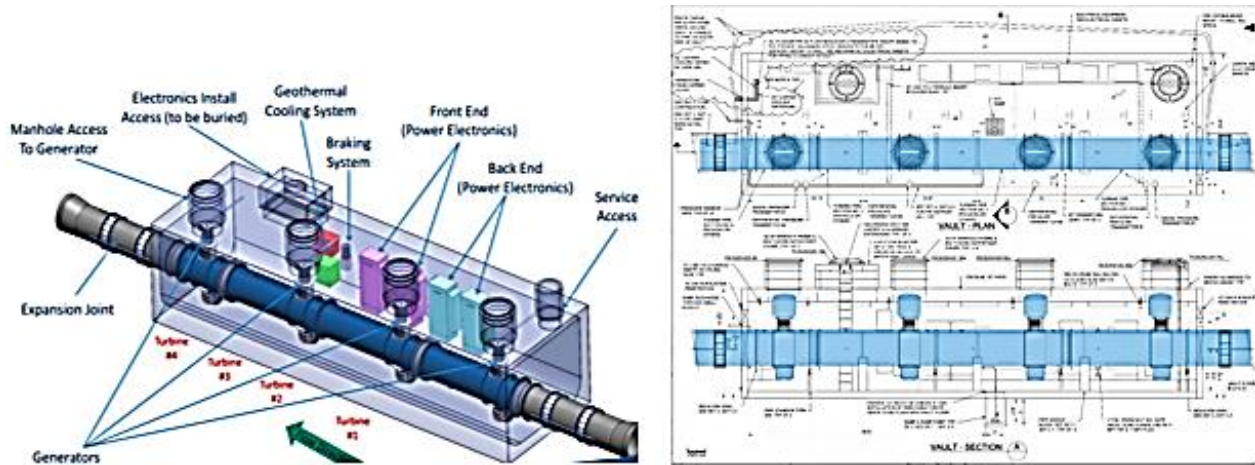


Figura 43. Dispositivo Lucid Pipe

Fuente: Hickey, 2017

En cuanto al dispositivo Mini Turbina Tubenergy, ya que está montada en línea con la tubería, se aprovechará el máximo del sistema montando tres (3) mini turbinas en serie, paralelas a la línea con bypass y previamente a la acometida para servirse del flujo constante de la red. El sistema se plantea para localizar en el espacio que se identifica en planos y en programa arquitectónico como depósito, junto a los baños por la zona posterior.

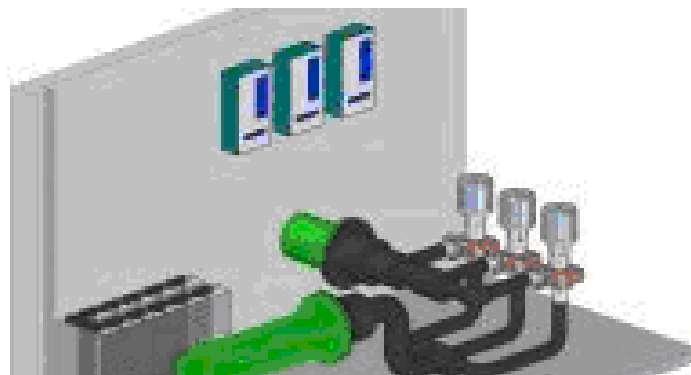


Figura 44. Dispositivo Mini Turbina Tubenergy

Fuente: Hickey, 2017

5.5.2 Datos de salida capacidad de generación – sistemas.

5.5.2.1 Películas orgánicas fotovoltaicos. Aunque existen ejemplos en el mercado, de

aplicaciones para arquitectura de celdas híbridas orgánicas fotovoltaicas como es el caso de Solar Window y otras aplicaciones varias a nivel de prototipos; conforme a la revisión realizada en esta investigación, no se conoció de algún proyecto arquitectónico como referente específico, construido ni diseñado (calculado) a la fecha, que sirva como caso de base para análisis, comparación o incluso revisión de rendimiento de un sistema fotovoltaico funcional instalado o diseñado a partir de paneles orgánicos.

En el caso de las celdas OSC teniendo en cuenta el porcentaje de eficiencia PCE y su funcionamiento fotovoltaico se tomarán los datos climatológicos de radiación directa y los datos de rendimiento correspondientes.

Tabla 11. Datos climatológicos de radiación directa y los datos de rendimiento correspondientes

Device Structure	Voc (V)	Jsc (mA-cm ²)	FF (%)	PCE (%)	AVT (%)
ITO/ZnO/fullerene self-assembled monolayer (C ₆₀ -SAM)/PCBM/PEDOT:PSS/PEDOT:PSS (PH1000)/ZnO/C ₆₀ -SAM/PCBM/MoO ₃ /Ag	1,68	5,93	68,6	8,50	40

Fuente: Autor, con base en el software Weather Tool

Según datos estándar de las investigaciones, se considera que en un día normal con brillo solar, el Sol irradia hasta 1KW/m² en la superficie de la Tierra. Con base en este coeficiente de irradiancia y el porcentaje de eficiencia de conversión de 8.5% que corresponde a la energía aprovechada por la celda, en nuestro caso, tenemos que la celda solar fotovoltaica orgánica escogida produce **85W/m²**, que para el caso tomaremos como máximo voltaje de potencia nominal (potencia pico).

La Hora Solar Pico (HSP) es la energía que recibimos superficialmente en horas por m², una hora solar pico es igual a 3,6 MJ/m², que a su vez equivale a 1 kWh/m², como se muestra en la siguiente conversión:

$$1 \text{ HSP} = \frac{1000 \text{ W} \cdot 1 \text{ h}}{\text{m}^2} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{1 \text{ J/s}}{1 \text{ W}} = 3,6 \text{ MJ/m}^2$$

Una vez conocemos la radiación solar global, la dividimos entre la radiación solar incidente que se utiliza para calibrar los módulos de paneles. (1 kW/m²), y obtendremos la cantidad de horas sol pico (HSP) (que no son equivalentes a horas de brillo solar HBS).

Tabla 12. Promedio radiación global Wh/m² por día-Bogotá

	PROMEDIO RADICACIÓN GLOBAL Wh/m ² POR DÍA - BOGOTÁ												PROM. RADIACIÓN GLOBAL ANUAL
Wh/m ² día	4680	4320	4320	3720	3500	3640	3920	4160	3940	3960	4020	4240	4035
Mes/Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	[12]

Fuente: Autor, con base en el software Weather Tool

En este caso, dimensionaremos la instalación para las condiciones promedio anuales de insolación, con lo cual de acuerdo a los datos obtendremos:

$\frac{4035 \text{ Wh/m}^2}{1000 \text{ W/m}^2}$	=	4,04 HSP
--	---	-----------------

Con este último dato y la potencia pico previamente obtenida (85W/m²); para conocer cuánto genera al día una celda de heterounión orgánica como la escogida, debemos multiplicar la HSP * Potencia del panel (en Wp), para un dato resultante de:

0,085	kWm²	X	4,04	kWh/m² día (HSP)	=	0,343	kWh/día
--------------	------------------------	----------	-------------	------------------------------------	----------	--------------	----------------

Revisadas las fuentes no se tienen valores para tensión de las celdas, sin embargo, se entiende que las células, los módulos y sistemas a implementar suministran en salida, una tensión continua diseñada para valores específicos de tensión (6v, 12v, 24v...), que determinan la tensión de trabajo del sistema fotovoltaico (Fagua, 2015). Con base en lo anterior trabajaremos con la potencia pico para cuantificar el potencial de generación instalado (potencial productivo), conforme al área en metros cuadrados de superficie con película orgánica fotovoltaica en

acristalamiento del edificio.

T. ÁREA ACRISTALAMIENTO	POTENCIA MAXIMA NOMINAL (P. PICO)	POTENCIAL PRODUCTIVO
1145 M2	85 W/M2	97,325 Kw

Según Tenor Martínez (2015), la potencia pico instalada por m², no aporta información real acerca de cuanta energía puede llegar a generarse, esta se obtiene con la radiación recibida por los módulos, cuyo valor depende ubicación y de la estimación de pérdidas del sistema instalado. Por tanto, se puede tasar la energía generada por área del sistema, teniendo en cuenta cuanta potencia se instala por cada m² superficial, aplicando la siguiente ecuación:

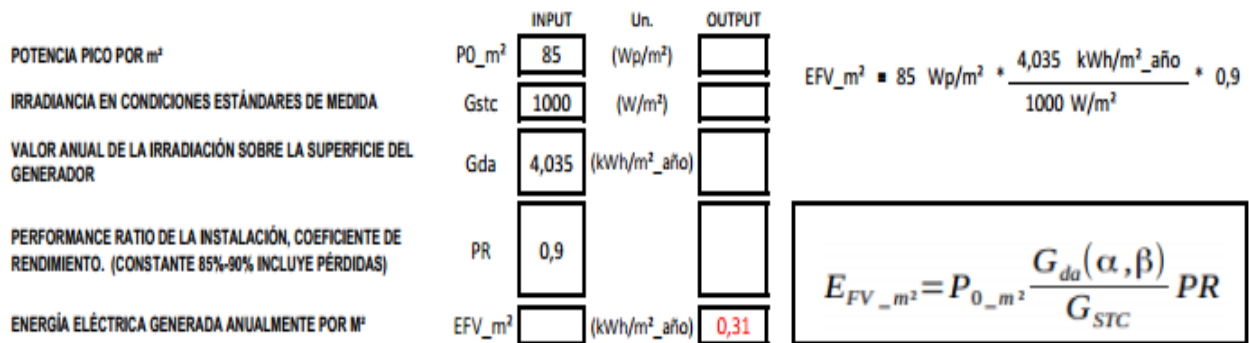


Figura 45. Ecuación - Energía eléctrica generada anualmente por m² en kWh/m²-año

Fuente: Elaboración propia

Se evidencia la falta de información en cuanto la tensión y el voltaje de la celda orgánica fotovoltaica, lo cual por ahora no permite revalidar teóricamente los datos obtenidos, sin embargo y considerando que la finalidad de esta investigación y propuesta es establecer en bruto el potencial de generación, no se tendrán en cuenta cálculos de consumos y nos permitimos ignorar dichos datos pendientes, que serían imprescindibles en otro caso, para determinar los sistemas de almacenamiento, regulación y conversión para suministro de corriente alterna para abastecimiento de la red domiciliaria.

En cualquier caso dejamos la aclaración de que un sistema de paneles solares está sujeto

en la forma que se conciba y se instale a producir más o menos voltaje o tensión y amperaje o corriente, de potencia; lo que significa que si por ejemplo en una estructura se conectan un grupo de paneles en paralelo, en función del número de paneles se sumaran, a la salida de la rama, las corrientes aumentando exponencialmente el amperaje mientras se mantiene el voltaje; de otra forma si se conectan varios paneles en serie, de forma inversa se sumaran las tensiones aumentando el voltaje mientras se mantiene el amperaje.

5.5.2.2 Triboeléctrico fotovoltaico. Considerando, rendimientos estándar en la capacidad de generación de paneles solares y teniendo en cuenta que en principio su comportamiento en cuanto a rendimiento es homólogo se calculará el dispositivo como células solares por un lado, y por otro lado se calculará un rendimiento adicional producto de la eficiencia del componente triboeléctrico a partir de las gotas lluvia. Dado el rendimiento promedio y la disponibilidad de los datos y la propuesta orgánica del dispositivo tomaremos para aplicación en el proyecto los resultados y la caracterización (constitución) de la celda desarrollada por los científicos chinos Qunwei Tang y Xiaopeng Wang OPV TENG flexible semitransparente.

OPV TENG flexible semitransparente [(ITO)/ (PET)/ TiO₂/ - Pt ITO-PET/ (Pt3Ni aleación) (CE frontal) y Co (Ni) 0.85Se (CE posterior) + rOG capa buffer]; En una tira de 20×50 mm² valores regulares máximos aproximados de 0.50mA, 150mV y 50pW. El panel TENG fotovoltaico tiene eficiencia de conversión solar a eléctrica óptima del 6,53%.

Para el caso de este dispositivo, se entiende que puede recibir radiación frontal (6,53%) y posterior (4,26%), sin embargo en las fuentes no queda claridad en cuanto a que la eficiencia de conversión sea simultánea y sumatoria, en cuyo caso expresaría una eficiencia resultante teórica de 10,79% (rendimiento sobresaliente), en consecuencia, para este estudio se asumirá el porcentaje de eficiencia por radiación frontal como media máxima, evitando inconsistencias en los resultados.

Con base en el coeficiente de irradiancia (1KW/m²) y el porcentaje de eficiencia de conversión de la celda, obtenemos que la célula solar fotovoltaica orgánica escogida produce 65,3W/m², máximo voltaje de potencia nominal (potencia pico).

Obtenemos también la Hora Solar Pico (HSP), dividiendo la radiación solar global anual promedio, entre la radiación solar incidente, que a su vez equivale a 1 kWh/m², como se muestra en la siguiente conversión:

$\frac{4035 \text{ Wh/m}^2}{1000 \text{ W/m}^2}$	=	4,04 HSP
--	---	-----------------

Para conocer cuánto genera al día la OPV TENG flexible semitransparente escogida, debemos multiplicar la HSP * Potencia del panel (en W_p), para un dato resultante de:

0,0653	kWm²	X	4,04	kWh/m² día (HSP)	=	0,264	kWh/dia
---------------	------------------------	----------	-------------	------------------------------------	----------	--------------	----------------

Dado que se trabaja exclusivamente con potenciales de generación, para el caso seleccionado, en las fuentes no se hallaron valores para tensión de las celdas, entendiendo que las células se diseñan para valores específicos de tensión en salida, por tanto trabajaremos con la potencia pico para cuantificar el potencial de generación instalado (potencial productivo), conforme al área en metros cuadrados de película con OPV TENG flexible semitransparente en paneles propuestos en el edificio.

Tabla 13. Pánel orgánico fotovoltaico

PÁNEL ORGANICO FOTOVOLTAICO		
T. ÁREA PÁNELES	POTENCIA MAXIMA NOMINAL (P. PICO)	POTENCIAL PRODUCTIVO
375,64 M ²	65,3 W/M ²	24,53 Kw

Fuente: Elaboración propia

Como se dijo previamente el dato efectivo de energía generada, se obtiene con la radiación recibida por los módulos, por tanto, se puede tasar la energía generada por área del

sistema, teniendo en cuenta cuanta potencia se instala por cada m² superficial, aplicando la siguiente ecuación:

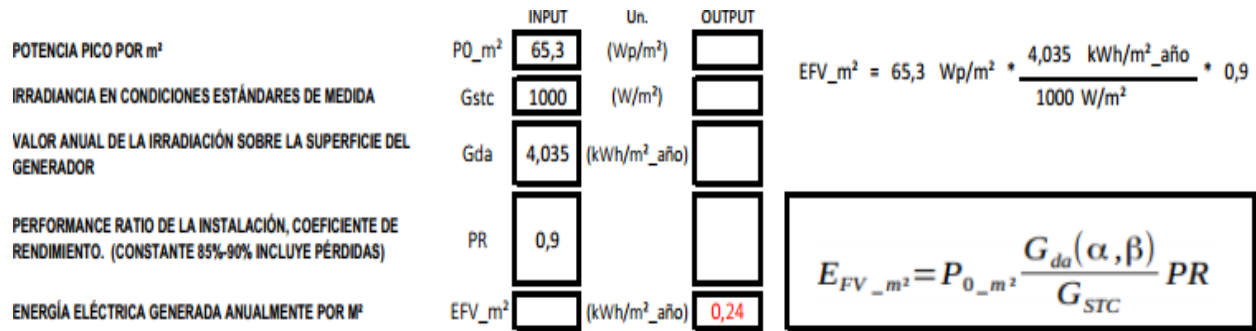


Figura 46. Ecuación - Energía eléctrica generada anualmente por m² en kWh/m²-año

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado y en adición, tenemos que una película TENG de agua produce 50pW según la fuente por lo cual estableceremos el potencial por el total de superficie de paneles en el proyecto.

Tabla 14. Película Teng de agua

PELÍCULA TENG DE AGUA	
ÁREA PANEL	T. ÁREA PÁNELES
0,39 M2	375,64 M2
POTENCIA MÁXIMA	POTENCIAL PRODUCTIVO
50 W	48,33 KW

Fuente: Elaboración propia

Con este dato y con el valor promedio multianual de cantidad de días lluviosos en Bogotá según la estación de la universidad nacional estableceremos que en 182 días de lluvia para un película TENG de agua de 0.001m² (50*20mm) estandarizado a 0.39m² (58*67cm), para medidas comerciales de paneles, que produce 50W en una superficie total de paneles

implementada en el proyecto de 375,64m², obtendremos como resultado teórico de generación nominal anual (48.33*182) de 8,80MW lo que equivale a decir 0.02 MW/m².

$$\boxed{48,33 \text{ MW}} * \boxed{182 \text{ días}} = \boxed{8,80 \text{ MW anual}}$$

$$\frac{8,80 \text{ MW}}{375,64 \text{ M}^2} = 0,02 \text{ MW/m}^2$$

$$\boxed{0,02 \text{ MW/m}^2} * \boxed{0,21 \text{ h}} = \boxed{4,92 \text{ KWh/m}^2}$$

Dado que la ocurrencia de las lluvias durante los días de precipitación, responde a horas específicas como se determinó en el análisis climatológico, mostrando para todos los meses lluvias entre 2 p.m. y 7 p.m. estableceremos ese periodo de 5 horas diarias para determinar el porcentaje productivo de 20.83% para un día, con un coeficiente resultante de 0.21 al que multiplicaremos el potencial nominal de generación para obtener el potencial máximo teórico de generación **4.92KWh/m²**.

5.5.2.3 Geobacter MFC. En consideración al documento de Mejía y Vásquez (2012) realizado con base en las investigaciones de Logan y Cheng (2011), y al cuadro de resumen presentado en el capítulo correspondiente; se establecerá para aplicación una celda de rendimiento promedio alto; teniendo en cuenta la disponibilidad de los datos y que la tecnología y su funcionamiento implican complejidad, pero en su caracterización y reproducción los dispositivos pueden llegar a ser sencillos, lo que permite una vez estructurada la celda, que resulte confiable, requiriendo para el caso solo de monitoreo y mantenimiento.

Entre las densidades de potencia presentadas en el cuadro resumen la celda con densidad incidente más baja genera 0.0017wm², mientras que la celda con densidad incidente mayor, produce 7.2wm², promediando estos dos datos obtenemos un coeficiente de 3.6, considerando que la celda que nos aporta este valor trabaja con ferricianuro que es un compuesto tóxico y que la intención es implementar una MFC de promedio alto, la que sigue en rendimiento tiene

potencial de 3.9wm2 conforme se detalla a continuación:

Tabla 15. Densidades de potencia

Sistema diseño Características de la CCM	Material del Anodo	Material del Cátodo	Membrana de intercambio	Corriente densidad	Densidad de potencia	Eficiencia columbica (%)	Cultivo / inculo Bacterias / sustrato	RI (Ω)	Referencia
Cámara doble	Varilla de 7,1 x 10 ⁶ m ²	Tela de grafito 6,4516 cm ²	Nafion 117	7,6Am ²	3,9Wm ²		<i>Geobacter sulfurreducens</i> KN400 / Acetato	0,015Ω/m ²	Yi y otros (2009)

Fuente: Elaboración propia

Con esta potencia y en consideración de las dimensiones de superficie y volumen del espacio en cubierta donde se propone implementar en el proyecto, tendremos los datos de entrada y totales que muestra la siguiente tabla:

Tabla 16. Sistema Geobacter

SISTEMA GEOBACTER		
ÁREA CUBIERTA VERDE	POTENCIAL PRODUCTIVO	TOTAL POTENCIA/SUPERFICIE
178,18 M2	3,9 WM2	694,902 WM2

Fuente: Elaboración propia

Este tipo de dispositivos tiene la ventaja de que se consideran de producción durante 24 horas diarias durante todo el año.

$$\boxed{0,69 \text{ KW}} * \boxed{365 \text{ días}} = \boxed{253,64 \text{ KW anual}}$$

$$\frac{253,64 \text{ KW}}{178,18 \text{ M2}} = 1,42 \text{ KW/m2}$$

$$\boxed{1,42 \text{ KW/m2}} * \boxed{24 \text{ h}} = \boxed{34,16 \text{ KWh/m2}}$$

Tendremos con base en los cálculos un potencial máximo teórico de generación **34.16KWh/m²**.

5.5.2.4 Plant Microbial Fuel Cells PMFC. Conforme a los datos recogidos en 2012 por la Wageningen University & Research (WUR) para el proyecto Plant-E de los científicos David Strik y Marjolein Helder y la consistencia del dato en múltiples fuentes, se establecerá como dato

promedio para el generación del sistema una Potencia neta de 3.2W/m².

Con esta potencia y en consideración de las dimensiones de superficie y volumen de los espacios en terrarios de muros verde donde se propone implementar en el proyecto 165.47 m² y 9.93m³, tendremos los datos de entrada y totales que muestra la siguiente tabla:

Tabla 17. Sistema Plant MFC

SISTEMA PLANT MFC		
ÁREA MURO VERDE	POTENCIAL PRODUCTIVO	TOTAL POTENCIA/SUPERFICIE
165,47 M2	3,2 WM2	529,504 WM2

Fuente: Elaboración propia

Tendremos con base en los cálculos un potencial máximo teórico de generación **28.03KWh/m²**.

5.2.2.5 Microturbinas Lucid Pipe.

Con base en los datos extraídos de las fuentes referenciadas en este documento, el LPS produce entre 14 y 100 Kw, la turbina opera con flujo entre 20 y 125MGD o 1 y 5,6m³/s, con cabezal de caída de entre 0,5 y 10m, genera perdida de presión de entre 5 y 10 PSI a máxima potencia y 0.5 PSI detenida, y alcanza su mejor rendimiento con velocidad del agua de 4pies/s (1.7m/s).

Tabla 18. Producción LPS

RENDIMIENTO	TIPO TUBERÍA	TURBINAS EN SISTEMA	POTENCIAL UNIDAD	POTENCIAL SISTEMA	HORAS OPERACIÓN	PRODUCCIÓN DIARIA	DÍAS OPERACIÓN	PRODUCCIÓN ANUAL	
	Ø	UN	KW/UN	KW	DÍA	KW/DIA	AÑO	KW/AÑO	MW/AÑO
POTENCIA NOMINAL	42"	4	50	200	24	4800	365	1752000	1752
CAPACIDAD NOMINAL	42"	4	43	172	24	4128	365	1506720	1506,72
CAPACIDAD PROMEDIO	42"	4	35,78	143,12	24	3434,88	365	1253731,2	1253,7312

Fuente: Elaboración propia

Analizando la tabla previa presentada en el capítulo correspondiente, se observan las diferencias en capacidad/potencia a partir de datos de diseño y de funcionamiento o desempeño

real, del sistema implementado con 4 turbinas en serie para tuberías de 42”, podemos inferir con base en este, un coeficiente teórico diferencial de 1,39742 entre la potencia nominal por turbina y la capacidad real operativa (denominada capacidad promedio); con base en este dato y en los datos de potencia máxima por unidad presentados en 2011 por Kanagy, J. para Lucid Energy Technologies, estableceremos el potencial teórico por unidad y por sistemas de 4 turbinas en serie, para determinar la producción teórica anual para diámetros entre 24” y 60”. Para el caso de diámetros mayores el sistema plantea que se requiere de reducciones, por tanto con base en las fuentes, en teoría se asumirían en tal caso los datos recopilados para 60”.

Tabla 19. Potencial teórico por unidad y por sistemas de 4 turbinas en serie

CAPACIDAD PROMEDIO	TIPO TUBERÍA	TURBINAS EN SISTEMA	FLUJO REQUERIDO	MÁXIMA POTENCIA/UN	P. TEÓRICA OPERATIVA	P. TEÓRICO SISTEMA (x4)	HORAS OPERACIÓN	PRODUCCIÓN DIARIA	DÍAS OPERACIÓN	PRODUCCIÓN ANUAL	
	Ø	UN	MGD	KW/UN	KW/UN	KW	DÍA	KW/DÍA	AÑO	KW/AÑO	MW/AÑO
	24"	4	20	16	11,45	45,80	24	1099,17	365	401196,49	401,20
	36"	4	45	35	25,05	100,18	24	2404,43	365	877617,32	877,62
	42"	4	64	55	39,36	157,43	24	3778,39	365	1379112,94	1379,11
	48"	4	80	70	50,09	200,37	24	4808,86	365	1755234,65	1755,23
	60"	4	125	105	75,14	300,55	24	7213,29	365	2632851,97	2632,85

Fuente: Elaboración propia

Para el caso del Distrito Capital, de acuerdo al DTS (Documento Técnico de Soporte) del Plan Maestro De Acueducto y Alcantarillado De Bogotá D.C. de 2006, decreto 314 de 2006 (en vigencia a la fecha de este estudio); el sistema actualmente cuenta con una oferta hídrica disponible de entre 21-22 m³/s y una capacidad de producción instalada de entre 25-27.5 m³/s; con una red troncal de 78” de diámetro, (Tibitoc – Casablanca), que atraviesa la sabana de Bogotá desde Zipaquirá hasta Ciudad Bolívar. La tubería inicialmente instalada en Concreto preesforzado, American Pipe PCCP, fué rehabilitada en algunos tramos usando pipelining, con camisas de acero de 72”. De esta troncal se derivan líneas matrices de distribución, entre ellas la línea de 24” de la calle 26; en el sistema de redes matrices de acueducto, conforme a los cuadros del plan maestro para el sector de estudio, extrajimos las siguientes redes con sus características

técnicas asociadas:

Tabla 20. Redes con sus características técnicas asociadas

ORDEN	CÓDIGO E.A.A.B.	DESCRIPCION	TIPO	EDAD	DIÁM. (PULG)	CLASE (PSI)	LONGITUD FINAL (mts)
		INTERCONEXIONES					
15	BIV24102	Interconexión Línea Ferrocarril Autopista El Dorado	C.C.P.	1986	24	150	1208,31
		LÍNEAS NO EXPRESAS					
28		Av. 39 x Univ. Nal. - parque Nacional.	ACERO REV. BITUMINOSO	1954	42	150	2180,00
58	RD2024022	Cementerio del Sur - Av. Ciudad de Quito por Cra. 26 - Av. 27.	C.C.P.	1972	24	150	1035,21

Fuente: Elaboración propia

Con la intención de evitar que se dispare el coeficiente de generación con proyecciones variables elevadas, para obtener datos estándar moderados y fiables, y procurando reducir el margen de error, teniendo en cuenta el carácter teórico de los resultados y las posibles consideraciones futuras de los mismos; de los datos previos, se optó por trabajar con los coeficientes más bajos, se determinó entonces implementar para el proyecto propuesto una red de 24” de diámetro (si fuera el caso con reducción de 42”), para 150PSI con flujo de 21 m³/s o 479,31 MGD; teniendo en cuenta que 1 MGD EE.UU es igual a 0,0438 m³/s, e inversamente 1 m³/s equivale a 22,8245 MGD. Con los datos relacionados con los cuales se atiende a los requerimientos del sistema Lucid y teniendo en cuenta la capacidad teórica promedio de producción anual de energía de 401.20MW/Año, para un sistema de 4 turbinas LPS en serie, en una línea de 24”, podemos realizar la siguiente conversión.

$$\begin{array}{l}
 \boxed{401,20 \text{ MW/m}^2} \\
 \boxed{1,00 \text{ DÍA}} = \boxed{24 \text{ h}} \\
 \boxed{1,00 \text{ AÑO}} = \boxed{365 \text{ DÍAS}} = \boxed{8760,00 \text{ h}} \\
 \frac{401196,49 \text{ KW}}{8760,00 \text{ h}} = 45,80 \text{ KW/h}
 \end{array}$$

De esta forma cumplidos los requisitos del sistema, y teniendo en cuenta un a operatividad del dispositivo de 24 horas por 365 días al año, podemos estimar para el sistema

implementado en el proyecto un potencial teórico de generación anual de **401.20MW/año**, equivalente a 45,8KW/h operando en el rango de microcentrales hidroeléctricas; para esta tecnología podemos considerar como de tendencia equivalente la capacidad instalada y el factor de capacidad, en tanto las presiones y flujos de la red matriz tienden a mantenerse invariables, el margen de error se daría específicamente por situaciones como fallos localizados en las redes troncal y/o matriz o por fallas propias eventuales de la turbina y suspensiones programadas por mantenimiento del sistema.

5.5.2.6 Mini turbina Tubenergy. De acuerdo a las características técnicas del dispositivo consignadas en este documento, tenemos que, la Mini Turbina opera con presión hidráulica de trabajo desde 4 Kg/cm², tiene pérdida de presión 2 Kg/cm². Precisa una batería mínima de 24 voltios, 800Ah; con convertidor puede alimentar sistemas de 12 voltios y añadiendo un inversor sistemas de 220 voltios con rendimientos de entre 57% y 60%.

Según el soporte técnico en la página del distribuidor TRAXCO, la fórmula para calcular aproximadamente los vatios que se pueden generar, es la siguiente: 9,8 (aceleración de gravedad) por metros columna de agua, por Litros segundo, y todo ello dividido entre 2, (considerando un rendimiento de turbina del 50%) es decir = $[9,8 * mca * l/seg] / 2$.

De acuerdo al *Contrato De Condiciones Uniformes En Materia Del Servicio Público Domiciliario De Aseo De La Empresa De Acueducto Y Alcantarillado De Bogotá – EAAB – ESP*, - (CCU), y lo consignado en su anexo técnico 8.1.5., en cuanto a los niveles de presión a los que se obliga la empresa de servicios públicos, se especificó: “*Presión del agua: El servicio de acueducto se prestará con una presión de quince (15) metros de columna de agua (m ca) en condiciones dinámicas. ...*” lo cual se debe garantizar como mínimo en el punto de conexión de la red domiciliaria. (CCU, vigente con concepto de legalidad por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico Número 20180120082574 de mayo 17 de 2018, para

servicios de acueducto y alcantarillado).

Por otro lado en consideración al lugar donde se propone el proyecto siendo este el Campus de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, en su condición particular de uso y de acuerdo a lo establecido en la NTC 1500 (2004-11-03 / segunda actualización), *Código Colombiano De Fontanería*, en su título 6. *Suministro Y Distribución De Agua*, consigna que: “6.6.3 El volumen de reserva se establecerá con base a la población atendida y el consumo promedio diario estimado establecido en la Tabla 6.”, de la cual se extraen los siguientes datos para establecer coeficientes de flujo.

Tabla 21. Evaluación del consumo

Universidades	50 Litros/persona/día
---------------	-----------------------

Fuente: Elaboración propia

Dado el tipo de edificación, y la ecuación planteada en el requerimiento de evaluación de consumo de la NTC 1500, para obtener el coeficiente de flujo; se tuvo en cuenta el dato 36096 para número de personas por año, que constituyen el total de la comunidad universitaria en 2016, según las tablas de consumo de agua y energía per cápita (2017) que se encuentran en el Sistema de Gestión Ambiental ISO 14001, de la Oficina de Gestión Ambiental de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.

Tabla 22. Consumo de agua y energía per cápita (2017)

Indicadores 2018	Sede Bogotá
Total estudiantes matriculados pregrado y posgrado (2018-1 corte octubre 29)	32086,0
Docentes activos en planta	2085,0
Personal administrativo vinculado (corte a noviembre de 2018)	1483,0
Sumatoria número de personas	35654,0
	feact2018:2019feb13

Fuente: Universidad Nacional de Colombia, 2018

Dato que parece mantenerse en la tendencia del rango nominal poblacional para el año

2018 según sumatoria de datos aislados de total de estudiantes matriculados en pregrado y posgrado, docentes activos en planta y personal administrativo vinculado para la sede Bogotá, extraídos de los Indicadores Básicos, 2018 de la Dirección Nacional de Planeación y Estadística de la Universidad nacional de Colombia.

$$\begin{aligned}
 & \boxed{1 \text{ h}} = \boxed{3600 \text{ s}} && 50 \text{ Litros/persona/día} \\
 & \boxed{1,00 \text{ DÍA}} = \boxed{24 \text{ h}} = \boxed{86400 \text{ s}} && \frac{50 \text{ L} * 36096 \text{ p /día}}{86400 \text{ s}} = 20,89 \text{ L/s} \\
 & && = [9,8 * \text{mca} * \text{l/seg}] / 2 \\
 & \text{Potencial generación} = \frac{9,8 * 15 \text{ mca} * 20,89 \text{ L/s}}{2} = 1535,33 \text{ w/h}
 \end{aligned}$$

Con base en las fuentes, los datos e índices identificados y los cálculos realizados, se obtuvo como resultado un potencial teórico de generación nominal promedio anual de 1535,33 W/h o 1,53kW/h para un flujo de 20.89 L/s con una presión de 15 metros de columna de agua, como se demuestra en las ecuaciones previas.

Dado que el sistema con las condiciones dadas lo permite, para el caso del proyecto propuesto en este trabajo, se implementaría un sistema en serie de tres (3) turbinas con lo cual obtendremos que el subtotal para el dispositivo, de potencial teórico de generación nominal promedio anual será de **4605,99 W/h** o 4,6kW/h.

5.6 Síntesis de resultados

Con base en los datos arrojados para cada caso conforme al dispositivo, la superficie proyectada en la propuesta y el potencial productivo de cada tecnología, podemos totalizar como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 23. Potencial teórico máximo de generación del proyecto

SISTEMA O DISPOSITIVO TECNOLÓGICO	SUPERFICIE EN PROYECTO	POTENCIAL MÁXIMO TEÓRICO DE GENERACIÓN
	M2	kWh
PELICULAS ORGÁNICAS FOTOVOLTAICOS	1145	0,31
PELÍCULA CON OPV TENG FLEXIBLE SEMITRANSARENTE	375,64	0,24
PELICULA TENG DE AGUA	375,64	4,92
GEOBACTER MICROBIAL FUEL CELL MFC	178,18	34,16
PLANT MICROBIAL FUEL CELLS PMFC	165,47	28,03
MICROTURBINAS LUCID PIPE (SISTEMA 4 TURBINAS EN SERIE)		45,80
MINITURBINA TUBENERGY (SISTEMA 3 MINI TURBINAS EN SERIE)		4,60
TOTAL POTENCIAL TEÓRICO MÁXIMO DE GENERACIÓN DEL PROYECTO		118,06

Fuente: Elaboración propia

Ahora sobre el valor del total potencial teórico máximo de generación del proyecto dado en 118.06 KW/h podemos estimar el potencial anual del proyecto con la siguiente operación:

$$\begin{aligned}
 & \boxed{1,00 \text{ DÍA}} = \boxed{24 \text{ h}} \\
 & \boxed{1 \text{ AÑO}} = \boxed{365 \text{ DÍA}} \quad \boxed{8760 \text{ h}}
 \end{aligned}$$

$$118,06 \text{ kWh} * 8760,00 \text{ h} = 1034,21 \text{ MW ANUAL}$$

Fuente: Elaboración propia

De esta forma obtuvimos un total anual de generación teórica de **1034.21 MW anual** o la equivalencia a **1.03GW/año**. Considerando el lugar escogido para el proyecto y la calidad de universidad pública y teniendo en cuenta los índices alcanzados para el caso podemos establecer el rendimiento en función de la demanda del campus sede Bogotá, estimado en **11.51 MW anual**. Retomando los datos de consumo de energía per cápita (2017) del Sistema de Gestión Ambiental ISO 14001, de la Oficina de Gestión Ambiental de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá:

Tabla 24. Consumo de energía eléctrica Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá 2015-2017

PERIODO ANUAL	2015	2016	2017
CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL	12.805.125 kWh /año	11.798.653 kWh /año	11.512,14 kWh /año
COMUNIDAD UNIVERSITARIA	35819 No. Personas año	36096 No. Personas año	36096 No. Personas año
CONSUMO PERCAPITA (PROMEDIO MENSUAL)	29,79 kWh/persona-mes	27,24 kWh/persona-mes	26,58 kWh/persona-mes
FECHA DE MEDICIÓN		24/07/2017	12/01/2018
MARCO NORMATIVO:	Decreto 2331 de 2007. Decreto 895 de 2008. Presidencia de la república. Uso racional y eficiente de energía eléctrica. Alumbrado interior de edificaciones para entidades públicas UPME 2007. Acuerdo 016 del 2011 CSU. Política Ambiental de la Universidad		

Fuente: Universidad Nacional de Colombia, 2018

Se consideró además el dato en las infografías para ahorro de energía y Consumo Energético del Campus Sede Bogotá (2015) también de la Oficina de Gestión Ambiental, la Vicerrectoría de Sede Bogotá y Unimedios unidad de medios de comunicación de la Universidad Nacional de Colombia; según la Universidad Nacional de Colombia (2015), la sede Bogotá cuenta con 120 edificios y 1.213.500 m², con un consumo a 2015 de 1.106,08 MWh/mes (13272,96 MWh/año – 13.27GW/año), incluso con estos datos sin considerar por ejemplo el potencial sin determinar de los sistemas secundarios, podemos establecer que como mínimo se puede llegar a abastecer de manera autónoma el 13% de la demanda de la sede Bogotá.

Conforme a la Resolución CREG 030 de 2018 y de acuerdo al potencial teórico máximo de generación, y considerando este como la capacidad instalada tenemos que el proyecto tiene capacidad de 118.06 KW (0.1MW), lo que lo sitúa en el rango de *Minicentral* (de desempeño medio bajo), dada la capacidad nominal, el proyecto se ubica en el grupo de Autogenerador a Pequeña Escala - generador distribuido AGPE-GD con FNCER, ya que “*genera energía eléctrica cerca de los centros de consumo, y está conectado al Sistema de Distribución Local y con potencia instalada menor o igual a 0,1 MW*”, con Fuentes No Convencionales de Energía Renovables; por tanto le aplicarían las condiciones y requerimientos de conexión mínimos

conforme a regulaciones y marco normativo.

En la misma Resolución, se define Autogeneración como *“Aquella actividad realizada por personas naturales o jurídicas que producen energía eléctrica principalmente, para atender sus propias necesidades.”* y Autogenerador al *“Usuario que realiza la actividad de autogeneración. El usuario puede ser o no ser propietario de los activos de autogeneración.”*

Por tanto los entes territoriales en sus distintas escalas como personas jurídicas del derecho público están facultados para adelantar proyectos de este tipo en sus correspondientes jurisdicciones, aunque en su figura no corresponden a usuarios residenciales, pequeñas industrias o comercios.

En el marco de las metas planteadas en el documento Horizontes 2030, se estaría como mínimo *“una mayor penetración y diversificación de las energías renovables”*.

En conclusión se considera que los objetivos de esta investigación fueron cumplidos exitosamente y si bien por las condiciones naturales del estudio no se estableció inicialmente un margen numérico, el logro alcanzado es altamente significativo considerando el valor total anual de generación teórica alcanzado como minicentral en menos de 1000m² construidos y su crecimiento exponencial por el potencial de los dispositivos complementarios sin tasar y con la integración de dispositivos adicionales y su sinergia.

Por otro lado es de resaltar como sumamente valiosa la investigación, en tanto el valor potencial de los resultados, legitima la reconversión energética, y valida las actuaciones realizadas hacia una producción de energía eléctrica con base en fuentes renovables no convencionales y su factibilidad, que con el apoyo de las administraciones correspondientes se potenciaría en cuanto a rendimientos y posibilidades; por ejemplo si se compara con la primera estación de recarga en Colombia para vehículos eléctricos particulares en el sector de Unicentro en Bogotá implementada en 2015, la cual opera a 50 KW con tecnología europea,

encontramos que con el rendimiento alcanzado de 118 KW, la estación perfectamente puede funcionar para carga de vehículos eléctricos.

Dentro del planteamiento como equipamiento multipropósito además de que en la espacialidad y el programa se prestan para los fines propuestos, los resultados de rendimiento soportan que la estación puede también alimentar equipos para eventos sectoriales al parque como por ejemplo proyecciones al aire libre teniendo en cuenta que un proyector de altas especificaciones para 6000 lumens (p. ej., Proyector Optoma W515 DLP WXGA HD HDMI) requiere de 425W para operar, y un sistema básico de sonido para un evento de 300 personas opera con 2KW de acometida con dos cabinas a 650W c/u (p. ej., Cabina Activa Behringer B215 D) y una consola de soporte para ambas cabinas para soportar 1300/1500 W de consumo.

Según datos del DANE e información oficial de la página www.datos.gov.co Colombia tiene 1123 municipios, teniendo en cuenta los resultados presentados en este trabajo y los datos oficiales 2018 de la Subdirección De Energía Eléctrica de UPME de capacidad instalada efectiva neta (17,720.5 MW); podemos establecer que si en cada municipio colombiano se instalarán 10 estaciones como la que esta investigación propone se obtendrían 1325,81 Mw de capacidad instalada efectiva neta, lo que representa el 7.5% de la capacidad instalada en el país cifra que resulta muy optimista considerando la condición de las fuentes como gratuitas y renovables, dicho porcentaje además abre la posibilidad de considerar la propuesta con base en la creciente demanda que se lee en los datos y proyecciones de la UPME y la rapidez con que estas estaciones podrían implementarse en comparación de los tiempos y esfuerzos que representan proyectos como las centrales hidroeléctricas de las cuales depende nuestro país.

Según el diario *Portafolio* (abril 05 de 2019) el parque solar El Paso en el Cesar, tiene capacidad instalada de 86,2 MW y produciría alrededor de 176 GWh al año en 210 ha. Según el diario *El Tiempo* (Noviembre 18 de 2018) el proyecto Generación de Energía Eólica Alpha en la

Guajira tendrá una capacidad de 200 a 250 Mw en 4.000 ha. Según el diario *Portafolio* (Febrero 27 de 2019) el proyecto complejo eólico Jemeiwaa Kai en Uribia la Guajira, tendría capacidad instalada de 648 Mw en 12.000 ha. E.GE.N.C.E. tiene 0.11MW capacidad instalada y produciría 1.03GW/año en 0.09 ha; realizar la comparación entre proyectos de generación a FNCER en términos de área-capacidad resulta exponencial.

Conclusiones

En síntesis los resultados proporcionarán un aporte metodológico sobre procesos de identificación, reconocimiento, revisión, caracterización, evaluación de rendimientos, validación y aplicación de dispositivos, sistemas y tecnologías para generación de energía eléctrica sustentable, con la posibilidad de monitoreo a largo plazo en la implementación de la propuesta.

Como se demostró, a partir de la integración de tecnologías existentes poco difundidas es posible implementar dispositivos para generación energética renovable, para suplir el déficit energético metropolitano con una “Estación de Generación No Convencional de Energía”, como modelo arquitectónico e ícono urbano, una edificación sostenible que permita repetición en espacio público al interior de las ciudades, alcanzando por este medio rendimientos significativos de potencial de generación, evitando concentración en grandes zonas retiradas y logrando un uso eficiente del suelo, de los recursos y en general del medio ambiente.

Gracias a la información documentada, amplia, disponible y precisa, que aportan los entes nacionales correspondientes a competencias ambientales en Colombia, en municipios donde se encuentren estaciones climatológicas y áreas dentro de las ciudades que cuentan con aeropuertos (ciudades objetivo inicial de la propuesta), es posible establecer claramente los aspectos ambientales y climáticos predominantes.

Con estos factores como criterios a tenerse en cuenta en el diseño arquitectónico y urbano, fue posible, en primer lugar; determinar tanto una tipología, como un sistema constructivo modular, con una arquitectura que si bien responde a un clima específico puede ser adaptada para otras condiciones; y en segundo lugar; tales factores permitieron analizar y escoger dispositivos tecnológicos existentes adecuados, que funcionan con fuentes no convencionales, renovables, sostenibles y de bajo impacto, y que lograron con éxito implementarse e integrarse al diseño.

En este anteproyecto se desarrolló satisfactoriamente la iniciativa de aprovechar las ganancias energéticas de la edificación a partir de fuentes o medios no convencionales, para con base en un potencial de generación de energía eléctrica, obtener una producción alternativa significativa de energía a escala zonal y metropolitana, lo cual se logró con éxito considerando los números obtenidos en los resultados y teniendo en cuenta que debido al alcance de este trabajo, no se estimaron en los cálculos totales los rendimientos de sistemas complementarios secundarios planteados.

Para entender parte de los beneficios económicos adicionales planteados por esta investigación, se deben diferenciar en el tema energético las tarifas que plantea el sistema convencional donde la referencia es la línea base de consumo y el valor del kw/h preestablecido. Hay diferencias entre el costo por consumo y el costo por generación. Para el caso específico y entendiendo que el punto central es la generación de energía, dependiendo de los índices de generación (pequeños o grandes generadores) y la relación costo beneficio, se puede establecer una nueva línea base de referencia para el valor del K/h, sin necesidad de especular sobre su valor real.

Teniendo en cuenta que en Colombia actualmente por sentencia de La Corte Constitucional que tumbó el artículo 191 del Plan de Desarrollo a mediados de 2016; aunque no se puede cobrar, ni se paga sobre tasa, ni cobro o tarifa adicional, especial o extraordinario por alumbrado público, en cambio este se cobra por medio de impuesto establecido por los consejos de los entes territoriales según el acuerdo con las empresas distribuidoras-comercializadoras (Leyes 97 de 1913 y 84 de 1915, Resolución CREG-089 de 1996, Resolución CREG 076 de 1997, Sentencia C-504 de 2002 de La Corte Constitucional, Artículo 29 Ley 1150 de 2007, Resolución CREG 002 de 2010, Resolución CREG No. 122 DE 2011), se podría separar el consumo por redes e infraestructura pública del consumo domiciliario privado, para que el

consumo público se autoabasteciera, lo que debería reflejarse automáticamente en la desaparición del impuesto o la reinversión del mismo en temas ambientales como retribución y la mejora de la microeconomía y calidad de vida de los colombianos.

Por otro lado, puede considerarse enfocar la estrategia para consumo vs costos de una nueva forma, en la medida que se logre tanto a nivel público, como doméstico privado, independizar la demanda energética de la línea de consumo del sistema convencional, si consideramos que las nuevas tecnologías apunten a la producción de electrodomésticos autónomos en su funcionamiento en cuanto al consumo eléctrico, ejemplo Gravity Lamp, o se desarrollan materiales o se integran elementos para fabricar muebles y aparatos autónomos como en el caso de la Solar Window o Plant-E, lograríamos evitar el uso de líneas de transmisión y distribución o si fuera necesario se mantendrían solo como líneas de apoyo disminuyendo la demanda a las grandes centrales, claro está que en esta medida se afectaría la economía del modelo convencional y los empleos que dependen de ella, no obstante se generarían nuevas dinámicas por comercialización, distribución, montajes, mantenimientos y desarrollos de los nuevos dispositivos de energías alternativas, que en la medida que nos acerquemos más a la reconversión energética podrá ser tan incidente como en el modelo obsoleto.

Una vez desarrollado el proyecto y con base en los rendimientos y lecturas que se logre obtener de los distintos dispositivos, estos se consideran actualizables y removibles, en ese sentido la planta se podrá considerar como “refurbished” en tanto el objeto arquitectónico puede reacondicionarse conforme a los adelantos tecnológicos del momento, esto por ejemplo para el caso de las turbinas eólicas o los paneles solares en la medida que se avance y se produzcan nuevos de alto desempeño, así como para el caso de acumuladores y condensadores.

En el diseño resultante se considera que eventualmente algunos de los espacios del programa puedan ser relevados según las necesidades los avances y la pertinencia del mismo

programa según futuros hipotéticos casos en los cuales por ejemplo se le diera carácter específicamente técnico escenario en el cual se requeriría tal vez de una cámara adicional para almacenamiento y se prescindiría en caso tal de algún espacio de servicios o de carácter administrativo.

Uno de los inconvenientes que tiende a reducir la eficiencia y por lo mismo la aceptación de las energías alternativas, es el aspecto técnico de la acumulación; esto se debe a que en la generación durante el día se presentan picos positivos y negativos fluctuantes, que dependen directamente del clima y el estado del tiempo, por ejemplo en el caso de los fotovoltaicos y los eólicos, habrá momentos del día en el que el índice de generación sea cero y momentos donde la generación este al máximo del dispositivo. Considerando eso, será necesario disponer de un dispositivo de acumulación; que en primer lugar, sea un sistema limpio o que impacte en lo mínimo posible al ambiente ya sea directa o indirectamente; en segundo lugar, debe ser resistente a las fluctuaciones de generación mínima y máxima diaria, y en tercer lugar, tiene que ser de la más larga duración posible a lo largo del tiempo según ofrezcan los avances tecnológicos, esto último para soportar el hecho de la reducción indirecta de impacto ambiental y con el fin de hacer que el costo presumible de la tecnología pueda ser eventualmente amortizado con el paso del tiempo haciéndolo sostenible.

Se debe entender en cualquier caso que el éxito en la implementación de las tecnologías alternativas es hacerlas, masivas y complementarias sirviéndose de todo avance y tecnología a la mano para que pueda ser integral en funcionamiento, rendimiento, rentabilidad y disminución de impactos. Para el caso de las tecnologías a partir de polímeros orgánicos, se tiene que si bien en principio no todos los polímeros son biodegradables, existen ionómeros y polímeros iónicos lineales que pueden disolverse en agua; para otros casos existen procesos de degradación polimérica inducida mecánica, térmica o química a partir de ácidos, bases, solventes y reactivos,

o inclusive con bacterias; como alternativa esta la reutilización o el reciclaje de estos materiales.

Actualmente entre otros factores una dificultad en la reconversión o transición energética es el valor comercial de las tecnologías; si se considera que estas son equivalentes en cualquier país, es decir que la tecnología es la misma, la razón de que sean más caras en uno que en otro, es en un sentido general, que en algunos lugares ha logrado masificarse el mercado y que unos países producen tecnologías y otros no, esto es consecuencia claramente de los incentivos que cada nación tienen en procesos pedagógicos desde la educación, académicos técnicos desde la investigación, y de garantías y acompañamiento científico e industrial en la implementación de infraestructuras de tipo talleres especializados, laboratorios y centros de monitoreo; todo lo anterior con la finalidad de generar competencia en la producción de tecnologías propias y desarrollo de las existentes.

Adicionalmente se entiende que dentro del proceso de comercialización de la energía, que a una empresa de cualquier operador de servicios no le es atractivo disponer de recursos en general para prestación de servicio por ejemplo en zonas ya sean distantes y/o no interconectadas, debido al bajo consumo que le representa un usuario de tipo rural o de zonas poco habitadas; por lo cual es el estado quien está llamado, tanto dentro del modelo convencional, como dentro del sistema emergente de energías renovables, a garantizar a través de las políticas públicas la prestación del servicio energético para zonas rurales, estratos 1 y 2, y a pequeños consumidores de escasos recursos, ya sea por medio de concesiones, alianzas público privadas o subsidios.

Se requiere con urgencia entonces investigación, capacitación, educación, difusión e implementación de todos los tipos de energías existentes, de posibilidades, artefactos, aparatos, sistemas, dispositivos y tecnologías que puedan haber para generar un panorama sólido en cuanto al tema de las energías alternativas sus beneficios y las mismas como alternativas al modelo convencional.

Se requiere indispensablemente de la actualización de las normativas y reglamentos de los que dependen las certificaciones para la construcción, para el caso producir un RETIE solar por ejemplo y así mismo con, RETILAP, ISO 50001, NTC 2050, en comparación con la NEC code book enfocando estos marcos a la reconversión y transición energética y consecuentemente de difusión, capacitación y actualización de los profesionales técnicos y afines en cualquiera de los campos que permitan el conocimiento y uso masificado de las tecnologías limpias.

La implementación de cualquier sistema requiere entre los múltiples aspectos a considerar, los factores de tamaño y peso lo que pudiera resultar sumamente evidente en principio, pero sobre lo cual habrá que tener especial atención. Por ejemplo una casa que tenga una cubierta de 21m² puede llegar a generar 3kw aproximadamente (1er foro de Energías Renovables 22 de mayo de 2018, organizado por El Consejo Nacional de Técnicos Electricistas - CONTE-, La Federación Nacional de Profesionales Electricistas de Colombia -FENALTEC- El Sindicato de Trabajadores de la Energía de Colombia -SINTRAELECOL- y la Federación Nacional de Energías Renovables -FENAER-; participación de Alberto Gamboa delegado regional Santander).

Si se considera que el valor del kw se da en función de lo que cuesta el sistema de paneles y que estos tienden progresiva y exponencialmente a implementarse de una manera generalizada que podríamos basados en el acuerdo de París llamar global, el kw solar con base en la reducción del costo de la tecnología por aumento de oferta y por desarrollo de tecnología nacional llega a valer menos y en ese sentido es más económico que el kw generado por termoeléctrica o inclusive por hidroeléctrica, sin embargo por la especulación de las tecnologías y los conocimientos privatizados se genera una distorsión del mercado.

En general el gran aporte que represente una iniciativa de este tipo consiste directamente en las posibilidades casi ilimitadas de alimentación eléctrica en forma gratuita para los

contribuyentes incluso en el caso menos eficiente esta propuesta absorbería gran carga del pago que representa por ejemplo la iluminación o semaforización pública, e indudablemente asistiría en el proceso de reconversión a la red existente. Por otro lado y no menos importante, está el gran aporte que implica cualquier implementación de energías limpias, en cuanto a la disminución significativa de varias toneladas de CO_2 anuales que dejarían de verterse y dispersarse en la atmósfera.

Gracias a la versatilidad de los nuevos materiales que se vienen desarrollando, una alternativa imaginable, sobre las investigaciones relacionadas en este documento; es retomar los modelos del profesor Qunwei Tang, Wen Zhen y Zhong Lin Wang y realizar para climas como el de Bogotá, un dispositivo híbrido laminar multigenerador, para implementar en cubiertas y ventanas, que cultive energía de las posibilidades térmicas, fotovoltaicas, piezoeléctricas y electromagnéticas; de materiales compuestos mineraloplásticos translucidos mejorados, a partir de orgánicos de Grafeno como el Óxido de Grafeno (OG) y de inorgánicos de perovskita como haluro de plomo metilamonio mixto ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_{3-x}\text{Cl}_x$); para diseñar un dispositivo cuya estructura molecular permita transducir energía obtenida de la luz y el calor del sol, de vibraciones y empuje del viento y la lluvia, y de cargas aislables contenidas en la lluvia. Aprovechando en cualquier caso las condiciones variables del clima local, funcionaría en temporada de invierno y de verano, durante la noche y el día.

Se hace evidente en el país y en donde quiera que se espere un desarrollo que avance con la ciencia del momento, y que permita gozar de los múltiples beneficios económicos y ambientales de la tecnología; la inaplazable necesidad de aterrizar cuanto antes las voluntades y políticas mediante la gestión y aprobación de proyectos de generación no convencional, para destinar los fondos necesarios, diseñar, calcular, construir y operar funcionalmente, múltiples proyectos piloto de generación, que sean flexibles o adaptativos y que permitan en las

instalaciones realizadas como puntos de referencia, implementar tecnologías para aprender de ellas y su funcionamiento, poder comprobar las eficiencias y monitorear los rendimientos, investigar e incluso replicar modelos para producción nacional e ingeniar nuevos dispositivos con desarrollos propios, para que ante el inminente agotamiento de hidrocarburos y propendiendo por el cuidado de los recursos naturales, las formas de generación no convencionales (por ahora) pasen a ser las convencionales y puedan llegar a cualquier punto geográfico.

Durante la investigación se evidenció la importante influencia de las redes informáticas y computacionales tanto para los procesos propiamente académicos del conocimiento y las tecnologías, como para la difusión y comercialización, de procesos, sistemas, materiales, e inclusive para la financiación de iniciativas de emprendimiento a través de crow founding, como alternativa para promover investigadores y desarrollos, que permitan potenciar la transición energética.

Se evidenció la importancia en las distintas dimensiones de “lo público” como espacio, como servicio, como bien, como responsabilidad y como posibilidad; por tanto se hace conveniente que sean los gobiernos locales y regionales quienes administren los recursos públicos, capitales y naturales, en procura de la justa distribución, la máxima cobertura y el aprovechamiento eficiente de los mismos, permitiendo inclusive dentro del marco normativo y los coeficientes máximos permitidos, que los particulares como usuarios individuales también participen del mercado energético en la venta de excedentes sin llegar a privatizar recursos, servicios ni mercados, evitando sobre explotación focalizada y sectorizada de recursos, y promoviendo la autonomía energética.

Lo anterior a largo plazo reforzaría tanto la fiabilidad del servicio de energía eléctrica, como una creciente implementación de sistemas a partir de energías no convencionales en el proceso de transición energética, disminuiría el riesgo de fallos, apagones o racionamiento a nivel

nacional y departamental, por estar implementado a partir de repetición de plantas en pequeñas redes zonales y liberaría presiones en prestación de servicios a las distintas administraciones, a partir del uso eficiente del recurso natural y una eventual reducción del recurso capital que pudiera reinvertirse en formación y desarrollo en tecnología, soporte técnico, calidad de materiales y aumentos en eficiencia, o inclusive en infraestructura para otras áreas de servicios que lo requirieran en ese momento con mayor prioridad.

Realmente por la cantidad y disponibilidad de recursos naturales renovables, resulta absurdo que Colombia (así como otros países no insulares), se vean “obligados” a recurrir a importación y compra de energía eléctrica de cualquier otro país, antes de “obligarse” a ser autónomos y sostenibles.

Conforme a las disposiciones de la CREG para autogeneración y en consideración de los posibles efectos sobre la red (SIN) se hace necesario considerar en un caso práctico de implementación de esta propuesta revisar la disponibilidad de datos sobre efectos técnicos en las redes:

- Regulación de voltaje
- Reversión de flujos de potencia
- Límites térmicos
- Corrientes de corto circuito
- Coordinación de protecciones
- Calidad de la potencia
- Operación en isla.

“El control de los dos primeros aspectos, asociados con la regulación de voltaje y la reversión de flujos de potencia, es complejo en virtud de su dinamismo y por lo tanto requiere de evaluaciones periódicas del comportamiento de la red. Si bien los restantes criterios listados son

igualmente importantes, el impacto de los mismos puede ser minimizado o eliminado mediante su identificación en los estudios de conexión o en la coordinación de protecciones a efectuar con el IR.

Se hace evidente tras desarrollar este trabajo de investigación y conforme al documento Horizontes 2030 (2016) de Naciones Unidas. CEPAL, que se requiere cuanto antes de La convergencia NBIC (nanociencia, biología, información y conocimiento), esta tendría efectos significativos en el desarrollo de nuevos materiales, artefactos y sistemas; biosistemas a escala nanométrica a partir de la unión de la nanotecnología, la biotecnología y las ciencias de la computación... En el ámbito industrial, esto incluye aplicaciones para el desarrollo de nuevos materiales y el uso productivo de los desechos, como por ejemplo el diseño artificial y la ingeniería de sistemas biológicos y organismos vivos (microbios, bacterias, enzimas y otros microorganismos) utilizables en procesos industriales de pretratamiento y deconstrucción de materiales, ... integración con procesos catalíticos y termodinámicos para la conversión de biomasa en biorrefinerías y la producción de bioenergía, el tratamiento de aguas residuales y el reciclaje y reutilización de biomasa de desecho.

Referencias

- Acolgen. (2016). Cómo funciona el Sistema Eléctrico Nacional. Recuperado de <http://www.acolgen.org.co/index.php/sectores-de-generacion/como-funciona-el-sistema-electrico-nacional>.
- Aeronáutica Civil. (2010). Actualización del plan maestro del Aeropuerto Internacional El Dorado. Reporte Final, Tarea 10. Estudio Ambiental Preliminar. Recuperado de <ftp://ftp.ani.gov.co/Aeropuertos/Prefactibilidad%20El%20Dorado%202/Tarea%2010%20final.pdf>
- Alarcón, D. (2016). Crecimiento verde: ciencia, tecnología e innovación. Documento consolidado. Fases 1, 2 & 3. Recuperado de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Ambiente/Mision%20Crecimiento%20Verde/diagnostico/Documento%20Final%20CTI%20para%20Crecimiento%20Verde%20Diana%20Alarcon.pdf>
- Comisión de Regulación de Energía y Gas. (2014). Circular 098, noviembre 13. Metodología de remuneración de la actividad de transmisión de energía eléctrica para el periodo tarifario 2015-2019. Recuperado de [http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/feea85eed5fef65c05257df1004b44a2/\\$FILE/DOCUMENTO%20CREG-098-2014.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/feea85eed5fef65c05257df1004b44a2/$FILE/DOCUMENTO%20CREG-098-2014.pdf)
- Comisión de Regulación de Energía y Gas. (2015). Resolución 024, marzo 13. Por la cual se regula la actividad de autogeneración a gran escala en el sistema interconectado nacional (SIN) y se dictan otras disposiciones. Recuperado de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/col145330.pdf>
- Comisión de Regulación de Energía y Gas. (2016a). Resolución 048, abril 06. Por la cual se

amplía el plazo de consulta del artículo 2 de la Resolución CREG 024 de 2016 Por la cual se ordena hacer público un proyecto de resolución “Por la cual se establece la metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el sistema interconectado nacional”. Recuperado de <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/0146f829649c9fbf805257f8d0078d1eb?OpenDocument>

Comisión de Regulación de Energía y Gas. (2016b). Resolución 176, noviembre 03. Por la cual se ordena hacer público un proyecto de resolución “Por la cual se establece la metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el sistema interconectado nacional”. Recuperado de <http://apolo.creg.gov.co/publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/14a3a1c9d54559bb0525806100554266?OpenDocument>

Comisión de Regulación de Energía y Gas. (2016c). Resolución 197, noviembre 21. Por la cual se amplía el plazo de consulta del artículo 2o de la Resolución CREG 176 de 2016 Por la cual se ordena hacer público un proyecto de resolución “por la cual se establece la metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el sistema interconectado nacional”. Recuperado de [http://apolo.creg.gov.co/publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/0ba74a54b5ab2e0a0525807300820dfa/\\$FILE/Creg197-2016.pdf](http://apolo.creg.gov.co/publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/0ba74a54b5ab2e0a0525807300820dfa/$FILE/Creg197-2016.pdf)

Comisión de Regulación de Energía y Gas. (2017a). Resolución 019, marzo 4. Por la cual se ordena hacer público un proyecto de resolución “Por la cual se establece la metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el sistema interconectado nacional”. Recuperado de <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/432f91ab604>

[ed99b052580df0051e4a8/\\$FILE/Creg019-2017.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/f3e1767ba2c80cf20525821000801d37?OpenDocument)

Comisión de Regulación de Energía y Gas. (2017b). Resolución 201, diciembre 27. Por la cual se modifica la Resolución CREG 243 de 2016, que define la metodología para determinar la energía firme para el Cargo por Confiabilidad, ENFICC, de plantas solares fotovoltaicas.

Recuperado de

<http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/f3e1767ba2c80cf20525821000801d37?OpenDocument>

Comisión de Regulación de Energía y Gas. (2017c). Resolución 121, agosto 28. Por la cual se ordena hacer público el proyecto de resolución “Por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el sistema interconectado nacional”.

Recuperado de

[http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/b5341fbcfab96db80525819b006d42fa/\\$FILE/Creg121-2017.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/b5341fbcfab96db80525819b006d42fa/$FILE/Creg121-2017.pdf)

Comisión de Regulación de Energía y Gas. (2017d). Resolución 167, noviembre 14. Por la cual se define la metodología para determinar la energía firme de plantas eólicas. Recuperado de

<http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/01819ded6512c5010525820c0073dfad?OpenDocument>

Comisión de Regulación de Energía y Gas. (2018). Resolución 30 de 2018, abril 26. Por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional. Recuperado de

[http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/83b41035c2c4474f05258243005a1191/\\$FILE/Creg030-2018.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/83b41035c2c4474f05258243005a1191/$FILE/Creg030-2018.pdf)

Congreso de la República. (1993). Ley 99, diciembre 22. Por la cual se crea el Ministerio del

Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones. Recuperado de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0099_1993.html

Congreso de la República. (1994a). Ley 142, julio 11. Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones. Recuperado de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjurMantenimiento/normas/Norma1.jsp?i=2752>

Congreso de la República. (1994b). Ley 143, julio 11. Por la cual se establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, se conceden unas autorizaciones y se dictan otras disposiciones en materia energética. Recuperado de https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/667537/Ley_143_1994.pdf/c2cfbda4-fe12-470e-9d30-67286b9ad17e

Congreso de la República. (1994c). Ley 164, octubre 27. Por medio de la cual se aprueba la "Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecha en Nueva York el 9 de mayo de 1992. Recuperado de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0164_1994.html

Congreso de la República. (2001). Ley 697, octubre 3. Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones. Recuperado de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0697_2001.html

Congreso de la República. (2002). Ley 788, diciembre 27. Por la cual se expiden normas en materia tributaria y penal del orden nacional y territorial; y se dictan otras disposiciones. Recuperado de

http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0788_2002.html

Congreso de la República. (2003). Ley 855, diciembre 18. Por la cual se definen las Zonas No Interconectadas. Recuperado de

http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0855_2003.html

Congreso de la República. (2010). Ley 1376, enero 8. Por la cual se extiende el término de vigencia del Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de Zonas Rurales Interconectadas Faer y se dictan otras disposiciones. Recuperado de

http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1376_2010.html

Congreso de la República. (2014). Ley 1715, mayo 13. Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. Recuperado de

[http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/feea85eed5fe65c05257df1004b44a2/\\$FILE/DOCUMENTO%20CREG-098-2014.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/feea85eed5fe65c05257df1004b44a2/$FILE/DOCUMENTO%20CREG-098-2014.pdf)

Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2018). Documento CONPES 3918. Recuperado de

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3918.pdf>

Fundación Humedales Bogotá. (2012). Humedal Mamá Dominga. Recuperado de <http://humedalesbogota.com/humedal-mama-dominga/>

Iberdrola (2017). Efectos ambientales de la producción y distribución de energía eléctrica: acciones para su control y corrección. Recuperado de

https://www.iberdrola.com/wcorp/gc/prod/es_ES/sostenibilidad/docs/efectos_energia.pdf

Infante-Betancourt, J., Jara-Muñoz, A. & Rivera-Díaz, O. (2008). Árboles y arbustos más frecuentes de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2015). Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011- 2100. Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones – Enfoque Nacional – Departamental: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. Recuperado de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022964/documento_nacional_departamental.pdf

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2019). Mapa nacional multianual del Atlas Climatológico de Colombia 1981 - 2010. Recuperado de <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). Resolución 186, febrero 22. por la cual se adoptan Metas Ambientales, de que trata el literal j) del artículo 6° del Decreto 2532 de 2001 y el literal e) del artículo 4° del Decreto 3172 de 2003. Recuperado de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjurMantenimiento/normas/Norma1.jsp?i=46257>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). Resolución 1283. Por la cual se establece el procedimiento y requisitos para la expedición de la certificación de beneficio ambiental por nuevas inversiones en proyectos de fuentes no convencionales de energías renovables – FNCER y gestión eficiente de la energía, para obtener los beneficios tributarios de que tratan los artículos 11, 12, 13 y 14 de la Ley 1715 de 2014 y se adoptan otras determinaciones. Recuperado de http://portal.anla.gov.co/sites/default/files/resoluciones/resolucion_1283_agt_2016.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017a). Resolución 1988, septiembre 28. Por la cual se adoptan las metas ambientales y se establecen otras disposiciones. Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/3eres%201988%20de%202017.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017b). Resolución 2000, septiembre 29. Por la cual se establece la forma y requisitos para presentar ante la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), las solicitudes de acreditación para obtener la exclusión del impuesto sobre las ventas de que tratan los artículos 424 numeral 7 y 428 literal f) del Estatuto Tributario y se dictan otras disposiciones. Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/b7-res%202000%20de%202017.pdf>

Ministerio de Minas y Energía. (2004). Resolución 180398, abril 07. Por la cual se expide el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE, que fija las condiciones técnicas que garanticen la seguridad en los procesos de Generación, Transmisión, Transformación, Distribución y Utilización de la energía eléctrica en la República de Colombia y se dictan otras disposiciones. Recuperado de https://www.alumbradopublicoarmenia.com/medios/normatividad/Normas_RETIE.pdf

Ministerio de Minas y Energía. (2009). Resolución 181331, agosto 06. Por la cual se expide el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público Retilap y se dictan otras disposiciones. Recuperado de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=37131&dt=S>

Ministerio de Minas y Energía. (2010). Resolución 18-0919, junio 1°. Por la cual se adopta el Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía no Convencionales, PROURE, se definen sus objetivos, subprogramas y se adoptan otras disposiciones al respecto. Recuperado de <http://parquearvi.org/wp-content/uploads/2016/11/Resolucion-18-0919-de-2010.pdf>

Ministerio de Minas y Energía. (2015). Resolución 41430, diciembre 29. Por la cual se proroga

la vigencia del Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía no Convencionales, Proure y de su Plan de Acción Indicativo. Recuperado de http://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/MarcoNormatividad/Resolucion_4_1430.pdf

Ministerio de Minas y Energía. (2016a). Resolución 40095, 01 de febrero. Por la cual se adopta el Plan de Expansión de Referencia Generación y Transmisión 2015-2029. Recuperado de http://legal.legis.com.co/document/Index?obra=legcol&document=legcol_7cd402a3abba45b482210f884852f7d4

Ministerio de Minas y Energía. (2016b). Resolución 40634, junio 29. Por la cual se prorroga la vigencia del Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía no Convencionales, Proure y de su Plan de Acción Indicativo. Recuperado de http://legal.legis.com.co/document/Index?obra=legcol&document=legcol_27a5d2493c7746cc962ce008277edee4

Ministerio de Minas y Energía. (2016c). Resolución 41286, diciembre 30. Por la cual se adopta el plan de acción indicativo 2017-2022 para el desarrollo del Programa de Uso Racional Eficiente de la Energía, PROURE, que define objetivos y metas indicativas de eficiencia energética, acciones y medidas sectoriales y estratégicas base para el cumplimiento de metas y se adoptan otras disposiciones al respecto. Recuperado de http://www1.upme.gov.co/Documents/Resolucion_41286_de_2016_PROURE.pdf

Ministerio de Minas y Energía. (2017a). Resolución 40098, febrero 07. Por la cual se adopta el Plan de Expansión de Referencia Generación - Transmisión 2016-2030. Recuperado de http://legal.legis.com.co/document/Index?obra=legcol&document=legcol_af99c5a17b184

934bba95f3e900d9f83

Ministerio de Minas y Energía. (2017b). Resolución 41407, diciembre 12. Por la cual se expide el Manual Operativo del FENOGE y se dictan otras disposiciones. Recuperado de https://www.catorce6.com/images/legal/Resolucion_41407_de_2017.pdf

Ministerio de Minas y Energía. (2018a). Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas Rurales Interconectadas - FAER. Recuperado de http://www1.upme.gov.co/Documents/Resolucion_41286_de_2016_PROURE.pdf
https://www.usea.org/sites/default/files/event-/MinMinas_Investment_Funds.pdf

Ministerio de Minas y Energía. (2018b). Decreto 0570, 23 de marzo. Por el cual se adiciona el decreto único reglamentario del sector administrativo de minas y energía 1073 de 2015, en lo relacionado con los lineamientos de política pública para la contratación a largo plazo de proyectos de generación de energía eléctrica y se dictan otras disposiciones. Recuperado de <http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%200570%20DEL%2023%20DE%20MARZO%20DE%202018.pdf>

Ministerio de Minas y Energía. (2019). Fondo de Solidaridad para Subsidios y Redistribución de Ingreso. Recuperado de <https://www.minminas.gov.co/fssr11>

Ministerio de Minas y Energía. (s.f.). Usuarios de zonas especiales. Recuperado de <https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/469714/Instructivo.pdf/90fdf1e1-8db8-45ff-88d0-a284a377a9ac>

Municipio de Santiago de Cali. (2000). Plan de Ordenamiento Territorial: Acuerdo 069 de 2000. Recuperado de de Normalización. (2011). ISO 50001:2011: Sistemas de gestión de la energía-Requisitos con orientación para su uso. Recuperado de <http://www.cali.gov.co/documentos/116/acuerdo-069-del-2000/>

Observatorio Ambiental de Bogotá. (2019). Precipitación Anual- PA: 2015. Recuperado de <https://oab.ambientebogota.gov.co/esm/indicadores?id=156&v=1>

Presidencia de la República. (2001). Decreto 2532, noviembre 27. Por el cual se reglamenta el numeral 4 del artículo 424-5 y el literal f) del artículo 428 del Estatuto Tributario. Recuperado de <http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=1461350>

Presidencia de la República. (2003). Decreto 3683, diciembre 19. Por el cual se reglamenta la Ley 697 de 2001 y se crea una Comisión Intersectorial. Recuperado de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=11032>

Presidencia de la República. (2004). Decreto 257, enero 28. Por el cual se modifica la estructura del Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas, IPSE. Recuperado de <http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=1058204>

Presidencia de la República. (2014a). Decreto 2469, diciembre 02. Por el cual se establecen los lineamientos de política energética en materia de entrega de excedentes de autogeneración. Recuperado de <http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=1454003>

Presidencia de la República. (2014b). Decreto 2492, diciembre 03. Por el cual se adoptan disposiciones en materia de implementación de mecanismos de respuesta de la demanda. Recuperado de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal1.jsp?i=60174>

Presidencia de la República. (2015a). Decreto 1073, mayo 26. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía. Recuperado de https://www.anm.gov.co/sites/default/files/decreto_1073_de_2015.pdf

Presidencia de la República. (2015b). Decreto 1076, mayo 26. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Recuperado de

http://www2.igac.gov.co/igac_web/normograma_files/Decreto%201076%20de%202015.pdf

pdf

Presidencia de la República. (2015c). Decreto 1623, agosto 11. Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política para la expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional y en las Zonas no Interconectadas. Recuperado de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=66410>

Presidencia de la República. (2015d). Decreto 2143, noviembre 4. Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, Decreto 1073 de 2015, en lo relacionado con la definición de los lineamientos para la aplicación de los incentivos establecidos en el Capítulo 111 de la Ley 1715 de 2014. Recuperado de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=64682>

Presidencia de la República. (2016). Decreto 1513, septiembre 19. Por el cual se modifica el decreto 1073 de 2015 en lo relacionado con lineamientos de política pública en materia de expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica. Recuperado de <http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%201513%20DEL%2019%20DE%20SEPTIEMBRE%20DE%202016.pdf>

Presidencia de la República. (2017a). Decreto 884, mayo 26. Por el cual se expiden normas tendientes a la implementación del Plan Nacional de Electrificación Rural en el marco del Acuerdo Final para la Terminación del Conflicto y la Construcción de una Paz Estable y Duradera. Recuperado de <http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%20884%20DEL%2026%20DE%20MAYO%20DE%202017.pdf>

Presidencia de la República. (2017b). Decreto 926, junio 01. Por el cual se modifica el epígrafe

de la Parte 5 y se adiciona el Título 5 a la Parte 5 del Libro 1 del Decreto 1625 de 2016 Único Reglamentario en Materia Tributaria y el Título 11 de la Parte 2 de Libro 2 al Decreto 1076 de 2015 Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, para reglamentar el parágrafo 3 del artículo 221 y el parágrafo 2 del artículo 222 de la Ley 1819 de 2016. Recuperado de <http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%20926%20DEL%2001%20DE%20JUNIO%20DE%202017.pdf>

Presidencia de la República. (2017c). Decreto 348, marzo 01. Por el cual se adiciona el Decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política pública en materia de gestión eficiente de la energía y entrega de excedentes de autogeneración a pequeña escala. Recuperado de <http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%20348%20DEL%2001%20DE%20MARZO%20DE%202017.pdf>

Presidencia de la República. (2017d). Decreto 1543, septiembre 16. Por el cual se reglamenta el Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía, FENOGE, adicionando una Sección 5 al Capítulo 3 del Título III de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía 1073 de 2015. Recuperado de <http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%201543%20DEL%2016%20DE%20SEPTIEMBRE%20DE%202017.pdf>

Secretaría Distrital de Planeación. (2009). Conociendo la Localidad de Teusaquillo. Recuperado de https://oab.ambientebogota.gov.co/apc-aa-files/57c59a889ca266ee6533c26f970cb14a/13_localidad_de_teusaquillo.pdf

Unidad de Planeación Minero Energética. (2007a). Resolución 520, octubre 9. Por medio de la

cual se establece el registro de proyectos de generación con el cual deben ser registrados los proyectos de generación y cogeneración de energía eléctrica a operar en el Sistema Interconectado Nacional. Recuperado de http://www.creg.gov.co/html/Ncompila/htdocs/Documentos/Energia/docs/resolucion_upme_0520_2007.htm

Unidad de Planeación Minero Energética. (2007b). Resolución 638, diciembre 6. Por medio de la cual se modifica el artículo 4° y anexos 1, 2 y 3 y se adicionan dos artículos a la Resolución UPME número 0520 del 9 de octubre de 2007 que estableció lo relacionado con el Registro de Proyectos de Generación y la forma como deben ser registrados los proyectos de generación y cogeneración de energía eléctrica a operar en el Sistema Interconectado Nacional. Recuperado de http://www.siel.gov.co/siel/documentos/documentacion/Generacion/0638_2007.pdf

Unidad de Planeación Minero Energética. (2012). Resolución 563. Por la cual se establecen el procedimiento y los requisitos para evaluar y conceptuar sobre las solicitudes que se presenten ante el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible con miras a obtener la exclusión del impuestos sobre las ventas IVA y/o deducción en la renta de elementos, equipos y maquinaria destinados a proyectos, programas o actividades de reducción en el consumo de energía y eficiencia energética, según lo dispuesto en el artículo 4o de la Resolución número 186 de 2012 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Recuperado de <http://www1.upme.gov.co/Paginas/resolucion-0563-de-2012.aspx>

Unidad de Planeación Minero Energética. (2015). Resolución 281, junio 05. Por la cual se define el límite máximo de potencia de la autogeneración a pequeña escala. Recuperado de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/col146970.pdf>

Unidad de Planeación Minero Energética. (2016a). Resolución 045, febrero 03. Por la cual se

establecen los procedimientos y requisitos para emitir la certificación y avalar los Proyectos de Fuentes no Convencionales de Energía (FNCE), con miras a obtener el beneficio de la exclusión del IVA y la exención de gravamen arancelario de que tratan los artículos 12 y 13 de la Ley 1715 de 2014, y se toman otras determinaciones. Recuperado de <https://www.incp.org.co/Site/2016/info/archivos/resolucion-045-minminas.pdf>

Unidad de Planeación Minero Energética. (2016b). Resolución 143, marzo 10. Por la cual se modifica el artículo quinto y se adicionan artículos y anexos a la Resolución Upme 0520 de octubre 9 de 2007 por medio de la cual se establece el Registro de Proyectos de Generación y se toman otras disposiciones. Recuperado de https://www.catorce6.com/images/legal/Resolucion_143_de_2016.pdf

Unidad de Planeación Minero Energética. (2017). Resolución 585, octubre 02. Por la cual se establece el procedimiento para conceptuar sobre los proyectos de eficiencia energética/gestión eficiente de la energía que se presenten para acceder al beneficio tributario de que trata el literal d) del artículo 1.3.1.14.7 del Decreto 1625 de 2016; con sus respectivas modificaciones. Recuperado de <https://www.cccs.org.co/wp/download/3-upme-resolucion-585-de-2017/?wpdmdl=13856>

Unidad de Planeación Minero Energética. (2018a). Informe de Gestión 2017- 2018. Recuperado de http://www1.upme.gov.co/InformesGestion/Informe_de_gestion_2018_19092018.pdf

Unidad de Planeación Minero Energética. (2018b). Resolución 279, junio 6. Por la cual se adopta el procedimiento para la evaluación por parte de la UPME de los planes de expansión de cobertura de energía eléctrica en zonas interconectadas al SIN que sean presentados por los OR. Recuperado de http://www1.upme.gov.co/Normatividad/279_2018.pdf

de Planeación Minero Energética. (2018c). Resolución 463, 28 de agosto. Por la cual se establece el procedimiento para conceptuar sobre los proyectos de eficiencia energética/gestión

eficiente de la energía que se presenten para acceder a los beneficios tributarios sobre el IVA y/o la renta conforme a lo establecido en los decretos 1625 de 2016, decreto único reglamentario en materia tributaria y 1073 de 2015, decreto único reglamentario del sector administrativo de minas y energía. Deroga integralmente la resolución 585 de 2017.

Recuperado de <http://www1.upme.gov.co/Normatividad/463-2018.pdf>

Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. (2013). Últimos desarrollos físicos 1993-2000.

Recuperado de <http://contratacion.bogota.unal.edu.co/documentos/CON-BOG-010-2013/pdf/CON-BOG-010-2013-ANEXO%206%20-%20PRM%20III.%20HISTORICO%20ultimos%20desarrollos.pdf>

Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. (2015). Consumo de agua en el campus de la

Sede Bogotá. Recuperado de http://bogota.unal.edu.co/fileadmin/noticias/infografias_ahorro_energia_web_10_junio.pdf

Veloz F., J. (2016). Plan Parcial de Renovación Urbana CIUDAD CAN. Documento Técnico de

Soporte. Recuperado de http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/estudio_ambiental_ppru_cee.pdf

Wikipedia. (2019). Acuerdo de París. Recuperado de

https://es.wikipedia.org/wiki/Acuerdo_de_Par%C3%ADs

XM S.A. (2017). Demanda de energía nacional. Recuperado de

<http://informesanuales.xm.com.co/2017/SitePages/operacion/4-1-Demanda-de-energia-nacional.aspx>

Youtube. (2015). GeoSpatial - Universidad Nacional de Colombia UAV [Videograbación].

Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=HQHH4I-FNJ4>

Apéndice 1. Sistemas preexistentes no convencionales de generación a implementar

APÉNDICE 1. SISTEMAS PREXISTENTES NO CONVENCIONALES DE GENERACIÓN A IMPLEMENTAR

Contenido

1. SISTEMAS PREXISTENTES NO CONVENCIONALES DE GENERACIÓN A IMPLEMENTAR	163
1.1 SISTEMAS PRINCIPALES.....	163
1.1.1 Orgánicos Fotovoltaicos CSO/OPV - Solar Window	164
1.1.1.1 Orgánicos Fotovoltaicos CSO/OPV	164
1.1.1.2 Solar Window.....	175
1.1.2 Triboeléctricos Fotovoltaicos - Solar TENG Panel Raindrops	176
1.1.3 MFC (Microbial Fuel Cell).....	190
1.1.3.1 Geobacter- MFC (Microbial Fuel Cell).....	190
1.1.4 Plant-E - PMFC (Plant Microbial Fuel Cell)	200
1.1.5 Microturbinas hidrocineéticas en Red de tuberías de distribución	205
1.1.5.1 Sistema lucid Pipe (LPS).....	208
1.1.5.2 Mini turbina hidrogenadora Tubenergy.....	215
1.2 SISTEMAS COMPLEMENTARIOS.....	222
1.2.1 Gravitylight.....	222
1.2.1.1 Treepods	223
1.2.1.2 Pavegen	225
1.2.2 Liam F1	226
1.2.3 Invelox	228
1.2.4 HydraRedox.....	230

1. SISTEMAS PREXISTENTES NO CONVENCIONALES DE GENERACIÓN A IMPLEMENTAR

Existen ya hace algún tiempo y en varios países del mundo, tecnologías, dispositivos métodos y/o sistemas, que actualmente y por lo menos en nuestro contexto inmediato como colombianos en general desconocemos, esto en varios casos desde la investigación, con más notoriedad en la academia, e inclusive algunos en el caso de los mercados, en tanto algunas alternativas ya tienen presencia comercial; sin que aparentemente las tecnologías sean difundidas, notables ni consideradas para nuevos desarrollos, tanto en investigación como en construcción; por ello para el caso teniendo en cuenta los aspectos ambientales que nos posibilitan la geografía y el clima del lugar, nos dimos a la tarea de investigar entre varios sistemas novedosos recientes o poco conocidos actualmente, para implementar algunos de ellos al proyecto arquitectónico como se verá en los siguientes títulos.

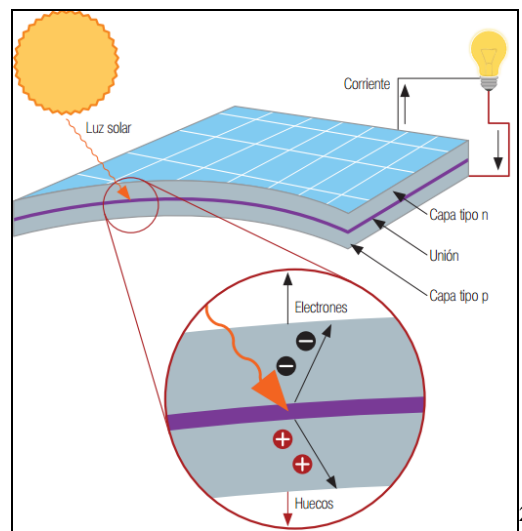
1.1 SISTEMAS PRINCIPALES

En este numeral se plantean sistemas y dispositivos, soportados en documentación de

investigaciones académicas, con lo cual podemos obtener datos de primera mano idealmente comprobados aunque ello no necesariamente implique que comercialmente se encuentren en el mercado o se hayan desarrollado como producto definitivo, toda vez que muchas investigaciones continúan su desarrollo.

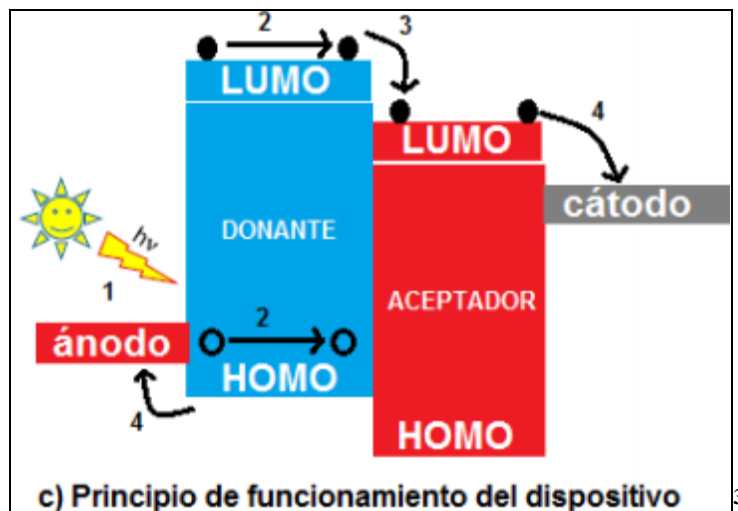
1.1.1 Orgánicos Fotovoltaicos CSO/OPV - Solar Window.

1.1.1.1 Orgánicos Fotovoltaicos CSO/OPV. Las Celdas Solares Orgánicas CSO o OPV por su denominación en inglés, son dispositivos a partir de materiales fotovoltaicos, que emulan la fotosíntesis y generan electricidad con base en la absorción de la luz a partir de compuestos poliméricos orgánicos semiconductores (cadenas carbonadas en enlaces covalentes con otros elementos, similares a la clorofila), por transparencia, peso y flexibilidad son ideales para desarrollar elementos que pueden ser implementados en la arquitectura, y vienen siendo investigados para potenciar más su eficiencia, por ahora se trabaja en aumentar su rendimiento y duración o vida útil, y lograr a largo plazo un uso masivo, lo cual haría esta tecnología de muy fácil accesibilidad debido a su bajo costo de producción, que además de no implicar materias primas o residuos contaminantes, disminuiría de precio aún más con la producción a gran escala, considerando que en cualquier caso el valor de fabricación y el impacto ambiental, resultan ostensiblemente menor para las celdas de compuestos orgánicos que para las tradicionales celdas a partir de silicio.¹



¹ García, O. B., Maldonado, J. L., Ortíz, G. R., Rodríguez, M., Gutiérrez, E. P., Nava, M. A. M., ... & de Alba, P. L. L. (2012). Celdas solares orgánicas como fuente de energía sustentable. *Acta Universitaria*, 22(5), 36-48. (Universidad de Guanajuato).

² Mende LS, Graetzel M. TiO₂ pore-filing and its effect on the efficiency of solid-state dye-sensitized solar cells. *Thin Solid Films* 2006; 500(1-2): 296-301.



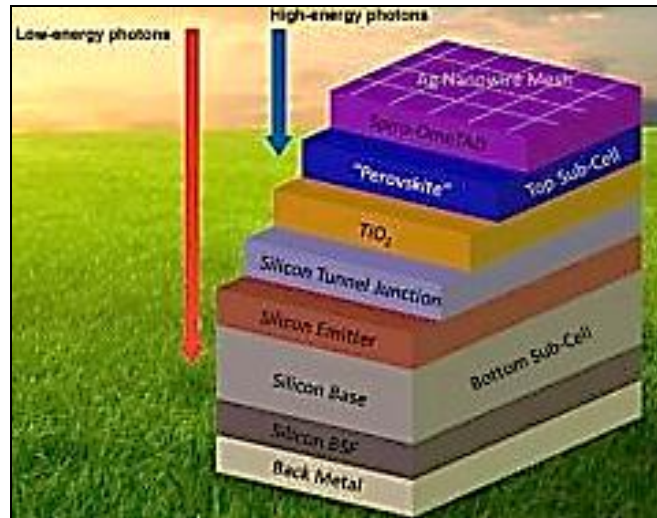
El material orgánico optoelectrónico, dependiendo de su producción y composición básica puede ser de una sola capa, en el caso de compuestos sintetizados de tres estructuras con núcleo y enlaces conjugados incluso, es decir grupos dadores y aceptores integrados en el compuesto (dipolo),⁴ o también el material orgánico puede ser multicapa, por ejemplo, de compuesto orgánico entre orbitas moleculares HOMO (High energy Occupied Molecular Orbit) y LUMO (Low energy Unoccupied Molecular Orbit); una capa dadora, donante o de valencia (tipo p) de clase porfirina⁵, o de sustancias orgánicas formadas por anillos aromáticos como el MEH-PPV, P3HT y el PFB; y otra capa aceptora o de conducción de electrones (tipo n), de clase proteína o de polímeros semiconductores orgánicos como el C60 o el PC61BM, como superficies del compuesto. El conjunto conformado por capas tipo 'p' y 'n' de una multicapa o por los enlaces conjugados de capa única se denomina Zona de Carga de Espacio (ZCE). Básicamente por sus capas, existen cuatro tipos de celdas solares orgánicas: 1) Células de Grätzel (Dye Sensitized Solar Cell, DSSC, DSC o DYSC); 2) Células multicapa (e.g. bicapa); 3) Células con múltiples heterouniones orgánicas internas (heterojunction, bicapa-bilayer o masivas-bulk); y 4) Células híbridas (tándem) organo-inorgánicas.⁶

³ García M. Julio C. (2015). Uso De Plantas Naturales Para Generar Energía Eléctrica. Tesis Para Grado De Maestría. / García, Julio. (2015). Organic Solar Cell.

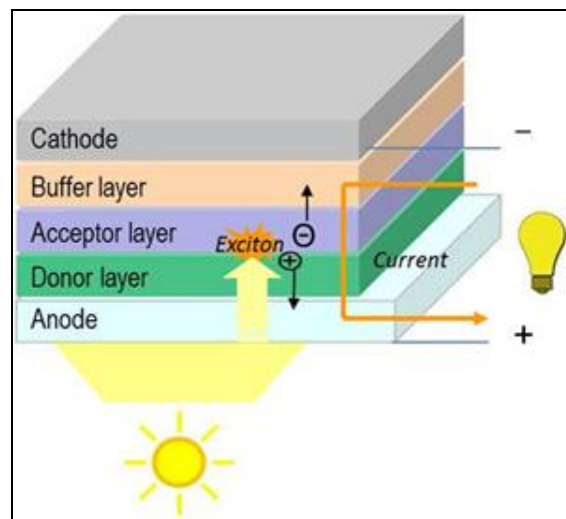
⁴ Mende LS, Graetzel M. TiO₂ pore-filing and its effect on the efficiency of solid-state dye-sensitized solar cells. Thin Solid Films 2006; 500(1-2): 296-301.

⁵ Aparicio Ixta, (2009). "Estudio de las porfirinas mediante técnicas espectroscópicas no lineales". Tesis de Maestría en Ciencias (Óptica). Centro de Investigaciones en Óptica, A.C. León, Guanajuato. 118 pp

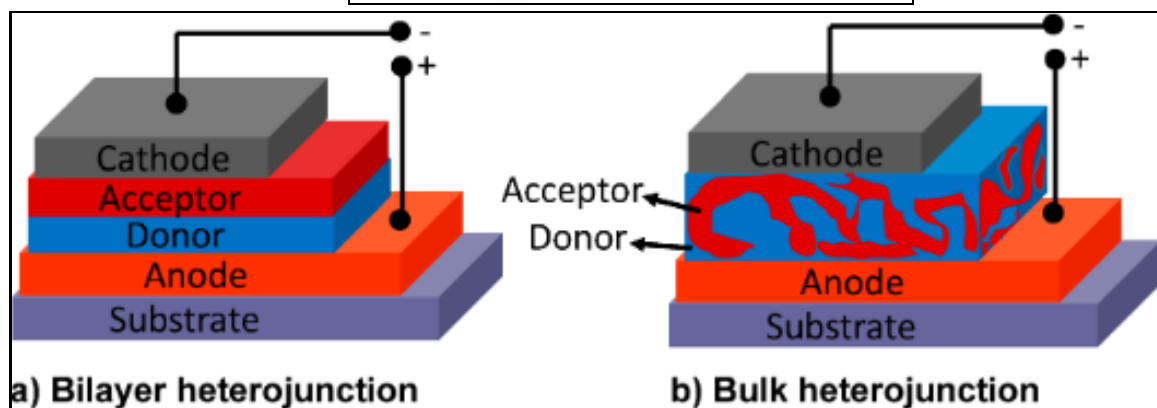
⁶ Fagua, A. L. F., & Suárez, W. F. B. (2015). Celdas Solares Orgánicas. Ciencia, innovación y tecnología, 2, 71-81.



7



8

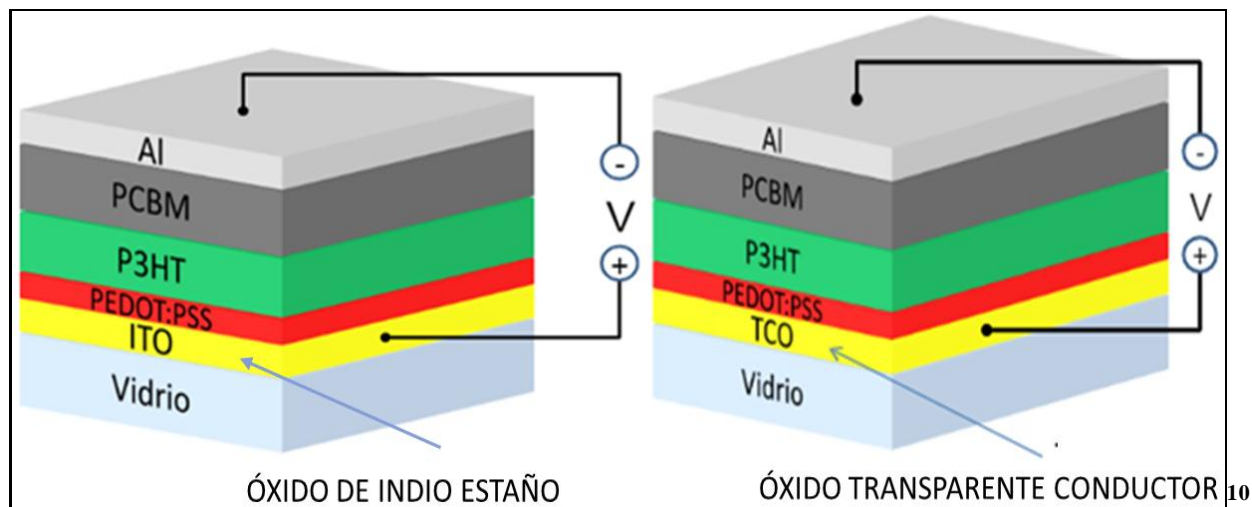


9

⁷ <http://www.cientificos.pe/index.php/2016/11/22/los-nuevos-paneles-solares-la-fiebre-de-las-perovskitas/>

⁸ <https://www.sigmaaldrich.com/materials-science/organic-electronics/opv-tutorial.html>

⁹ <http://solarcellanatsuga.blogspot.com/2017/02/heterojunction-solar-cell.html>.



También de acuerdo a su obtención y el tipo de enlace del compuesto, pueden obtenerse películas sólidas flexibles, gruesas del espesor de un cabello o mil veces más delgadas que se aplican sobre superficies de base como el vidrio; pueden tener o no color; absorben la luz y logran mediante procesos químicos, que pueden involucrar nanotecnología, el desprendimiento o liberación de electrones libres que puedan migrar o ser recogidos por electrodos para producir voltaje y corriente.¹¹

Investigadores de la Universidad de Guanajuato, de la UNAM y del GPOM de México, detallan las variables requeridas para la Caracterización eléctrica-óptica de celdas OPVs, recogiendo su procedimiento y ecuación de la siguiente manera:

La caracterización eléctrica-óptica de una celda solar se realiza al medir la eficiencia de conversión (η) bajo la condición de iluminación AM 1.5 (estándar de intensidad de iluminación sobre la superficie de la Tierra cuando el ángulo cenit del Sol es de 48° y corresponde entre 800 W/m² y 1000 W/m²). Los parámetros útiles para lo anterior son: el voltaje de circuito abierto (V_{oc}), la densidad de corriente de corto circuito (J_{sc}), el máximo voltaje de potencia (V_m)¹², la máxima densidad de corriente de potencia (J_m) y el factor de llenado (FF). Este factor y la eficiencia están definidos por las ecuaciones 5) y 6), donde P_{in} es la intensidad de iluminación incidente. Para lograr altas eficiencias de conversión eléctrica se requiere tener los máximos valores de V_{oc} , J_{sc} , y F .”¹³

$$\eta = FF \frac{V_{oc} J_{sc}}{P_{in}}$$

Ecuación factor de llenado

¹⁰ <https://docplayer.es/6212537-Desarrollo-de-electrodos-transparentes-para-celdas-solares.html>

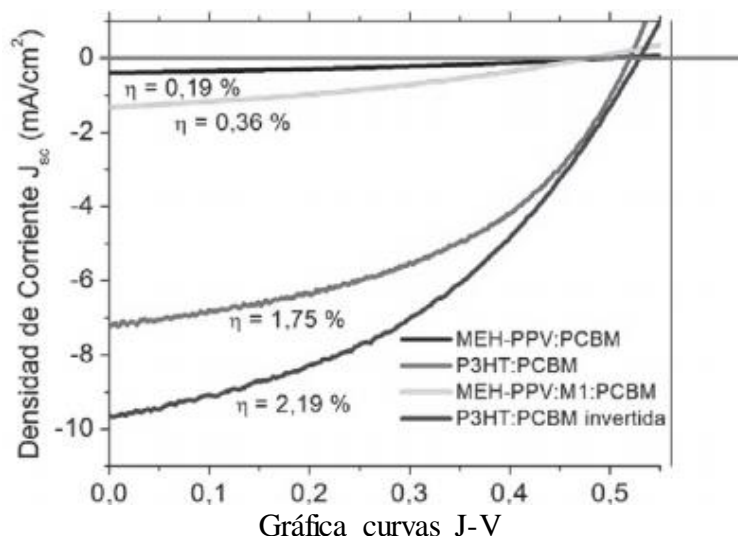
¹¹ Shockley and H. J. Queisser, J. Appl. Phys. 32, 510 (1961).

¹² García, O. B., Maldonado, J. L., Ortíz, G. R., Rodríguez, M., Gutiérrez, E. P., Nava, M. A. M., ... & de Alba, P. L. L. (2012). Celdas solares orgánicas como fuente de energía sustentable. Acta Universitaria, 22(5), 36-48. (Universidad de Guanajuato)

¹³ Sun, S.-S. and Sariciftci, N. S. (eds.) (2005). Organic Photovoltaics, Mechanisms, Materials, and Devices. CRC Press Taylor and Francis Group. USA.

$$FF = \frac{V_m J_m}{V_{oc} J_{sc}} = \frac{P_{max}}{V_{oc} J_{sc}}$$

Ecuación eficiencia en conversión de energía.



“Las celdas son preliminarmente probadas bajo iluminación solar y, posteriormente, se obtienen las curvas J-V, determinando las eficiencias con un medidor-fuente de corriente-voltaje y una lámpara de xenón calibrada con una celda solar de referencia a 100 mW/cm². La lámpara de xenón emite luz con un espectro muy similar al del sol en el visible y cercano infrarrojo”.¹⁴

Para 2012 ya se tenía documentada una eficiencia de conversión superior al **9%**¹⁵ un rendimiento aún mejorable para competir con fotoceldas de silicio. La celda con el compuesto de dos capas, alcanza una eficiencia normal de 4%¹⁶, con el de una sola capa alcanza al **10%**¹⁷, en 2013 científicos de Linz Institute of Organic Solar Cells (LIOS) en Austria, alcanzaron para este tipo de células eficiencia de conversión de más de un **11%**¹⁸, estos últimos entendidos para el caso como los dispositivos de alta eficiencia. En una investigación más reciente de 2015 adelantada en el Instituto de Tecnología Technion-Israel¹⁹, aplicando y ajustando lo documentado en la investigación de Shockley y Queisser²⁰ al caso de los semiconductores, se aprovechó el potencial real de absorción, evitando pérdidas de voltaje a la salida, con una estructura que

¹⁴ García, O. B., Maldonado, J. L., Ortíz, G. R., Rodríguez, M., Gutiérrez, E. P., Nava, M. A. M., ... & de Alba, P. L. L. (2012). Celdas solares orgánicas como fuente de energía sustentable. Acta Universitaria, 22(5), 36-48. (Universidad de Guanajuato).

¹⁵ Green, M. A., Emery, K., Hishikawa, Y. and Warta, W. (2011). Prog. Photovoltaics 19(84).

¹⁶ Mende LS, Graetzel M. TiO₂ pore-filing and its effect on the efficiency of solid-state dye-sensitized solar cells. Thin Solid Films 2006; 500(1-2): 296-301.

¹⁷ Scharber M. et al. Design rules for donors in bulk-heterojunction solar cells –towards 10% energy-conversion efficiency. Advanced Materials 2006; 18(6): 789-794.

¹⁸ Scharber, M. C., & Sariciftci, N. S. (2013). Efficiency of bulk-heterojunction organic solar cells. Progress in polymer science, 38(12), 1929-1940.

¹⁹ Tessler, N. (2015). Adding 0.2 V to the open circuit voltage of organic solar cells by enhancing the built-in potential. Journal of Applied Physics, 118(21), 215501.

²⁰ 18W. Shockley and H. J. Queisser, J. Appl. Phys. 32, 510 (1961)

permitió mejor fijación de los electrodos, con lo anterior el profesor Nir Tessler considera que:

“...las composiciones de materiales de mayor calidad pueden mostrar un aumento de hasta 0.20 V en su voltaje de circuito abierto, lo que junto con el factor de llenado mejorado conduciría a un aumento del 48% en su eficiencia de conversión de energía. Consideramos que la perspectiva de **pasar del 10% al 15% de eficiencia** a través de la estructuración de dispositivos es la más prometedora.”

Según el documento *Células solares transparentes: desarrollo actual y aplicaciones* de Luis Peña (2011), con base en datos tomados del libro de Sam-Shajing Sun y Niyazi Serdar Sariciftci “La mayor eficiencia de IPCE (Eficiencia de la conversión de Fotones Incidentes) del 14% se ha obtenido en un dispositivo de laboratorio con nanopartículas de una sola capa como capa activa”.²¹

Sobre estas bases en los últimos años se vienen desarrollando compuestos tipo (p) y tipo (n) de diferentes complejidades y mayor eficiencia, como las *perovskitas*, de *titanato de calcio* (CaTiO₃) y nanoestructuras de *dióxido de titanio* (redes de nanoespirales de TiO₂)²², para el caso de celdas híbridas (DSSC), y por otro lado, para el caso de celdas orgánicas fotovoltaicas, materiales *poliméricos orgánicos semiconductores* derivados²³, con compuestos heterocíclicos a base de: *Polietileno tereftalato* (C₁₀H₈O₄)_n, como el PET/MWCNT²⁴; de *Tiofeno* (C₄H₄S), como el poli (3-hexiltiofeno) P3HT; de *Fenileno/Vinileno* (anillos bencénicos (C₆H₆) disustituidos, radicales orgánicos), como el MEH-PPV; de *Fluoreno* (hidrocarburo aromático policíclico (C₁₃H₁₀)), como el PFB, el PTB7 y PTB7-Th o PCE10²⁵ y de *Fulereo* (C₆₀), como el PC61BM y el PC71BM²⁶; o nuevos materiales como el *Óxido de Grafeno* OG²⁷. En el caso de los electrodos por ejemplo se trabaja con material de tipo óxido transparente y conductor (TCO)²⁸ entre los más comunes está el óxido de zinc ZNO (cathodos)²⁹ y el óxido de indio y estaño ITO³⁰,

²¹ Peña, L. (2011). *Células solares transparentes: desarrollo actual y aplicaciones*. Online]. Disponible en: <<http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/1869/1/pfm271.pdf>>[Consulta julio de 2012].

²² FLORES, E. V. (2017). Preparación y caracterización de películas delgadas de dióxido de titanio (TiO₂) como capa conductora de electrones para celdas fotovoltaicas de perovskitas orgánicas

²³ Szostak, R., Morais, A., Carminati, S. A., Costa, S. V., Marchezi, P. E., & Nogueira, A. F. (2018). Application of Graphene and Graphene Derivatives/Oxide Nanomaterials for Solar Cells. In *The Future of Semiconductor Oxides in Next-Generation Solar Cells* (pp. 395-437). Elsevier

²⁴ Cruz-Delgado, V. J., Esparza-Juárez, M. E., España-Sánchez, B. L., Rodríguez-Hernández, M. T., Ávila-Orta, C. A., & Medellín-Rodríguez, F. J. (2007). Nanocompuestos poliméricos semiconductores de PET/MWCNT: preparación y caracterización. *Superficies y vacío*, 20(2), 1-5

²⁵ Wan, Q., Guo, X., Wang, Z., Li, W., Guo, B., Ma, W., ... & Li, Y. (2016). 10.8% efficiency polymer solar cells based on PTB7-Th and PC71BM via binary solvent additives treatment. *Advanced Functional Materials*, 26(36), 6635-6640

²⁶ García, O. B., Maldonado, J. L., Ortíz, G. R., Rodríguez, M., Gutiérrez, E. P., Nava, M. A. M., ... & de Alba, P. L. L. (2012). Celdas solares orgánicas como fuente de energía sustentable. *Acta Universitaria*, 22(5), 36-48. (Universidad de Guanajuato)

²⁷ Ciceroni, C., Agresti, A., Di Carlo, A., & Brunetti, F. (2018). Graphene Oxide for DSSC, OPV and Perovskite Stability. In *The Future of Semiconductor Oxides in Next-Generation Solar Cells* (pp. 503-531). Elsevier

²⁸ Segura, C. A. Q. (2013). Síntesis de películas transparentes y conductoras utilizadas en celdas solares sensibilizadas por colorantes. *Elementos*, 2(2).

²⁹ Liang, Z., Zhang, Q., Jiang, L., & Cao, G. (2015). ZnO cathode buffer layers for inverted polymer solar cells. *Energy & Environmental Science*, 8(12), 3442-3476

a partir del desarrollo de celdas de tercera generación y de estructuras de celda orgánicas-inorgánicas o híbridas nuevas, aplicando lo que se denomina en las fuentes recientes como materiales o semiconductores dopados se abre camino a las designadas células solares de cuarta generación.³¹

Recogiendo el trabajo realizado en 2012 por Andreas Mershin del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT)³², En 2018 el profesor Vikramaditya Yadav del Departamento de Ingeniería Química y Biológica, lideró un proyecto para la University of British Columbia UBC, en el cual desarrollaron un compuesto “biogénico” que aprovecha la capacidad fotovoltaica de algunas bacterias, logrando células solares hechas con organismos vivos, *que funcionan también con cielos nublados*, logrando densidad de corriente (J_{sc}) de 0.686 mA por cm^2 .³³ coeficiente que no es muy alto pero resulta competente en la categoría, entendiéndose además, que aunque en la eficiencia puede no ser tan incidente, ofrece mayor tiempo en horas de generación por día y puede funcionar en sombra, de donde proviene su valor agregado.

Para este caso, se tienen como referencia los resultados presentados en 2013 por el Instituto de Ciencias Químicas de la Universidad Austral de Chile, para el X Simposio Peruano De Energía Solar³⁴, en el cual se realizó estudio del polímero en celda solar orgánica para un caso de célula bicapa con MoO_3/CuI como capa buffer anódica; cuya función es facilitar que llegue la máxima cantidad de radiación solar a la capa absorbente; favorecer la generación de campo eléctrico intenso en la ZCE, además de proteger la capa absorbente y reducir defectos interfaciales entre la capa absorbente, con la capa buffer y el TCO (óxido conductor transparente) se mejoró el acople reduciendo procesos interdifusivos entre capas; todo esto se evidenció en aumento de la eficiencia de las OPVs.³⁵ En este estudio chileno se demostró que la eficiencia de conversión (η) no está directamente asociada con un espesor mayor o menor, y presenta los resultados de parámetros típicos en la siguiente tabla:

Tabla 1. Parámetros de las celdas solares

Grosor de PTPA (nm)	V_{oc} (V)	J_{sc} (mA cm^{-2})	FF (%)	η	R_s (Ω)	R_{sh} (Ω)
10	0.225	1.04	41.5	0.10	3.3	755
20	0.370	2.56	45	0.43	5.3	760
25	0.430	1.43	36	0.22	22	750

36

³⁰ Mansurova, S. (2016). Fabricación y caracterización de óxidos conductores transparentes depositados por medio de Sputtering para aplicaciones en dispositivos fotovoltaicos (Doctoral dissertation, Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica)

³¹ Szostak, R., Morais, A., Carminati, S. A., Costa, S. V., Marchezi, P. E., & Nogueira, A. F. (2018). Application of Graphene and Graphene Derivatives/Oxide Nanomaterials for Solar Cells. In *The Future of Semiconductor Oxides in Next-Generation Solar Cells* (pp. 395-437). Elsevier

³² Mershin, A., Matsumoto, K., Kaiser, L., Yu, D., Vaughn, M., Nazeeruddin, M. K., ... & Zhang, S. (2012). Self-assembled photosystem-I biophotovoltaics on nanostructured TiO_2 and ZnO . *Scientific reports*, 2, 234

³³ Srivastava, S. K., Piwek, P., Ayakar, S. R., Bonakdarpour, A., Wilkinson, D. P., & Yadav, V. G. (2018). A biogenic photovoltaic material. *Small*, 14(26), 1800729

³⁴ Huaiquimilla, D., Sobarzo, P., Sánchez, C., & Bernede, J. C. Nuevo polímero base de schiff basado en trifenilamina. Caracterización y estudios en una celda solar

³⁵ Lozada, W. A. V. (2013). Síntesis de capas buffer para celdas solares de película delgada. *Elementos*, 2(2)

³⁶ Huaiquimilla, D., Sobarzo, P., Sánchez, C., & Bernede, J. C. Nuevo polímero base de schiff basado en

En 2018 fue adelantado por la University of Campinas, en Brasil, un estudio de aplicación de Oxido de Grafeno en células solares,³⁷ para obtención de los que se denominan materiales dopados, mediante el dopaje se puede ajustar de manera amplia la función de trabajo de semiconductores puros como el grafeno y sus materiales derivados, como se demuestra en algunos informes³⁸, la ingeniería de la función de trabajo es necesaria para mejorar el rendimiento del dispositivo³⁹; en el caso del grafeno y sus derivados, se puede modular controlando en el proceso el nivel de impurezas agregadas intencionalmente para dopaje del semiconductor y el contenido de Oxígeno. Del estudio de la University of Campinas en cuanto a la aplicación de grafeno y nanocompuestos de grafeno / nanomateriales de óxido de metal para células solares, se resumen los siguientes datos obtenidos para el caso de las OPV:

En el caso de las DSSC hay una celda con electrolito líquido de yodo/triyoduro (I-/I₃-) que tiene el record del **11%** de PCE (power conversion efficiency) basado en tintes de Rutenio; se logró un récord del **14%** utilizando sensibilización colaborativa con complejos de cobalto como par redox y una combinación a la que se agregó GNP (graphene nanoplatelets) como contraelectrodo, pero no salió al mercado por problemas de estabilidad; fuga y evaporación del electrolito líquido, corrosión de los colectores de corriente y problemas de producción en masa, por sus complicados procesos y componentes costosos. Actualmente las investigaciones continúan en la búsqueda de materiales y compuestos alternativos.⁴⁰

En cuanto a las CSO y sus Capas de transporte de carga o CTL (Charge Transport Layers); para los dispositivos, con películas GO y TiO₂ se presentó el PCE más alto (7,5%), con densidad de corriente de cortocircuito (J_{sc}) de 12,4mAcm², un potencial de circuito abierto (V_{oc}) de 0,88V, y factor de relleno (FF) de 0.68%. Dado el carácter aislante del GO se propuso reducirlo parcialmente a rGO (óxido de grafeno reducido) eliminando grupos oxígeno con recuperación de estructura conjugada; como resultado, el dispositivo con capa activa de C60-PEG/ZnO AN@rGO ETL (Electron Transport Layer) y PTB7:PC71BM logró un PCE de 8.1% con J_{sc} de 16.25mAcm², V_{oc} de 0.74V y FF de 67.7%; en comparación, se mantuvieron los índices en general pero aumentó la densidad de corriente, además, los dispositivos mostraron mejor estabilidad, indicando esto que el desarrollo de nanocompuestos basados en grafeno con nuevas arquitecturas como *nanotubes*, *nanowires*, *nanofibers*, *nanobelts*, *nanosheets* y *nanorods* son una alternativa prometedora para aumentar la superficie del semiconductor de metal óxido y/o el transporte electrónico.⁴¹

También para 2018 se compilaron datos producto de las crecientes investigaciones,

trifenilamina. Caracterización y estudios en una celda solar

³⁷ Szostak, R., Morais, A., Carminati, S. A., Costa, S. V., Marchezi, P. E., & Nogueira, A. F. (2018). Application of Graphene and Graphene Derivatives/Oxide Nanomaterials for Solar Cells. In *The Future of Semiconductor Oxides in Next-Generation Solar Cells* (pp. 395-437). Elsevier

³⁸ Baran, D., Ashraf, R. S., Hanifi, D. A., Abdelsamie, M., Gasparini, N., Röhr, J. A., ... & Emmott, C. J. (2017). Reducing the efficiency–stability–cost gap of organic photovoltaics with highly efficient and stable small molecule acceptor ternary solar cells. *Nature materials*, 16(3), 363

³⁹ Huaiquimilla, D., Sobarzo, P., Sánchez, C., & Bernede, J. C. Nuevo polímero base de schiff basado en trifenilamina. Caracterización y estudios en una celda solar

⁴⁰ Szostak, R., Morais, A., Carminati, S. A., Costa, S. V., Marchezi, P. E., & Nogueira, A. F. (2018). Application of Graphene and Graphene Derivatives/Oxide Nanomaterials for Solar Cells. In *The Future of Semiconductor Oxides in Next-Generation Solar Cells* (pp. 395-437). Elsevier

⁴¹ *Ibid.*

científicos coreanos de la Kyung Hee University, recogen en su documento publicado en septiembre⁴² el progreso en la fabricación de materiales, diseño de estructura celular y caracterización de dispositivos para células solares, centrándose en dispositivos semitransparentes (STOSC) y (STPSCs); orgánicos y de perovskita correspondientemente; aportando tablas muy completas de Parámetros fotovoltaicos de dispositivos semitransparentes recientemente reportados.

De las tablas antes mencionadas, se extrajeron algunos datos seleccionados para el caso mediante una ponderación de promedios; se tomaron los datos de ambas tablas de dispositivos semitransparentes recientemente reportados (STOSC) y (STPSCs); de la sumatoria total, de valores tomados de las columnas de Voc(V), Jsc (mA-cm²) y FF (%), se obtuvieron promedios como dato de referencia, siendo estos valores 0.85, 11.4 y 59.5 respectivamente; se totalizó la suma de los valores Voc, Jsc y FF por filas, para cada estructura de compuesto (estructura del dispositivo), esto nos permitió a través de los valores incidentes estimar los mayores rangos en la eficiencia de conversión (η), lo cual arrojó una nueva columna de subtotales, que de igual forma se promediaron arrojando un valor incidente estimado promedio de eficiencia de 71.74, base sobre la cual se eliminaron las estructuras de compuestos que estuvieran por debajo de la referencia y se aislaron únicamente las estructuras para dispositivos semitransparentes (STOSC) que estuvieran por encima de la referencia. Con base en lo anterior se tomaron de la tabla original valores de Parámetros fotovoltaicos para las siguientes estructuras:

⁴² Shin, D., & Choi, S. H. (2018). Recent Studies of Semitransparent Solar Cells. *Coatings*, 8(10), 329.

Device Structure	Voc (V)	Jsc (mA-cm ²)	FF (%)	PCE (%)	AVT (%)
Indium tin oxide (ITO)/poly(3,4-ethylenedioxythiophene):poly(styrenesulfonate) (PEDOT:PSS)/PhanQ: phenyl-C ⁶⁰ -butyric acid methyl ester (PCBM)/buckminsterfullerene (C ₆₀)-surfactant/Ag	0,84	8,0	63,0	4,2	32
ITO/ZnO/Poly[[4/8-bis[5-(2-ethylhexyl)-2-thienyl]benzo[1/2-b:4/5-b']dithiophene-2/6-diyl][2-(2-ethyl-1-oxohexyl)thieno[3/4-b]thiophenediyl]] (PBDTTT-C-T):PC71BM/MoO ₃ /Ag	0,77	12,1	61,0	5,7	28
ITO/ZnO/poly[(2,6-(4,8-bis(5-(2-ethylhexyl)thiophen-2-yl)benzo[1,2-b:4,5-b']-dithiophene))-alt-(5,5-(1',3'-di-2-thienyl-5',7'-bis(2-ethylhexyl)benzo[1',2'-c:4',5'-c']dithiophene-4,8-dione))] (PBDB-T): 9-bis(2-methylene-(3-(1,1-dicyanomethylene)indanone))-5,5,11,11-tetrakis(4-hexylphenyl)dithieno[2/3-d:2',3'-d']-s-indaceno[1,2-b:5,6-b']-dithiophene (ITIC)/MoO ₃ /Ag/MoO ₃	0,88	13,8	59,8	7,3	25
ITO/ZnMgO/PTB7-Th/PC ₇₁ BM/MoO ₃ /Ag	0,77	14,84	59,5	6,8	22
ITO/PEDOT:PSS/PTB7-Th:2,2'-((2,2'Z)-((4,4,9-tris(4-hexylphenyl)-9-(4-pentylphenyl)-4,9-dihydro-s-indaceno[1,2-b:5,6-b]dithiophene-2,7-diyl)bis(4-((2-ethylhexyl)oxy)thiophene-5,2-diyl)) bis(methanylylidene)) bis(5,6-dichloro-3-oxo-2,3-dihydro-1H-indene-2,1-diylidene)dimalononitrile (IEICO-4Cl)/ poly[9,9-bis[6-(N,N,N-trimethylammonium) hexyl]fluorene-alt-co-1,4-phenylene]bromide (PFN-Br)/Au	0,73	19,6	59	8,4	26
ITO/ZnO/PTB7-Th:PC ₇₁ BM/MoO ₃ /Ag/6 pairs (MoO ₃ /LiF)	0,79	13,1	67,7	7	12
ITO/ZnO/P3HT:PCBM/MoO ₃ /Ag/6 pairs (MoO ₃ /LiF)	0,63	10,89	66	4,32	60 @ 650 nm
3 pairs (TiO ₂ /SiO ₂)/ZnO/PTB7:PCBM/2 pairs (MoO ₃ /Ag)/LiF	0,73	10,7	67,9	5,3	21
ITO/poly(3,3'-{[(9',9'-dioctyl-9H,9'H-[2,2'-bifluorene]-9,9-diyl)bis(4,1-phenylene)]bis(oxy)bis(N,N-dimethylpropan-1-amine)}(PFPA-1)/ poly[N/N'-bis(2-hexyldecyl)isoindigo-6/6'-diyl-alt-thiophene-2/5-diyl] P3TI:PC7 [^] BM/PEDOT:PSS/ITO/ poly(3,3'-{[(9',9'-dioctyl-9H,9'H-[2,2'-bifluorene]-9,9-diyl)bis(4,1-phenylene)]bis(oxy)bis(N,N-dimethylpropan-1-amine)}(PFPA-1)/ poly[2,3-bis-(3-octyloxyphenyl)quinoxaline-5,8-diyl-alt-thiophene-2,5-diyl] (TQ1):PC7 [^] BM/PEDOT:PSS	1,46	4,47	67	4,35	-
Graphene mesh/PEDOT:PSS/poly[(4,4'-bis(3-ethyl-hexyl)dithieno[3/2-b: //3'-d]silole)-2/6-diyl-alt-(2/5-(3-(2-ethyl-hexyl)thiophen-2-yl)thiazolo[5,4-d]thiazole) (PSETT): indene-C ₆₀ -bisadduct (IC ₆₀ BA)/ZnO/PEDOT:PSS/PBDTT-DPP:PC71BM/TiO ₂ /Ag NWs	1,62	7,62	64,2	8,02	45
ITO/ZnO/fullerene self-assembled monolayer (C ₆₀ -SAM)/PCBM/PEDOT:PSS/PEDOT:PSS (PH1000)/ZnO/C ₆₀ -SAM/PCBM/MoO ₃ /Ag	1,68	5,93	68,6	8,50	40

43

Para resumir se extrajeron de tablas elaboradas por los coreanos, los datos de rendimiento para los dispositivos con mejores desempeños, para celdas STOSC con **8.5%** de PCE (2013) y **16.5% (2016)** para celdas STPSCs correspondientemente como se muestra a continuación:

Device Structure	Voc (V)	Jsc (mA-cm ²)	FF (%)	PCE (%)	AVT (%)
ITO/ZnO/fullerene self-assembled monolayer (C ₆₀ -SAM)/PCBM/PEDOT:PSS/PEDOT:PSS (PH1000)/ZnO/C ₆₀ -SAM/PCBM/MoO ₃ /Ag	1,68	5,93	68,6	8,50	40
ITO/PTAA/MAPM3/PCBM/ buckminsterfullerene (C ₆₀)/ bathocuproine (BCP)/Cu/Au	1,08	20,60	74,1	16,50	-

44

Según Rafael García en su análisis de ciclo de vida (LCA) de las OPV⁴⁵ para la producción de células de tecnologías orgánicas fotovoltaicas y orgánicas poliméricas en laboratorio, se requiere 2800.79 MJ/m² que equivale en promedio a la mitad de lo calculado para tecnologías de silicio cristalino. *“Para un módulo solar orgánico típico, la energía incorporada en los materiales es de 726.26 MJ/m², incluidos tanto los materiales de la célula solar como los materiales utilizados en el proceso. La energía de proceso directo es 1973.78 MJ / m²...”*, por tanto se considera que el margen de energía empleada en la producción puede reducirse aún más, desde la optimización de procesos industrializados como por ejemplo, las técnicas de impresión de películas solares y los sistemas para uso inmediato de tintas fotoactivas y de transporte (Plexcore PV), a partir de tiofeno (P3HT) dopado con fullereno (PV 1000 y PV 2000); y desde el alcance de mejores rangos de eficiencia.

En 2017 los doctores Baran y Ashraf, del Imperial College London (entre otros), aportaron un documento⁴⁶ en el cual describen con exactitud lo que se denomina, caracterización de la celda o arquitectura de dispositivos OPV de alta eficiencia; detallan con precisión complejos métodos para estructura de las celdas y procedimientos a los que son sometidas para evaluar su rendimiento. En los resultados de dicho texto se sugiere que la adición de IDFBR a P3HT aporta una mejora simultánea de Voc, Jsc y FF y en general el rendimiento fotovoltaico en dispositivos OPV de alto rendimiento, lo cual cerraría la brecha entre vida útil, eficiencia energética y requerimientos de costo; para comercializar las OPV.

En 2009 el profesor Joseph Kalowekamo de la University of Massachusetts, en su estudio⁴⁷ afirmó para esa época que *“existe una gran incertidumbre sobre los costos de capital de OSC, lo que lleva a costos de fabricación que van desde \$ 48.80 a \$ 138.90/m². Asumir una eficiencia del 5% y una vida útil de 5 años conduce a costos de módulo entre \$ 1.00 y \$ 2.83/W, y LEC (costo de electricidad nivelado), entre 49¢ y 85¢ /kWh. Pero suponiendo que la eficiencia sea del 15% y la vida útil de 20 años esto lleva a un LEC de entre 7¢ y 13¢ /kWh.”*, (valores en moneda y con base en la tasa del país de origen para el año de la investigación).

Actualmente conforme lo público la UPME en su informe final para el año 2016 existe al menos una patente, conocida en nuestro país, de celda fotovoltaica orgánica, que extrajimos del documento, Seguridad Energética Para Colombia Entregable 3: Informe Final, para presentar a continuación:

⁴⁴ STOC: Chang, C.-Y.; Zuo, L.; Yip, H.-L.; Li, C.-Z.; Li, Y.; Hsu, C.-S.; Cheng, Y.-J.; Chen, H.; Jen, A.K.-Y. Highly efficient polymer tandem cells and semitransparent cells for solar energy. *Adv. Energy Mater.* 2013, 4, 1301645.

Cfr. STPSC: Chen, B.; Bai, Y.; Yu, Z.; Li, T.; Zheng, X.; Dong, Q.; Shen, L.; Boccard, M.; Gruverman, A.; Holman, Z.; et al. Efficient semitransparent perovskite solar cells for 23.0%-efficiency perovskite/silicon four-terminal tandem cells. *Adv. Energy Mater.* 2016, 6, 1601128.

⁴⁵ García- Valverde, R., Cherni, J. A., & Urbina, A. (2010). Life cycle analysis of organic photovoltaic technologies. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 18(7), 535-558

⁴⁶ Baran, D., Ashraf, R. S., Hanifi, D. A., Abdelsamie, M., Gasparini, N., Röhr, J. A., ... & Emmott, C. J. (2017). Reducing the efficiency–stability–cost gap of organic photovoltaics with highly efficient and stable small molecule acceptor ternary solar cells. *Nature materials*, 16(3), 363

⁴⁷ Kalowekamo, J., & Baker, E. (2009). Estimating the manufacturing cost of purely organic solar cells. *Solar Energy*, 83(8), 1224-1231

(US Patente nº US20110233533 A1, 2011), El semiconductor orgánico utilizado como capa fotoactiva puede formarse utilizando monómeros orgánicos y polímeros orgánicos. Para los monómeros orgánicos, la capa semiconductor orgánica se forma empleando un método de formación continua de una capa donante y una capa aceptor se produce calentando los monómeros orgánicos en vacío. Para los polímeros orgánicos, la capa semiconductor orgánica se forma mediante un proceso húmedo tal como revestimiento por centrifugado, impresión por chorro de tinta, que tiene materiales donadores y aceptores disueltos en el mismo. ...Cuando la luz es irradiada a la célula solar de película orgánica, el material donante absorbe la luz para formar pares de electrones-agujeros en un estado excitado, que a su vez se separan en electrones y agujeros. Aquí, los electrones se mueven hacia el aceptor que tiene alta afinidad electrónica y los agujeros permanecen en el donante, de modo que los pares de electrones-agujeros se separan a los respectivos estados de carga. Entonces, los electrones y agujeros se desplazan a los electrodos asociados para ser acumulados en el mismo, por una diferencia entre la concentración de cargas acumuladas y un campo eléctrico interno, que se crea debido a una diferencia en la función de trabajo entre ambos electrodos, y finalmente fluye como una corriente eléctrica a través de un circuito externo.⁴⁸

En paralelo se han adelantado también estudios formales, sofisticados e ingeniosos como el realizado en 2015 por Julio García de la Universidad Politécnica De Victoria⁴⁹, y el de la Universidad Vanderbilt de Nashville en 2012⁵⁰, para implementación de plantas vegetales a los procesos de las OPV, específicamente las hojas de espinacas, que mostraron gran eficiencia como transductoras de luz solar en energía para procesos fotosintéticos (casi 100% de eficiencia), de las cuales los investigadores de Tennessee extrajeron una proteína denominada *PSI* (photosystem-1), para usarla incorporada a una capa de Silicio con un dopaje de “tipo p” con lo que aumentaron el rendimiento de sus celdas cerca del nivel de los paneles solares comerciales, demostrando que la proteína *PSI* hace más eficiente la generación de energía en paneles y que podría implementarse esta tecnología para el caso de las celdas con polímeros orgánicos y orgánicas híbridas.

Para el 2018 Alexander Rubiano magister en ciencias – física de la Universidad Nacional de Colombia, presento su Estudio de celdas solares híbridas basadas en Perovskita, en el cual experimentó con una película delgada de compuesto $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ (MAPI) y estructura $\text{FTO}/\text{ZnO}/\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3/\text{P3HT}/\text{Au}$, con la cual obtuvo desempeño de 7,5 % de eficiencia máxima.

1.1.1.2 Solar Window. La empresa Solar Window Technologies en Maryland desarrollo una película fotovoltaica flexible de 0.1mm de espesor, que se puede incorporar al vidrio en su fabricación o puede ser usada como un recubrimiento traslucido y transparente para revestir superficies plásticas o de vidrio de ventanas en edificios existentes, planas o curvas sin llegar a doblarse o romperse y sin mayores implicaciones para su mantenimiento. Está diseñada para

⁴⁸ UPME, CIDET. (2016), Seguridad Energética Para Colombia Entregable 3: Informe Final. <https://bdigital.upme.gov.co/bitstream/001/1314/1/Seguridad%20Energ%C3%A9tica%20UPME-CIDET%20Entrega%20Final.pdf>

⁴⁹ García M. Julio C. (2015). Uso De Plantas Naturales Para Generar Energía Eléctrica. Tesis Para Grado De Maestría. / García, Julio. (2015). Organic Solar Cell

⁵⁰ LeBlanc, G., Chen, G., Gizzie, E. A., Jennings, G. K., & Cliffler, D. E. (2012). Enhanced photocurrents of photosystem I films on p-doped silicon. *Advanced Materials*, 24(44), 5959-5962

instalarse por el interior de las ventanas evitando recubrimientos propios del sistema, una vez colocada la película comienza a producir energía, inclusive con luz artificial y con sombra.

El producto no se encuentra a la venta aún, pero se espera que una vez desarrollado comercialmente, tenga garantía de 25 años igual que un panel solar común; además sus creadores aseguran más energía, mejor precio y bajo tiempo de retorno (1 año), comparados con los paneles convencionales, que demoran en promedio 5 años en devolver la inversión. Calculan que pueda generar proporcionalmente a la superficie, entre el 20% y el 30% de la demanda energética de un edificio.

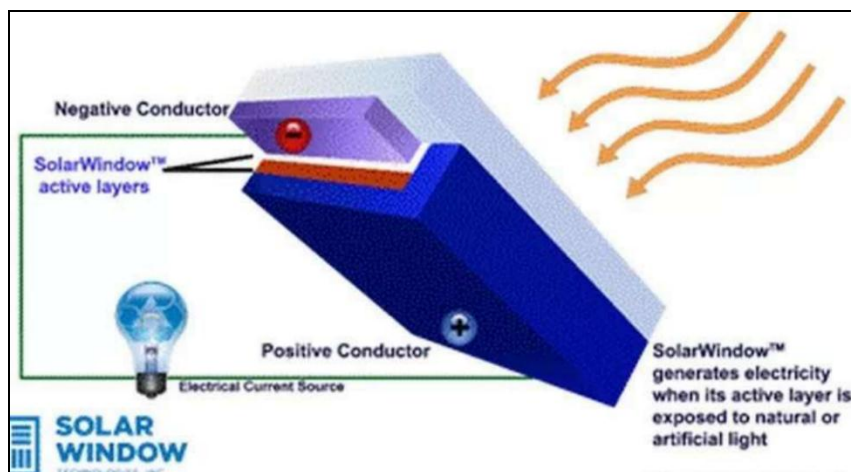


Imagen tomada de: <http://ecoinventos.com/revolucionarias-ventanas-solares/>

Se obtiene por la aplicación superpuesta de capas ultra-delgadas de líquidos a base de hidrogeno y carbono disueltos, materiales comunes y por lo mismo más económicos, produciendo células solares ultra pequeñas en grupos denominados “arrays” (formaciones) los creadores llaman a su producto “organic photovoltaic solar array” (formación orgánica solar fotovoltaica). La rápida técnica de fabricación en serie, donde se producen rollo a rollo cada hoja orgánica fotovoltaica, hace que disminuya el costo de producción, sin necesidad de procesos complejos de vacío o altísimas temperaturas.

La empresa ha fusionado este recubrimiento a su producto de vidrio flexible para lograr aún más aplicaciones en superficies curvas que propicien su uso como material constructivo para múltiples elementos. La eficiencia del producto radica en que por ejemplo aplicado a un edificio de 50 pisos resulte 50 veces más eficiente utilizar este sistema en fachadas que disponer paneles convencionales en la cubierta del mismo, la extensión en superficie de paneles suele ser inconveniente para la generación de energía necesaria en muchos proyectos.⁵¹

1.1.2 Triboeléctricos Fotovoltaicos - Solar TENG Panel Raindrops. A partir de la mecánica, existen en la naturaleza medios y opciones para transformar y captar la energía del movimiento para transducirla en electricidad, para convertir esta energía hay que lograr el movimiento de dos piezas mecánicas de un generador, normalmente se requiere de masas

⁵¹ <https://www.solarwindow.com/>

oscilantes o de la inercia para mantener una honda en constante vibración sobre un determinado medio o en este caso determinado material.⁵²

El doctor en química, Meurig W. Williams, de la Universidad de Oxford expone que *“Cuando dos objetos entran en contacto y después se separan, sus respectivas superficies adquieren una carga eléctrica. Esta recibe el nombre de carga triboeléctrica, también conocida como carga estática o de contacto. El estudio de la triboelectricidad se remonta a los experimentos del filósofo griego Tales de Mileto, quien la descubrió al frotar ámbar contra lana, no en vano le etimología del término responde a las voces griegas para “frotar” (tribain) y “ámbar” (electrón), si bien el mismo efecto se produce también en contactos sin rozamiento”*.⁵³

Existen materiales eléctricamente aislantes, que bajo el efecto de la presión pueden generar o redistribuir cargas ante la deformación por causa de dicha presión; esta puede ser mecánica, ante un esfuerzo aplicado por otro cuerpo, o electrostática ocasionada por un campo eléctrico; estos materiales de los cuales se puede aprovechar las propiedades para recolección de energía se conocen como piezoeléctricos.⁵⁴

Tal como afirma González en el documento Autonomía en Sistemas de Alimentación, solo los materiales cuyos enlaces atómicos sean iónicos presentan el efecto piezoeléctrico *“... es decir, en los que las moléculas estén dispuestas en pares positivo-negativo llamados dipolos. Cuando se aplica una presión al material, estos dipolos (moléculas) se deforman y se produce una separación de los pares positivo-negativo, creándose así un campo eléctrico. Por tanto, se hace necesario que en reposo, el material tenga los dipolos orientados. Hay materiales que, debido a su naturaleza, los tienen orientados de por sí (cuarzo) y otros, a los que es necesario someterlos a un proceso de orientación permanente (cerámicos)”*.⁵⁵

Se considera que el efecto triboeléctrico fue denominado así por William Gilbert (1544-1603)⁵⁶, mientras que el efecto piezoeléctrico fue por primera vez observado a mediados del siglo XIX por Carl Linaeus y Franz Aepinus, pero no fue realmente entendido hasta que fue demostrado por dos físicos franceses, Jacques y Pierre Curie en 1880, durante los siguientes años se trabajó en el estudio de las propiedades de los materiales cristalinos mediante análisis tensorial y en 1910 se publicaron resultados en "Lerbuch der Kristallphysik" (Libro de texto de la física de cristal) de Voigt, que sería aplicado por primera vez en 1917 por el francés P. Langevin, quien implementó láminas de cuarzo para transducción de onda en sonares de submarinos durante la primera guerra mundial.⁵⁷

⁵² González Romo Juan Manuel, Autonomía en Sistemas de Alimentación - Dic 2014 – grupo de ingeniería electrónica – universidad de Sevilla - Trabajo Fin de Máster

⁵³ Williams, M. W. (2013). ¿A qué se debe la electricidad estática? Investigación y ciencia. American Scientist Magazine

⁵⁴ Contreras, Y. D. J. M., Toledo, L. J. E., & Cuentas, G. L. A. Generación de energía eléctrica mediante el uso de material piezoeléctrico

⁵⁵ González Romo Juan Manuel, Autonomía en Sistemas de Alimentación - Dic 2014 – grupo de ingeniería electrónica – universidad de Sevilla - Trabajo Fin de Máster

⁵⁶ Castellanos Clavijo, D. E. Propuesta para la enseñanza de Ley de Coulomb contemplando aspectos de la naturaleza de las ciencias (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia)

⁵⁷ University of Illinois Board of Trustees 2019. Fall 2012 Project. Piezoelectricity Harvesting. Illinois, EU.: <https://publish.illinois.edu/npre201piezo-fall2012/history-background/>

El auge del material, que en principio era básicamente cuarzo, hizo que por sus propiedades y posibilidades, fuera incorporado en tecnologías tempranas de la industria cotidiana como radio y televisión, y más adelante en relojes, motores piezoeléctricos, amortiguadores vibracionales, eyectores de inyección de tinta y microscopios.⁵⁸ Tuvo gran incidencia en la segunda guerra mundial, fue esencial para el desarrollo de la misma, pues fue implementado como unidad de cristal de cuarzo (QCU), para eficiencia de las comunicaciones; esto hizo que aumentara su demanda, producción y extracción; por lo cual durante y después de la guerra, la industria se vio en la necesidad, de pensar en sustituir el material natural por otros compuestos sintetizados, obtenidos por nuevos métodos y procesos.⁵⁹

El bajo potencial piezoeléctrico de los materiales comúnmente encontrados en estado natural, dió lugar a estudios y pruebas para obtener materiales compuestos óptimos, de ello se pudo obtener compuestos de mayor rendimiento llamados piezocerámicos y ferroeléctricos, difíciles de desarrollar, pero fáciles de replicar, preparados por sinterización de polvos de óxido metálico⁶⁰; entre los cuales se vienen estudiando el Zirconato Titanato de Plomo (PZT),⁶¹ Fluoruro de Polivinilideno (PVDF), materiales tipo Perovskita como Titanato de Calcio (CaTiO₃) Titanato de Bario (BaTiO₃), y Niobato de litio (LiNbO₃)⁶², materiales tipo KDP como Fosfato monopotásico, (MKP, KH₂PO₄), y Tipo TGS como Sulfato de Triglicina.⁶³

Sintetizando, podemos afirmar que Todos los materiales ferroeléctricos son necesariamente piezoeléctricos⁶⁴, y ambos materiales y efectos están ligados subsecuentemente a los materiales y efecto Triboeléctrico para los denominados generadores y nanogeneradores triboeléctricos (TEG) (NTEG)⁶⁵, en los cuales nos enfocaremos en esta investigación, y a partir del cual se vienen descifrando durante los últimos 15 años formas alternativas de transferencia, para generación de energía eléctrica o para la denominada cosecha de energía. Estos sistemas autónomos, aprovechan la activación por: movimientos y fricción del cuerpo; vibraciones en el entorno como de olas, viento o lluvia; tráfico ya sea peatonal o vehicular, y logran desarrollar dispositivos como “piel artificial generadora”, “ventanas y parabrisas inteligentes” “paneles híbridos” y “generación por vibraciones naturales” entre otros casos en general, de los cuales presentamos algunos a continuación:

⁵⁸ Heredia, A., Bdiikin, I., & Colín-García, M. (2011). Piezoelectricidad y ferroelectricidad en biomateriales. La Granja, 14(2), 3-12.

⁵⁹ Piezo Systems, Inc. 1994. The History of Piezoelectricity. Massachusetts, EU.: <https://piezo.com/pages/history-of-piezoelectricity>

⁶⁰ McGahey, C. S. (2009). Harnessing nature's timekeeper: a history of the piezoelectric quartz crystal technological community (1880-1959) (Doctoral dissertation, Georgia Institute of Technology)

⁶¹ González Romo Juan Manuel, Autonomía en Sistemas de Alimentación - Dic 2014 – grupo de ingeniería electrónica – universidad de Sevilla - Trabajo Fin de Máster

⁶² Acosta, M., Novak, N., Rojas, V., Patel, S., Vaish, R., Koruza, J., ... & Rödel, J. (2017). BaTiO₃-based piezoelectrics: Fundamentals, current status, and perspectives. *Applied Physics Reviews*, 4(4), 041305

⁶³ Tecnun. Escuela de Ingenieros. 2004-2008. Universidad de Navarra. Ferroelectricos-y-Piezoelectricos. Donostia-San Sebastián. Gipuzkoa. País Vasco - Navarra, España: http://www4.tecnun.es/asignaturas/PFM_Mat/Prog/Ferroelec2.pdf.

⁶⁴ Heredia, A., Bdiikin, I., & Colín-García, M. (2011). Piezoelectricidad y ferroelectricidad en biomateriales. La Granja, 14(2), 3-12.

⁶⁵ Wang, Z. L. (2013). Triboelectric nanogenerators as new energy technology for self-powered systems and as active mechanical and chemical sensors. *ACS nano*, 7(11), 9533-9557

- Generador triboelectrico flexible. 2012 liderado por Zhong Lin Wang y Feng-Ru Fan, del Instituto Tecnológico de Georgia (Georgia Tech) en Atlanta, Estados Unidos. También han participado, Long Lin, Guang Zhu, Wenzhuo Wu y Rui Zhang, del Georgia Tech. Publicado en Elsevier journal.
- Dispositivo (TEG) de bajo costo y eficiente, con películas metálicas depositadas en la parte superior e inferior de la estructura ensamblada, para convertir la energía mecánica en energía eléctrica aprovechable a partir de fricción.⁶⁶
- Nanogeneradores triboelectricos nueva tecnología energética para sistemas autoalimentados y como sensores activos mecánicos y químicos. 2013. Zhong Lin Wang, School of Materials Science and Engineering, Georgia Institute of Technology - Beijing Institute of Nanoenergy and Nanosystems, Chinese Academy of Sciences. Publicado en ACS Nano journal.
- Dispositivo a base de material orgánico combina triboelectrificación e inducción electrostática, utiliza materiales cotidianos, como papel, tela, PTFE, PDMS, Al, PVC, etc. Densidad de potencia de área 1200 W / m², densidad de volumen 490 kW / m³, eficiencia demostrada de conversión de energía de ~ 50-85%.⁶⁷
- Parche o piel que genera energía a partir de fricción. 2015. del Profesor de ingeniería Chengkuo Lee y Lokesh Dhakar entre otros Investigadores de la Universidad Nacional de Singapur. presentado en la Conferencia Internacional para los Sistema Mecánicos Micro-Electro de IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Publicado en Elsevier journal.
- Un parche del tamaño de una estampa puede generar 7.5 V de potencia eléctrica de una persona, un ligero toque puede generar hasta 90 V y 0.8 mW, suficiente energía para encender 12 LEDs.⁶⁸
- Recolección de banda de frecuencia ancha Energía azul por un nanogenerador híbrido electro-magnético triboelectrico. 2016. Líderes de la investigación Zhen Wen y Zhong Lin Wang del Georgia Institute of Technology, equipo Hengyu Guo, Yunlong Zi, Min-Hsin Yeh, Xin Wang, Jianan Deng, Jie Wang, Shengming Li, Chenguo Hu, Liping Zhu. Publicado en ACS Nano journal.
- Consiste en un generador híbrido para la recolección de energía oceánica de olas (S-TENG) para baja frecuencia y onda de rotación lenta, con envoltorio (W-EMG) para alta frecuencias y rotación rápida.⁶⁹

⁶⁶ Fan, F. R., Tian, Z. Q., & Wang, Z. L. (2012). Flexible triboelectric generator. *Nano energy*, 1(2), 328-334

⁶⁷ Wang, Z. L. (2015). Triboelectric nanogenerators as new energy technology and self-powered sensors—Principles, problems and perspectives. *Faraday discussions*, 176, 447-458.

⁶⁸ Dhakar, L., Pitchappa, P., Tay, F. E. H., & Lee, C. (2016). An intelligent skin based self-powered finger motion sensor integrated with triboelectric nanogenerator. *Nano Energy*, 19, 532-540.

⁶⁹ Wen, Z., Guo, H., Zi, Y., Yeh, M. H., Wang, X., Deng, J., ... & Wang, Z. L. (2016). Harvesting broad frequency band blue energy by a triboelectric–electromagnetic hybrid nanogenerator. *ACS nano*, 10(7), 6526-6534.

- 1P-304: generador triboelectrico totalmente organico y su aplicacion para una pantalla-pelicula electrocromica autoalimentada. 2016. Kim Young Hun, Nae Jung Bum, Park Chihyun, Shin Hae Jin, Kim Eun Kyung. Sociedad Coreana de Quimica Industrial e Ingenieria
- Pantalla-pelicula electrocromica autoalimentada por TGE basado en materiales organicos de bajo costo y alta flexibilidad, se uso poli (3,4-etilendioxitiofeno) (PEDOT) como electrodo a traves polimerizacion por colada en solucion (SCP). Debido a la adhesion entre electrodos organicos y polimeros dielectricos, tiene salida muy estable. La energia se recolecto usando condensadores con un dispositivo electrocromico biestable de bajo consumo de energia.⁷⁰

Soportados en los logros de varios de estos avances, y los desarrollos adelantados en paralelo, se difundio la aplicacion de los TEG en otras areas; para el caso de estudio de este capitulo, de entre estas formas de cosecha de energia para generacion alternativa, encontramos sistemas especificos que pueden integrarse o han sido ideados concretamente para implementar en arquitectura, con casos de aplicacion a pisos, cubiertas y ventanas, de los cuales podemos mencionar los siguientes trabajos y desarrollos:

- Aprovechando la energia de las gotas de lluvia. Estudio y teoria. 2008. Romain Guigon¹, Jean-Jacques Chaillout, Thomas Jager and Ghislain Despesse, CEA/Leti-Minatec, y R&D institute, en Grenoble, France. Publicado en Smart Materials and Structures
- Uso de polimero piezoelectrico fluoruro de polivinilideno (PVDF) que convertia la energia mecanica de las gotas de lluvia golpeando ese material en una pequeña corriente electrica, estiman 1 Wh por metro cuadrado de este plastico al año.⁷¹
- Recoleccion de la energia de la gota de agua de forma secuencial - Electrificacion de contacto y proceso de induccion electrostatica. 2014. Zhong Lin Wang, School of Material Science and Engineering, Georgia Institute of Technology - Beijing Institute of Nanoenergy and Nanosystems, Chinese Academy of Sciences. Equipo Zong-Hong Lin, Gang Cheng, Sangmin Lee, Ken C. Pradel. Publicado en Advanced Materials.⁷²
- Pelicula TENG de agua con politetrafluoroetileno (PTFE) superhidrofobico de escala miniaturizada/nanoestructurada para recolectar la energia hidrocinetica del flujo de agua (e.g. de grifo) y las gotas de agua (e.g. lluvia), el rendimiento del TENG con agua lluvia, producido a partir de una caida de agua de 30 μL puede alcanzar un voltaje maximo de 9.3 V y una corriente maxima de 17 μA . Se alcanza un rendimiento energetico superior de 145 μW cuando

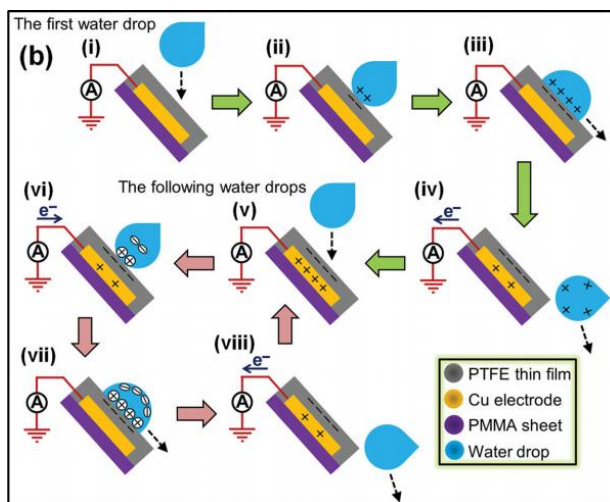
⁷⁰ Kim Young Hun, Nae Jung Bum, Park Chihyun, Shin Hae Jin, Kim Eun Kyung. (2016). 1P-304: All-organic triboelectric generator and its application for a self-powered electrochromic display. 한국공업화학회 연구논문 초록집, 2016(1), pp. 189-189.

⁷¹ Guigon, R., Chaillout, J. J., Jager, T., & Despesse, G. (2008). Harvesting raindrop energy: experimental study. Smart Materials and Structures, 17(1), 015039.

⁷² Dhakar, L. (2017). Triboelectric devices for power generation and self-powered sensing applications. Springer

el agua-TENG se asocia con una resistencia de carga externa de $5 \text{ M}\Omega$.⁷³

En la fabricación de la membrana, con ayuda de una lamina de oxido de Al anodico (AAO), que se retira luego, la película delgada de PTFE es anodizada para luego extraer el aire mediante un proceso de vacío, y unirla a un sustrato de poli (metacrilato de metilo) (PMMA) recubierto con un electrodo de Cu en la parte superior.⁷⁴ El mecanismo de trabajo del water TENG depende de la triboelectricidad por electrificación de contacto entre la gota de agua lluvia con y la película delgada de PTFE; por su funcionamiento puede considerarse como una membrana de anodo individual.



Proceso de generación de cargas cuando cae la gota de lluvia en la película PTFE ⁷⁵

Antes del contacto con el TENG, la gota de agua contiene cargas triboelectricas en su superficie en vista de la acción de fricción/deslizamiento con aire/medio. Para obtener el máximo rendimiento eléctrico, la gota de agua debe ser totalmente expulsada de la superficie de la película delgada de PTFE antes de que caiga la siguiente, lo que hace que la superhidrofobia sea una necesidad.

- Reacciones electrocromicas impulsadas por movimiento para un sistema de ventana inteligente autoalimentado. 2015. Zhong Lin Wang School of Material Science, Engineering, Georgia Institute of Technology. Equipo Min-Hsin Yeh, Long Lin y Po-Kang Yang. Publicado en ACS Nano journal.
- Se desarrollo el sistema para automoviles o edificios, mediante la integracion en parabrisas o ventanas, de un dispositivo electrocromico (ECD) con un (TENG) transparente impulsado por

⁷³ Ahmed, A. E. (2018). Design, Modelling and Analysis of Triboelectric Nanogenerators (Doctoral dissertation)

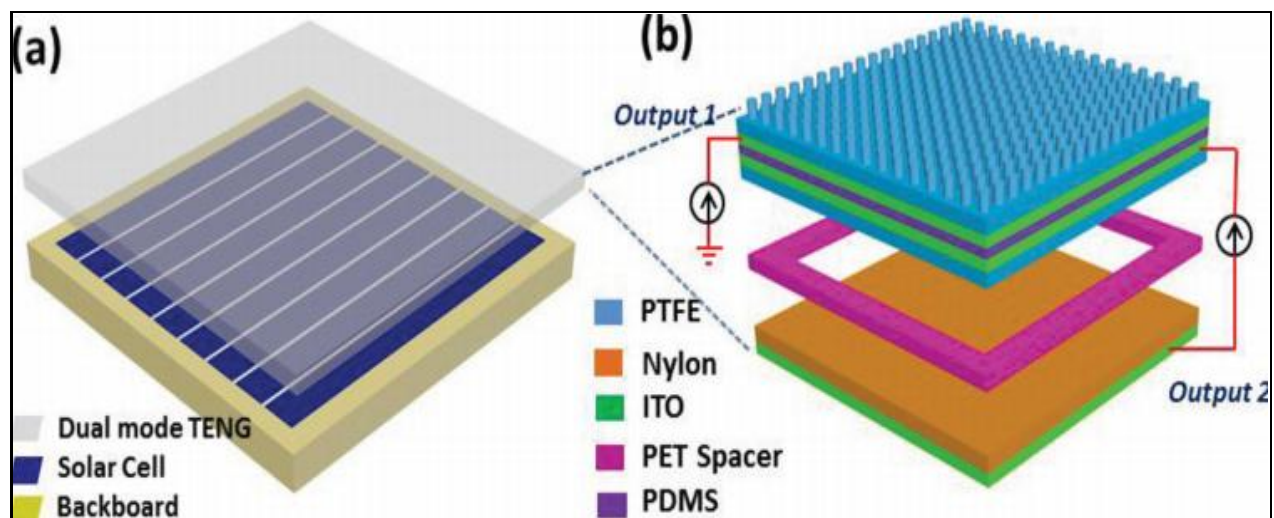
⁷⁴ Lin, Z. H., Cheng, G., Lee, S., Pradel, K. C., & Wang, Z. L. (2014). Harvesting water drop energy by a sequential contact- electrification and electrostatic- induction process. *Advanced Materials*, 26(27), 4690-4696

⁷⁵ *Ibíd.*

el viento y las gotas de lluvia, estiman generar 130 milivatios por metro cuadrado de vidrio.⁷⁶

- Generador de energía híbrido para generar simultáneamente electricidad a partir de la luz solar, las gotas de lluvia y el viento durante todo el día. 2015. Zhong Lin Wang School of Material Science, Engineering, Georgia Institute of Technology, equipo Li Zheng, Gang Cheng, Jun Chen, Long Lin, Jie Wang, Yongsheng Liu, Hexing Li. Patente de 2015 Publicada en Patentscope - Patentes sobre Nano-Energía 1, 29/07/2016. Patente US20160218640A1.
- Generador eléctrico híbrido a partir de energía de luz solar, gotas de lluvia y viento. Salida promedio de 86mW m⁻² con gotas de agua a una tasa de goteo de 13.6 mLs⁻¹, y salida promedio de 8mW m⁻² con viento a una velocidad de 2.7 ms⁻¹.⁷⁷

El dispositivo se compone de tres partes un tablero acrílico, una celda solar de Silicio y un dispositivo TENG dual, que aprovecha la energía de la lluvia y el viento por impacto, y de las gotas por electrificación de contacto. El bastidor en acrílico soporta el dispositivo, le da rigidez y ligereza a la vez, además de que resulta económico; la celda solar convencional, consiste en un electrodo de película de Al, una capa de campo p + back, una capa de masa de Si de tipo p, una capa emisora de N +, una película de SiN, rejillas de Ag y un electrodo de película óxido de indio y estaño (ITO). La parte superior es un TENG transparente superhidrofóbico dual, que es una integración de un TENG de agua y un TENG de contacto, utilizando un espaciador de PET, para mantener la polaridad requerida, entre el paso del TENG de Agua y hacia el TENG de contacto, y poder recoger la carga diferencial negativa sin alterar el sistema, se incluye en el primero una película de polidimetilsiloxano (PDMS), como se muestra esquemáticamente en la composición de la película TENG.⁷⁸

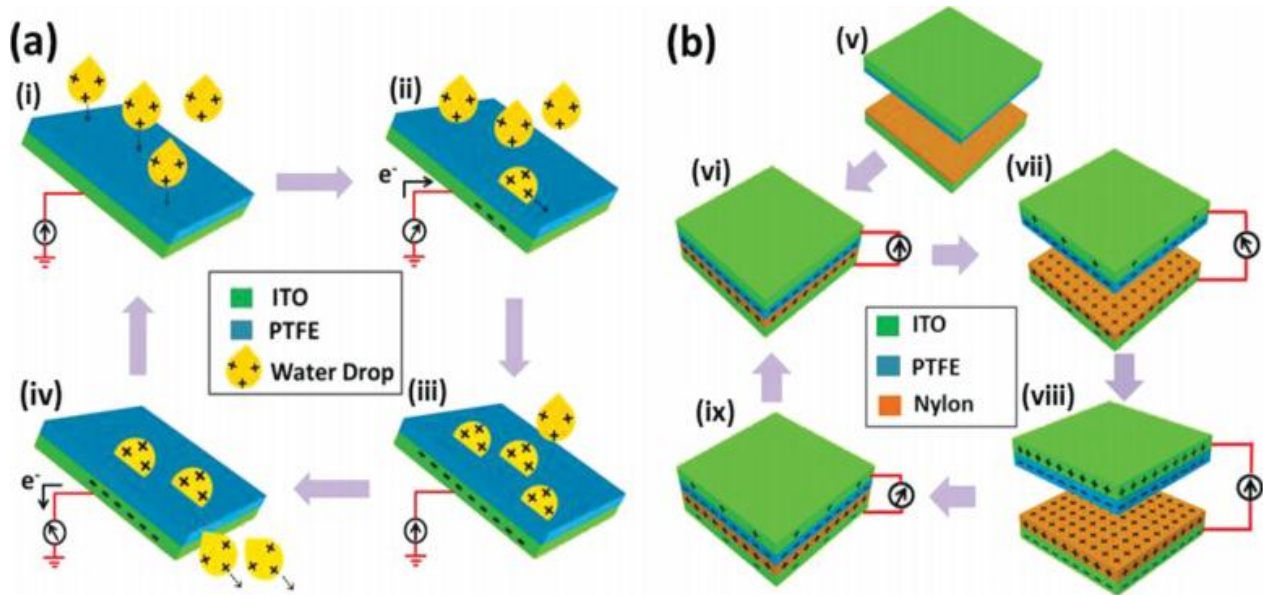


⁷⁶ Yeh, M. H., Lin, L., Yang, P. K., & Wang, Z. L. (2015). Motion-driven electrochromic reactions for self-powered smart window system. *ACS nano*, 9(5), 4757-4765

⁷⁷ Zheng, L., Cheng, G., Chen, J., Lin, L., Wang, J., Liu, Y., ... & Wang, Z. L. (2015). A hybridized power panel to simultaneously generate electricity from sunlight, raindrops, and wind around the clock. *Advanced Energy Materials*, 5(21), 1501152

⁷⁸ *Ibíd.*

A continuación se presenta el funcionamiento en esquemas de la capa TENG dual, en la cual se muestra en primer lugar la película TENG de agua; cuando las gotas tocan el PTFE (ii), habrá diferencia de potencial eléctrico positivo (EPD), entre el electrodo ITO de la película de PTFE y el suelo, haciendo que los electrones fluyan desde la base al electrodo ITO hasta que la EPD este equilibrada (iii). Cuando salen las gotas de la superficie PTFE, se formara una EPD negativa que obliga los electrones a fluir desde el electrodo de ITO hasta la base (iv), logrando equilibrio.⁷⁹



En segundo lugar de la imagen previa esta el funcionamiento del TENG, cuando por impacto de viento o las gotas, las capas PTFE y Nylon superan el distanciador PET y entran en contacto. De acuerdo con la serie triboeléctrica, los electrones se inyectan del Nylon a la capa PTFE, lo que genera cargas negativas en la PTFE y positivas en el Nylon. Dado que solo están confinados en las superficies, las cargas con signos opuestos coinciden en casi el mismo plano, sin generar EPD entre los dos electrodos ITO. Caída la gota, las superficies contactadas se separan por su propia elasticidad, quedando una EPD negativa entre electrodos ITO (vii), con flujo de electrones del electrodo ITO 1 al electrodo ITO 2, alcanzando finalmente equilibrio (viii). Al caer otra gota cargada nuevamente hay contacto entre la PTFE y el Nylon, y el TENG se vuelve negativo.⁸⁰

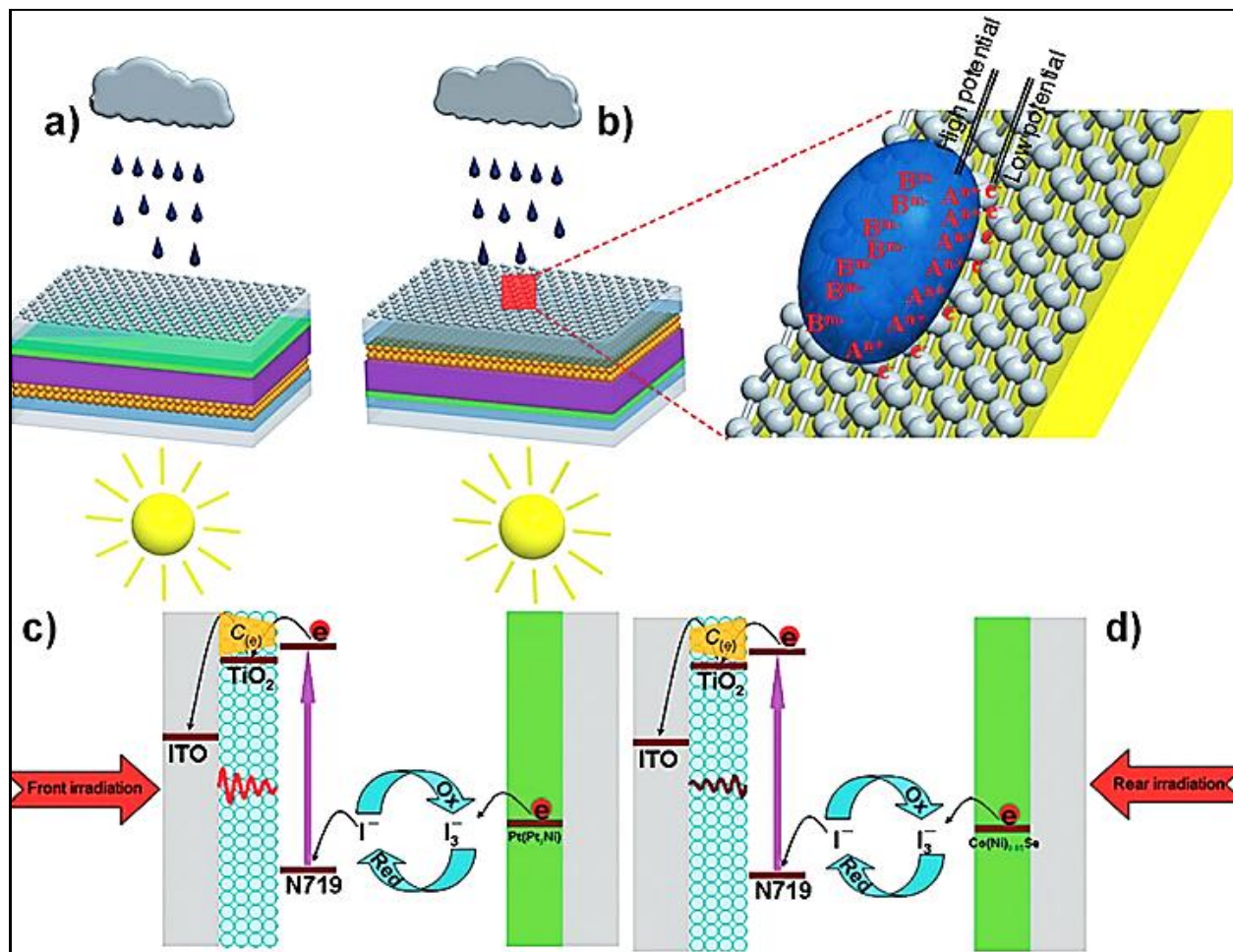
- Simulación-revisión-Optimización; aplicación de piezoeléctrico para recolección de energía de gotas de lluvia. 2013-2016. Wong Chin-Hong, Zuraini Dahari, and Asrulnizam Abd Manaf, Muhamad Azman Miskam. Universiti Sains Malaysia. Presentado en 10ma Conferencia regional IEEE (TENCON). Publicado en Journal of Electronic Materials y Applied Mechanics and Materials.

⁷⁹ *Ibíd.*

⁸⁰ *Ibíd.*

- Recolector de energía de gotas lluvia usando, electrodo de aluminio y una serie de transductores piezoeléctricos de fluoruro de polivinilideno (PVDF) conectados en combinación de configuración en serie y paralelo en una matriz de 3 x 2, con dimensión de configuración de 4mm x 40mm x 25/ln.⁸¹
- Celula solar que es activada por el sol y la lluvia. 2016. Autor principal Qunwei Tang y Xiaopeng Wang, Institute of Materials Science and Engineering Ocean University of China (Qingdao). Equipo, Peizhi Yang, and Benlin He Key, Laboratory of Advanced Technique & Preparation for Renewable Energy Materials, Yunnan Normal University (Kunming, China). Publicado en journal *Angewandte Chemie, Journal of Materials Chemistry A*.
- Celula solar flexible semitransparente, que combina un electrodo de grafeno enriquecido con electrones, con una DSSC (Dye Sensitive Solar Cell). Puede reaccionar con luz incidente en los días soleados y con gotas de lluvia en los días lluviosos, sobre el principio de que las gotas de agua contienen sales, utilizan capas de grafeno de un átomo de grosor que separan los iones Sodio (Na), Calcio (Ca^{2+}) y Amonio (NH_4^+) con carga positiva, de los iones con cargas negativas formando así algo parecido a un condensador eléctrico. La celda está montada en un sustrato de óxido de Indio Estaño (ITO)-Polietileno Tereftalato (PET); recubierta con ánodo de TiO_2 de 10 μm de espesor, sensibilizando con tinte N719 0,5mM y con un soporte ITO-PET con Contra Electrodo (CE), Pt(Pt3Ni aleación) para irradiación frontal y Co (Ni) 0.85Se para irradiación posterior; un electrolito redox con pares I/I3 se inyecta al espacio entre ánodos TiO_2 y CE y se sella la celda solar con presión en caliente. Al lado posterior del sustrato ITO-PET se integra por prensado térmico, una película de óxido de grafeno reducido rOG como capa buffer, con lo cual la célula solar genera energía por irradiación frontal y posterior durante los días soleados, mientras que en días lluviosos opera la película de grafeno cuando se revierte hacia arriba para generación.

⁸¹ Chin-Hong, W., Dahari, Z., Manaf, A. A., Sidek, O., Miskam, M. A., & Mohamed, J. J. (2013, April). Simulation of piezoelectric raindrop energy harvester. In *IEEE 2013 Tencon-Spring* (pp. 465-469). IEEE



OPV/TENG flexible semitransparente [(ITO)/(PET)/(TiO²)-I₃-Pt(Pt₃Nialeacion)(CE frontal)-(ITO)/(PET)/(TiO²)-I₃-Co(Ni)0.85Se(CE posterior)+rOG capa buffer], a) Irradiación frontal d) Irradiación posterior y generación corriente y voltaje por gotas de lluvia sobre película rGO. c), d) Principio operativo bajo la luz solar.⁸²

La película rGO se deposita en el lado PET y la célula solar se ensambla en el lado ITO. Los dos electrodos para medir corriente y voltaje por gotas de lluvia están recubiertos con pintura de plata y protegidos con copolímero de etileno vinil acetato. Las gotitas son inyectadas por una jeringa médica controlando la velocidad de inyección.

En una tira rGO de 20×50 mm² Aprox. Con gotas de lluvia simuladas (solución acuosa de NaCl, con concentración de 0.6m, 1m, o 2m; desde 0.6 m), la corriente aumenta de cero a 0.29 mA en 0.10 s y luego disminuye a cero en 0,83 s hasta la siguiente señal. La intensidad de la corriente aumenta hasta 0,33 y 0,54 mA al reducir a 7,58 y 4,52 mm, respectivamente, la distancia entre el punto de caída y el electrodo. Cada gota produce un voltaje y una potencia de salida de 152.6mV y 7.17pW para 9.46mm, 54.7mV y 20.7pW para 7.58mm, y 25.1mV y

⁸² Tang, Q., Wang, X., Yang, P., & He, B. (2016). A solar cell that is triggered by sun and rain. *Angewandte Chemie International Edition*, 55(17), 5243-5246

84.7pW para 4.52mm. Se estimó la velocidad final de las gotas en 30.8, 27.5 y 21.3 cm s⁻¹ a distancias laterales de 9.46, 7.58 y 4.52 mm, correspondientemente. El voltaje y la corriente incrementan con la concentración de NaCl o la carga positiva de la lluvia; en pruebas de laboratorio el 52.3% del voltaje y el 88.8% de la corriente inicial permanecieron después de la operación repetida. En medio de las variables y el comportamiento de la célula, la misma produce por aprovechamiento de lluvia valores regulares máximos aproximados de 0.50mA, 150mV y 50pW.⁸³

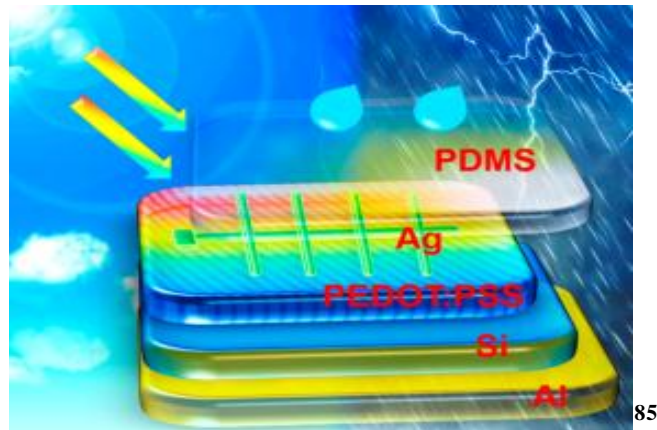
El panel TENG fotovoltaico tiene eficiencia de conversión solar a eléctrica óptima del 6,53% bajo la radiación de AM 1.5. La formación de pseudocapacitores eléctricos de doble capa p-electron j en la interfaz de grafeno/gota de agua es contribuyente a las salidas de corriente y voltaje en el proceso de carga-descarga conmutable.⁸⁴

- Integración de una célula solar de silicio con un nanogenerador triboeléctrico mediante un electrodo mutuo para obtener energía de la luz solar y las gotas de lluvia. 2018. Wen Zhen, autor principal Universidad de Suzhou China (Soochow University), equipo Yuqiang Liu, Na Sun, Jiawei Liu, Zhen Wen, Xuhui Sun, Shuit-Tong Lee, y Baoquan Sun. Publicado en edición de ACS Nano journal.
- Generador rentable híbrido PFV/ TENG, que produce electricidad del sol y la lluvia. La película opaca con adición transparente, aprovecha la alta eficiencia del silicio para optimizar el rendimiento con la activación dual.

El híbrido, Panel Foto Voltaico y Nano Generador Tribo Eléctrico, está conformado básicamente por una capa de PFV a partir de Silicio (Si), de heterounión con electrodo único compartido a base de poli (3,4-etilendioxitiofeno): poli (estirenosulfonato) PEDOT:PSS que reduce el reflejo aumentando la corriente de corto circuito; recubierta con una película TENG de agua a partir de polidimetilsiloxano PDMS impreso, permitiendo una superficie texturizada con mayor área de contacto con las gotas. La heterounión Si/PEDOT:PSS permite como película fotovoltaica generar energía a partir de luz solar; mientras la PEDOT:PSS/PDMS como triboeléctrico se acciona por gotas de agua lluvia.

⁸³ *Ibíd.*

⁸⁴ *Ibíd.*



Con su estructura como fotocelda solar logra un PCE de 13.6%. Como película TENG de agua, alcanza una salida con corriente máxima de cortocircuito (I_{sc}) de ~ 33.0 nA y una tensión pico de circuito abierto (V_{ocTENG}) con voltaje de ~ 2.14 V.⁸⁶

Para delimitar en este punto el tema y con base en investigaciones realizadas y dispositivos desarrollados, encontramos un documento titulado *Modelling and Analysis of Triboelectric Nanogenerators*, en el cual el científico Abdelsalam Ahmed nos presenta una subclasificación de los dispositivos TENG, para recolección de energía del agua, “Condensadores hidrocineéticos basados en TENG”, categoría en la cual nos enfocaremos específicamente y para la cual, el autor en mención, presenta la siguiente tipificación:⁸⁷

“(a) Movimiento rodante de frecuencia de banda ancha; (Broadband Frequency Rolling Motion).

(I) Diseño de bola de caja (Box ball design)

(II) Diseño de bola; dispositivo TENG esférico (Sphere ball design, rolling free standing - RFT)

(b) Mecanismo de carga restaurativa. (Restorative load mechanism)

(I) Estructura TENG asistida por resorte; (spring-assisted TENG structure)

(II) Películas onduladas de Kapton (Wavy Kapton films)

(c) Ensamblaje de disco giratorio (Rotating Disk assembly)

⁸⁵ Liu, Y., Sun, N., Liu, J., Wen, Z., Sun, X., Lee, S. T., & Sun, B. (2018). Integrating a silicon solar cell with a triboelectric nanogenerator via a mutual electrode for harvesting energy from sunlight and raindrops. *ACS nano*, 12(3), 2893-2899.

⁸⁶ *Ibíd.*

⁸⁷ Ahmed, A. E. (2018). *Design, Modelling and Analysis of Triboelectric Nanogenerators* (Doctoral dissertation).

(d) Cribado asimétrico electrostático. (Electrostatic Asymmetric Screening)

(I) Generador LSEG. (Liquid-solid electrification enabled generator - LSEG)

(II) Generador triboeléctrico de película delgada (thin-film triboelectric generator TF-TEG)

(III) Generador TENG de gota de agua-. (Water drop -TENG.)

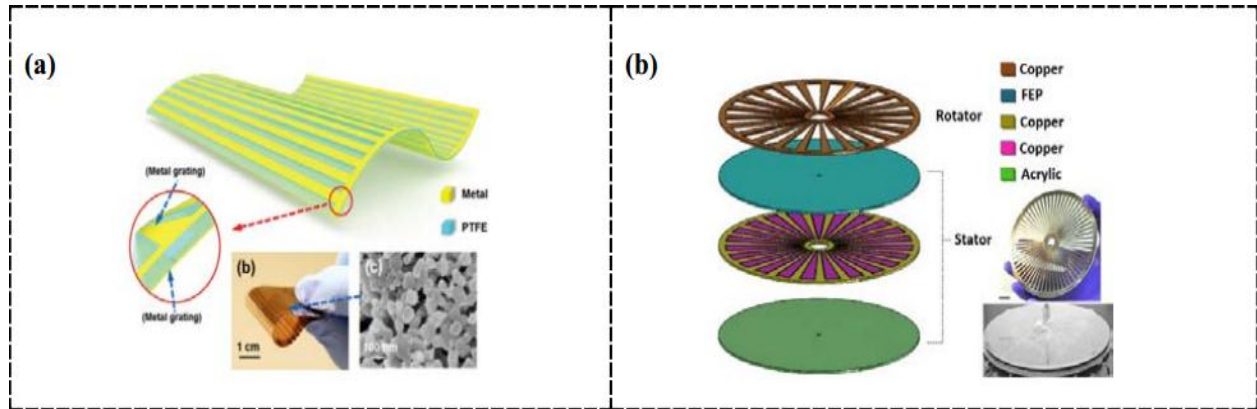
(e) Estructuras biónicas TENG. (bionic-jellyfish triboelectric nanogenerator bjTENG)”

Como se observa con base en los ejemplos presentados, una gota de agua puede transmitir dos formas de energía. La primera es la energía cinética mecánica producto del impacto al caer sobre una superficie y la segunda es la energía electrostática creada a través del proceso de electrificación de contacto con el medio según sea aire u otros canales. Particularmente para efectos de esta investigación y basados en la clasificación de Ahmed, nos centraremos en dispositivos transductores de energía hidrocínética, basados en nanogeneradores triboeléctricos de cribado asimétrico electrostático (membrana polimérica sintética para separación de cargas), conocidos como Water drop TENG s o TENG de gota de agua, cuyo funcionamiento aprovecha la segunda forma de transmisión energética mencionada previamente. Se tomarán en cuenta para implementación al proyecto de diseño, los modelos de los profesores Qunwei Tang, Zhong Lin Wang y Wen Zhen, teniendo en cuenta el aporte de sus investigaciones en cuanto a la adaptabilidad y la posible aplicación del dispositivo, por sus condiciones, al clima Bogotano (según datos IDEAM de clima), dicho modelo es un nanogenerador triboeléctrico híbrido para panel fotovoltaico o celda solar triboeléctrica; de tales referencias se tomarán datos para extraer los valores de generación.

Por ahora para el caso de estas nuevas tecnologías, de las cuales podemos decir, que presentan avances tangibles, comprobados y realmente significativos, pero que no tienen gran salida comercial; puede resultar especulativo estimar costos, debido en gran parte a que se encuentran constantemente en desarrollo debido a las posibilidades propias de la ciencia y la tecnología, y los factores de estabilidad, eficiencia y modos de producción son variables cambiantes.

A pesar de ello existe en el mundo de la ciencia, certeza en de las bondades para la economía en cuanto al bajo costo de los dispositivos orgánicos o híbridos frente a dispositivos convencionales, basados con base en la abundancia y asequibilidad de los elementos para elaboración de materiales compuestos, el costo de los mismos, su procesamiento y su producción masiva en serie; como se evidencia en la investigación reciente de Ahmed, realizada como parte de su trabajo doctoral en la Universidad de Toronto, donde se presentaron algunos valores de referencia para dos tipos de dispositivos y estructuras TENG.⁸⁸

⁸⁸ Ahmed, A. E. (2018). Design, Modelling and Analysis of Triboelectric Nanogenerators (Doctoral dissertation).



Module parameters	Module A	Module B
“TENG” Module size	60 cm ²	78.95 cm ²
Distance between TENG unit	1 cm	1 cm
Module efficiency	50 %	24 %
Power output of one piece of module W	3	1.5
Power output of one piece of TENG W/m ²	500	190

Con base en la caracterización presentada se estimaron los valores para ambos módulos y sus variables incidentes presentados en este cuadro comparativo:

Costo	Módulo A	Módulo B	Variable
De capital estimado en el primer año	0.07 US\$/W	0.14 US\$/W	Se debe a la alta tasa de depreciación (50%) de la inversión de capital.
Total calculado de materiales	0.617 US\$/W	2.56 US\$/W	Debido a que la potencia de salida y la eficiencia son más altas en el Módulo A.
Total de producción	US\$ 0.04784/W	US\$ 0.075/W	De tendencia similar, basado en la producción de células solares de (Si) de película delgada.
De amortización	US\$ 0.68084	US\$ 2.667	Se calculan amortizando el costo de capital total para toda la vida útil de los dispositivos.
Estimado correspondiente	0.8308 - 0.86834 US\$/W	4.731 - 4.811 US\$/W	Los costos del módulo aumentan exponencialmente a medida que disminuye su eficiencia.

Resumiendo en parte y según los estudios de Ahmed, la ventaja ambiental de los dispositivos TENG en comparación con los OPV, es que presentan menores impactos y una tasa de retorno de inversión mucho más rápida, lo que los hace más sostenibles. Aun así se considera que los nano generadores triboeléctricos realizados, pueden reoptimizarse empleando sustratos más verdes reduciendo el consumo de solventes orgánicos y empleando procesos de fabricación más eficientes.⁸⁹

1.1.3 MFC (Microbial Fuel Cell).

1.1.3.1 Geobacter- MFC (Microbial Fuel Cell). En la naturaleza podemos encontrar microorganismos bacterianos capaces de generar energía eléctrica oxidando en su metabolismo compuestos orgánicos, lo que los convierte en potenciales fuentes de energía renovable, este es el caso de la bacteria *Geobacter* del grupo Deltaproteobacteria pertenece a la familia Geobacteraceae (familia de microorganismos con la mayor capacidad natural de generar electricidad), es del género *Desulfuromonas* y de la especie *sulfurreducens* (pueden reducir sulfatos y sulfitos, y oxidar componentes de azufre por procesos REDOX); tiene longitud de 0.1 a 0.9 μm y diámetro de 1 a 4 μm ; sus condiciones óptimas de crecimiento son 30°C de temperatura y entre 6.2 y 7.5 de PH.⁹⁰

Se reproducen por fisión binaria y pueden ser cultivadas, en condiciones de laboratorio su tiempo de duplicación puede llegar a 45 minutos; una vez que en la tendencia de reproducción de

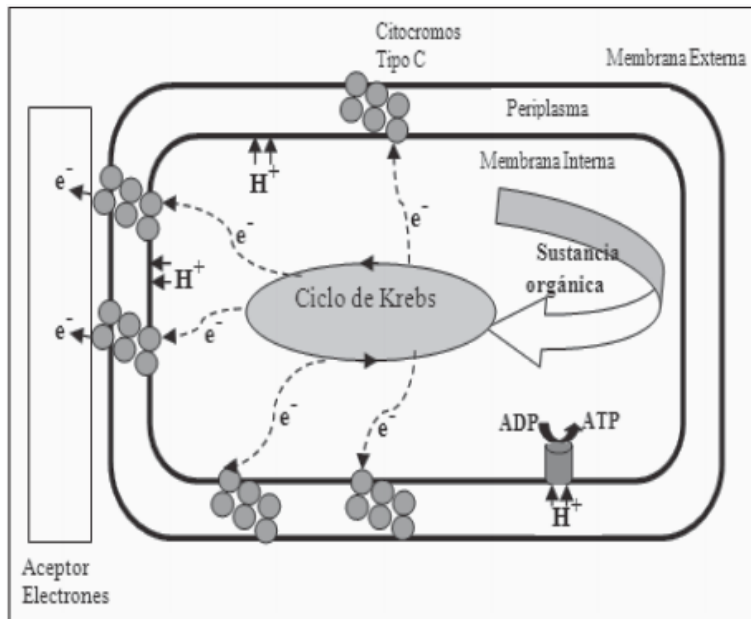
⁸⁹ Ahmed, A. E. (2018). Design, Modelling and Analysis of Triboelectric Nanogenerators (Doctoral dissertation).

⁹⁰ Mejía, A. A. R., Vasquez, J. A., & Gonzalez, A. L. (2012). Bacterias, fuente de energía para el futuro. *Tecnura*, 16(32), 117-142.

la población se iguala el número de bacterias muertas y bacterias generadas, que se considera equilibrio dinámico, entran en fase estacionaria en gran parte debido al agotamiento de nutrientes, por lo cual en condiciones controladas (no naturales), se debe cambiar el medio o sustrato bacteriano para renovar la materia orgánica.⁹¹

Posee apéndices celulares (Pilis y Flagelos), que le permiten intercambios y desplazamiento; por sus propiedades tiene la capacidad de transferir electrones a moléculas, a sustancias varias y directamente a electrodos. Tiene metabolismo heterotrofo de tipo parásito o saprofago, más específicamente es quimioorganotrofo anaerobio y usa compuestos orgánicos como fuente de energía, generando corriente eléctrica por degradación de restos orgánicos, lo que le da a esta bacteria condiciones también para biorremediación. Siendo de naturaleza anaeróbica resiste la exposición al OXÍGENO, pero habita en medios sedimentarios o acuosos con tasas estándar de humedad para suelos tipo, naturales y libres de Oxígeno puro.

*“Para obtener los electrones el Geobacter utiliza la respiración e internamente aplica el ciclo Krebs, una sucesión de reacciones químicas que oxidan completamente la materia orgánica hasta producir dióxido de carbono, agua, energía en forma utilizable (electrones) y ATP. Además, la red de Citocromos Tipo C actúa como un capacitor almacenando energía para mantener la célula activa en su búsqueda de nuevos aceptores de electrones”.*⁹²



93

En los procesos de respiración y síntesis de energía los organismos anaerobios reemplazan el Oxígeno por un sustituyente que en el caso de la Geobacter puede ser Glucosa o derivados de Nitrato o Azufre, obtenidos de compuestos orgánicos y metabolizados como energía eléctrica.

⁹¹ Mejía, A. A. R., Vasquez, J. A., & Gonzalez, A. L. (2012). Bacterias, fuente de energía para el futuro. Tecnum, 16(32), 117-142.

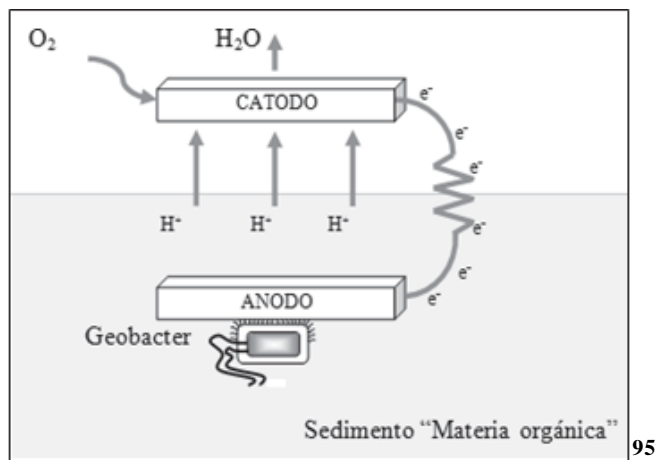
⁹² Huitzil, T. (2010). Generación de electricidad empleando Geobacter Sulfurreducens. Memoria de la especialidad de Ingeniero Eléctrico-Electrónico. Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM.

⁹³ Mejía, A. A. R., Op. Cit.

Desde 1910 en Inglaterra (Michael Potter) se realiza investigación de actividad eléctrica en microorganismos, sin embargo sería Barnet Cohen en 1931 quien obtuvo y documentó resultados menores de generación de corriente con celdas de combustible biológico; treinta años adelante gracias a experimentos de la NASA, se trabajó en dispositivos con la misión de transformar residuos orgánicos en electricidad a partir de algas y bacterias, conocidos como celdas de combustible microbiano, con altibajos entre 1962 y 1967 se mantuvo la investigación sobre el tema logrando nuevos resultados, sin embargo hasta 1980 (Peter H. Bennetto), se tuvo novedades en la eficiencia de producción energética por transferencia de electrones; ya para 1987, se trabajó con la especie recién descubierta en el Potomac, *Geobacter* (Dr. Derek Lovley); identificando en ella estructuras de nanocables eléctricamente conductores de proteínas llamados "Pili".⁹⁴

Con base en el comportamiento de la bacteria, sus propiedades y posibilidades, y los estudios del Dr. Lovley, se aprovechó la transferencia eléctrica producto de la reacción Redox para conformar una Celda de Combustible Microbiano CCM (Microbial Fuel Cell, MFC).

Una MFC es un bioreactor que utiliza electrógenos, en este caso la *Geobacter*, como catalizador, en reacciones electroquímicas para convertir la energía química en energía eléctrica, operando a partir de materia orgánica ("Combustible"), cuando esta es descompuesta por agentes oxidantes como Sulfatos y Nitratos, en medios llamados sustratos, contenidos en una o dos cámaras normalmente, donde se ubican y diferencian ánodo y cátodo (cámara anódica – cámara catódica); las bacterias transfieren directamente los electrones al ánodo; gracias a la tendencia natural de crecimiento de las mismas y su agrupación por electronegatividad, forman un biofilm alrededor del electrodo aceptor. No necesita mediador y mediante los Pili con los cuales también se aferran, descargan la energía almacenada de los citocromos hacia el ánodo, normalmente constituido de carbono por su disponibilidad, asequibilidad, manejo, electronegatividad y conductividad.



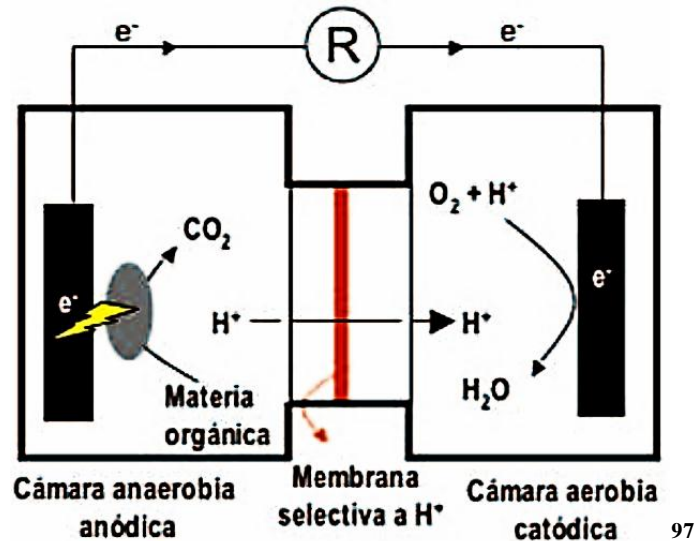
Existen MFC de diversos tipos, planas, tubulares o en H, entre otras⁹⁶, esta última

⁹⁴ Mejía, A. A. R., Op. Cit.

⁹⁵ Mejía, A. A. R., Op. Cit.

⁹⁶ Logan, B. E., Hamelers, B., Rozendal, R., Schröder, U., Keller, J., Freguia, S., ... & Rabaey, K. (2006). Microbial fuel cells: methodology and technology. *Environmental science & technology*, 40(17), 5181-5192.

configuración se trabaja usualmente cuando se tiene doble cámara, para lo cual en el sustrato (residuos vegetales o aguas residuales) se utiliza intermedio a los electrodos un electrolito o PEM, (proton-exchange membrane), esta membrana de intercambio de protones (Nafion® 117 o Ultrex); actúa para canalizar protones en un solo sentido hacia el cátodo, con los restos de partículas atómicas más simples descompuestas, que se recombinan formando H₂O y O₂ en la cámara del cátodo, este transfiere los electrones fuera de la celda y puede estar expuesto al aire.



En cuanto a los rendimientos encontraremos diversas cifras conforme al tipo de celda que se desarrolla, la estructura de composición, los materiales y las variaciones en la misma. De acuerdo a los estudios revisados sobre investigaciones adelantadas en Estados Unidos, los autores Mejía y Vasquez recogen datos comparativos como se muestra en la siguiente tabla.⁹⁸

Volumen MFC (mL)	Área Ánodo (cm ²)	Potencial eléctrico (V)	Corriente (mA)	Densidad de corriente (A/m ²)	Tipo de electrodo
450	61.2	0.2	0.4	0.065	Grafito sólido
14	6.45	0.3	0.9	0.7	Fibra de carbono
14	0.8	0.3	0.7	4.6	Fibra de carbono
14	0.8	0.3	0.7	3.1	Grafito sólido
6.4	7.8	0.3	2	3.1	Oro
24	0.071	0.3	10	7.6	Tela de

⁹⁷ Esteve-Núñez, A. (2008). Bacterias productoras de electricidad. Laboratorio de Ecología Molecular Centro de Astrobiología, 4040-4046

⁹⁸ Mejía, A. A. R., Op. Cit.

					Grafito
--	--	--	--	--	---------

Según el documento “Bacterias, fuente de energía para el futuro” una CCM tipo PEM tiene una eficiencia del 60 al 40% operando a 80°C utilizando ácido de polímero orgánico como electrolito, para un rendimiento entre 50 y 520 KW, lo que resulta como caso excepcional. Del mismo documento extraemos muestras de datos para rendimientos de celdas desarrolladas por equipos de distintos países, con estructuras diferentes⁹⁹ resumidas en el siguiente cuadro:

Resumen de empleo de *Geobacter Sulfurreducens*

	MÉXICO	EUA	COREA	ARGENTINA
Composición (por litro)	4g C ₆ H ₁₂ O ₆ 310 mg NH ₄ Cl 130 mg KCl 4.97 g NaH ₂ PO ₄ 2.75 g Na ₂ HPO ₄	0.1 g de KCl, 0.2 g de NH ₄ Cl 0.6 g de NaH ₂ PO ₄ , 2 g NaHCO ₃	5 g NH ₄ Cl 0.6 g NaH ₂ PO ₄ 0.1 g NaHCO ₃ 0.82 g acetato de sodio	-----
Temperatura [° C]	40	30	30	-----
Ph	Entre 5 y 6	6.8	-----	-----
Electrodos [cm]	Papel carbón (1.7 x 1.6)	Barras de grafito sin pulir (2.5 x 7.6 x 1.2)	-----	15.8 x 3.8 x 1.2 Pilas lavadas previamente
Resistencia [Ω]	1000 y 600	500	1000	100 a 4000
Corriente máxima [mA]	0.08 y 0.17	0.45	0.24	0.02
Voltaje máximo [V]	0.08 y 0.102	0.225	0.24	0.35mV
Potencia máxima [mW/m ²]	335	880	470	701

100

Según se recupero del documento original, para el caso del experimento desarrollado por científicos de Corea, se utilizó como material de electrodo para ánodo, papel carbón (a prueba de humedad, E-tek Co., EE. UU.), con diámetro de 1,3cm (área de superficie 1,32cm²), mientras que el cátodo se preparó aplicando una mezcla de catalizadores de Pt/C (10% de Pt; E-tek Co., EE. UU.), y 5% de solución de Nafion (7µl de solución de Nafion/mg de catalizador de Pt/C), en un lado del papel carbón con una dimensión de 2.0cm x 2.6cm (5.2cm²). Documentan los coreanos que se han obtenido resultados sobresalientes de densidad de potencia de 1,540mW/m²¹⁰¹, con electrodo de O₂/Pt como cátodo, y 4,310mW/m² con electrodo de ferricianuro/Grafito como cátodo, este último se ha descartado en nuevos desarrollos por su

⁹⁹ Huitzil, T. (2010). Generación de electricidad empleando *Geobacter Sulfurreducens*. Memoria de la especialidad de Ingeniero Eléctrico–Electrónico. Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM.

¹⁰⁰ Huitzil, T., Op. Cit.

¹⁰¹ Logan, B. E., Hamelers, B., Rozendal, R., Schröder, U., Keller, J., Freguia, S., ... & Rabaey, K. (2006). Microbial fuel cells: methodology and technology. *Environmental science & technology*, 40(17), 5181-5192.

toxicidad.¹⁰²

Para implementar un dispositivo de generación MFC, como ocurre con otros sistemas, igualmente se requieren de un regulador como protección ante picos y caídas de las cargas, y un inversor para pasar de corriente directa a alterna. Según Vasquez, si se requiere implementar un sistema productivo o eléctrico residencial, se necesita un voltaje nominal de 12Vdc a una potencia de 100W; para lo cual con celdas tipo KN400 (Yi 2009) empleadas para el estudio de Vasquez, de $24.7 \times 10^{-6} \text{m}^3$ que aportaron 0.3Vdc, 10mA y 3mW de potencia; se requeriría conectar en serie 40 MFC para alcanzar los 12Vdc, conformando una sección; cada sección aporta 0.12W, con lo cual se requeriría de 833 secciones (un módulo), para obtener 100W de potencia. Sobre estas cuentas requerimos de 33.333 celdas que tendrían un volumen teórico 0.8m^3 y en total generarían un voltaje de 0.01MV, con una densidad de potencia resultante de 82.3W/m^3 (1.08kW/m^2); como se resume en el siguiente cuadro:

REQUISITOS SISTEMA ELÉCTRICO		CELDA MFC (PROMEDIO)				
VOLTAJE Vdc	POTENCIA W	LARGO cm	ANCHO cm	ÁREA cm ²	ALTO cm	VOLUMEN cm ³
12	100	2,5	1,3	3,25	7,6	24,7

	UNIDADES (MFC)	CORRIENTE mA	VOLTAJE Vdc	POTENCIA W	ÁREA m ²	ALTO m	VOLUMEN m ³	DENSIDAD DE POTENCIA mW/m ³	DENSIDAD DE POTENCIA W/m ³
CELDA	1	10	0,3	0,003	0,000325	0,076	0,0000247	0,0000741	0,000000074
SECCIÓN	40		12	0,12	0,013	0,076	0,000988	0,11856	0,00012
MÓDULO	33333		9999,9	99,999	10,833225	0,076	0,8233251	82331,68667	82,33

POTENCIA W	ÁREA m ²	ALTO m	VOLUMEN m ³	DENSIDAD DE POTENCIA W/m ²	DENSIDAD DE POTENCIA W/m ³
0,003	0,00033	0,076	0,000025	9,75E-07	7,41E-08
9,23	1,000025	0,076	0,076	9,23	0,702
121,46	13,16	0,076	1,0000042	1598,14	121,46

Considerando que de una celda como la planteada de 25cm^3 se obtuvo $0,000975 \text{mW/m}^2$ podemos proyectar para este estudio que con la misma arquitectura en una superficie de 1m^2 se logran 9.23Wm^2 y un módulo de 1m^3 produciría 121.46Wm^3 de generación, los adelantos en estudios posteriores y paralelos a la experimentación con ánodos, cátodos y membranas (membrana polimérica¹⁰³), se vienen enfocando también a la mejora de sustratos, películas Orgánicas y cultivos de bacterias Geobacter (las más eficientes en cultivos puros), como se demostro con la cepa KN400 que tuvo densidades de corriente de 7.6A/m^2 y de potencia de

¹⁰² Trinh, N. T., Park, J. H., & Kim, B. W. (2009). Increased generation of electricity in a microbial fuel cell using Geobacter sulfurreducens. Korean Journal of Chemical Engineering, 26(3), 748-753.

¹⁰³ Asensio, J. A., Peña, J., Perez-Coll, D., Ruiz-Morales, J. C., Marrero-Lopez, D., Núñez, P., ... & Gomez-Romero, P. (2011). Pilas de combustible de Membrana polimérica. Afinidad, 68(554)

3.9W/m² (Yi 2009).¹⁰⁴ Logan en 2009 señala que la optimización de biopelículas para eficiencia energética, ha generado hasta **6.9W/m²** (Fan 2008) de densidades de potencia.¹⁰⁵

En investigaciones más recientes de la Beihang University y de la University of Colorado Boulder, se ha venido trabajando en una celda que se conoce como Spiral Wound Microbial Fuel Cell SWMFC con caracterización hidráulica, de la cual ya se avistan mejoras en rendimientos entre el 42% y el 99%, en la densidad de potencia que se encuentra en un rango de **77.3w/m³** (Ming, Logan 2004) producto de su baja resistencia interna.¹⁰⁶

Afirman en su estudio Shaoan Cheng y Bruce Logan que, en un MFC de dos cámaras, de 20L se obtuvo densidad de potencia de **144W/m³** (Dekker 2009); disminuyendo el pH del medio mejoraron el rendimiento del cátodo generando oxígeno puro en lugar de aire, incrementando el caudal, y disminuyendo así la resistividad volumétrica a 1.2mΩ/m³.¹⁰⁷ Equilibrar el pH o agregar CO₂ al cátodo también aumentó la generación de energía. Se infiere que la densidad de potencia de ánodo y cátodo es directamente proporcional a la concentración, conductividad del medio e inversa a la resistencia del mismo. Y se evidencia que duplicar la superficie del cátodo tiende a aumentar la producción de potencia en un 62%, contra un 12% al doblar el tamaño del ánodo. Independiente del tamaño de MFC.¹⁰⁸

En investigación conjunta de la Universidad de Zhejiang y la Penn State University, en 2011, mediante la optimización de la arquitectura y la química de la solución, de una MFC de cámara sencilla, con ánodo en fibra de grafito y núcleo de titanio, y cátodo aireado con catalizador de Pt y cuatro capas de difusión, la densidad máxima de potencia alcanzó **1.55kW/m³** (Fan 2007) con oxígeno y **2.15kW/m³** (Nevin 2008), con ferricianuro como católito. Para incrementar la densidad de potencia, el espaciado máximo entre electrodo y cilindro sería de 11mm con distancia máxima entre electrodos de 5,5mm, para un medio con alta concentración orgánica y conductividad de solución (acetato); y para un sustrato promedio (aguas residuales), el espaciado es de 1,7mm y la distancia 0,85 mm, correspondientemente. Un espaciado más pequeño sin separadores disminuiría la densidad de potencia por cruce de oxígeno (Cheng et al., 2006b), (Zhang et al., 2010b).¹⁰⁹

De los distintos estudios realizados y principalmente con base en el dirigido en 2008 por K. P. Nevin, junto a D. R. Lovley para el Departamento de Microbiología de la Universidad de Massachusetts¹¹⁰, y de la recopilación realizada por Revelo, D. M., Hurtado, N. H., & Ruiz, J. O.

¹⁰⁴ H. Yia, et al, "Selection of a variant of *Geobacter sulfurreducens* with enhanced capacity for current production in microbial fuel cells", *Biosensors and Bioelectronics*, vol. 24, no. 12. pp. 3498–3503, 2009.

¹⁰⁵ Falcon, A., Lozano, J. E., & Juárez, K. Instituto de Biotecnología, Universidad Nacional Autónoma de México. Apdo. Postal 510-3 Cuernavaca, Mor, 62250, México. katy@ibt.unam.mx

¹⁰⁶ Haeger, A., Forrestal, C., Xu, P., & Ren, Z. J. (2014). High performance spiral wound microbial fuel cell with hydraulic characterization. *Bioresource technology*, 174, 287-293.

¹⁰⁷ Asensio, Y., Mansilla, E., Fernández-Marchante, C. M., Lobato, J., Canizares, P., & Rodrigo, M. A. (2017). Towards the scale-up of bioelectrogenic technology: stacking microbial fuel cells to produce larger amounts of electricity. *Journal of Applied Electrochemistry*, 47(10), 1115-1125.

¹⁰⁸ Cheng, S., & Logan, B. E. (2011). Increasing power generation for scaling up single-chamber air cathode microbial fuel cells. *Bioresource technology*, 102(6), 4468-4473.

¹⁰⁹ *Ibíd.*

¹¹⁰ K. P. Nevin, et al, "Power output and coulombic efficiencies from biofilms of *Geobacter sulfurreducens*

en 2013 con la Universidad de Nariño¹¹¹, se presenta un cuadro compilado con distintas Celdas de Combustible Microbiano y sus potenciales, como se muestra a continuación:

comparable to mixed community microbial fuel cells”, *Environmental Microbiology*, vol. 10, no. 10, pp. 1462–1472, 2008.

¹¹¹ Revelo, D. M., Hurtado, N. H., & Ruiz, J. O. (2013). Celdas de combustible microbianas (CCMs): Un reto para la remoción de materia orgánica y la generación de energía eléctrica. *Información Tecnológica*, 24(6), 17-28. Disponible en línea: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642013000600004

Sistema diseño Características de la CCM	Material del Ánodo	Material del Cátodo	Membrana de intercambio	Corriente densidad	Densidad de potencia	Eficiencia columbica (%)	Cultivo / inoculo Bacterias / sustrato	RI (Ω)	Referencia
Celda de 2,5cm x 7,6cm x 1,3cm (24x10 ⁻⁶ m ³)	Grafito	Grafito		10 mA	9,75E ⁻⁷ Wm ² 7,41E ⁻⁸ Wm ³		<i>Geobacter sulfurreducens</i> <i>Biopellicula</i> KN400		Mejía, Vásquez y otros (2012)
Celda apilada de doble Cámara	Grafito solido	Grafito solido X con 100 mM FeCN	Ultrax	130mA/m ²	1,67mW/m ² 77mW/m ³	b	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		Rabaey y otros (2005b)
Celda H Doble Cámara	Grafito solido	Grafito	Nafion 117	50mA/m ²	9,3mW/m ² 0,25W/m ³	56,3	<i>Shewanella oneidensis</i>		Lanther y otros (2007)
Celda H Doble Cámara	Grafito solido	Grafito solido con 50 mM FeCN	Nafion 117	65,4mA/m ²	13,1mW/m ² 0,36W/m ³	95	<i>Geobacter sulfurreducens</i>		Bond y Lovley (2003)
Cámara de flujo ascendente	RVC	RVC	Ultrax	516mA/m ²	170mW/m ² 8,7W/m ³	0,7-8,1	Digestor anaerobio de lodo		He y otros (2005)
Celda apilada de doble Cámara canalizada	Papel Carbón	Tela de Carbono (0,5 mg cm ² , 10% Pt)	Nafion 117	1,3A/m ²	309mW/m ² 77W/m ³	65	Aguas residuales		Min y Logan (2004)
Cámara unica	Tela de Carbono a prueba de humedad.	Catodo aéreo de Tela de Carbono a prueba de humedad recubierto de Carbón y PTFE	Ninguna	1,05A/m ²	766mW/m ² 19,1W/m ³	32	Aguas residuales		Cheng y otros (2006)
Celda apilada de doble Cámara	Fibra de Carbono	Fibra de Carbón 50mM FeCN	Nafion 117	3,2A/m ²	1,6W/m ² 1,4W/m ³	40-45	Digestor anaerobio de lodo		K. P. Nevin, Lovley y otros (2008)
Celda apilada de doble Cámara (20L)		Cátodo mejorado con disminución de pH			11WL ⁻¹ 144W/m ³		Aguas residuales sintéticas	1.2mΩ/m ³	Dekker y otros (2009)
Celda apilada de doble Cámara	Fibra de Carbón	Fibra de Carbono 50mM FeCN OR Catodo aéreo de Carbono (4,0mg de Pt cm ²)	Nafion 117	4,6A/m ²	1,9W/m ² 43,3W/m ³ Ánodo optimizado 2,15kW/m ³	100	<i>Geobacter Sulfurreducens</i>		K. P. Nevin, Lovley y otros (2008)
Cámara única con doble CEA	Tela de Carbono	Catodo aéreo con doble capa de CEA (cloth electrode assemblies) Tela de carbono/Pt/PTFE	tampón con solución buffer (HCO ₃ ⁻) pH9	0,99mA/cm ²	2,7W/m ² 1,55kW/m ³		Aguas residuales	(16,5) 231Ω/cm ²	Fan et al. (2007)
Celda apilada de doble Cámara	Carbón vítreo reticulado (RVC)	RVC 50 mM FeCN	Nafion 117	44mA/m ²	3W/m ² 500W/m ³	8.3	<i>Shewanella oneidensis</i> cepa DSP10		Ringeisen y otros (2006)
Cámara doble	Grafito plano, 50cm ²	Grafito plano, 50cm ²	Ultrax		3,6W/m ²	89+4	Cultivo mixto / Glucosa		Rabaey y otros (2003)
Celda apilada de doble Cámara	Grafito solido	Grafito 100mM FeCN	Ultrax	6A/m ²	3,6W/m ² 216W/m ³	65-89	Digestor anaerobio de lodo enriquecido		Rabaey y otros (2003)
Cámara sencilla	Filtro de Carbón suspendido en varilla de grafito	Filtro de Carbón suspendido en varilla de grafito	Nafion 115		3,65W/m ²	88±5,7	Glucosa y acetato / Lodo de digestor anaerobico	27	Borole y otros (2009)
Cámara doble	Varilla de 7,1 x 10 ⁻⁶ m ²	Tela de grafito 6,4516 cm ²	Nafion 117	7,6A/m ²	3,9W/m ²		<i>Geobacter sulfurreducens</i> KN400 / Acetato	0,015Ω/m ²	Yi y otros (2009)
Cámara doble	Varilla de grafito, 5mm de diametro	Varilla de grafito, 5 mm de diametro	Ultrax		4,31W/m ²		Lodo metanogénico, anaerobio, granular / Glucosa		Rabaey y otros (2004)
Cámara sencilla	Fibra de Carbón	Fibra de Carbón	Ninguna		6,86W/m ²		Mezcla de bacterias / Acetato, aguas residuales	235	Fan y otros (2008)
Cámara doble	Papel Carbón	platino	Nafion 117		7,2W/m ²	50 - 80	Lodo anaerobico / Acetato	960	Oh y otros (2004)
Celda apilada de doble Cámara (x6)	Grafito solido	Grafito sólido con 50mM FeCN	Ultrax	c	c 280W/m ³	29	Digestor anaerobio y aerobio de lodos		Aelterman y otros (2006)
Celda base de 24x10 ⁻⁶ m ³ (x3077 celdas) Módulo de 1m ² (x40486 celdas) Módulo de 1m ³	Grafito	Grafito		10 mA	9,23W/m ² 0,702W/m ³ 1,6kW/m ² 0,12kW/m ³		<i>Geobacter sulfurreducens</i> <i>Biopellicula</i> KN400		Proyecciones sobre estudio de Mejía y Vásquez (este documento)

a. La densidad de potencia se calcula utilizando el área de superficie del ánodo y el volumen de la cámara del ánodo.

b. No dado

c. Ánodo granular, sin superficie dada.

MFC, en orden de potencial de generación según fuentes.¹¹²

¹¹² Fan, Y., Hu, H., & Liu, H. (2007). Sustainable power generation in microbial fuel cells using bicarbonate buffer

Aunque aún se considera una tecnología en desarrollo en la cual por ejemplo el factor de escala no se ha comprendido del todo, lo cual impacta los costos de producción; los resultados vienen incrementando las posibilidades de aprovechar este tipo de dispositivos por sus múltiples beneficios como; alto coeficiente de eficiencia de conversión a temperatura ambiente en casi cualquier territorio y sobre todo en zonas no interconectadas; debido a procesos naturales su mantenimiento es mínimo y no requiere instalación de líneas de transmisión; es una alternativa limpia de tipo electroquímica que no implican combustión ni emisiones nocivas; es sostenible y ayuda en la biorremediación ya que transforma desperdicios orgánicos inagotables, ayuda a fijar el CO₂ como sólido en el suelo y en su reacción tipo redox a partir de azufre y nitrógeno e hidrógeno, recombina moléculas produciendo agua como subproducto o tratando aguas residuales.

Investigaciones similares se vienen adelantando en Francia (Laboratoire de Génie Chimique, Centre National de la Recherche Scientifique, Université de Toulouse)¹¹³, España (Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Barcelona UAB)¹¹⁴, y en Colombia los investigadores de la Universidad Militar, la Universidad Distrital y Codensa han adentrado en el tema¹¹⁵, así como la Universidad de Nariño que adelanta investigaciones al respecto, tal es el caso del artículo “Celdas de combustible microbianas (CCMS): Un reto para la remoción de materia orgánica y la generación de energía eléctrica”¹¹⁶. Para las MFC basadas en sistemas de generación de energía eléctrica en 2013 Heming Wang¹¹⁷ dio una clasificación con base en la cual complementamos las categorías que se presentan a continuación:

- Wastewater microbial fuel cells (wastewater MFCs) - CCM de aguas residuales (de ideal aplicación en plantas de tratamiento PTAR).¹¹⁸
- Benthic microbial fuel cells (benthic MFCs) – CCM de lodos y sedimentos.¹¹⁹
- Compost MFC (CMFC). CCM de compostaje.¹²⁰
- Soil MFC (SMFC). CCM de suelo.¹²¹

and proton transfer mechanisms. *Environmental science & technology*, 41(23), 8154-8158.

¹¹³ Cote, C., Rosas, O., & Basseguy, R. (2015). *Geobacter sulfurreducens*: An iron reducing bacterium that can protect carbon steel against corrosion?. *Corrosion Science*, 94, 104-113.

¹¹⁴ Uria N, Sanchez D, Mas D, Sanchez O, Muñoz FX, Mas J. 2011. Effect of the cathode/anode ratio and the choice of cathode catalyst on the performance of microbial fuel cell transducers for the determination of microbial activity. *Sensors and Actuators: B Chemical*. In Press. doi: 10.1016/j.snb.2011.02.030

¹¹⁵ Mejía, A. A. R., Op., cit.

¹¹⁶ Revelo, D. M., Hurtado, N. H., & Ruiz, J. O. (2013). Celdas de combustible microbianas (CCMs): Un reto para la remoción de materia orgánica y la generación de energía eléctrica. *Información tecnológica*, 24(6), 17-28. Disponible en línea: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642013000600004

¹¹⁷ Wang, H., & Ren, Z. J. (2013). A comprehensive review of microbial electrochemical systems as a platform technology. *Biotechnology advances*, 31(8), 1796-1807.

¹¹⁸ Aelterman, P., Rabaey, K., Clauwaert, P., & Verstraete, W. (2006). Microbial fuel cells for wastewater treatment. *Water Science and Technology*, 54(8), 9-15.

¹¹⁹ Guzman, J. J., Cooke, K. G., Gay, M. O., Radachowsky, S. E., Girguis, P. R., & Chiu, M. A. (2010, May). Benthic microbial fuel cells: Long-term power sources for wireless marine sensor networks. In *Sensors, and command, control, communications, and intelligence (C3I) technologies for homeland security and homeland defense IX* (Vol. 7666, p. 76662M). International Society for Optics and Photonics.

¹²⁰ Jauharah Md Khudzari. (2018) Bioelectricity Production In Compost, Soil, And Plant Microbial Fuel Cells. McGill University Libraries. Thesis. Department of Bioresource Engineering, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Macdonald Campus, McGill University, Sainte-Anne-de-Bellevue, Quebec, Canada.

- Microbial remediation cells (MRCs) – CRM Celdas de Remediación Microbiana o de Bioremediación.¹²²
- Microbial solar cells (MSCs) – CMS Celdas Microbianas Solares (generan su propio oxidante y/o combustible a través de reacciones fotosintéticas).¹²³
- Microbial electrolysis cells-MFC (MEC-MFC) – CEM-CCM Sistema acoplado para la producción de biohidrógeno.¹²⁴

Entre las anteriores se ubicaba un subnivel que si bien puede considerarse tangencial a en las categorías de Wang, recientemente se ha derivado como una nueva clasificación reconocida, y que será seleccionada como objeto de estudio en este documento, las denominada Plant Microbial Fuel Cells PMFC o CCVM Celulas de Combustible Vegetal-Microbianas.

1.1.4 Plant-E - PMFC (Plant Microbial Fuel Cell). Los investigadores de la Wageningen University & Research (WUR) David Strik y su colega Marjolein Helder con ayuda de Nanda Heshof y basados en sus trabajos de tesis de doctorado, fundaron en noviembre 2014, en Hambrug, la empresa holandesa Plant-E, implementando la tecnología (MFC) o Celda de Combustible Microbiano, aprovechando la novedad del sistema y sus múltiples cualidades; es renovable, limpio, alternativo, de CO₂ neutral, que no emite contaminación al aire, es sostenible en tanto la materia viva y los nutrientes son reutilizados, no implica contaminación visual y en cambio se presta como aporte paisajístico, convierte los desechos orgánicos en electricidad, tratando aguas residuales, lodos y sedimentos, o sustratos de tierra de riveras (que en este caso serán la base del combustible bacteriano), para producir por ejemplo agua limpia y energía.

Las plantas producen más azúcares de lo necesario, producen material orgánico a través de la fotosíntesis y por sus raíces desechan o excretan hasta el 70% de este exceso de material (sin usar) al suelo, las bacterias alrededor de las raíces descomponen los residuos orgánicos, los procesos de degradación hacen que se liberen protones y electrones, en ese proceso a partir de la interacción natural entre las raíces de plantas vivas y las bacterias del suelo y de microorganismos electroquímicamente activos, el Sistema de Plant-E utiliza la MFC, con electrodos en el suelo cerca de la bacteria, para absorber estos electrones y generar electricidad a través de la diferencia de potencial, mientras las plantas continúan creciendo.

La producción de electricidad por un Plant-MFC depende de varios procesos; fotosíntesis, asignación de carbono fijo a las raíces, exudación de fuentes de carbono a la rizosfera, generación de electrones por los microorganismos en la rizosfera y producción de electricidad por la pila de combustible. Cabe señalar que, Plant-MFC no afecta el crecimiento de la planta, la potencia de

¹²¹ *Ibíd.*

¹²² Quejigo, Jose & Boltes, Karina & Dominguez-Garay, Ainara & Esteve-Núñez, Abraham. (2012). Microbial Remediating Cells (MRC): strategies for cleaning up polluted soils by stimulating the bioremediation capacity of microbial electrogenic communities.

¹²³ Strycharz-Glaven, S. M., Glaven, R. H., Wang, Z., Zhou, J., Vora, G. J., & Tender, L. M. (2013). Electrochemical investigation of a microbial solar cell reveals a nonphotosynthetic biocathode catalyst. *Appl. Environ. Microbiol.*, 79(13), 3933-3942.

¹²⁴ Kadier, A., Simayi, Y., Abdeshahian, P., Azman, N. F., Chandrasekhar, K., & Kalil, M. S. (2016). A comprehensive review of microbial electrolysis cells (MEC) reactor designs and configurations for sustainable hydrogen gas production. *Alexandria Engineering Journal*, 55(1), 427-443.

salida es un beneficio adicional de la exudación. Según Jauharah Md Khudzari de la McGill University:

“La tecnología PMFC se basa en dos principios: la rizodeposición y la generación de electricidad por bacterias electroquímicamente activas en un MFC (Timmers et al., 2013). La rizodeposición se refiere a la liberación de compuestos orgánicos por las raíces de plantas vivas en el suelo (Figura 2.6). Estos compuestos orgánicos se llaman rizodepositos e incluyen exudados de raíz, secreción, lisados y gases (Gregory, 2008). La cantidad de rizodepositos puede ser de hasta el 40% de la productividad fotosintética de la planta y puede diferir notablemente en función de la especie de la planta, su madurez y sus condiciones ambientales (Lynch & Whipps, 1990; Strik et al., 2008). Además de los rizodepositos como entrada del carbono orgánico, el PMFC también recibe carbono del suelo (especialmente del suelo rico en orgánicos) si el suelo se utiliza como medio de cultivo.”¹²⁵

La tecnología consiste en una columna de carga anódica (cámara de anodo) y una celda de descarga (cámara de catodo) separadas por una membrana PEM. Las bacterias crecen en el anodo y en los granulos de carbon activado y fluidizado mientras convierten los compuestos y moléculas Orgánicas de las aguas residuales en electrones, protones y dióxido de carbono (fijación).

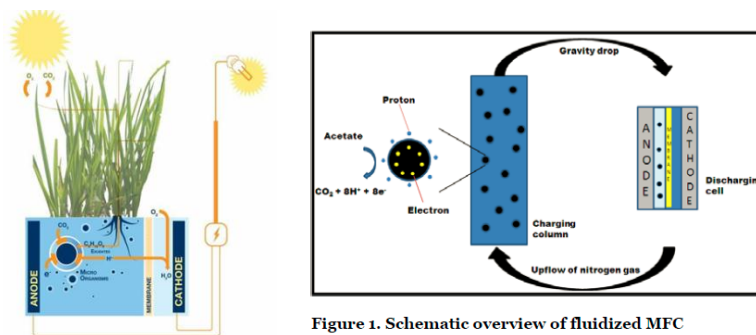


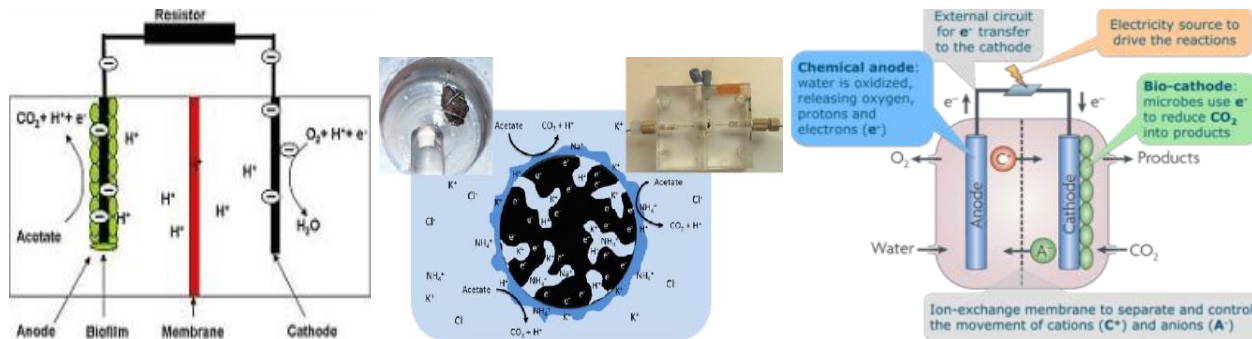
Figure 1. Schematic overview of fluidized MFC

La carga se almacena como un electrón dentro del granulo, la electroneutralidad se obtiene mediante una doble capa de protones cerca del lado externo del granulo. Los electrones y los protones se liberan en la celda de descarga, mientras entran en contacto con el colector de corriente. La electricidad puede generarse a través de un circuito externo transfiriendo electrones al catodo, mientras que los protones pasan la membrana hacia la cámara del catodo para reaccionar con el Oxígeno O_2 (que se reduce y se descompone en partículas más simples), los electrones libres H^- reaccionan en el electrodo del catodo recombinándose para producir agua limpia.

Al inicio se identificaron como inconvenientes; primero, altos costos de material y pérdidas óhmicas de energía en el anodo/catodo que necesitan alta conductividad, para ello se utilizaba adición de sal o colocación a corta distancia de electrodos; la adición ocasionaba un paso añadido

¹²⁵ Jauharah Md Khudzari. (2018) Bioelectricity Production In Compost, Soil, And Plant Microbial Fuel Cells. McGill University Libraries. Thesis. Department of Bioresource Engineering, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Macdonald Campus, McGill University, Sainte-Anne-de-Bellevue, Quebec, Canada.

para la eliminación de sales y la cercanía de electrodos conllevaba a obstruir el compartimento anódico. En segundo lugar, la transferencia deficiente de electrones del electrodo del catodo a los microbios, que ocasionaba la baja eficiencia de separación del producto, y en tercero y último lugar, que en condiciones de calor extremo o temperaturas bajo cero, el proceso de generación de energía se interrumpe por la evaporación o congelación del agua del terreno.



Se planteo entonces; primero usar materiales capacitivos como granulos de carbon activado e implementar un Fluidized Bed MFC (MFC de lecho capacitivo fluidizado), con una camara de anodo con particulas flotantes de carbon y una camara estandar de catodo, las particulas flotantes en la camara del anodo evitan la aparicion de obstrucciones, la biopelicula bacteriana o biofilm que crecera en las particulas de carbon, digiere las aguas residuales y almacena los electrones dentro de las particulas y los protones se capturan perimetralmente a la particula para lograr electro-neutralidad. De esta forma, la particula puede fluir a traves de la solucion sin perdidas ohmicas. Cuando la particula rebota contra el colector de corriente, los electrones y los protones se liberan y la electricidad se puede recoger a traves del circuito externo. Los protones pasan a traves de la membrana y reaccionan en el catodo con los electrones y el Oxigeno en el agua.

Adicionalmente combinando la conversion electroquimica y bio-electroquimica de CO₂, con el denominado mecanismo Electro-Sintesis Microbiana (MES), el CO₂ puede convertirse en moléculas Orgánicas, a partir de los microbios electroquímicamente activos, con electricidad renovable. Por último, considerando que es un sistema de generación que opera consecutivamente durante 24 horas, es necesario de acuerdo a la escala del dispositivo programar estrategias como riegos con agua o en casos de climas extremos implementar un sistema de riego que incluya hidrotenedores para veranos rigurosos, o anticongelantes organicos o calefones solares, en sitios con inviernos y heladas intensas.

Actualmente en reactores experimentales, se investiga el efecto de catodos modificados con electrocatalizadores en sistemas biológicos, analizando el efecto de los factores ambientales y biológicos, en experimentos bioelectroquímicos, demostrando hasta ahora, que la corriente aumenta en mas de 650% cuando se agregan electrocatalizadores al catodo, para optimizar el sistema como una alternativa contundente a las actuales energías renovables.

Nitorisavut, (2017)¹²⁶ asegura que se puede lograr un máximo de 1,6mW/km² de potencia

¹²⁶ Nitorisavut, R., & Regmi, R. (2017). Plant microbial fuel cells: a promising biosystems engineering. Renewable

utilizando un sistema PMFC en un entorno natural, por otra parte Moqsud, en uno de sus seis experimentos de PMFC elaborados en 2015, con arrozal y compostaje, logro como máximo 700mV de voltaje pico y 39.20mW/cm² de máxima densidad de potencia; en terrarios de 4kg de sustrato, 28cm de alto y 28cm de radio¹²⁷, en 2013 Helder probó la *Spartina anglica* en una PMFC obteniendo una densidad de potencia máxima de 88mW/m²¹²⁸, mientras que en estudios previos la MFC demostró generar potencia neta de entre 0.4W/m² (2008) hasta 3.2W/m² (2012).¹²⁹ Es decir que un techo de 100m² generaría suficiente electricidad para abastecer un hogar (con un consumo promedio de 2.800kWh/año). Según el columnista Miguel A. Perez (2015 portal Blogthinkbig.com), el costo de 100m² instalados para generación eléctrica con plantas sería de 62.000 dólares aproximadamente. Los sistemas convencionales de bioelectricidad en Europa occidental alcanzan promedio de 0.3W/m² generados por año, una planta-MFC con baja resistencia interna (0,101Ω.m²) ha conseguido potencia promedio de 0,23W/m² y corriente promedio de 0.47A/m².¹³⁰

La técnica ya funciona a pequeña escala para cargar teléfonos móviles, puntos de acceso Wi-Fi, y para proyectos de alumbrado público en Holanda, con algo más de 300 farolas LED en dos ciudades de los Países Bajos en Wageningen se dispusieron, dos diferentes puntos de plantas experimentales instaladas con un costo de 125.000 dólares, mientras que un proyecto piloto de paneles para sistemas de conteo de tráfico que proporcionan información sobre cómo se utilizan las carreteras provinciales, para ajustes de accesibilidad, movilidad y seguridad del tráfico, es alimentado por módulos con tecnología PMFC, instalados en Kockengen, en la Provincia de Utrecht. Plant-E ha diseñado un proceso de generación de electricidad que implica el cultivo de plantas en recipientes de plástico de dos metros cuadrados y pronto se aplicaría en áreas pantanosas más grandes de todo el mundo.



and Sustainable Energy Reviews, 76, 81-89.

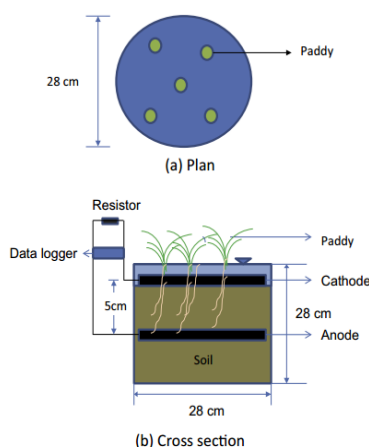
¹²⁷ Moqsud, M. A., Yoshitake, J., Bushra, Q. S., Hyodo, M., Omine, K., & Strik, D. (2015). Compost in plant microbial fuel cell for bioelectricity generation. *Waste management*, 36, 63-69.

¹²⁸ Jauharah Md Khudzari. Op. cit.

¹²⁹ Wageningen University & Research, dr.ir. DPBTB (David) Strik (2012). Electricity from the marshes, <https://www.wur.nl/en/show/Electricity-from-the-marshes.htm>

¹³⁰ European Commission, SETIS, ERKC. (2016). PlantPower - living plants in microbial fuel cells for clean, renewable, sustainable, efficient, in-situ bioenergy production. <https://setis.ec.europa.eu/energy-research/content/plantpower-living-plants-microbial-fuel-cells-clean-renewable-sustainable-efficient-situ-1>

Apariencia dispositivo Plant-E.¹³¹



Esquema, planta y corte PMFC - M.A. Moqsud (2015)¹³²

“...la selección de plantas para propósitos de PMFC debe considerar dos factores clave: las vías fotosintéticas y la rizodeposición de las plantas, que son cruciales para ayudar a maximizar la producción de energía de un PMFC (Nitisoravut y Regmi, 2017). Según sus vías fotosintéticas, las plantas se clasifican en tres categorías: C3, C4 y CAM (metabolismo del ácido crassulacean).” Cuando durante la fijación con carbono para la fotosíntesis, hay formación de moléculas de 4 carbonos (C4) o 3-carbonato de molécula intermedia orgánica 3-fosfoglicerato (C3).¹³³

Se podrían usar plantas de varias especies, incluyendo hierbas como el pasto común o en otros países arrozales¹³⁴; el estudio de Rachnarin Nitisoravut publicado en 2017 presenta como algunas de las plantas empleadas para aplicaciones en MFC, algunas especies representativas como *A. anomala*, *A. calamus*, *C. indica*, *C. involucratus*, *E. crassieps*, *E. glabrescens*, *G. maxima*, *I. aquatica*, *L. perenne*, *O. sativa*, *P. setaceum*, *S. anglica* y *T. latifolia*;¹³⁵ algunas de las cuales se incluyen en un listado de 47 especies presentado en 2018 por Jauharah Md Khudzari¹³⁶. Las células de combustible vegetal-microbianas se pueden utilizar tanto en techos, como en áreas de marismas para redes centrales. Los fundadores de la compañía esperan que su tecnología algún día sea utilizada masivamente para proveer de energía limpia a las zonas más pobres del mundo, donde la vegetación es abundante, como en los arrozales o cerca de humedales.

El principio Plant-Microbial Fuel Cell fue patentado en 2007 por Environmental Technology

¹³¹ EcoInventos. (2015). Plant-E. Plantas vivas que generan electricidad. <http://ecoinventos.com/plant-e/>

¹³² Moqsud, M. A., Yoshitake, J., Bushra, Q. S., Hyodo, M., Omine, K., & Strik, D. (2015). Compost in plant microbial fuel cell for bioelectricity generation. *Waste management*, 36, 63-69.

¹³³ Jauharah Md Khudzari. Op. cit.

¹³⁴ Moqsud, M. A., Op. Cit.

¹³⁵ Nitisoravut, R., Op. Cit.

¹³⁶ Jauharah Md Khudzari. Op. cit.

Group en la Universidad de Wageningen. Bert Hamelers concibió el concepto, y David Strik llevó a cabo las primeras pruebas. Actualmente se considera dentro del megaproyecto de la Unión Europea para financiación de investigación y obtención de avances, proyecto EU PlantPower. (EUROPEAN COMISION – SETIS Strategic Energy Technology Information System – Energy Research Knowledge Centre ERKC).

Con base en los avances y desarrollos alcanzados para esta tecnología, investigaciones similares están produciendo dispositivos de bioreactores, para generación de energía eléctrica a partir de residuos orgánicos y procesos bioelectroquímicos de las bacterias de la tierra, como el Moss table; Biophotovoltaics, concepto de Alex Driver y Carlos Peralta de la Universidad de Cambridge¹³⁷, el Moss Voltaics proyecto del IAAC, en Barcelona, de la mano de Paolo Bombelli, de la Cambridge University¹³⁸, o los productos BiooPass, BioLite y BioPanel ofrecidos por el proyecto Bioo, desarrollado por Arkyne Technologies de España.¹³⁹

También se vienen adelantando en Suramérica el trabajo y la realización de modelos bioreactores de tierra, como el caso de la Planta Lámpara desarrollada por la UTEC de Perú liderado por el Profesor Elmer Ramírez¹⁴⁰, o el ejemplo de TerraBatt, una biobatería creada por estudiantes de Ingeniería Electrónica e integrantes del grupo de investigación de Propagación Electromagnética Aplicada (Propela) de la U.N. Sede Manizales,¹⁴¹ o el E-Kaia de las ingenieras chilenas Carolina Guerro, Camila Rupcich y Evelyn Aravena.¹⁴²

1.1.5 Microturbinas hidrocínicas en Red de tuberías de distribución. Gracias a la necesidad humana de consumo de agua y las formas que el hombre ha concebido y perfeccionado para recolección y conducción de la misma; y en gran parte gracias al desarrollo de la ingeniería; entre las formas de captación de energía hidráulica encontramos, las que aprovechan para la generación de energía eléctrica, la energía cinética de flujos con caudales normalmente constantes, distintos a los generados en medios naturales; estas resultan de gran beneficio, sobre todo en los casos donde otro tipo de dispositivos de energía alternativa no son viables, por dificultades en su instalación o por condiciones climáticas desfavorables.

Para el caso aplicativo de esta investigación, nos centraremos en las formas novedosas y autónomas, desarrolladas para aprovechar con alta eficiencia los sistemas artificiales de suministro y distribución de fluidos, y su condición de presión constante que se mantiene combinando el efecto de la gravedad, por ejemplo en acueductos veredales que se alimenten de fuentes de aguas cercanas en topografías con pendiente; asistido con los sistemas de presión por

¹³⁷ Peralta Mahecha, C., Driver, A., & Bombelli, P. (2011). Moss table.

¹³⁸ IAAC Institute of Advanced Architecture of Catalonia. (2014). Moss Voltaics. <https://iaac.net/project/moss-voltaics/>

¹³⁹ Biootech. (2016) Electricidad de las plantas - Descubre nuestros productos bajo desarrollo. <https://www.biootech.com/?lang=es>. Extraído 22 de febrero de 2018.

¹⁴⁰ UTEC. (2014?). "Plantalámparas": Plantas que dan luz. Disponible en línea: <https://www.utec.edu.pe/plantalamparas-plantas-que-dan-luz>

¹⁴¹ Universidad Nacional de Colombia, Unimedios, Agencia de Noticias UN. (2017). Lámpara genera electricidad a través de la fotosíntesis. <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/articulo/lampara-genera-electricidad-a-traves-de-la-fotosintesis.html>

¹⁴² AETecno. (2015). E-Kaia: El invento chileno que recarga tu celular solo con una planta. <https://tecnologia.americaeconomia.com/articulos/e-kaia-el-invento-chileno-que-recargar-tu-celular-solo-con-una-planta>

bombeo, para el caso de la red de tuberías domiciliarias de los desarrollos urbanos.

Ya se trató en otro capítulo de este documento, el tema de generadores hidrocineéticos a partir de nanogeneradores de naturaleza triboeléctrica; y también podemos encontrar generadores hidrocineéticos cuyo funcionamiento se basa en generación de campos electromagnéticos, sobre lo cual existen múltiples dispositivos complejos y patentados que no han logrado gran notoriedad; pero por otra parte está la generación hidrocineética a partir de turbinas (turbo-máquinas¹⁴³); en este caso son conocidos, para los procesos convencionales, los dispositivos de turbinas que funcionan por efecto de la densidad y velocidad del flujo de caudales de los ríos y presión de cabezales o columnas de agua embalsada; en estos se utilizan distintos sistemas que implican grandes turbinas para el caso de las hidroeléctricas y algunos sistemas a filo de agua, o tornillos y turbinas sumergibles (turbinas de eje vertical de tipo: H-Darrieus, Helicoidal, Gorlov¹⁴⁴) en cuerpos naturales para sistemas fluviales.

En Colombia con base en la información de la OLADE (Organización Latinoamericana de Energía) para la clasificación de las estaciones de generación hidrocineética, se recogieron los parámetros en el Sistema SIPR (Sistema De Información De Restricciones Y Potencialidades Técnicas, Económicas Y Ambientales Para El Desarrollo Del Sector Minero - Energético Del País)¹⁴⁵, cuyos márgenes serían actualizados más recientemente por la UPME en el ATLAS: Potencial Hidroenergético de Colombia¹⁴⁶. Sobre esta clasificación dada en función de la capacidad de generación, tenemos entre plantas menores y centrales hidroeléctricas las siguientes categorías:

- *“Picocentrales: Capacidad instalada entre 0,5 y 5 kW, operación a filo de agua, aplicable a zonas no interconectadas o casos aislados de zonas interconectadas. La planta típica corresponde a una central de 5 kW.*
- *Microcentrales: Capacidad instalada entre 5 y 50 kW, operación a filo de agua, aplicable a zonas no interconectadas o casos aislados de zonas interconectadas. La planta típica corresponde a una central de 50 kW.*
- *Minicentrales: Capacidad instalada entre 50 y 500 kW, operación a filo de agua, aplicable a zonas no interconectadas o casos aislados de zonas interconectadas. La planta típica corresponde a una central de 500 kW.*
- *Pequeñas Hidroeléctricas (pCH): Capacidad instalada entre 500 y 20.000 kW, operación a filo de agua, aplicable a zonas no interconectadas y zonas interconectadas (sin posibilidad de participar en el despacho eléctrico, menores a 500 kW, y con posibilidad de hacerlo las mayores a 10.000 kW). La planta típica corresponde a una central de 10000 kW (10 MW).*

¹⁴³ Ribero, L., Heman, J., & Riveros Santos, V. A. (2013). Diseño, construcción, montaje y operación de una turbina PELTON para generar electricidad.

¹⁴⁴ Ortiz, C., & Andrés, G. Diseño de un rotor hidrocineético tipo Gorlov para el suministro de energía eléctrica a una vivienda ubicada en la zona no interconectada del departamento de Casanare.

¹⁴⁵ Energía, U. D. (2005). Costos Indicativos de Generación Eléctrica en Colombia.

¹⁴⁶ UPME, U. D. (2015). ATLAS: Potencial Hidroenergético de Colombia. http://www1.upme.gov.co/Energia_electrica/Atlas/Atlas_p25-36.pdf.

- *Centrales hidroelectricas (CH): Capacidad instalada mayor de 20 MW, aplicable a zonas interconectadas, con participacion obligada en el despacho electrico. La planta tipica corresponde a centrales de 200 y 600 MW*.¹⁴⁷

En paralelo se viene desarrollando hace ya varios años la implementación de turbinas pequeñas y/o microturbinas, insertadas en el interior de las tuberías de conducción para ser ubicadas en distintos puntos de la red de distribución, estas turbinas que pueden ser acopladas a los sistemas existentes o incluidas en el diseño de nuevas redes hidráulicas; generan energía eléctrica para consumir in situ o para venta devolviéndola a la red eléctrica, y son estas últimas las seleccionadas para estudiar en este apartado.

*“Una microturbina es una hidro-maquina que emplea la energía del agua que circula a través de ella para realizar un movimiento rotatorio que es transferido a través de un eje rotor, este mueve a continuación un generador que transforma la energía mecánica en eléctrica. Las microturbinas son de un tamaño mínimo en comparación con las turbinas que se encuentran en las hidroeléctricas y tiene el potencial para ser una solución económica y ambientalmente sostenible para obtener energía económica disponiendo de un bajo flujo de agua.”*¹⁴⁸ funcionalmente como en otros sistemas requieren además de un regulador y un inversor, para que la electricidad pueda ser utilizada a escala doméstica.

Las turbinas en general, con base en su caracterización por estructura y forma o técnica de operación¹⁴⁹ pueden clasificarse en:

- Eje horizontal (turbina axial), rotor paralelo a la corriente, subclases por velocidad y cantidad de alabes. Generalmente de flujo unidireccional
- Eje vertical Su eje de rotación es perpendicular a la dirección del agua, disposición que facilita la colocación de los demás mecanismos sobre el nivel del agua. Tiene una mejor aplicación cuando la cabeza es baja en comparación con las de eje horizontal.¹⁵⁰
- Flujo transversal o cruzado (Banki-Michell¹⁵¹ o Turbina Ossberger) eje perpendicular a la corriente y paralelo a la superficie. De flujo diagonal radial, centrípeto centrífugo.¹⁵²
- Flujo mixto Cuando en la dirección del flujo en la salida del rotor intervienen las componentes axial y radial de la velocidad.
- Vortice gravitacional; se utiliza el efecto vortice o remolino (inducido artificialmente) para conducir una turbina vertical, con una corriente de agua que se acelera por efectos gravitacionales.

¹⁴⁷ Romero, C., & Alexander, Y. (2017?, 2019). Generación de Energía Eléctrica a través de la Tecnología de Microturbina en la finca La Pomba, zona rural de Fusagasuga-Cundinamarca.

¹⁴⁸ *Ibíd.*

¹⁴⁹ Claudia Sanchez. (2016). Turbinas hidrocínicas una alternativa para generación eléctrica. Desarrollo tecnológico e innovación empresarial, Edición 5, Volumen 2. Diciembre – 2016. ISSN 2322-8725

¹⁵⁰ *Ibíd.*

¹⁵¹ Vargas, F. E. S., Alarcón, A. F. S., & Fajardo, C. A. G. (2011). Pequeñas y microcentrales hidroeléctricas: alternativa real de generación eléctrica. Informador Técnico, 75.

¹⁵² Vargas, F. E. S., Alarcón, A. F. S., & Fajardo, C. A. G. (2011). Pequeñas y microcentrales hidroeléctricas: alternativa real de generación eléctrica. Informador Técnico, 75.

De acuerdo al grado presión en el rodete:¹⁵³

- T. de acción; (o de impulso) aprovecha la energía cinética del fluido sin gradiente de presión entre la entrada y la salida. no afecta la presión del fluido de trabajo a través del rodete.
- T. de reacción; afectan la presión del fluido de trabajo a través del rodete.

De acuerdo al diseño del rodete¹⁵⁴ (soluciones comerciales), aunque varían en detalles de tamaño y ángulos de alabes, las más importantes son:

- T. Kaplan; axial, varía el ángulo de pala durante el funcionamiento, opera con pequeños saltos de agua y grandes caudales, parecida a una hélice (T. de reacción)
- T. Hélice; axial como la Kaplan pero no varía ángulo de pala
- T. Pelton -; de flujo transversal y admisión parcial cuenta con cucharas, opera con grandes saltos de agua y pequeños caudales, por presión inducida del flujo, es compacta y requiere carcasa (T. de acción)
- T. Turgo; modificación de la Pelton, no requiere carcasa, opera en salto bajos y altos, de mayor aplicabilidad en centrales pequeñas.
- T. Francis; de flujo mixto semi axial y de reacción, el flujo entra radial o diagonal al rodete, opera con saltos y caudales medios, los alabes y rodetes pueden ser orientados, puede operar abiertamente. De mayor aplicabilidad en centrales grandes. (T. de reacción)

En ambos sentidos rural o urbano y a escala local o domiciliaria, demostramos para el caso aplicativo, que aprovechando la generación como se propone, desde el espacio público y extendiendo la condición de lo público a las redes de servicios públicos domiciliarios y los recursos utilizados o distribuidos a través de las redes y tuberías; podemos implementar dos sistemas complementarios a la red de suministro, que en la gestión se manejarían como concesiones o servidumbres con administración delegada para beneficio común. Los sistemas complementarios propuestos para el presente proyecto se presentan a continuación.

1.1.5.1 Sistema Lucid Pipe (LPS). Teniendo en cuenta para el caso de Bogotá, que el operador de la red que presta el servicio público de acueducto es una empresa inscrita como E.S.P. ante el distrito, sujeta a los Planes de Ordenamiento Territorial determinados por la Alcaldía Mayor de Bogotá, conforme a la consideración y aprobación de planes maestros, y que el proyecto de diseño propuesto en esta investigación está planteado en predios de la Universidad Nacional de Colombia, cuyos terrenos se entienden como espacio público; encontramos en esta tecnología la posibilidad adecuada de implementar el dispositivo en las redes matrices y locales de acueducto, próximas al lote escogido, a través de alianzas estratégicas público-privadas. Este

¹⁵³ Ribero, L., Op. Cit.

¹⁵⁴ Ribero, L., Op. Cit.

dispositivo llamado Lucid Pipe fue desarrollado por la Empresa Lucid Energy que viene operando desde 2007 con patentes emitidas desde 2011 para su producto.

En 2016 un grupo de investigadores Indios de la Universidad de Bangalore, realizó un “Estudio teórico y prueba de rendimiento” a una turbina esférica de tipo Lucid, con el fin de analizarla en cuanto eficiencia, realizar simulación CFD y proponer un diseño para impresión en 3D o Modelado por deposición fundida (FDM); de allí se extrajeron algunos datos oficiales del dispositivo para este documento.¹⁵⁵

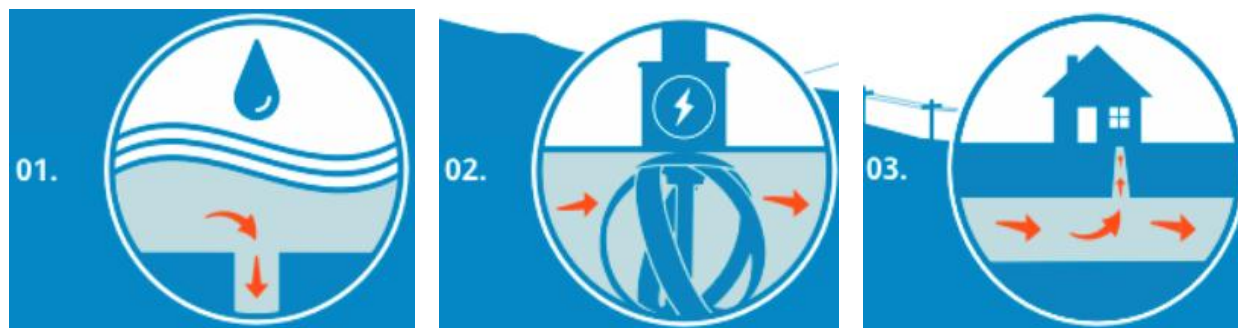
El sistema inicialmente inspirado en la geometría de las turbinas Gorlov y Darreius aparentemente; consiste en un generador hidrocinetico autonomo, a partir de una turbina esférica de eje vertical, de reacción, de diseño exclusivo; se alimenta por gravedad y se sirve de una especie de distanciadores-elevadores para liberar el giro del rotor, funciona igual sin importar la dirección del flujo y va instalada dentro de una tubería en una sección tipo válvula para acople directo; los componentes adicionales del Lucid Pipe System (LPS), incluyen un generador, controladores, rodamientos, frenos y sellos mecánicos que van por fuera de la tubería, lo que en dado caso permite mantenimiento de los mismos.



El sistema de turbina esférica Lucid se considera entre 2 y 3 veces más eficiente que sistemas solares y eólicos, tiene aplicaciones en redes municipales, industriales, de irrigación, de petróleo, de gas o de desalinización, sin embargo está diseñado para usarse en tuberías de agua de gran diámetro (24" - 96"). La energía renovable producida se puede utilizar fuera de la red para cargar sistemas de almacenamiento, alimentarse de nuevo a la red y conectarse para medición neta para venta de energía, o usarse directamente in situ para alimentar mecanismos y equipos de la red de suministro como bombas, medidores, controles, dispositivos de agua inteligentes, mezcladores o luces de indicadores y máquinas de hipoclorito.¹⁵⁶

¹⁵⁵ Rakesh, C., NALLODE, C., ADHVAITH, M., ANWIN, T. J., KRISHNA, A. A., RAKESH, C., ... & KRISHNA, A. A. (2016). Theoretical Study and Performance Test of Lucid Spherical Turbine. *International Journal*, 3, 418-423.

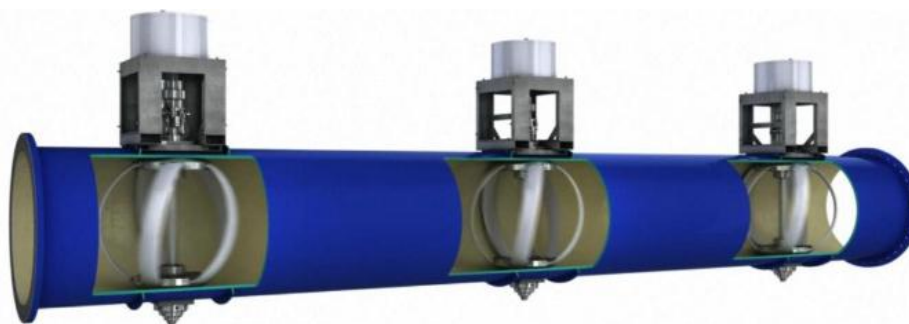
¹⁵⁶ *Ibid.*



En tuberías se obtienen velocidades de fluido entre 4 y 7 pies, y aunque existe una relación proporcional entre velocidad del flujo y potencial de energía, la turbina alcanza su mejor rendimiento con velocidad del agua de 4pies/s (1.7m/s), por tanto en redes con flujos bajos se requiere reducir diámetros para aumentar velocidad. Así mismo el sistema cuenta con controladores remotos para detener o ralentizar la turbina, sin que ello afecte incidentemente el flujo o la operatividad de las redes de abastecimiento.

Se puede instalar en un día y la generación de energía puede comenzar en menos de una semana. Esto mantiene los costos de permisos e instalación bajos y los retornos del proyecto altos. Según el profesor Rakesh líder del equipo Indio, los beneficios económicos pueden reducirse aún más con la implementación de un proceso de fabricación en serie de la turbina e incluso a escala de la misma.¹⁵⁷

Por otra parte un grupo de investigación en Indiana de la Purdue University, también en 2016 centró su estudio en este sistema, enfocándose en el hecho de que aprovecha el exceso de presión en la tubería desempeñando una función homologa a las válvulas reductoras de presión, operando apenas con cabezal hidráulico de 4m por turbina, mientras genera electricidad.¹⁵⁸

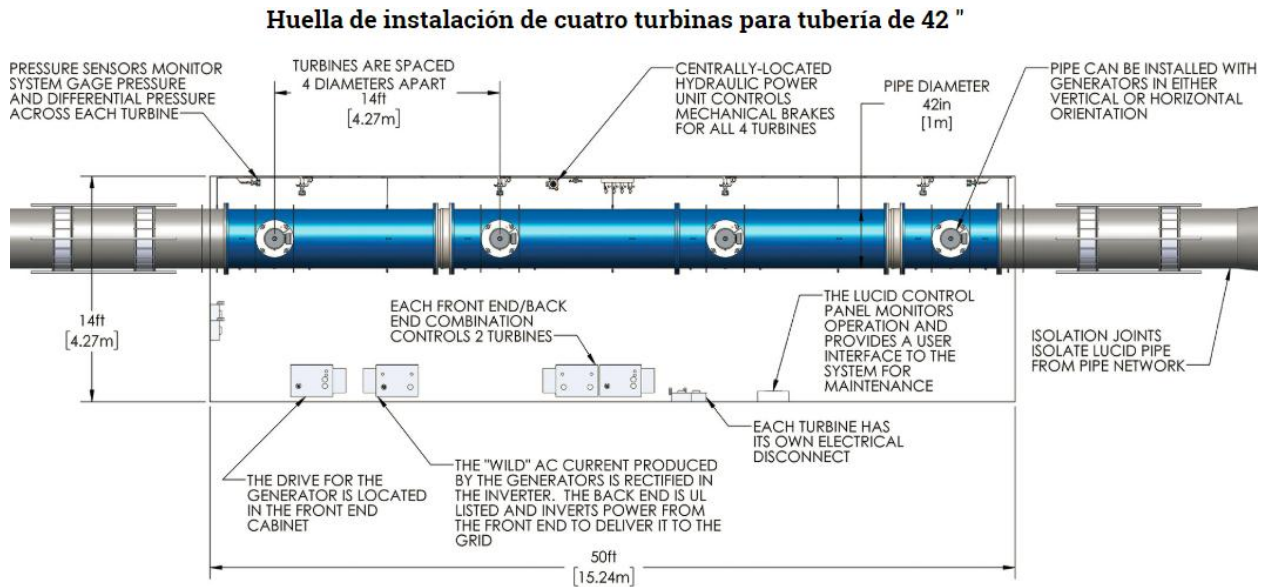


El dispositivo ofrece flexibilidad operativa, permitiendo instalar en la red de transmisión de agua, un sistema típico de 4 turbinas montadas en serie (a 4 diámetros de distancia), una detrás de otra en una misma línea de tubería, para maximizar la producción de energía. Además, fuera de la turbina los componentes mecánicos y electrónicos se ubican en (sobre), o cerca de la tubería,

¹⁵⁷ *Ibíd.*

¹⁵⁸ Team, Purdue University. ECT. (2016). LUCIDPIPE™ POWER SYSTEM. DOI: 10.5703/1288284316353.

minimizando espacio y costos de instalación.¹⁵⁹



Del documento producido por el Purdue ECT Team, extraemos la siguiente TABLA de descripción general de los datos de potencia de Lucid Pipe:¹⁶⁰

LucidPipe™ Diameter (in)	Rated Power (kW)	Rated Flow (MGD)	Gauge Pressure Required for Rated output (psi)	Head Extraction at Rated (psi)	Head Extraction at Rated While Stopped (psi)	Operational Head Loss Coefficient (Running /Stopped)
24	14	24	48	5.2	1.2	6.7-8.4/2.0
42	50	64	43	5.9	1.1	7.7-10/2.3
60	100	128	43	5.0	1.2	7.7-10.1/2.3

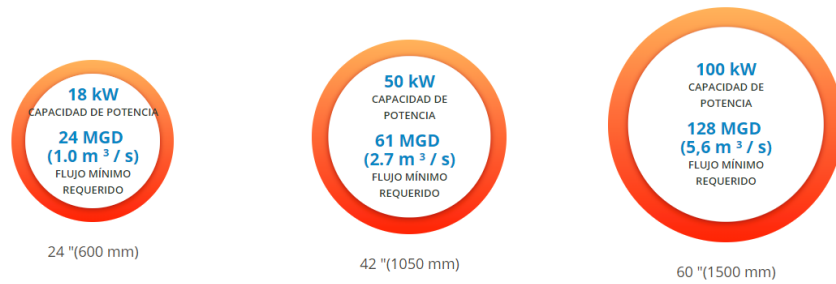
Mientras que “Las turbinas hidroelectricas tradicionales detienen el flujo de agua de manera efectiva cuando se detienen, y pueden causar un golpe de ariete peligroso cuando la red electrica se desconecta, por lo que deben colocarse en una derivacion para no interrumpir el suministro seguro de agua”; el LPS genera electricidad a partir del exceso de presión en la tubería, disminuyendo el trabajo realizado por las válvulas reductoras de presión, no obstante, dado que absorbe un porcentaje mínimo del cabezal de presión, tanto en funcionamiento, como detenido, prácticamente no afecta el flujo del suministro y se puede colocar sin necesidad de bypass; produciendo entre 14 y 100 Kw, potencial de generación que ubica el sistema en el rango entre minicentrales y microcentrales (50KW). Opera en una amplia gama de diámetros de tubería y presiones/flujo; los datos más recientes muestran potencial de hasta 105 kW con 125 MGD (Million Gallons per Day) para 60” y se espera que las turbinas de la próxima generación produzcan el doble de potencia de salida por turbina.¹⁶¹

¹⁵⁹ Team, Purdue University. ECT. Op. cit.

¹⁶⁰ *Ibid.*

¹⁶¹ Kanagy, J. 2011. Northwest PowerPipe™, an Innovative In-Conduit Power Generating Technology. Lucid Energy Technologies, LLP. Available online: http://www.nwhydro.org/wp-content/uploads/events_committees/Docs/2011_Small_Hydro/Technology%20-%20Lucid%20Energy.pdf [Accessed

Requisitos de potencia de salida y flujo de agua





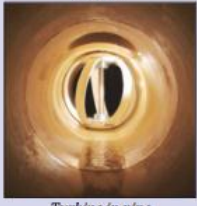

El sistema piloto Lucid se instaló en 2010 en Riverside, California, con una sola turbina en tubería de 42" suministro más de 20MW/h de electricidad, entre 900 y 1200 MW/h de energía al año (abastecimiento de 150 hogares). Como resultado Riverside Public Utilities instaló un sistema permanente en el que incluyeron sensores para monitorear la potabilidad del agua y las condiciones de abastecimiento. En diciembre de 2014, se puso en línea un sistema de producción de 4 turbinas en Portland, Oregon, y ha estado funcionando desde entonces. Los dos sistemas han resultado eficientes exitosos y reconocidos.¹⁶²

En 2015 el alcalde de Johannesburgo visitó las instalaciones de Lucid Energy; y anunció su iniciativa para mitigar la crisis energética instalando el sistema LucidPipe en Joburg (sin ejecutar a la fecha según fuentes); el sistema fue incluido en el reporte entregado para la Water Research Commission en 2016 por M van Dijk, en un documento que identifica tecnologías probadas y disponibles de energía hidroeléctrica de baja altura, así como los sitios donde se pueden implementar. Del informe realizado traemos a este estudio la ficha del dispositivo con un cuadro comparativo frente a otras turbinas de reacción y sus características, como se muestra a continuación.¹⁶³

Noviembre 2018]

¹⁶² Team, Purdue University. ECT. (2016). LUCIDPIPE™ POWER SYSTEM. DOI: 10.5703/1288284316353.

¹⁶³ Water Research Commission, University of Pretoria. (2016). ENERGY GENERATION USING LOW HEAD HYDROPOWER TECHNOLOGIES. Report to the Department of Civil Engineering. ISBN 978-1-4312-0826-5.

Turbine Name		Table A3: Layout of Appendix A: Reaction turbines					
Company name		Turbine group	Turbine type	Supplier	Flow range (m ³ /s)	Head range (m)	Power (kW)
LUCIDPIPE POWER SYSTEM		Reaction	Kaplan	Ossberger	1.5-60	1.5-20	20-35 00
108 NW 9th Avenue Suite 201C Portland USA				Mavel	0.3-150	1.5-35	30-20 000
+1 574-238-5415				Voith	Not given	3-95	100-400 000
josh.kanagy@lucidenergy.com				Tamanini	0.2-15.0	5-35	10-5 000
www.lucidenergy.com				Power Pal	0.04-0.13	1.5	0.2-1
These spherical turbines are installed inline in large diameter pipes. A number of turbines can be installed in series and can operate across a wide range of head and flow conditions.			Turbinator	Clean Power AS	0.5-12	10-60	75-3 300
0.5 m to 10 m head drop through turbine; pressure head in the pipe can be higher			Bulb	Alstom	0.3-150	2-30	<130 000
1 m ³ /s to 5.6 m ³ /s				Voith (MiniHydro)	2-30	Not given	1 000-80 000
14 kW to 100 kW			Francis	Wasserkraft Volk	1-14	2-10	Not given
 Computer-generated drawing of turbine  Three Lucidpipe turbines in series				Mavel	Not given	<300	<20 000
				Gilkes	0.1-30	15-440	20-30 000
				Voith	0.05-40	<400	<20 000
			Tamanini	Not given	3-95	5-1 000 000	
 Turbine in pipe  Installed turbine			Syphon-turbine	Mavel	0.2-10	15-300	10-10 000
			Inline Turbines	Kawasaki Ring	0.15-4.5	1.5-6	1-180
Moveable Power House	Hydro E-Kids	0.14-2.8		3-30	20-500		
	Wave power turbine	Lucidpipe Spherical	0.1-3.5	2-15	5-200		
Pump as turbine		Ossberger Canada	1-5.6	0.5-10	14-100		
	Wave power turbine	Andritz	0.03-6	3-80	3-10 000		
Wave power turbine		Voith	Not given	Not given	Not given		

En 2013, la Hong Kong Polytechnic University, y el Water Supplies Department de China, con el fin de suministrar energía a sistemas para recolección de datos de tuberías en lugares subterráneos y para trabajos de mantenimiento en lugares remotos, citan la turbina Lucid para desarrollar un modelo propio similar (in line), y mas pequeño que el LPS; a través de la simulación CFD y la prueba de prototipos, logran una turbina que genera 88.2W en tuberías de 100mm, con velocidad de agua de 1,5m/s y presiones menores de 5m.¹⁶⁴

Como resultado del proyecto ejecutado con éxito en Portland y con base en su operatividad, se realizó en 2017 una presentación corporativa que incluye descripciones, planos e imágenes¹⁶⁵, de la cual se pueden rescatar los siguientes datos comparativos (en verde), de rendimiento para un sistema Lucid Pipe implementado en 42” (Pag. 10), que consideran la capacidad proyectada (potencia nominal), la capacidad real instalada (capacidad nominal) y la capacidad real operativa o resultante (capacidad promedio, que incluye pérdidas), para un mismo diámetro.

¹⁶⁴ Chen, J., Yang, H. X., Liu, C. P., Lau, C. H., & Lo, M. (2013). A novel vertical axis water turbine for power generation from water pipelines. Energy, 54, 184-193.

¹⁶⁵ Heliplast, Op. cit.

RENDIMIENTO	TIPO TUBERÍA	TURBINAS EN SISTEMA	POTENCIAL UNIDAD	POTENCIAL SISTEMA	HORAS OPERACIÓN	PRODUCCIÓN DIARIA	DÍAS OPERACIÓN	PRODUCCIÓN ANUAL	
	Ø	UN	KW/UN	KW	DÍA	KW/DIA	AÑO	KW/AÑO	MW/AÑO
POTENCIA NOMINAL	42"	4	50	200	24	4800	365	1752000	1752
CAPACIDAD NOMINAL	42"	4	43	172	24	4128	365	1506720	1506,72
CAPACIDAD PROMEDIO	42"	4	35,78	143,12	24	3434,88	365	1253731,2	1253,7312

En la página de la empresa LucidEnergy y el dispositivo Lucid Pipe, se presenta para el caso de Estados Unidos en cuanto al margen de retorno de la inversión que *“La electricidad generada por el sistema de energía LucidPipe puede usarse detrás del medidor o venderse a las empresas de energía a través de acuerdos de compra de energía (PPA). El costo objetivo de la electricidad (LCOE, por sus siglas en inglés) es entre \$ 0.05 y \$ 0.12 por kilovatio/hora, según las tarifas locales de energía y otros factores de financiamiento del proyecto. La amortización del proyecto objetivo es de 10 años.”*. Adicionalmente en la presentación elaborada en 2012¹⁶⁶ por Gregg Semler, (P. CEO), encontramos el siguiente cuadro para el caso:

Project Economics – NW Project

	Current
System size in kW	200
LucidPipe kW per unit	50
LucidPipe units installed	4
Energy Production per year	900-1200 MWH
Total system cost in \$	\$1,319,337
Levelized cost in \$/kWh	3.2 cents
IRR %	12.1%

Se plantea entonces este, como un sistema energético autónomo por lo cual no genera impacto ambiental por operación ni emisiones de material particulado, por su naturaleza no afecta las cuencas hidrográficas ni afecta las operaciones de abastecimiento de agua; Sin importar las condiciones climáticas puede implementarse en cualquier ciudad que cuente con servicio de acueducto, lo cual no implica daño a los ecosistemas.

Aprovechando la operación normal de las redes, genera energía las 24 horas 7 días, por el funcionamiento de flujo continuo, lo que le da fiabilidad como sistema eléctrico, además puede convertir el exceso de presión en una fuente de ingresos a través de la venta y compra de energía y reduce el gasto energético en términos de pesos/kW/h. No genera contaminación visual ya que permanecería subterráneo con el tendido de redes, acoplado a las líneas existentes o en la construcción de nuevos tramos; lo cual hace que requiera mínima infraestructura nueva y en cualquier caso se reduce la obra civil; inclusive se prevé que debido a fallas en la infraestructura

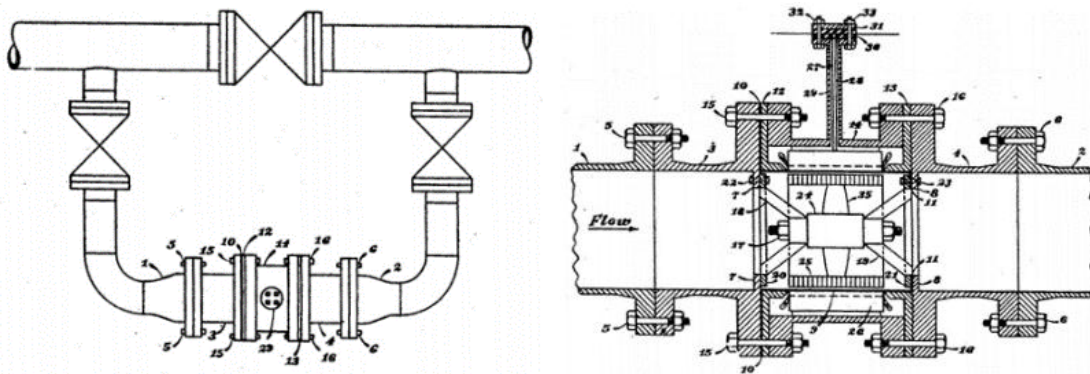
¹⁶⁶ Gregg Semler, P. CEO (2012). Harvesting renewable, low cost, electricity from gravity-fed water pipes. Presentación corporativa. Available online: http://www.nwhydro.org/wp-content/uploads/events_committees/Docs/2012_Small_Hydro/Lucid%20Energy.pdf

hidraulica, las reparaciones permitan insertar las turbinas.¹⁶⁷

No obstante a los casos exitosos de aplicación existente, donde se demuestra sinergia entre entidades como en el caso de Portland¹⁶⁸, resulta complejo en la gestión, plantear una tecnología nueva que genere electricidad para una industria cuya misión es entregar agua, entendiendo además que normalmente debido a la generación, el servicio de energía representa mayor gasto que el de agua; además un SLP de 24" (el más pequeño), requiere gran cantidad de agua en movimiento (14 millones de galones por día), para lograr su eficiencia y hacer la instalación económicamente viable. Por lo cual por ahora se hace adecuado solo para grandes municipios y ciudades.¹⁶⁹

1.1.5.2 Mini turbina hidrogeneradora Tubenergy. Como se ha podido presentar, el tema de desarrollo de microturbinas no es propiamente reciente, sin embargo lo que resulta novedoso, es el avance logrado para estos dispositivos que optimizan sus características, rendimiento y diseño, tanto de estructura como de rotor o rodete, de acuerdo a necesidades específicas. Se pudo comprobar en la investigación que la tendencia en este campo se enfoca en la necesidad de disminuir el tamaño y peso de los dispositivos, aumentando al máximo posible su rendimiento y optimizando los procesos de fabricación, para aplicaciones in line, en tuberías de diámetros reducidos, promoviendo la implementación a gran escala en hogares y tuberías domiciliarias.

Revisando múltiples referencias, se evidencia que particularmente en este proceso, científicos, ingenieros, investigadores e inventores, como independientes, han aportado en mayor o gran medida a la evolución de los dispositivos, desde rústicas implementaciones caseras hasta aparatos complejos industrializables; se encuentran por ejemplo documentos de diseños patentados en Estados Unidos desde 1945, para el caso de microturbinas hidrogeneradoras de energía insertas en la tubería (in line) a escala domiciliaria, de tipo bypass o con derivación (Joseph H. Wood US2436683). En este apartado específico, para implementar en el proyecto de diseño, se busca seleccionar un dispositivo tecnológico teniendo en cuenta la relación máxima eficiencia–mínimo volumen.



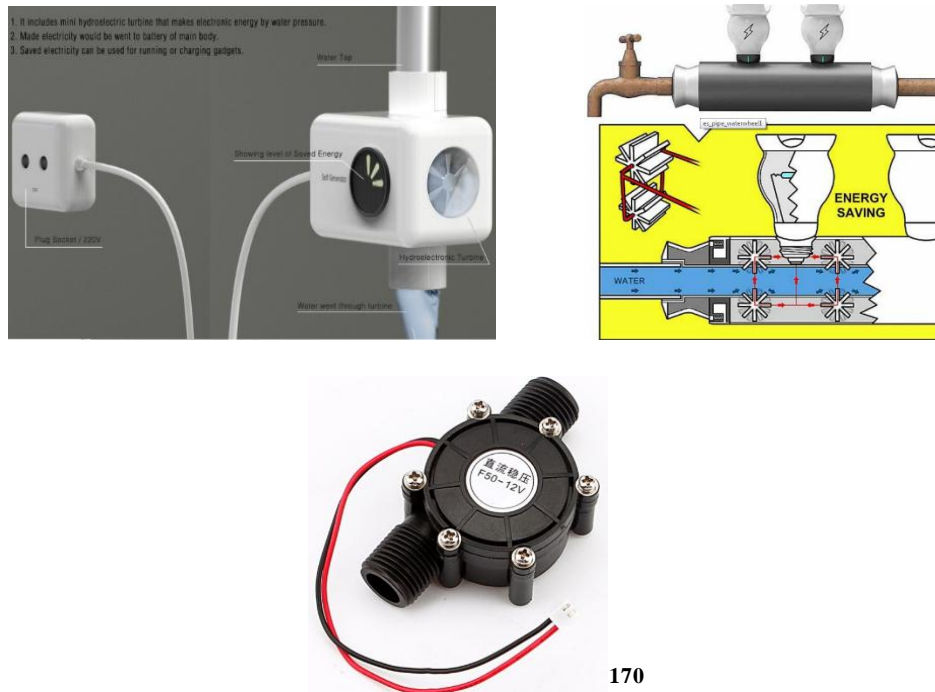
Oficina de Patentes de Estados Unidos, US2436683, Joseph H. Wood, 1945.

¹⁶⁷ Kanagy, J., Op. Cit.

¹⁶⁸ Pinkham, R., Hart-Smith, J., Erne, D., Dougherty, S., Valderrama, A., Levine, L., & Heglar, M. (2015). FOSTERING GREEN BUSINESSES.

¹⁶⁹ Team, Purdue University. Op. Cit.

En el mercado se encuentran modernos dispositivos de tamaño mínimo, como por ejemplo la Mini Hydro Turbine de Jin Woo Han, o el dispositivo de rotor piezoeléctrico Waterwheel diseñado por Ryan Jongwoo Cho, ambos dispositivos fueron ideados para implementarse a la salida de los puntos hidráulicos domésticos rematando líneas de las tuberías; o más comúnmente se implementa y comercializa el Micro-Hydro generador de turbina 12V de 10W, todos ellos generadores pequeños en tamaño, pero con operatividad solamente para recarga de aparatos de bajo consumo.










170

Para esta categoría, se consideran como microturbinas: las que tienen una capacidad instalada por el rango de 1kW aproximado, aprovechan la energía potencial del agua con baja diferencia de altura y poco caudal (Rango de 5 a 12 L/s Aprox.), generan tensión para alimentar baterías de 6, 12 o 24 voltios, y que con inversor pueden alimentar sistemas de 110 - 220 voltios¹⁷¹, en ese rango de especificaciones podemos encontrar algunos diseños, tamaños y empresas que manejan amplios niveles de desempeño y potencia.

¹⁷⁰ <https://www.coroflot.com/jinwoohan/Mini-Hydro-Turbine> / <https://ecoinventos.com/es-pipe-waterwheel-miniturbina-que-acumula-luz-con-tus-tuberias/> / <https://cdtecnologia.net/sensores/547-mini-generador-electrico-12v-de-10w.html>

¹⁷¹ Romero, C., & Alexander, Y. (2019). Generación de Energía Eléctrica a través de la Tecnología de Microturbina en la finca La Pomba, zona rural de Fusagasuga-Cundinamarca.

CUADRO COMPARATIVO MINI – MICRO TURBINAS 1KW				
DISPOSITIVO	DENOMINACIÓN	RENDIMIENTO	DIMENSIÓN	OBSERVACIONES
	Micro turbina TG-POWER	58.8 - 211.8 kW*h/día para un caudal de entre 5 y 15 L/s		Presentada por la brasilera Yves Clement Bindzi en su trabajo de disertación ¹⁷²
	Generador Hidroelectrico TF-22 Elettromeccanica Salmini.	60W a una presión de 2 metros y caudal de 0,9 L/s	Tubería de 1" tamaño 150 * 95 mm,	Tensión de 12 y 24 Vdc. Presión de trabajo de 10 bar. Comercializada por Tienda Elektron. ¹⁷³
	Micro Turbina Pelton	300 - 5000W con flujos entre 6 y 35 L/s	Tubería 8 y 15 cm tamaño promedio 40 * 35 * 43 cm	Tensiones de 220V AC ¹⁷⁴
	Mini Turbina Hidroelectrica compacta tipo Pelton, KT-1000	400 - 1000W con caudal de 0.5 y 6 L/s	Tamaño 45 de diametro * 48cm de altura,	Tensión 24Vdc. Para sistemas Lingenhoele; comercializada por Caudal Solar y Heliplast. ¹⁷⁵
	Turbina inline HP para Sistema Micro Regen de TecnoTurbinas S.L.	2 - 25kW de 1 a 45 L/s	Tubería 25 a 125 mm. Tamaño Aprox. 60cm de altura * 25 de diametro	Con caudales a 16 o 40 bar, voltaje de salida de 160 Vac. ¹⁷⁶
	Dispositivo compuesto de generador y turbina esférica de alta eficiencia, de núcleo aligerado y 8 aspas.	88.2W velocidad 1,5m/s y presión menor de 5m	Tubería de 87 - 100mm,	Equipo liderado por el Profesor Hong-xing Yang del Department of Building Services Engineering de la Hong Kong Polytechnic University. ¹⁷⁷
	Turbina TH-640	500 y 1500 kW con caudal entre 5 y 12 L/s	Tubería de 2" Tamaño Aprox. 39.5cm de altura * 20 de diametro	para tensiones de 12, 24 y 48V operando entre 0.8 y 8 bar, comercializada por Hidrosat o Hidric. ¹⁷⁸

¹⁷² Fouda, Y. C. B. (2017). Tecnología micro hidrica pluvial (Doctoral dissertation).

¹⁷³ © tiendaelektron.com. (2016). MICRO TURBINA HIDRÁULICA 60W 12Vcc para carga de baterías. <https://tiendaelektron.com/producto/micro-turbina-hidraulica-60w-12vcc/>

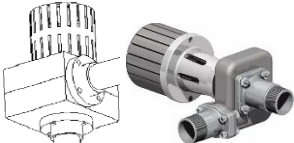
¹⁷⁴ Fouda, Y. C. B. Op. Cit.

¹⁷⁵ Heliplast (2005). MINI TURBINAS HIDROELÉCTRICAS. Pequeñas Turbinas Hidroelectricas Compactas del tipo Pelton. <https://www.heliplast.cl/energiasolar/wp-content/uploads/2016/10/Cat%C3%A1logo-Turbinas-KT-100340-1100.pdf>

¹⁷⁶ Tecnoturbinas S.L. 2016. Turbinas Conectadas A Red, Especificaciones tecnicas / Microregen - Hydroregen <https://tecnoturbinas.com/turbinas-conectadas-la-red/micro-regen>.

¹⁷⁷ Chen, J., Yang, H. X., Liu, C. P., Lau, C. H., & Lo, M. (2013). A novel vertical axis water turbine for power generation from water pipelines. Energy, 54, 184-193.

¹⁷⁸ Hidric. 2005?. Barcelona. Micro Turbinas TH-640 y TH-641 12Vdc, 24Vdc, 48Vdc Que Son Y Como Funcionan. www.hidric.com - www.hidric.cat.

CUADRO COMPARATIVO MINI – MICRO TURBINAS 1KW				
DISPOSITIVO	DENOMINACIÓN	RENDIMIENTO	DIMENSIÓN	OBSERVACIONES
	Mini Turbina hidráulica generadora Traxco	1 Kw/h. Caudal volumetrico 10L/s (36m ³ /h)	Tubería 2"	Tension de trabajo: 24 voltios. Trabaja a partir de 0,5 bar. ¹⁷⁹
	Tubenergy	100-750 W, con caudal de trabajo: 3-10 L/s	Tuberías 50,8 mm/ 2". Tamaño 317,5 x 224,16 x 200 mm	Presion de trabajo 0-8 bar. Flat Tower Ideas ¹⁸⁰

Cuadro comparativo Mini – Micro turbinas 1kW, elaboración propia, ver referencia en observaciones

En revision de las fuentes halladas, se encontro una turbina tipo que cumple con los requerimientos de maxima eficiencia–minimo tamaño y se adapta mejor a las condiciones de escala, esta turbina aparece con diferente denominacion en tres referencias distintas, se pudo verificar conforme a los datos, coincidencia en caracterizacion, rendimiento, especificaciones y apariencia de diseño, como se deja para demostracion en el cuadro anterior, sin embargo sobre revision documental no fue posible establecer vinculos explicitos o nexos especificos, para relacionar con seguridad los origenes y referencias.

No obstante, para este texto se concluye como un mismo dispositivo, que fuera originalmente concebido por los hermanos Abel Martinez Diez (inventor autodidacta) y Francisco Martinez (Ingeniero Industrial) fundadores de Flat Tower Ideas, quienes cuentan con patente del dispositivo Tubenergy como se denominara en adelante, que ha tenido reconocimientos como Ganador en 2013 del Fondo Emprendedores de la Fundacion Repsol, promotora del proyecto; finalistas en 2015 de los Premios Sacyr a la Innovacion; reconocimiento del Parque Cientifico de la Universidad Miguel Hernandez (UMH), donde tienen su centro de desarrollo establecido; ganador de StartUp Europe Awards 2016 España, y que ha tenido tambien difusion en blogs y paginas en internet; de tal forma se infiere que ya como producto seria comercializado por Traxco, Hidrosat e Hidric, cada uno con sus denominaciones especificas.

Tomaremos para el caso, como definitivos, los maximos valores encontrados en cuanto a datos, entendiendo esto como la eficiencia alcanzada para la version o generacion mas reciente del dispositivo Tubenergy como se muestra en el siguiente cuadro:

¹⁷⁹ Heliplast, op. Cit.

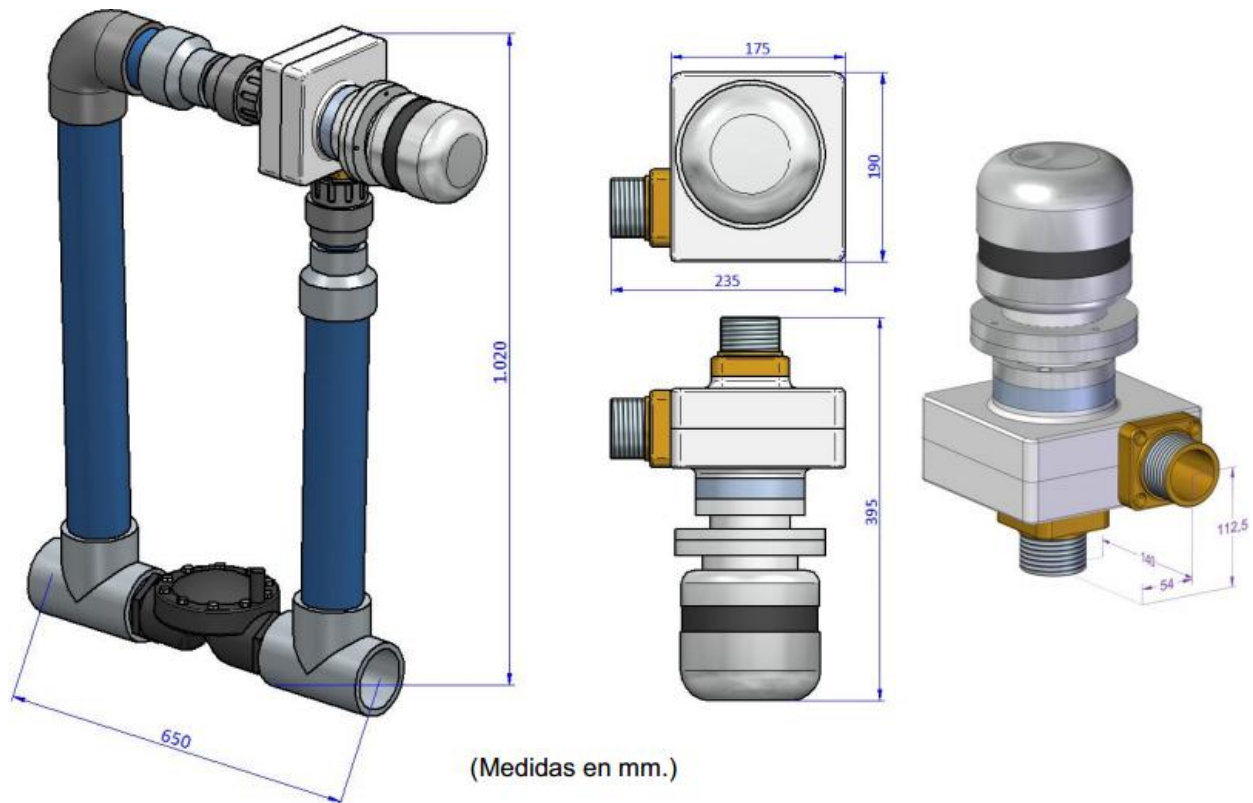
¹⁸⁰ Ainenergia.com (2016). Microturbinas: aprovechando energia residual. [http://ainenergia.com/microturbinas-
aprovechando-energia-residual/](http://ainenergia.com/microturbinas-aprovechando-energia-residual/)

	12V	24V	48V
Presión hidráulica (bar)	[0.8 - 8.0]		
Rango de caudal (l/s)	[5.0 - 12.0]		
Tensión eléctrica (Vcc)	12	24	48
Potencia eléctrica (Nominal / Máx.) (kWcc)	0.5/0.8	0.8/1.2	1.5
Conexión hidráulica	BSP 2" Macho		
Conexión eléctrica (sección cable mm ²)	25	16	10

Parametros operativos Tubenergy

El equipo esta compuesto por la mini turbina hidraulica que dispone de un sistema mecanico de rotacion (rodete de polimero), con un generador electrico incorporado al mecanismo de paletas mediante un eje (de acero inoxidable), no produce chispa, es antideflagrante, lo que la hace ideal para trabajar con fluido liquido o gaseoso; ademas tiene un regulador (unidad) de control y carga de baterias. La mini turbina opera con presion hidraulica de trabajo desde 4 Kg/cm² y actúa como valvula reductora de presion con perdida de carga o de presion de tan solo 2 Kg/cm². Precisa una bateria minima de 24 voltios, 800Ah; con convertidor puede alimentar sistemas de 12 voltios y añadiendo un inversor sistemas de 220 voltios, la capacidad maxima de las baterias se deriva de las condiciones de instalacion final: necesidades electricas y energia hidraulica disponible. Trabaja en posicion vertical u horizontal, igualmente con presion diferencial o contrapresion (no existe otra turbina que trabaje a contrapresion), garantiza presion en la linea que permita cubrir los distintos usos requeridos y su rendimiento es de entre 57% y 60%.¹⁸¹

¹⁸¹ Tubenergy. 2013. Características técnicas y montaje básico. Disponible en línea: http://www.noemoldistribuciones.com/Caracteristicas_tecnicas_tubenergy.pdf

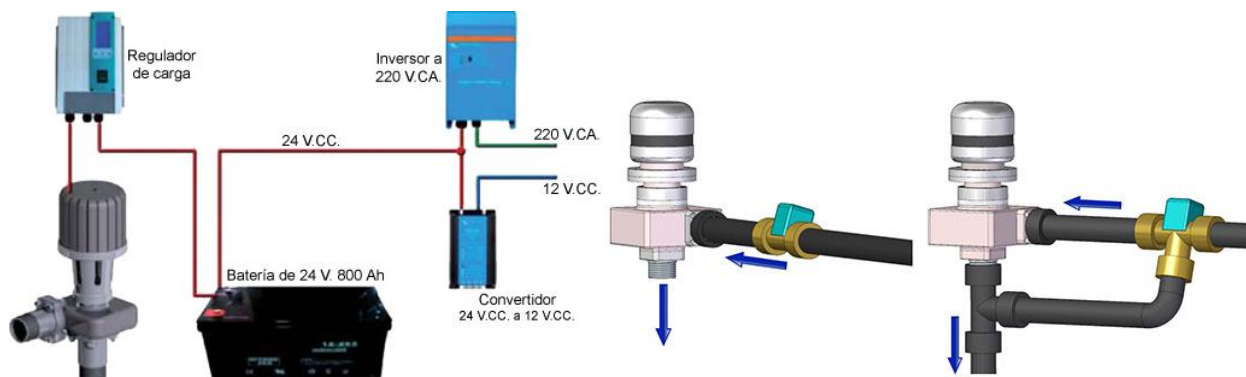


Es un sistema que resulta rentable y económico teniendo en cuenta que su fabricación se realiza con impresora 3d, produciendo piezas en serie de alrededor de 3 kilos. No produce impacto medioambiental, ni visual ya que la instalación queda en línea con la tubería; Tubenergy puede aplicarse en estaciones de riego, redes de suministro, o en recuperación de energía en industrias; siempre que haya consumo constante de agua, además con caudal continuo, genera 24h durante 365 días al año. Ya que esta montada en línea con la tubería, pueden montarse 3 turbinas en serie, paralelas a la línea aumentando la eficiencia. La electricidad producida, puede alimentar el mismo dispositivo (unidad de control), cargar baterías o ser devuelta a la red para venta. En cuanto a los costos consultando el sitio oficial de Traxco encontraremos que la mini-turbina hidráulica cuesta € 3.200,00; mientras que el monitor de batería para controlar la mini turbina tiene un valor de € 200,00.¹⁸²

¹⁸² Traxco. (2011-2014). Turbina generadora de electricidad - Mini turbinas hidráulicas con generador - Mini turbina hidráulica. Disponible online: <https://www.traxco.es/blog/productos-nuevos/turbina-generadora-de-electricidad>



La mini turbina, se monitoriza mediante una unidad de control; si las baterías están cargadas por encima del 99% de su capacidad y no existe consumo eléctrico significativo, o si la tensión de la batería supera la tensión máxima de carga, por motivos de seguridad, la unidad de control envía la orden a una electroválvula que opcionalmente se instala en la tubería de entrada, para que detenga o desvíe el flujo, de esta manera se interrumpe completamente el paso de agua por la turbina.¹⁸⁴



Teniendo en cuenta la Norma técnica Colombiana NTC 382, Tubos de policloruro de vinilo (PVC), clasificados según la presión (Serie RDE), según recomendación estándar de fabricantes las propiedades mecánicas del límite de fluencia para RDE21 (200psi = 13.78bar) y RDE26 (160psi = 11.03bar); permiten instalar teóricamente trabajando con 10bar, hasta veinte (20) microturbinas en línea ya sea en serie o en paralelo.

La fórmula para calcular aproximadamente los vatios que se pueden generar, sería la

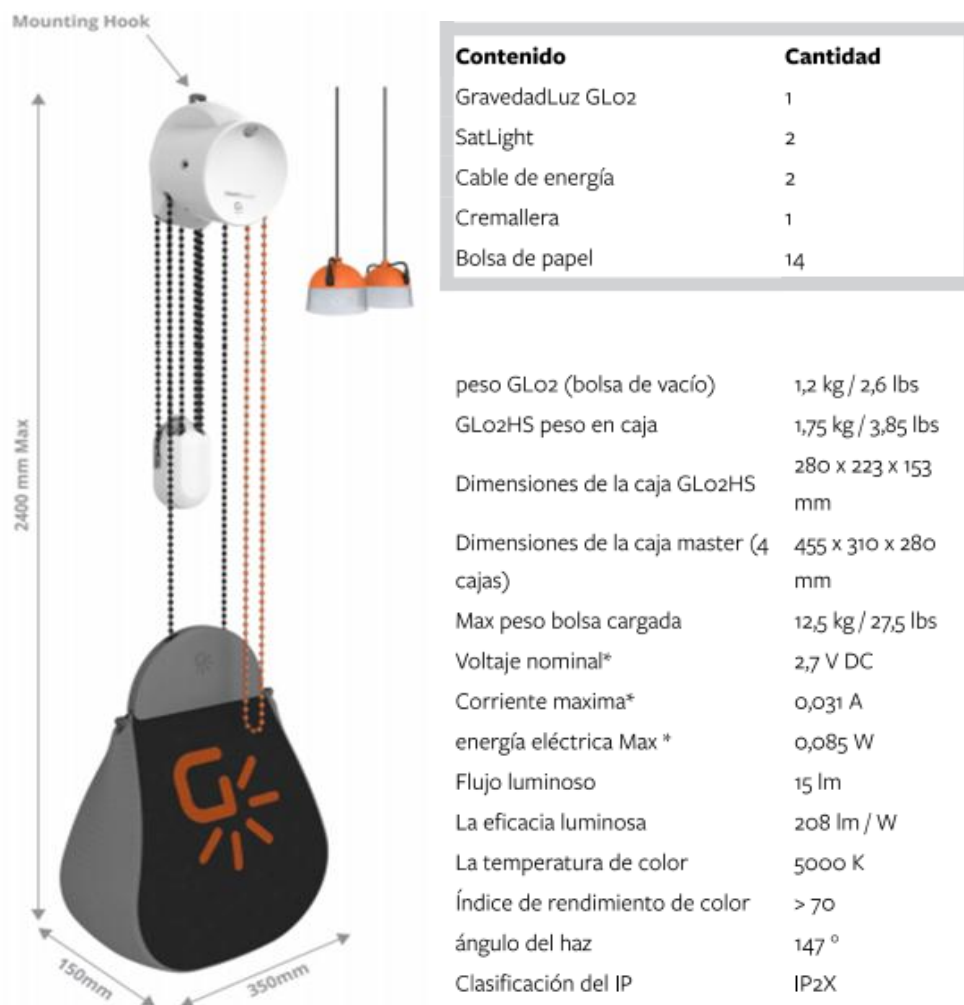
¹⁸³ http://www.infoagro.com/empresas/producto.asp?ide=14145&idp=5&_micro-turb&_flat+tower+ideas+sl

¹⁸⁴ Traxco. Op. Cit.

siguiente: $9,8$ (aceleración de gravedad) por metros columna de agua, por litros segundo, y todo ello dividido entre 2, (considerando un rendimiento de turbina del 50%) para mayor seguridad = $[9,8 * mca * l/seg] / 2$.

1.2 SISTEMAS COMPLEMENTARIOS

1.2.1 Gravitylight. Diseñada por Martin Riddiford y Jim Reeves de la empresa Deciwatt en el año 2009, GravityLight prototype (GL01), por solicitud de ONG del reino unido SolarAid, para uso en zonas no interconectadas, para familias de escasos recursos y reemplazo de la lámpara de queroseno, ante todo en los países pobres africanos, inicialmente. Para junio de 2015 ya producían su (GL02) y financiados a través de la plataforma de Crowdfunding Indiegogo, han alcanzado cerca de 30 países para prueba de su invento, con las implicaciones que esto conlleva reduciendo tanto emisiones de gases como mejorando las condiciones de vida de las poblaciones.



La idea consiste en luminarias que funcionan por gravedad; mediante un sistema de cuerda, se carga un generador de dinamo y bobina, por medio de un mecanismo de polea con un cordón o cadena plástica continua para jalar, que debe levantar y descolgar una bolsa con 11 kilos de peso, activando en cada descuelgue una luminaria LED con una carga aproximada de una décima de vatio, que alcanza para entre 20 y 30 minutos de duración, según comentan en su página se

buscaba el LED con el voltaje directo mas bajo, para maximizar la eficiencia con el tiempo y la velocidad de caída del contrapeso.

El rendimiento a cubrir inicialmente era de cuatro horas al día, tiempo durante el cual las familias regularmente utilizaban las lamparas de queroseno, es decir cuatro horas por 365 días o el equivalente en un año a dos meses sin parar, además su tiempo de retorno de inversión tiende a darse en los primeros meses de implementación, aprovechando que no requiere costos de operación, para que pudiera ser costeable y generar ahorro al usuario cumpliendo con su finalidad.

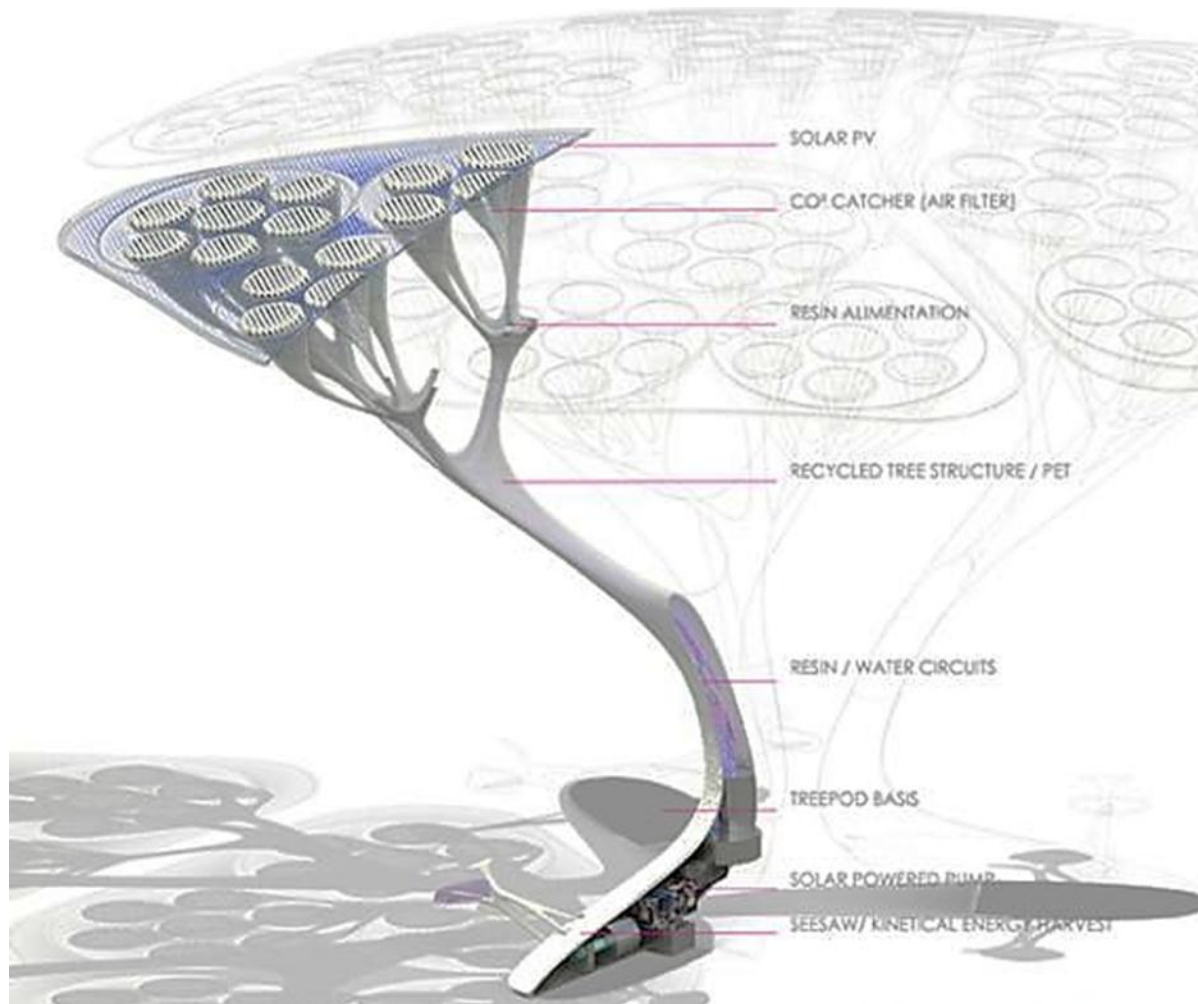
La segunda generación del prototipo (GL02), permite conectar a la luminaria principal, hasta 4 lamparas adicionales al sistema llamadas Satlights, en el circuito cada una de las luminarias son independientemente operables sin afectar el funcionamiento del sistema ni el rendimiento del mismo.¹⁸⁵

1.2.1.1 Treepods. En el marco del concurso Shift Boston, proyecto sostenible liderado por Influx studio, fue presentado este dispositivo por Mario Caceres y Cristian Canonico (Chile, Italia), esta estructura individual agrupable cada tres unidades en modulos hexagonales, con apariencia de arbol artificial, consta basicamente de una base al piso, un tronco curvado, unas ramificaciones principales y secundarias, y un remate, elaborados en plastico PET reciclado - reciclable, y resinas especiales; su aspecto de tronco principal y extremidades con ramificaciones se basa en la fusion morfologica del arbol Sangre de Drago y la estructura pulmonar de bronquiolos y alveolos, lo cual da indicios de su funcion y aporta como concepto estetico para el diseño paisajistico urbano.

El concepto no persigue puramente la imitación per-se, en cambio reconoce la importancia en la presencia y función de los árboles en las grandes ciudades y supone un apoyo desde la tecnología emulando las funciones de las plantas que se consideran insuficientes para la concentración de emisiones en las metropolis y megalopolis, además se prestan con la misma funcionalidad para climas, zonas, o lugares de bajas posibilidades para proliferación natural de la vegetación.

Además de la apariencia, este dispositivo imita también a las plantas en su función, mediante un proceso tecnológico denominado Humidity Swing u Oscilación de Humedad, desarrollado en la Universidad de Columbia en Nueva York por el científico Klaus Lackner, recoge y absorbe el CO2 para filtrarlo mediante reacción química; el sistema es un depurador, como un sumidero de carbono, cuyo principio funciona a partir de una lámina sintética porosa de polipropileno, en la cual se dispersa una resina especial.

¹⁸⁵ <https://deciwatt.global/gravitylight>



Teniendo en cuenta que el CO₂ tiene carga negativa (anion) lo que se busca en el proceso es hacerlo reaccionar con una resina a base de amino (resina de intercambio anionico) que tiene carga positiva (cation) para que el CO₂ pueda ser retenido electrostaticamente.

La resina tiene que ser preparada con contraiones de grupos hidroxido o carbonato (aniones homologos al CO₂), para lograr atrapar el CO₂, cuando por el aire ambiente la resina se seca espontaneamente en el polipropileno en un proceso de absorcion, libera el CO₂ en agua al mojarse en un proceso de desorcion. Esto constituye un ciclo de humedad inducida.¹⁸⁶

Este prototipo simula el principio de la fotosintesis en una planta; como sistema para la captacion de la luz y como remate, en la parte superior de la estructura sobre las ramas secundarias artificiales, emplea paneles dispuestos en tres grandes superficies planas, simulando una especie de hojas romboidales ovaladas, conformando lo que seria el follaje y que constituye doseles, que en el dia generan sombra a los peatones y durante la noche conforman un dispositivo de alumbrado público con luces led de color. Adicionalmente en su base tienen un balancin de

¹⁸⁶ Wang, T., Lackner, K. S., & Wright, A. (2011). Moisture swing sorbent for carbon dioxide capture from ambient air. *Environmental science & technology*, 45(15), 6670-6675.

juego infantil que a partir de la energía cinética provee energía eléctrica adicional, para iluminación y filtración.¹⁸⁷

1.2.1.2 Pavegen. Pavegen, fundada en 2009, es el líder mundial en la recolección de energía y datos de pasos. Nuestra visión es crear entornos construidos más inteligentes y sostenibles que empoderen y conecten a las personas. Desde el cambio climático hasta las ciudades en rápida expansión, enfrentamos desafíos ambientales y sociales complejos. Nuestra tecnología permite a las personas involucrarse directamente con la energía limpia, aumentar su comprensión de los problemas de sostenibilidad y conectarse de manera intencional con las marcas.

La tecnología por sí sola no hará que las ciudades funcionen de manera más eficiente. Se trata de cambiar comportamientos. La combinación de interactividad física y datos enriquecidos de Pavegen está ayudando a dar vida a ciudades inteligentes. Con más de 150 instalaciones en todo el mundo, incluidas nuestras matrices recientes en Dupont Circle de Washington DC, las ciudades y las marcas reconocen el valor del poder de las personas.



* ¿Cómo funciona la tecnología Pavegen? La tecnología Pavegen es un sistema de suelo personalizado multifuncional. A medida que las personas pisan las baldosas, su peso hace que los generadores de inducción electromagnética se desplacen verticalmente, lo que da como resultado un movimiento rotativo que genera electricidad fuera de la red. Además, cada azulejo está equipado con una API inalámbrica que transmite análisis de datos de movimiento en tiempo real, mientras que produce energía directamente cuando y donde se necesita. Pavegen también puede conectarse a una gama de dispositivos móviles y sistemas de administración de edificios. La nueva tecnología Pavegen conocida como V3, es más elegante y mucho más eficiente, generando más de 200 veces más energía que el primer modelo fabricado en 2009. El nuevo diseño triangular maximiza la producción de energía y la captura de datos; mientras que su alta durabilidad y simple capacidad de despliegue le permiten a Pavegen integrarse sin problemas en cualquier ubicación, como una solución de energía descentralizada efectiva.

* Especificaciones del producto

Dimensiones: 500 mm cada borde

¹⁸⁷ <https://phys.org/news/2011-03-faux-trees-co2-o2.html>

Potencia nominal: 5 vatios de potencia continua a partir de pasos

Voltaje: 48 V (rango 12 V - 48 V)

Materiales: acero, aluminio reciclado, compuesto.

Tamaño mínimo de pedido: matriz de 2x4m.

Certificación: cumple con CEM, marca CE, cumple con UL.

Pavegen ha desarrollado un sistema de controlador inteligente que simplifica la administración de energía fuera de la red.

Nos hemos propuesto facilitar la creación de sistemas interactivos. Los dispositivos externos como la iluminación LED se pueden controlar en respuesta a variables en la actividad peatonal, niveles de energía almacenados y una gama de entradas de sensores. Al combinar el almacenamiento de energía, el control de carga y la medición de potencia en un solo Controlador inteligente, se ha creado una solución configurable flexible que viene con una serie de características.

* Almacenamiento y control de energía. Para un almacenamiento de energía rentable, hemos incluido la carga compensada por temperatura para las baterías de plomo ácido. Se puede configurar para sistemas de 12V, 24V o 36V. Si la vida útil prolongada es clave, puede cargar condensadores Súper / Ultra de hasta 48V.

* Control de cargas externas y auxiliares. Tenemos diez canales de salida conmutados que se pueden usar para manejar cargas externas, como luces LED. Estas salidas se pueden activar / desactivar para simplemente cambiar un dispositivo o señales PWM de 1 kHz para controlar el brillo de las luces LED.

* Medición de potencia. Las medidas de potencia de entrada y salida permiten informar el rendimiento en tiempo real. Esta característica es útil para el control de sistemas interactivos donde los dispositivos externos se controlan en respuesta a la actividad de los peatones y la demanda de energía.

* Entradas de sensor analógico. Hemos incluido dos entradas de sensor analógico. Estas se usan a menudo para conectar sensores de luz ambiental para ajustar la potencia a las luces en respuesta a los niveles de luz ambiental.

* Interfaz digital. Se puede acceder a las señales de sensor y control a través de una interfaz USB.¹⁸⁸

1.2.2 Liam F1. La compañía holandesa de investigación y desarrollo de energías renovables Archimedes creó este producto para generación eólica de energía eléctrica, es un pequeño aerogenerador urbano que puede hacer a los hogares energéticamente autónomos.

¹⁸⁸ <http://www.pavegen.com/about/>



LIAM F1 UWT es una nueva generacion de turbinas eolicas para uso domestico que produce mucha mas energia que las actuales y apenas generan ruido, actualmente sigue en desarrollo y mejora continua. Una nueva evolucion dentro del mundo de las energias renovables.

Creado para instalarse en los tejados de los edificios, con un diametro de 1,5 metros y un peso que no llega a los 100 kilos. Genera una media de 1.500 kilovatios-hora de energia al año con una velocidad de viento de 5 m/s.

El diseño se basa en un rotor que captura la energia cinetica del viento para convertirla en energia mecanica. Debido a su forma de tornillo, la Liam apuntara automaticamente a la posicion optima del viento, al igual que un banderín y por lo tanto tendra un rendimiento maximo.

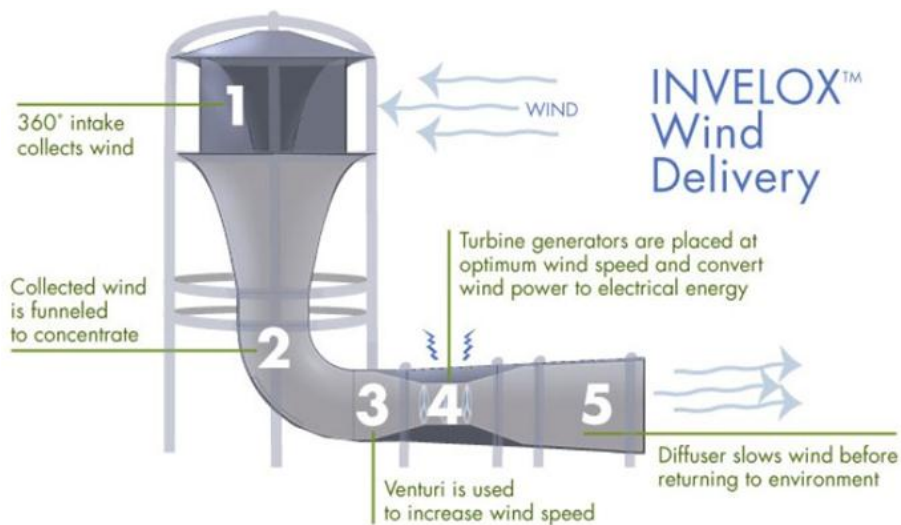
Las hojas del rotor se fabrican a partir de hojas planas, produciendo poco ruido (<45dB), y tanto en las simulaciones por ordenador, como en el túnel de viento, se ha medido una eficiencia del 52%, con un pico maximo del 59%. Pero a pesar del rozamiento de los cojinetes y la obstruccion de su marco, este rotor puede extraer el 88% de la energia del viento.¹⁸⁹

¹⁸⁹ <http://ecoinventos.com/liam-f1/>

AWM wind turbines			
MODEL NAME		AWM - 750D - 150W	AWM - 1500D - 1000W
POWER	RATED	125W	700W
	MAXIMUM	150W	1000W
WIND SPEED	OPERATING	0.9m/s (Cut in : 3m/s)	
	RATED	12m/s	
	CUT OUT	14m/s	
	SURVIVAL	50m/s	
BLADE RPM	RATED	600	330
	CUT OUT	600	400
SIZE		0.75m(W) x 1.1m(L) x 0.91m(H)	1.5m(W) x 1.9m(L) x 1.75m(H)
WEIGHT		32Kg	120Kg
CONTROL SYSTEM		MPPT control, Auto & Manual Braking System	

190

1.2.3 Invelox. Es un dispositivo eólico a partir de turbinas, desarrollado por la empresa Sherwind de Minesota, en 2011, su prototipo tiene una altura aproximada de 12 a 15 metros y algunos modelos han alcanzado cerca de 21.5m, es forma de túnel en L o codo tubular alargado dejando un sector horizontal y uno vertical; al remate de lo que podemos llamar la torre del dispositivo o el sector vertical del túnel, en la parte superior se realiza la captación del viento, que entra por un cabezal tipo embudo, con tapa o sin tapa (según el prototipo), pero abierto por todos los lados lo cual permite operatividad de 24 horas y captación de viento en cualquier dirección y simultáneamente si es el caso, no solo de vientos predominantes unidireccionales.¹⁹¹



192

El aire se conduce a través de la tubería, llevándolo a una zona estrecha en la base del túnel sobre el sector horizontal donde por efecto Venturi se acelera y se encuentran con tres turbinas consecutivas que generan mecánicamente energía eléctrica; el Dr. Daryoush Allaei, director

¹⁹⁰ <https://thearchimedes.com/>

¹⁹¹ <http://sheerwind.com/technology/how-does-it-work>

¹⁹² <https://www.hgpauktion.com/auctions/93481/sheerwind-inc/>

ejecutivo de la empresa, afirma que, además de producir cerca del 600% más de energía que una turbina convencional, reduce costos de instalación en U\$750 por Kw, y que puede funcionar con vientos leves de 1 milla por hora (0.45m/s, 1.61Km/h) lo que permite mayor rendimiento, con una capacidad de producción máxima de 72% en cuanto a generación de energía.

Gracias al cambio de presión y al aumento de velocidad logrado por la reducción de la tubería (efecto Ventury), este sistema es el primero capaz de accionar varias turbinas consecutivas una tras otra evitando el efecto de sombra de viento, gracias también a la succión generada por el tiro de aire, sin contaminar al ambiente ya que al final del sistema de tubería se devuelve, con un 50% más de velocidad en comparación a la del viento de entrada, lo que hace pensar que pueda redirigirse premeditadamente con fines de ventilación natural o realimentación de otros sistemas eólicos domésticos de bajo consumo.

Este sistema es escalable a las necesidades, variando según el tamaño, el volumen captado y por ende el rendimiento en la generación, de tal forma se podrán generar parques eólicos con dispositivos de grandes dimensiones o pequeños y medianos generadores según se disponga de espacio y fondos para su materialización. Actualmente se encuentra diseñado un proyecto en Michigan para la Guardia Nacional donde se calcula producir 200 kw.

De acuerdo a la ficha técnica del sistema, el prototipo Invelox Sunforce 600 se diseñó para que a partir de vientos de entre 1 y 2m/s del aire libre, acelerados por efecto Ventury a entre 6.25 y 12.5m/s, se generen 600 W, con un costo permanente para funcionamiento (OPEX), de U\$3 por MWh, es de fácil mantenimiento aproximadamente 50% menos que los sistemas eólicos convencionales en el mercado, y demora menos de 5 años para retorno de la inversión.¹⁹³

Table 3 System specifications

Item		Traditional	INVELOX
Model		Sunforce 600	Sunforce 600
Rotor diameter [m]		1.31	1.31
Rated free stream wind speed [m/s]		12.5	6.25
Rated power [W]		600	600
Voltage [V]		24	24
Rated load Current [A], maximum		35	35
Generator		3-phase	3-phase
free stream wind speed [m/s]	Cut-in	2.0	1.0
	Survival	70.0	35.0
Number of Blades		3	3
Blade material		Fiber glass	Fiber glass
Resistive load bank [ohms]		10	10
Tower height [m]		10	18.3
Over-speed braking [rpm]		1400	1400

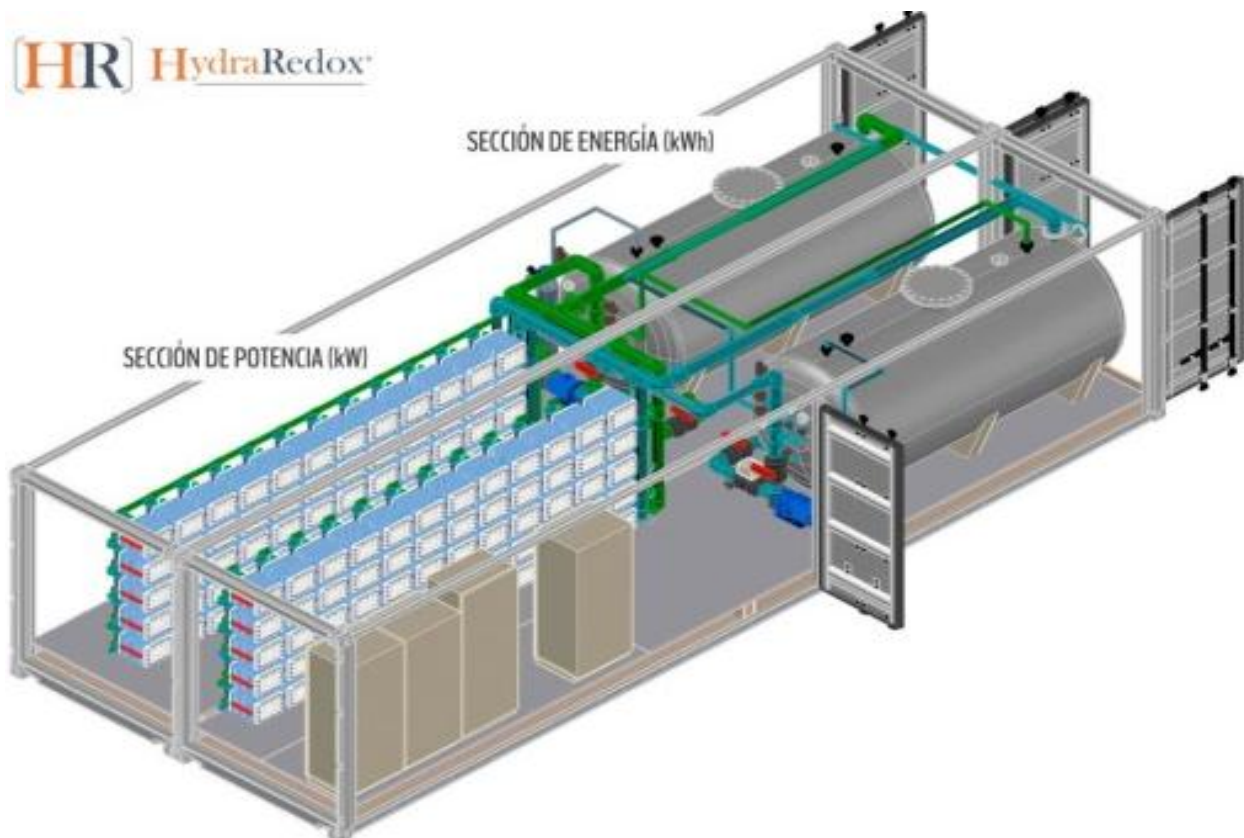
¹⁹³ <http://ecoinventos.com/invelox/>), (<http://sheerwind.com/technology/how-does-it-work>

1.2.4 HydraRedox. En el centro de la tecnología de HydraRedox está el diseño patentado de una “celda individual” en el que cada celda opera de una forma independiente. Los principales parámetros de operación de cada celda – voltaje, flujo de electrolito, estado de carga (SOC) y distribución de la corriente dentro de la celda – se monitorizan y controlan electrónicamente. Junto con otras innovaciones, este diseño le confiere al sistema unas características y ventajas únicas: personalización completa, alta eficiencia, larga vida útil, operación segura y total compatibilidad con fuentes de energía renovables.

* Arquitectura. El sistema HydraRedox se compone de dos secciones independientes: potencia y energía.

La sección de potencia se compone de celdas electroquímicas individuales conectadas eléctricamente en serie que transforman la energía eléctrica en electroquímica (carga), y posteriormente la vuelven a transformar en energía eléctrica (descarga). La potencia requerida se consigue utilizando un sistema modular de celdas. El sistema es escalable hasta multi-MW, lo que lo hace ideal para aplicaciones de gran escala.

La sección de energía se compone de tanques en los que la energía se almacena en forma electroquímica en una solución acuosa, el electrolito. La energía puede almacenarse durante el tiempo que se requiera (kWh), desde unos pocos minutos hasta más de 24 horas. Esto amplía el abanico de aplicaciones y hace que el sistema sea ideal para almacenamientos de larga duración.



El sistema HydraRedox puede configurarse no solo en términos de energía y potencia sino también en términos de voltaje e intensidad. Su arquitectura flexible le confiere una libertad total de diseño y lo hace adecuado para multitud de aplicaciones. El sistema puede cargarse/descargarse hasta 4 veces la potencia nominal para adaptarse a los picos de demanda – y en consecuencia puede diseñarse para una potencia significativamente inferior a la potencia pico. HydraRedox puede cargarse tanto de fuentes continuas como intermitentes sin sufrir ningún tipo de deterioro.

Potencia nominal 5kW hasta 50MW
Sobrecarga de capacidad para picos 4 veces la potencia nominal
Capacidad energética Minutos hasta >24 horas
Corriente nominal 100A hasta >2000A
Voltaje nominal 12V hasta >1000V

El sistema HydraRedox presenta unos niveles altos de eficiencia. La eficiencia en CC (Round Trip) se sitúa en torno al 85% a potencia nominal, y aumenta a bajas cargas – una característica única que lo hace muy adecuado para su uso junto con fuentes renovables. A diferencia de otras muchas baterías, el sistema HydraRedox no sufre auto-descarga incluso cuando se encuentra inactivo durante largos periodos de tiempo. El sistema tiene un tiempo de reacción inmediato, es decir, que puede estar operativo en una fracción de segundo, lo que lo hace adecuado como respaldo.

* Eficiencia en CC (Round Trip)
· A Carga Nominal 80 – 85%
· A Baja Carga 85 – 90%
Eficiencia en Corriente Hasta un 95%
Tiempo de Reacción 340µs, adecuado como SAI
Profundidad de Descarga 100%
Auto-descarga Despreciable

La vida útil del sistema es de 20-30 años, similar al de las energías renovables. Esto es posible gracias al diseño del sistema que evita su deterioro en periodos de operación típicos donde otras baterías sí que lo hacen. La facilidad de mantenimiento en operación también contribuye a alargar la vida útil del sistema.

Vida útil esperada ~30 años
Número de ciclos Ilimitado

Las energías renovables requieren de una solución de almacenamiento con un impacto medioambiental nulo, impacto similar al que ellas generan. HydraRedox es limpio, eficiente y con una larga vida útil. El sistema no genera emisiones y opera de una forma segura a temperatura ambiente y presión atmosférica. Al final de su vida útil, el desmantelamiento del sistema no tiene ningún impacto medioambiental y el electrolito, sustancia en la que se almacena la energía, es totalmente reciclable.

Temperatura de Operación -20° / +40°C
Presión de Operación Atmosférica

Reciclaje

- Sección de Potencia Medioambientalmente neutra
- Sección de Energía El electrolito es 100% reutilizable/ o reciclable

El diseño del sistema HydraRedox permite reducir todos los costes: producción, operación y mantenimiento, y desmantelamiento.

Un alto grado de personalización, una vida útil hasta 3 veces la de otras tecnologías y un rendimiento excepcional son características que reducen significativamente la inversión necesaria.

- Soluciones a medida: optimización del sistema, evitando excedentes
- Sin capacidad infrautilizada: posibilidad de sobrecarga/descarga para satisfacer la demanda pico sin la necesidad de instalar capacidad excedentaria
- Larga vida útil: en línea con la de su cliente principal – las energías renovables
- Alta eficiencia: alta eficiencia global, que se mantiene constante a cualquier carga lo que lo hace ideal con energías renovables
- Profundidad de descarga máxima: a diferencia de otras baterías, puede descargarse totalmente (100% de su carga) sin sufrir ningún tipo de deterioro

El diseño patentado reduce los costes de operación y mantenimiento y elimina los problemas de seguridad que surgen en otras baterías.

- Alta fiabilidad: Diseñado para un mantenimiento bajo y fácil, sin necesidad de paradas
 - Totalmente automatizado: alto grado de control y fácil integración con otros sistemas energéticos
 - Operación segura: Operación a temperatura ambiente y presión atmosférica, sin impacto medioambiental
 - Auto-descarga despreciable: La instalación puede permanecer parada durante un largo periodo de tiempo sin pérdida de carga
 - Tiempo de respuesta inmediato: Tiempo de reacción apropiado para SAIs (Sistemas de Alimentación Ininterrumpida) y respaldo incluso después de largos periodos de inactividad
- Costes significativamente menores que los de otras tecnologías al final de su vida útil
- Sección de Potencia: Segura y eliminación medioambientalmente neutra
 - Sección de Energía: Reciclable – solución de electrolito 100% reutilizable/extracción completa del vanadio

HydraRedox ha recibido financiación de la Unión Europea en el marco del Programa de Innovación e Investigación Horizonte 2020 para PYMEs: Estimulando el potencial de innovación de las PYMEs para un sistema energético eficiente y bajo en carbono.

El proyecto de dos años, con el título ‘Una tecnología de batería redox de vanadio fiable, flexible y eficiente en costes para almacenamiento eléctrico a gran escala: una solución para una red verde’ – se enfoca en la optimización y escalabilidad de la tecnología de HydraRedox.¹⁹⁴

¹⁹⁴ <http://es.hydraredox.com/tecnologia/>; <https://ecoinventos.com/bateria-redox-espana-solucionar-almacenamiento-de-energia-renovable-a-gran-escala/>; <https://www.technologyreview.es/s/9574/una-nueva-bateria-espanola-podria-conseguir-el-despliegue-masivo-de-las-energias-renovables>

Apéndice 2. Energía

Contenido

1. CONCEPTOS BÁSICOS	234
2. ENERGÍA RENOVABLE Y TIPOS DE ENERGÍA	235
2.1 ENERGÍA TÉRMICA.....	236
2.1.1 Energía geotérmica	237
2.1.2 Energía térmica solar	238
2.1.3 Energía fotovoltaica.....	239
2.1.4 Energía eólica.....	240
2.1.5 Energía hidráulica.....	241
2.1.6 Energía oceánica	241
2.1.7 Bioenergía.....	244
3. REFLEXIONES.....	245
4. ASPECTOS A CONSIDERAR.....	245
5. DATOS CLIMÁTICOS ESPECÍFICOS.....	248
5.1 VALORES TOTALES MENSUALES DE BRILLO SOLAR (HORAS).....	249
5.2 VALORES TOTALES MENSUALES DE EVAPORACIÓN (mms).....	249
5.3 VALORES MEDIOS MENSUALES DE HUMEDAD RELATIVA (%)	249
5.4 VALORES MEDIOS MENSUALES DE NUBOSIDAD (Octas).....	250
5.5 VALORES MEDIOS MENSUALES DE PUNTO DE ROCÍO (°C)	250
5.6 VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (mms).....	252
5.7 VALORES No DÍAS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN	252
5.8 VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (mms)	253
5.9 VALORES MEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURA (°C)	253
5.10 VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE TEMPERATURA (°C).....	254
5.11 VALORES MÍNIMOS MENSUALES DE TEMPERATURA (°C)	254
5.12 VALORES MEDIOS MENSUALES DE TENSIÓN DE VAPOR (Mb).....	255
5.13 VALORES MEDIOS MENSUALES DE VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	255
5.14 VALORES MEDIOS(V) MENSUALES DE VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	255
5.15 VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s).....	256
5.16 VALORES MEDIOS MENSUALES DE TERMÓMETRO HÚMEDO (°C)	256
5.17 VALORES TOTALES MENSUALES DE RECORRIDO DEL VIENTO (Kms).....	256
5.18 VALORES MEDIA-MINI MENSUALES DE TEMPERATURA (°C)	257
5.19 VALORES MEDIA-MAXI MENSUALES DE TEMPERATURA.....	257
6. IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EXISTENTES INVENTARIO INICIAL.....	257
7. RECONVERSIÓN ENERGÉTICA REFERENTES LOCALES DE MODELOS NO CONVENCIONALES	262
7.1 SOLAR WINDOW	263

1. CONCEPTOS BÁSICOS

Remitiéndonos al origen griego de la palabra (energós) esta sería fuerza de acción o fuerza de trabajo y según el concepto básico puramente físico, la energía es la capacidad para realizar un trabajo y es medida en Julios (o $\text{kg m}^2 \text{s}^{-2}$), también puede ser cuantificada como unidad de potencia en Watts (potencia generada por 1 joule en 1 segundo), como unidad térmica de energía en BTU's (British Thermal Units, energía requerida para calentar en 1°F , 1 libra de agua, =1055,056 julios), o en Kilovatio hora (kWh, energía producida o consumida por una potencia de 1 kilovatio durante 1 hora = $3.6 \times 10^6 \text{ J}$). Normalmente se atribuye como una capacidad de la materia sin embargo se sabe que la energía también existe y se transmite en ondas.

Todos los procesos de la naturaleza implican energía desde su nivel molecular y atómico por reacciones entre elementos y sus cargas, mediante intercambio de electrones en procesos de ganancias y pérdidas, generando efectos como reacciones térmicas, luminiscentes, acústicas, dinámicas, eléctricas o magnéticas, que serán manifestaciones y formas de transformación de la energía misma y que le permiten producir cambios en la materia.

Con base en los postulados de Newton en su primera ley (ley de la inercia) y segunda ley (ley fundamental de la dinámica), podemos establecer que se reconocen como principios en la naturaleza las condiciones de energía potencial y energía cinética, estas condiciones de la energía nos dan indicios sobre su posibilidad de transformación y transferencia; a finales del siglo XIX se empezó a hablar en física, de la que hoy se conoce como "ley de la conservación de la energía", aplicada para mecánica y termodinámica (primera ley termodinámica), esta enuncia que "la energía no se crea ni se destruye solo se transforma".

Si bien se entiende que la energía como tal no se destruye, es necesario establecer que habrá degradación en la misma, considerando que en la transferencia de una forma de energía a otra en un "sistema físico aislado", no es posible revertir el proceso para conseguir la forma y la cantidad de energía original con el mismo potencial de aprovechamiento; se requeriría usar energía adicional para conseguirlo. Existen ejemplos aplicativos como el efecto Seebeck (conversión de diferencias de temperatura directamente a electricidad) y su inverso el efecto Peltier (reacción de una diferencia de temperatura debida a un voltaje eléctrico) donde aparentemente se lograría revertir el proceso en tanto se consigue volver al estado físico original, no obstante si estamos hablando del mismo flujo de energía que pasa de electricidad a temperatura, al medir rendimientos de la energía se podría evidenciar su degradación, para este caso por pérdidas de energía eléctrica cada vez que la energía se transmite para transformarse en energía térmica.

Einstein en 1905 postuló los principios de su ecuación $E=mc^2$ en la que básicamente propuso de alguna forma, que la masa y la energía son equivalentes, en tanto cuando hay masa, aunque este en reposo, esta contiene una cantidad de energía. Plantea que en un átomo existe más energía almacenada en el núcleo que en los electrones, por ende, en la conversión de energía es más eficiente dividir un átomo que romper enlaces entre electrones, en cuyo principio se basa la generación de energía nuclear por medio de fisión (división atómica).

La evolución de los modos de vivir y el avance de la ciencia apuntaron en un sentido práctico, a la asistencia de las actividades humanas con artefactos inicialmente mecánicos y luego eléctricos, en ese sentido se disparó la presencia de electrodomésticos y aparatos electrónicos en

general para las actividades diarias, por tanto, la forma de la energía que convencionalmente utilizamos es eléctrica, lo que implica para cualquier fuente alternativa necesariamente transferencias entre tipos de energía, esto requiere de inversores que permiten convertir flujos de corriente directa a corriente alterna, de condensadores y reguladores que nos ayudaran con las fluctuaciones de voltajes. No obstante, sin importar la eficiencia del tipo de energía, en cualquier caso, todas las máquinas en condiciones óptimas, tendrán siempre rendimientos por debajo del 100% debido a la degradación de la energía.

2. ENERGÍA RENOVABLE Y TIPOS DE ENERGÍA

A lo largo de la historia se tienen en varios momentos ejemplos de transición energética para lo cual podemos remitirnos inicialmente a la época del descubrimiento del fuego (770.000 a.c.) y pasar por la invención de molinos eólicos en Persia (1000dc), la invención de la rueda Pelton (1853 Pelton), el uso termo eléctrico de carbón (1670 Clayton), la maquina a vapor (1765 Watt), el gas natural para generación (1792 Murdock), la extracción de combustible fósil (1859 Pensilvania), la bobina de carga y el generador eléctrico (1880), la hidrogenación (1895 Westinghouse), o la energía nuclear (1951 EBR-I).

Las energías renovables se conciben con este nombre debido a que su fuente de generación se renueva constantemente o tiene unos periodos muy cortos para su renovación (introducción a las energías alternativas escrito por Miguel A. Vargas Palomeque - 2006); en ese sentido pudiera entenderse recurso ilimitado, no obstante la mayoría de las fuentes de generación conocidas hasta ahora, tienen una relación de interdependencia directamente proporcional al sustento de condiciones naturales, específicamente de factores medio ambientales que son los que en últimas nos garantizaran con efectividad fuentes como vientos, agua y radiación solar (sujeto a condiciones de nubosidad y contaminación tipo smoke), por tanto si se quiere, el carácter renovable de estas energías debe ser entendido también como la posibilidad latente mientras se conserven las condiciones climáticas ambientales y eco-sistémicas del medio como lo conocemos hasta ahora, teniendo en cuenta que los múltiples panoramas establecidos en modelos de cambio climático y proyecciones en cuanto a generación de contaminantes; probablemente lleguen a alterar los posibilidades y/o rendimientos de las fuentes de energías renovables.

Las fuentes de energías renovables se consideran como gratuitas por su condición de generación natural, por su disponibilidad, accesibilidad y asequibilidad, que depende de las condiciones específicas del contexto, más sin embargo se da proporcionalmente para todos. En principio no existe costo alguno por generación, transmisión, conducción o distribución. Por otro lado, son soluciones en procura de atender la demanda y procurar el cuidado o el mínimo impacto del ambiente por lo cual se conciben como energías limpias. Se considera que la energía producida por el sol en un año, supera el consumo de la población global actual durante el mismo periodo. Se encuentran de forma potencial en la naturaleza y producirían un impacto ambiental mínimo.

En la actualidad, encontramos también, en la medida que las energías renovables se muestran como nueva y mejor opción, que se presentan en muchos casos como energías alternativas (alter=otro, nativa=nacida nacidas de otras formas), ya que difieren del modelo básico existente, que funciona a partir de concesiones de explotación de recursos y con base en economías extractivas preestablecidas, clientelistas y con intereses particulares que convencionalmente

ofertan la energía eléctrica domiciliaria. Al mismo tiempo, para su generación; en la multiplicidad de opciones de las alternativas renovables, estas energías, no están sujetas directamente o necesariamente a fluctuaciones extremas del clima (efecto del niño y de la niña), y ciertamente al implementar alguna de las distintas opciones de energías renovables, se espera en cualquier proyección recuperar la inversión a mediano plazo, por tanto, resultan más económicas que las convencionales.

Estas energías se deben en gran parte al efecto del sol, ya que este incide en los distintos procesos y ciclos de otras fuentes, por ejemplo: al calentar variablemente las masas de aire lo cual permite que se generen flujos por efecto termodinámico para generación eólica; al calentar el agua y aportar durante la fase de evaporación del ciclo del agua para generación hidroeléctrica; interactuando conjuntamente con la luna para que suban y bajen las mareas causando movimiento continuo y energía aprovechada de mareas; en los procesos de fotosíntesis que son reaprovechados desde la tierra por nuevas tecnologías; incluso para los procesos que por combustión aprovechan leña o combustibles de origen fósil, que como materias primas necesariamente requirieron de la acción del sol para su ciclo y maduración natural. Ya específicamente encontraremos que para el aprovechamiento directo del sol como fuente se generan energías fotovoltaicas y térmicas.

Desde hace varios años hemos sabido que el petróleo es un recurso no renovable, lo que nos pone de manifiesto a pensar cada vez más en alternativas para sustituirlo, sobre todo como fuente de energía, ya que según datos de la Agencia Internacional de Energía (AIE creada en 1974 por la OCDE tras la crisis del petróleo) es evidente que el consumo y la demanda de energía en el mundo aumenta y aún dependemos en un 80% del petróleo mientras que a nivel mundial las energías renovables solo representan un 20% en el consumo de planeta según la UPME.

Como es sabido en Colombia la demanda en el servicio eléctrico es cubierta principalmente con energía producto de generación en hidroeléctricas, y se apoya con energía generada a partir de combustibles fósiles; esto se debe a que el país cuenta recursos hídricos generosos siendo privilegiado comparado con muchos países en todas latitudes, aún a pesar de ello con el tiempo y cada vez más, apenas alcanzan a cubrir el con déficit el consumo requerido. Es necesario mirar adentro y revisar el potencial que existe para fuentes que aprovechen las condiciones geográficas y climáticas en el país.

2.1 ENERGÍA TÉRMICA

Utilizada como sistema convencional es aprovechada mediante centrales térmicas; a partir de la quema de carbón, gas y otros combustibles líquidos (de origen fósil), se calienta en una caldera; con chimenea para escape de humo y mezclas de gases producto de la combustión, un sistema de tuberías de calefacción de agua, que durante la circulación por la tubería al paso por la caldera, sale convertida en vapor caliente a alta presión y activa una turbina revolucionando su rotación para producción de energía mecánica, esta será convertida en eléctrica a su paso por un generador o alternador y posteriormente será conducida a un transformador para poder ser transmitida y distribuida. El agua utilizada en el proceso es recirculada, luego de accionar la turbina; el vapor aún caliente se conduce a un condensador y ahora nuevamente como agua en estado líquido se circula por una torre de refrigeración, tan pronto se renuevan las pérdidas se bombea nuevamente a la caldera para reiniciar el ciclo. Se basa en el ciclo de potencia conocido como ciclo de

Rankine. En cualquier sistema termodinámico que se base en la manipulación de fluidos, vapores o gases cualesquiera que sean, como principio motriz, se utilizan normalmente un motor de vapor (maquina a vapor) o un motor térmico (motor Stirling).

En este sistema se advierten impactos por generación de gases y emisión de materiales particulados directamente a la atmósfera, además presenta impactos negativos debido a las implicaciones de los procesos extractivos por causa de la industria minera y la contaminación adicional ocasionada en los procesos transporte del carbón hacia las Centrales Termoeléctricas, por ejemplo como ocurre con los rastros que dejan los barcos cargueros de carbón sobre el mar y playas circunscritas al complejo del cerrejón en Colombia.

2.1.1 Energía geotérmica. Es una fuente renovable de energía que es generada por las altas temperaturas del núcleo de la tierra, en su forma pura es propiamente energía térmica y a partir de ella se manifiesta por conducción o convección a través del subsuelo en la corteza; que tiene espesores de entre 11 km desde el fondo del mar (fosa de las marianas) y de 70 km promedio aproximado (hasta la fuente o medio de calor magmático), desde relieves montañosos en zonas activas, pasando por las rocas y reservorios, en la litosfera y la hidrosfera, y como energía mecánica por medio de volcanes, Geiseres y termas o aguas termales.

Considerando que la temperatura más alta se concentra en el centro del planeta, para poder aprovechar dicha energía, se requiere ubicar zonas con actividad tectónica y profundizar mediante perforaciones de entre 2km y 15km, atravesando el manto de la corteza terrestre hasta las capas de la misma donde se encuentren condiciones favorables para la generación de electricidad a partir de la fuerza calórica del subsuelo, a estos lugares se les conoce como Yacimientos Geotérmicos y se conocen tres tipos de estos; secos, de agua caliente y Géiseres; todos son de tipo subterráneo, en un caso concentrados en rocas calientes y en otro en acuíferos que se aprovechan por impulsos del flujo o por bombeo. Actualmente en Islandia existe una central geotérmica que logro con 2.1km de perforación rozar el magma obteniendo temperaturas de 1000°C.

Esta energía se clasifica según las temperaturas obtenidas dependiendo de la localización del yacimiento, la profundidad alcanzada, el sistema y la tecnología utilizada para el aprovechamiento, de acuerdo a esto tendremos; energía geotérmica de alta temperatura y de temperaturas medias que oscila en rangos de entre 1000°C-150°C y 150°C-70°C, es utilizada para transformación de energía a partir de producción de vapor para activación de turbinas y generación de electricidad; también se encuentra la energía geotérmica de baja y muy baja temperatura oscilando en rangos de entre 70°C-50°C y 50°C-20°C, que se usa convencionalmente en sistemas de calefacción.

Se considera teóricamente una fuente libre de contaminación sin embargo las técnicas requeridas para alcanzar profundidades significativas (técnicas similares a las de extracción de petróleo) y el impacto mismo del sistema invasivo con las afectaciones correspondientes a suelo, sumadas al costo energético y económico para conseguirla, generan algunas dudas de esta como fuente sustentable.

En Colombia si bien existen varias fallas reconocibles, se considera baja la actividad tectónica, no obstante por la convergencia y las afectaciones causadas por las placas de Nazca

Suramérica y del Caribe, se considera en los mapas a nivel global como zona propicia para el desarrollo de la energía geotérmica de alta temperatura; la posibilidad de hallar yacimientos geotérmicos en el país se centra en zonas volcánicas como Nariño, El Parque Nacional de los Nevados y el Área Geotérmica en Boyacá, conforme El Atlas Geotérmico de Colombia (ver Emprendimiento de la Energía Geotérmica en Colombia 2007).

2.1.2 Energía térmica solar. Si pensamos en un rayo de sol, e imaginamos su mínima expresión, encontraremos como unidad funcional una partícula denominada fotón, como forma básica de la energía lumínica y electromagnética. El fotón contiene y puede descomponerse a su vez en tipos de rayos; la radiación solar se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta y contiene además ondas de radio y microondas; de allí que encontramos luz visible, luz infrarroja, luz ultravioleta, microondas como tal y radiación pura.

Tenemos entonces en el espectro, los rayos Ultravioleta (UV) perjudiciales y conocidos por afectar la piel, los rayos Gamma (γ), que son de onda corta, alta frecuencia y alta penetración, son considerados nocivos; los rayos Alfa (α) y los rayos Beta (β), son de baja penetración y relativamente nocivos; los rayos (X) que son radiación invisible electromagnética, que atraviesa objetos, ante exposición prolongada son considerados nocivos, y los rayos Infrarrojos (IR) que transmiten el calor y son por su naturaleza la fuente de energía térmica solar, a partir de ellos se generan procesos de excitación molecular, que generará efectos sobre la materia y sus estados, entre ellos conducción, convección, dilatación, y radiación; esta última en general aplica también para tipos de luz artificial, sin embargo, la forma en que se descomponga está, dependerá directamente de la naturaleza que la origine.

En general la energía térmica solar, al menos por ahora, no está dispuesta o concebida para generar directamente energía eléctrica, y depende directamente de una radiación solar considerable, pero es claro que aprovechando la reflexión de la luz, puede utilizarse para sustituir en muchos casos a la electricidad, a los combustibles fósiles o a la biomasa, cuando son utilizadas específicamente para procesos relativos a calefacción; entre los tipos de sistemas específicos considerados como energía térmica solar encontramos:

- Hornos solares: en estas mega estructuras de uso industrial, se genera energía térmica disponible por efecto lupa aumentada con luz focalizada; esto se da a partir de grandes superficies de espejos planos (heliostatos), que pueden alinearse sobre uno o dos ejes, para reflejar rayos solares que se enfocan a un espejo cóncavo de mayores dimensiones, proporcional a un edificio de 10 pisos, generando temperaturas que incluso pueden fundir metales como hierro o acero (3000°C-3400°C Aprox.). Se puede llegar a producir una potencia térmica de 1000 Kw (<http://www.energiasolartermica.biz/horno-solar-de-odeillo/>); su principal uso es experimental por ejemplo para producción, simulación, pruebas y fallos de materiales aeroespaciales.
- Planta Termosolar o Central Solar; bajo el principio de una termoeléctrica aunque más limpia, convierte la energía termo solar en energía eléctrica, concentrando el calor del sol mediante espejos o pantallas parabólicas (heliostatos) hacia una torre central, para calentar agua o cualquier otro tipo de fluido, normalmente sales fundidas a base de nitratos, a altas temperaturas (300°C - 1000°C Aprox.), por medio de energía mecánica producida por turbinas con vapor a presión se alimentan alternadores para la generación de energía eléctrica. Puede

utilizar en su funcionamiento múltiples ciclos de potencia; tanto el ciclo de Rankine (calentamiento de fluido y producción de vapor), como el de Brayton (compresión calentamiento y expansión de un gas), siendo este último el más usado.

- Calefones y cocinas solares: comúnmente estas últimas pueden confundirse erróneamente por su denominación como hornos solares también, por su uso cotidiano; se emplea la energía térmica por medio de colectores, paneles de tubos, pantallas parabólicas, globos o bolsones plásticos y espejos cóncavos, para sistemas de calefacción a partir de calentamiento de agua por medio de reflexión de luz concentrada, directamente sobre superficies a calentar; para uso doméstico en calentadores o en la cocción de alimentos, se pueden lograr temperaturas promedio aproximado de 50°C a 70°C.

2.1.3 Energía fotovoltaica. Entre las formas que encontramos para el aprovechamiento de la energía solar encontramos también de la Energía fotovoltaica, por su naturaleza se considera una fuente renovable, gratuita, limpia, y silenciosa. Como se estableció en el numeral anterior, los rayos del sol se descomponen en fotones como unidades de energía lumínica y electromagnética, en espectros diferenciados de radiación, para el caso fotovoltaico, se transforma la energía lumínica en energía eléctrica, por lo cual los sistemas para esta forma de energía dependen directamente de la exposición al sol; entendiéndose que superficialmente, en áreas descubiertas y durante el día, hay asoleación en cualquier parte del mundo, más sin embargo, su eficiencia estará sujeta a factores como la temperatura, la radiación solar, la ubicación del sol, el brillo solar, la nubosidad y el efecto de sombra, en cada lugar específico. Se conoce y se viene empleando activamente desde hace ya varios años para alimentación de dispositivos de uso espacial donde las condiciones fuera de la atmósfera la hacen ideal.

Se utiliza como fuente primaria la luz solar, captada mediante paneles y fotoceldas que normalmente son elaboradas a partir de semiconductores de cristales de arseniuro de galio o silicio cristalino, siendo este último el más común en la fabricación comercial. En el mercado se encuentra el silicio cristalino como monosilicio y polisilicio, entre más puro el silicio más eficiente la celda, debido a que el monosilicio se constituye como un cristal único homogéneo y de tamaño considerable, mientras que el polisilicio se constituye como conjunto de múltiples pequeñas partículas de cristal yuxtapuestas atómicamente en cortas distancias, lo que hace del polisilicio un material menos semiconductor por el proceso de transmisión entre partículas y las pérdidas durante el mismo.

Una celda solar es la unidad estructural del sistema de captación de radiación de luz solar para producción de energía eléctrica, llega a tener la apariencia de un chip o una tarjeta madre de computador; en ella se diferencian; una cobertura cuyo fin es la protección, constituida por una película vitrosa y una capa adjunta con adhesivo transparente de material antirreflectante, para evitar el efecto espejo del silicio cristalino y aumentar la eficiencia de las celdas; encontramos también el “cuerpo” de la celda, en el cual se disponen unas subcapas, superior, central e inferior, que captaran la radiación incidente mediante conectores metálicos o contactos eléctricos de aluminio o molibdeno; la superior de diseño complejo como una especie rejilla de tiras, debe evitar al máximo la posible sombra para lograr máxima conductividad, la capa central de silicio en cristal u otro material semiconductor de tipo N, potencialmente negativo y con un electrón libre (quinto electrón) que no se recombina con los otros y se mueve erráticamente, produciendo energía; y la inferior con contactos eléctricos positivos como una superficie que cubre todo el

costado posterior, el respaldo o base de la celda.

Un panel solar se compone a su vez de varias células o celdas fotovoltaicas interconectadas que deben ser dispuestas en una nueva estructura de conjunto; sobre un bastidor metálico de aluminio anodizado o acero galvanizado que le den rigidez y le eviten la corrosión, luego de colocar un sello de goma se dispone una capa de fluoruro de polivinilo (FVP), que además de servir como aislante eléctrico protege a la celda de la degradación por efecto de la exposición a la luz ultravioleta, en el núcleo del panel se disponen las celdas interconectadas que son encapsuladas en etileno vinil acetato (eva), evitando que entren en contacto con la humedad, el aire o cualquier otro contaminantes, por último el panel se protege con vidrio templado sellado nuevamente con goma, este vidrio resulta de gran resistencia y evita efectos desfavorables para las celdas en caso de rotura.

En la actualidad se aprovecha esta fuente concentrando grandes paneles interconectados en grandes extensiones, en lo que se denomina central solar fotovoltaica, donde se transforma la energía lumínica solar generando energía eléctrica de corriente continua y mediante inversores se convierte a corriente alterna para su distribución y uso doméstico. Debido a la versatilidad para la implementación de las fotoceldas, esta es una de las fuentes que se adopta mejor a condiciones tanto en un contexto urbano como en uno rural en zonas no interconectadas y de difícil acceso. A nivel nacional se prestan las mejores condiciones climáticas para generación en lugares de clima cálido seco como el Desierto de La Tatacoa o La Guajira, también encontramos que por su condición de zona no interconectada y su clima tropical de tipo cálido húmedos se prestan zonas como la Amazonia y San Andrés y Providencia.

2.1.4 Energía eólica. En su sentido más básico la Energía Eólica es el aprovechamiento de la energía cinética del viento. Gracias a la rotación de la tierra, a la posición de la misma, a la diferencia de temperaturas en las latitudes del globo (por efecto del sol), a la temperatura superficial del planeta, a las diferencias de presión generadas por diferencias de densidad, a la desgasificación, y como consecuencia, del Efecto Coriolis; se producen las corrientes de viento predominantes a nivel planetario, que se manifiestan como flujos de masas de aire, de movimiento horizontal respecto de la superficie de la tierra y en cada territorio o lugar de forma particular dependiendo de su geografía, clima específico y su contexto en general. Podemos encontrar entonces por ejemplo monzones, sistemas de brisas marinas, brisas terrestres y vientos locales, en general. Se sabe que fuera del contexto terrestre existen también vientos solares que responden a otras dinámicas a nivel del espacio exterior.

La energía eólica, históricamente se viene utilizando desde la invención de molinos eólicos en Persia (1000dc), mediante los cuales se convertía en fuerza motriz para la molienda de granos o el bombeo de aguas de pozo; actualmente puede transformarse también la energía mecánica del viento en energía eléctrica, básicamente por medio de aerogeneradores o turbinas; funcionan usando el movimiento del viento para accionar hélices, álabes o palas de rotor, estas al girar revolucionan un eje que pasa por un multiplicador de giro y llega a un generador a partir del cual se realiza la transformación energética mediante un alternador. Existen aerogeneradores de eje horizontal (HAWT) que son elevados como estructuras independientes a alturas considerables y aerogeneradores de eje vertical (VAWT), que se ubican sobre cubiertas o sobre el suelo a baja altura (suelen ser de menor rendimiento). En algunos casos se habla de energía eólica marina para designar la implementación de aerogeneradores de eje horizontal en el mar donde se obtiene

mayor producción debido a una mayor constancia de los vientos.

La generación de energía eléctrica a partir de la fuerza del viento depende directamente de su dirección, velocidad y duración, además de la turbulencia, por esto mismo, aunque es una fuente limpia y gratuita, sus desventajas radican en su confiabilidad y su eficiencia, sujeta a la intensidad del viento de cada lugar, adicional al ruido que genera y la afectación que implica a las aves; en nuestro país la zona norte cuenta con las mejores condiciones para la aerogeneración.

2.1.5 Energía hidráulica. Es la energía que se obtiene de los recursos provenientes de sistemas hidrológicos distintos a los mares, a partir de hoyas y cuencas que se encuentran en la naturaleza, como los ríos y sus afluentes, lagos y lagunas (inclusive a partir de la lluvia ver Paneles Rain Drops y nanogeneradores triboeléctricos); normalmente en el sistema convencional se convierte a electricidad por dos sistemas interviniendo los cauces de los ríos; el primero denominado a filo de agua, en el cual manteniendo el cauce natural, se desvía parte del caudal a una central donde se aprovecha el flujo para generación por medio de turbinas y generadores, requiere de operación continua ya que carece de capacidad de almacenamiento, por lo cual el agua desviada es continuamente devuelta al cauce original; en el segundo sistema a partir del represamiento del líquido, que garantiza flujo y donde se aprovecha la presión de columnas de agua, el fluido pasa por turbinas activando generadores en plantas conocidas como hidroeléctricas, la energía producida allí deberá luego pasar por subestaciones donde se regula la tensión para su distribución a la red domiciliaria.

Se considera que además de que no contamina, es un método eficiente en cuanto a índices de generación, depende de variables como la topografía y la precipitación, los cuales son favorables en el país, sin embargo, como ya se ha mencionado, depende fenómenos climáticos como el niño y la niña, adicionalmente debido al control de causas modifica los índices de absorción e infiltración de los terrenos afectando los ecosistemas hidrológicos causando impactos sociales y económicos negativos.

2.1.6 Energía oceánica. Es el aprovechamiento de la energía cinética y térmica del agua de mares y océanos, influenciados por campos gravitacionales y fuerzas de atracción ejercidas por el sol y la luna sobre la tierra, para la generación de energía eléctrica; es una energía renovable, continua, segura, inagotable, fiable, limpia, y en ese sentido se considera sostenible aunque costoso por ahora comparado con su eficiencia, a futuro requiere disminuir impactos a los ecosistemas inmediatos, por otro lado en los distintos sistemas creados, se presenta el inconveniente de que los elementos sumergidos permanentemente en el mar, por sus materiales están expuestos a un alto nivel de corrosión por aguas y sales de mar, adicionalmente se prestan para el crecimiento y la adhesión de organismos que pueden llegar a inutilizar los sistemas. Según datos de la UPME, Colombia posee aproximadamente 3000 Km de costas lo que le representaría un potencial de cerca de 30 GW.

De manera general se clasifican en sistemas que generan energía por efecto térmico y por efecto dinámico o mecánico, sin embargo, se diferencian para esta forma de energía principalmente cuatro sistemas, entre otros en desarrollo:

- *Sistema Undimotriz u Olamotriz* en el cual las olas y hondas impulsan con sus movimientos, vibraciones y oscilaciones, dispositivos que funcionan a partir de elementos flotantes unidos

por articulaciones a un cuerpo principal del sistema, donde se genera la electricidad; estos sistemas son diferenciados en principio según su localización y profundidad, pueden estar soportados en superficie de costa (*on-shore o de primera generación*), pueden ser apoyados o flotantes en zonas cercanas a la costa (*near-shore o de segunda generación*), y también son flotantes o sumergidos anclados a fondo de mar (*off-shore o de tercera generación*), en algunos casos se fusionan los principios, para en cualquier caso transmitir los esfuerzos mecánicos y transformarlos en energía eléctrica, a partir de sistemas de turbinas o de pistón. En esta forma de generación encontraremos tres categorías de clasificación:

- *Dispositivos de columna de agua oscilante*, que ubicados generalmente en las costas aprovechan el oleaje de un sector definido sobre el cual se dispone una cámara de aire que concentra el sector superior de una columna de agua hasta su parte superficial constantemente oscilante, que sella por ese costado la cámara, el volumen de agua que penetra en el compartimiento empuja el aire en esta, impulsando a su paso una turbina de doble paso, que media entre la cámara y el escape, cuando por efecto de la oscilación baja el nivel superficial, la columna genera succión activando igualmente la turbina que se encuentra conectada a un generador, en este sistema neumático se transforma la energía mecánica en electricidad.
- *Dispositivos oscilantes*, utilizando de diversas formas los movimientos del mar y a partir de sistemas hidráulicos con motor, turbina y generador, transmiten corriente directa a una subestación; estos pueden implementarse por: *flotador*, que por las fluctuaciones basculantes genera una relación de movimiento entre el mismo y un mástil fijo que lo ancla; por *articulación* en el cual sobre un cuerpo principal anclado al fondo, se conectan mediante bisagras u otro tipo de articulaciones, elementos como extensiones o brazos, que oscilan desigualmente con respecto al módulo principal accionando pistones que activan el generador; por *traslación lineal*, utiliza la oscilación en un solo sentido, aprovecha específicamente el movimiento pendular o la variación de presión hidrostática, generados por la interacción entre una base fija anclada al fondo del mar y otra sumergida o flotante con articulación fija o ligada por cables; o por *Colectores de olas*, que son dispositivos fijos o de estructura flotante anclados al fondo del mar, que se sirven de la energía potencial de frentes de olas para acumular masas de agua que suben por pequeñas rampas a depósitos flotantes que permiten lograr un nivel por encima de la superficie del mar luego se deja pasar el agua para accionar turbinas hidráulicas mientras se devuelve al mar.
- *Sistema Mareomotriz* Entre el que encontramos a su vez tres sistemas:
 - El primero denominado Presa de Marea, en el cual mediante diques y embalses en estuarios o entradas de mar, se represan masas de agua que se sirven de las variaciones de las mareas, para aprovechar diferenciales de alturas entre los niveles del mar y el agua represada, a partir de sistemas de compuertas por mecánica de fluidos y por vasos comunicantes, cuando sube la marea por ejemplo, el nivel mar estará por encima del nivel del agua en el dique; se puede generar electricidad mediante un alternador que transforma la energía mecánica producida al paso del agua. Con pleamar y bajamar se puede dar impulso a la turbina en una sola dirección o en ambas permitiendo doble paso del agua de adentro hacia afuera de la presa e inversamente según el caso, dependiendo de la hora y el comportamiento de la marea funcionando en ambos sentidos.

- El segundo se conoce como Tidal Stream Generators (TSG), Generadores de Corriente de Marea, en este el principio será similar al de los aerogeneradores con la diferencia que las hélices o aspas que activan las turbinas se encuentran sumergidas en el mar, adicionalmente el impulso para este caso es aportado por corrientes submarinas. En algunos de estos sistemas los componentes que soportan las hélices son graduables tanto a la profundidad como al sentido de circulación del flujo.
- El tercer sistema es llamado Dynamic Tidal Power (DTP), Energía Mareomotriz Dinámica, mediante el uso tanto de la energía cinética como de la energía potencial del agua con tuberías a presión que se dispondrían en perímetros costeros, como pequeñas presas muy largas del mar hacia afuera, pero sin necesidad de cerrar un área delimitada, su rendimiento se dará según las condiciones y el lugar donde se aprovechan los movimientos omnidireccionales del agua, los diferenciales de mareas y las corrientes para activar turbinas de doble paso que transforman los impulsos y empujes del agua en energía eléctrica.
- Energía por la salinidad del mar denominada *Energía Azul* o *Potencia Osmótica* es un sistema pensado específicamente para localización en estuarios aprovechando la diferencia en los niveles de concentración de salinidad del agua de mar y de río, que se ponen en contacto a través de un medio de barrera parcial y debido a la diferencia en las densidades se generan también diferencias de presión que son aprovechadas para la generación de energía eléctrica mediante una turbina.
- Para este sistema se diferencian dos métodos básicos dependiendo del tipo de membrana utilizado; Pressure Retarded Osmosis (PRO), u ósmosis por presión retardada, cuya membrana impide el paso de sales, pero no de agua, y Reverse Electro Dialysis (RED), o electrodiálisis inversa, que usa una membrana fabricada en laboratorio, de polímero de polietileno modificado eléctricamente. Como ventaja, este sistema se sirve de tecnologías existentes para procesos de osmosis inversa, utilizados para tratamientos de aguas reutilizables.
- La Maremotérmica por su nombre en inglés Ocean Thermal Energy Conversion, denominada (OTEC), o conversión de energía térmica oceánica, tiene su origen en el efecto del sol sobre la superficie marina calentada por este, recibe su nombre debido a que aprovecha diferenciales térmicos entre las aguas del mar; profundas (400- a 1000m 4°C y a 5000m a 2°C), intermedias (200-400m y barrera térmica variable) y superficiales (100-200m y 25°C-30°C). En este caso se logran los mejores rendimientos esperados para el sistema al disponerlo en zonas tropicales o con presencia de corrientes calientes.
- Logra generar energía eléctrica mediante una turbina, accionada por una máquina a vapor con intercambiadores y/o evaporadores, que permiten calentar con la temperatura de las aguas superficiales, líquidos con bajo punto de ebullición inclusive hasta lograr su evaporación, en algunos casos con ayuda de sistemas de presión y/o con fluidos auxiliares para afectar la tensión de vapor y lograr mayor eficiencia. De igual forma estos intercambiadores una vez aprovechado el vapor y empleando aguas profundas proporcionan un sistema de refrigeración para condensar los vapores, reducir la temperatura y recircular las aguas. En su funcionamiento se implementan los principios básicos de lo que se conoce en física como el ciclo Brayton.

- Entre otros proyectos en desarrollo se encuentran por ejemplo avanzando en la investigación para sistemas eficientes y duraderos para aprovechamiento de fuerzas verticales generadas por el “rompimiento” de las olas.

2.1.7 Bioenergía. La bioenergía conocida como energía de biomasa, es una forma de generación renovable cuya fuente se obtiene a partir de materias orgánicas aprovechables para la producción de energía mecánica, motriz o eléctrica; se considera biomasa toda la materia natural que recibió, absorbió y puede conservar algo de la energía química alguna vez transferida por el sol, almacenada como materia orgánica; en tanto todas las plantas aprovechan esta mediante la fotosíntesis y favorecen el crecimiento de grandes árboles, así como de los animales que se alimentan de ellas, cualquier tipo de materia que derive de estos elementos bióticos incluyendo sus residuos, pueden ser considerados biomasa encontrándose entonces de dos tipos; natural y residual, convencionalmente en la mayoría de los casos el uso del término se refiere a la madera.

En materia de derivados encontramos que la biomasa en sus condiciones naturales puede ser convertida en combustibles vegetales denominados biocombustibles entre los cuales encontramos; el bioetanol que es sintetizado de monosacáridos, polisacáridos, almidones y celulosos; obtenidos de vegetales como la remolacha, la caña, el maíz y el trigo; el biodiesel, cuya fuente son los aceites vegetales y grasas animales, disminuidas en su viscosidad por proceso químico de transesterificación o alcoholisis; por último está el biogás el cual se obtiene a partir de desechos sólidos domiciliarios urbanos o de granjas de animales y de residuos orgánicos tanto vegetales, como de rellenos sanitarios, estos biosólidos aprovechados mediante chimeneas de extracción y biodigestores, en sus procesos de fermentación natural durante su descomposición generan principalmente gas metano y otros gases residuales, que si bien son químicamente combustibles y tienen algún nivel de toxicidad, poseen concentraciones menos perjudiciales y no emiten ninguno de los conocidos GEI.

Como se puede deducir, comúnmente para la obtención de la bioenergía se requiere de la quema o la combustión de la biomasa, que desde su uso original, en su sentido más básico y convencionalmente se utiliza para generación de energía térmica (leña y gas para hogueras, chimeneas y estufas), o para calefacción y cocción de alimentos; esta energía térmica como hemos visto en otros ejemplos puede transformarse en mecánica a partir del vapor y esta última energía a su vez puede mediante la implementación de alternadores, transformarse en electricidad. Por otra parte, encontramos que los biocombustibles son particularmente cada vez más aprovechados para la generación de energía motriz mediante el proceso de combustión para motores de ignición.

La bioenergía además de ser fuente alternativa produce beneficios adicionales en tanto se genera en gran parte de residuos y desechos ayudando directamente con el tratamiento de estos, por ejemplo, disminuyendo en el caso de los desechos sólidos domiciliarios los residuos si tratar que se convierten en vertimientos en ríos y mares. Adicionalmente y en el caso específico de los biosólidos, luego de las quemas y los procesos de descomposición se obtienen subproductos que aún pueden ser muy bien aprovechados para compostaje y abonos en agricultura.

“En Colombia se tienen estudios de producción de biomasa con el bagazo de la caña, que se estima una producción anual de 1.5 millones de toneladas y de

*cascarilla de arroz, con la que se producen más de 457.000 toneladas al año. Las zonas más adecuadas para generar esta energía son los Santanderes, los Llanos Orientales y la Costa Atlántica”.*¹⁹⁵

3. REFLEXIONES

Reflexionando sobre el concepto de los operadores de servicio público de energía eléctrica cuando anuncian en campañas comerciales que “hay que ahorrar energía”; pensaba que sonaba en cierto modo inverosímil, está muy claro cuando te dicen que hay que ahorrar agua, porque se entiende que es un recurso limitado, no renovable y fundamentalmente vital, pero por otro lado, en el caso de la energía es bien sabido que esta no se crea ni se destruye sino que se transforma.

Necesariamente hay que preguntarse: ¿cuando se ahorra energía, quién se ahorra dicha energía? o ¿en tal caso dónde queda la energía ahorrada?, ¿Cuál fue mi ahorro real?, ¿Por qué habiendo energías gratuitas seguimos pagando servicios? y ¿si se puede obtener energía de fenómenos constantes, y en cierto modo, ilimitados por qué seguimos dependiendo de fenómenos naturales estacionarios o temporales, como es el caso de las hidroeléctricas? La respuesta a tales cuestionamientos se puede encontrar indagando en los procesos convencionales de generación, transmisión y distribución energética; y en paralelo analizando las economías e intereses que giran en torno a estos procesos ciertamente monopolizados.

A partir de la inquietud que todo esto genera, y aprovechando el escenario de la maestría y la tesis para resolver la inquietud, se establece como estrategia para la investigación iniciar con la revisión sobre tecnologías existentes de generación de energías, gratuitas, limpias y alternativas, todo ello en procura de la reconversión energética fuera del modelo convencional.

Como estrategia se considera que el modelo puede ser de generación descentralizada y diseminada en un modelo abierto que pudiera funcionar por repetición a partir de la multiplicación de generadoras sectoriales o zonales, evitando concentración de impactos y de economías preestablecidas e intereses particulares indebidos, se percibe que parte de la solución radica en el aprovechamiento del espacio público por su condición de elemento común interbarrial o intersectorial, extenso, constante, regulado, financiado por los gobiernos de entes territoriales y del estado en general y al cuidado de la misma administración pública y de la comunidad como tal.

4. ASPECTOS A CONSIDERAR

- Foro Regional de la Iniciativa Global de Crecimiento Verde
- Generar alternativas tecnológicas sostenibles en dispositivos para espacio público que convencionalmente son producidas en serie para todos los climas (ejm, pavimentos y coberturas, postes, bancas, semáforos, señalización, arborización) puede pensarse en prototipos multiplica que igualmente beneficien energéticamente según el clima a las comunidades.

¹⁹⁵ <http://www.mineduccion.gov.co/cvn/1665/article-117028.html>

- Posibilidad de producir Arquetipos – para climas específicos.
- Recoger propuestas tecnológicas y ecológicas existentes de posibilidades de mobiliarios para implementar en las ciudades colombianas.
- Implementación de dispositivos multipropósito.
- Proponer nuevos equipamientos (traslucidos, en árbol, flexibles abiertos, girasolados, fougères...) urbanos pequeñas centrales o subestaciones y centros de medición, con servicios adjuntos según los beneficios de los tipos de energía, de escala urbana-comunitaria por secuencia en puntos estratégicos (construcción y gestión participativa fabricación por comunidades de tecnologías artesanales, programa de jardín botánico ciudadanos ayudando a arborizar espacio público) que permitan monitorear las necesidades y mejoras en cada punto y en red.
- Explorar soluciones de la arquitectura vernacular.
- Buscar interacción de sistemas constructivos modulares que puedan formar en agrupación múltiples resultados de espacios cubiertos o envolventes.
- Cumplimiento de requerimientos de confort.
- Parámetros climáticos
- Revisar aspectos ambientales del espacio público urbano. (Red de Desarrollo Sostenible de Colombia)
- Por procesos de mejora del espacio público en su estética y su funcionamiento con beneficios económicos y energéticos, generar apropiación del ciudadano para cambiar modos de proceder y pensar hacia un cambio cultural donde prime la sustentabilidad de los recursos y del medio.
- Consolidación de un directorio general de dispositivos, diccionario de tecnologías sostenibles (proyecto virtual vinculable a Wikipedia y otros enlaces).
- En la medida que se compruebe la eficiencia a largo plazo de las energías alternativas se estimulara al uso cotidiano de las mismas y se disminuirán emisiones por uso de combustibles.
- Buscar beneficios visibles, medibles y de incidencia en eficiencia económica (economía ecológica Joan Martínez), entregando al mismo tiempo beneficios invisibles de difícil medición. ”Joan Martínez *“reclama que los países ricos paguen a los pobres la deuda ecológica que generan en ellos: los daños ambientales, las pérdidas derivadas de los efectos del cambio climático.”*
- Descartar biomasa para evitar procesos combustivos que generen emisiones adicionales a las que se pudieran requerir en los procesos de fabricación transporte e instalación de los

distintos elementos a implementar.

- iniciativas institucionales (top-down) e iniciativas ciudadanas (creativa, triptopolis) (bottom-up) festivales CASC, IFAC.
- Intercambiadores geotérmicos urbanos redes alternas o de filtración de aguas lluvias (para permacultura urbana y disminución de olas de calor fuentes y humidificadores)
- Buscar reúso de aguas lluvias (independientes a red de aguas lluvias, (almacenadas para control de caudales y estabilizada para reúso en bebederos animales y humanos en espacio público y apoyo a red de incendios)
- Buscar máximo rendimiento reduciendo al mínimo el impacto.
- Eficacia y eficiencia en el uso de materiales
- Reducción de energía convencional buscando fuentes alternativas de energías renovables
- Producción de energía de manera sostenible.
- Balance energético entre diseño ejecución y uso en cuanto a vida útil
- Vida útil de los edificios y dispositivos, vs vida útil de los materiales y propuestas reutilizables, reciclables (uso de pallets o estibas en distintos diseños) y en lo posible biodegradables, ayudando a controlar la generación y/o el tratamiento de residuos; con mobiliario biodegradable; edificios desechables (Saint Eliá).
- Reducción de las islas de calor generadas en ciudades principales, incidir para buscar mejor absorción y evaporación.
- Buscar mayor aprovechamiento de cualquiera o todos o la mayoría de recursos energéticos gratuitos.
- Permacultura urbana a pequeña escala y para espacios cerrados (viviendas) o cubiertos (para espacio público, con la posibilidad de hidroponía),
- Analizar los posibles y nuevos usuarios, entendiendo las problemáticas existentes y proyectables para anticipar.
- Que sean posible el paso del diseño a la realización física, la ejecución adecuada
- Implementación del reúso de los nuevos residuos.
- Disminución de consumo.
- Aumento de producción en función de los ciclos (fibras vegetales)

- Se debe buscar el máximo rendimiento reduciendo el impacto.
- Generar mayor apropiación del espacio público.
- Disponer Indicadores de eficiencia midiendo costos, por ejemplo en los diseños (open making).
- Estímulos al ahorro disminución del valor \$/Kw o la posibilidad de venta de energía ahorrada, plantear el ahorro como utilidad directa.
- Se debe tener en cuenta que normalmente el consumo de energía por persona es estándar en tanto equivalentemente una persona requiere lo mismo que cada una de las demás para vivir; todos necesitamos básicamente de lo mismo por tanto todos deberíamos consumir lo mismo; lo que consideramos como ahorro es lo que normalmente se desperdicia.
- Se proyectaría a futuro el beneficio en la sustentabilidad de producción energética de bajo impacto apuntando al 100% de limpieza con energías alternativas gratuitas para nuevas generaciones.
- Priorizar el uso de dispositivos vegetales, incluir en propuestas muros, cubiertas y superficies verdes, y demostrar estadísticamente beneficios reconocidos y nuevos probables.
- Aumentar el componente verde, argumentando la eficiencia desde lo técnico demostrable (identificar indicadores y analizar antecedentes, ej. Jardines colgantes de Babilonia), haciendo de los dispositivos de componente vegetal que puedan ser controlables en su uso o monitoreo para cuantificar datos y validar su implementación (viveros urbanos).

5. DATOS CLIMÁTICOS ESPECÍFICOS

Los siguientes datos corresponden a valores mensuales para los distintos factores climatológicos de la Universidad Nacional de Colombia para el periodo correspondiente entre los años 1987 y 2013, fueron facilitados por el IDEAM, para la estación Climatológica Principal de la ciudad universitaria, cuyos datos generales y convenciones, con los indicadores climáticos, se presentan a continuación:

Estación 21206220 Universidad Nacional

Latitud 0438 N	Tipo Est. CP	Depto. Bogotá D.C.	Fecha-Instalación	1987-May
----------------	--------------	--------------------	-------------------	----------

Longitud 7405W	Entidad 01 IDEAM	Municipio Bogotá	Fecha-Suspensión	
----------------	------------------	------------------	------------------	--

Elevación 2556 m.s.n.m

Regional 11 Bogotá

Corriente Bogotá

** CONVENCIONES **

EST = ESTADO DE LA INFORMACION

** AUSENCIAS DE DATO **

** ORIGENES DE DATO **

- 1 : Preliminares Ideam
- 2 : Definitivos Ideam
- 3 : Preliminares Otra Entidad
- 4 : Definitivos Otra Entidad

- 1 : Ausencia del observ
- 2 : Desperfecto instru.
- 3 : Ausencia instrument
- 4 : Dato rechazado
- 6 : Nivel superior
- 7 : Nivel inferior
- 8 : Curva de gastos
- 9 : Seccion inestable
- A : Instr. sedimentado
- M : Maximo no extrapol.
- * : Datos insuficientes

- 1 : Registrados
- 3 : Incompletos
- 4 : Dudosos
- 6 : Est. Regresion
- 7 : Est. Interpolacion
- 8 : Est. Otros metodos
- 9 : Generados (Series)

5.1 VALORES TOTALES MENSUALES DE BRILLO SOLAR (HORAS)

AÑO	EST	ENT	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1987	1	01								109.8	114.3	52.2	139.3	193.7	609.3
1988	1	01	173.5	131.2	176.4	105.0	97.8	126.0	108.0	98.6	87.1	112.1	82.9	99.4	1398.0
1989	1	01	149.2	110.6	105.6	101.8	77.5	116.0	140.5	147.6	120.0	129.9	126.6	193.8	1519.1
1990	1	01	148.6	115.3	111.5	74.4	96.8	135.4	140.1						822.1
1991	1	01			139.7				97.2	125.2	108.8	139.1	78.9	141.0	829.9
1992	2	01	178.6	142.9	161.9	106.7	108.3	154.7	95.6	141.4	137.3	123.7	86.3	169.4	1606.8
1993	2	01	158.6	180.8	107.9	71.4	87.6	106.0	157.4	130.6	125.4	123.0	104.7	171.8	1525.2
1994	2	01	*	83.7	91.1	66.8	75.1	*	*	*	112.0	82.4	*	*	511.1
1995	2	01		193.2	94.4	73.1	84.2	*	*	*	*	102.2	111.4	97.2	755.7
1996	2	01	149.7	96.1	109.1	84.7	64.8	102.5	109.9	106.7	117.9	84.0	127.6	128.0	1281.0
1997	1	01	120.5	123.0	154.9	96.8	98.8	119.1	96.1	*	118.9	144.3	114.3	175.1	1361.8
1998	1	01	183.5	129.1	111.6	92.1	82.4	127.8	124.6	122.2	122.3	114.3	119.3	128.9	1458.1
1999	1	01	124.1	74.1	103.4	90.6	133.3	95.4	142.8	126.6	66.0	127.5	127.5	150.5	1361.8
2000	1	01	168.6	140.4	130.4	109.3	87.7	140.4	136.2	170.2	94.5	115.3	158.6	141.8	1593.4
2001	1	01	237.4	137.5	109.3	143.2	103.8	129.6	152.6	152.1	120.4	144.4	126.7	138.7	1695.7
2002	1	01	207.2	187.7	139.1	73.9	96.4	133.1	132.5	158.5	132.8	146.2	*	*	1407.4
2003	1	01	*	*	*	*	123.3	105.3	*	142.9	132.2	105.2	*	*	608.9
2004	1	01				*	*	139.5	*	*	*	*	*	*	139.5
2005	1	01						98.1	110.6	*	*	*	*	*	208.7
2011	1	01				59.7	65.0	110.9	*	137.2	121.9	64.5	*	96.0	655.2
2012	1	01	141.4	115.5	86.3	64.1	103.1	140.3	129.8	114.3	118.2	118.0	133.6	162.7	1427.3
2013	1	01	177.8	83.6	77.9	101.4	88.4	158.9	149.4	118.0	147.4	133.9	83.4	138.1	1458.2
MEDIOS			165.6	127.8	118.3	89.1	93.0	124.4	126.5	131.4	116.5	113.8	114.7	145.4	1466.5
MAXIMOS			237.4	193.2	176.4	143.2	133.3	158.9	157.4	170.2	147.4	146.2	158.6	193.8	237.4
MINIMOS			120.5	74.1	77.9	59.7	64.8	95.4	95.6	98.6	66.0	52.2	78.9	96.0	52.2

5.2 VALORES TOTALES MENSUALES DE EVAPORACIÓN (mms)

AÑO	EST	ENT	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1987	1	01											83.4	97.9	181.3
1988	1	01	103.4	96.1	119.7	71.2				55.1	75.8	74.1	45.0	64.6	705.0
1989	1	01	97.5	76.0		95.3	79.2	93.6	94.2	110.9	78.1	95.8	86.6	106.5	1013.7
1990	1	01	79.8	65.1	103.6	78.4	63.0	88.5	103.3	108.9	101.8	70.0	93.2	97.1	1052.7
1991	2	01	112.0	105.8	115.1	99.4	94.7	80.0	79.9	80.7	95.8	102.2	75.1	72.6	1113.3
1992	2	01	98.3	95.4	126.2	97.8	91.7	97.3	79.9	105.5	92.0	92.7	76.9	102.9	1156.6
1993	2	01	96.0	100.6	92.7	82.5	78.0	98.5	98.3	67.5	85.7	97.0	103.6	89.3	1089.7
1994	2	01	*	68.7	88.7	76.1	81.1	*	*	*	*	71.0	*	*	385.6
1995	1	01		103.3	89.9	84.4	68.8	*	*	*	*	87.0	96.0	65.5	594.9
1996	1	01	88.1	81.5	78.0	91.2	69.9	86.7	79.4	79.3	102.8	93.1	84.5	85.7	1020.2
1997	1	01	76.6	92.5	91.3	78.3	85.8	91.0	*	64.1	105.9	85.3	101.1	87.9	871.9
1998	1	01	117.8	88.2	95.8	95.0	72.8	98.4	88.0	89.9	90.8	89.3	81.1	79.9	1087.0
1999	1	01	81.0	70.4	81.5	68.0	86.7	68.8	91.8	67.6	*	66.5	85.2	82.1	849.6
2000	1	01	96.6	73.7	84.2	78.7	71.7	80.0	66.1	75.1	62.2	85.8	88.5	42.6	905.2
2001	1	01	*	95.0	88.4	92.7	77.3	89.7	95.9	81.8	85.8	91.4	78.9	73.1	950.0
2002	1	01	86.1	91.3	94.3	77.6	78.8	72.9	*	97.6	90.6	99.2	*	*	788.4
2003	1	01	*	64.6	*	*	91.4	67.5	*	78.1	84.5	45.6	*	*	431.7
2004	1	01				*	54.2	78.8	*	*	*	*	*	*	133.0
2005	1	01	76.9	*	64.5	56.1	70.0		97.3	*	*	*	*	*	364.8
2011	1	01							*	89.7	83.0	*	*	58.0	230.7
2012	1	01	82.1	101.5	64.5	64.6	95.3	97.6	97.6	110.9	102.8	105.9	103.6	106.5	505.6
2013	1	01	89.5	66.1	106.9	*	66.6	91.0	97.9	104.5	79.5	85.4	59.5		846.9
MEDIOS			92.1	85.3	93.3	81.6	78.2	85.3	89.3	86.1	84.8	85.4	81.5	81.3	1024.3
MAXIMOS			117.8	105.8	126.2	99.4	95.3	98.5	103.3	110.9	102.8	105.9	103.6	106.5	126.2
MINIMOS			76.6	64.6	64.5	56.1	54.2	67.5	66.1	55.1	62.2	45.6	45.0	42.6	42.6

5.3 VALORES MEDIOS MENSUALES DE HUMEDAD RELATIVA (%)

Punto piloto experimental para generación no convencional de energía con fuentes renovables 250

A#	EST	ENT	ENERO *	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO *	JUNIO *	JULIO *	AGOST *	SEPTI *	OCTUB *	NOVIE *	DICIE *	VR ANUAL *
1988	1	01				74 3	74 3	77 3	79 3	80 3	78 3	76 3	82 3	77 3	77 3
1989	1	01	70 3	85 1	80 3	80	76	74 3	74 3	80 3	82 3	78 3	79 3	75 3	78 3
1990	1	01	*	82 3	81 3	78 3	77	72	*			*			78 3
1991	1	01				*	75 3	73 1	75 3	75 3	75 1	71 3	80 1	74 3	75 3
1992	1	01	75 3	76 3	74 3	78	79 3	75 3	78 1	74 1	71 3	69 3	79 3	75 3	75 3
1993	1	01	74 3	*	76 3	83 3	85 3	76 3	72 3	72 3	74 3	76 3	82 3	79 3	77 3
1994	2	01	*	81 3	83 3	84 3	*		75 3	*	75 3	81 3	87 3	*	81 3
1995	1	01		74 3	80 3	81 3	81 3	*			*	83 3	82 3	86 3	81 3
1996	1	01	81 3	84 3	84 3	78 3	83 3	80 3	81 3	81 3	79 3	83 1	76 1	79 3	81 3
1997	1	01	83 3	76 3	77 1	81 1	76 3	79 3	*	74 3	74 3	72 3	77 3	75 3	77 3
1998	1	01	74 3	77 3	77 3	80 3	79 3	77 3	*	76 3	77 3	82 3	79	82 3	78 3
1999	1	01	79 3	81 3	80 3	78 3	75 3	79 3	74 3	73 3	78 3	81 3	80 3	80 3	78 3
2000	1	01	78 3	76 3	82 3	78 3	80 3	74 3	74 3	73 3	80 3	78 3	79 3	76 3	77 3
2001	1	01	72 3	73 3	76 3	73 3	77 3	74 3	72 3	72 3	77 3	76 3	76 3	79 3	75 3
2002	1	01	73 3	72 3	80 3	81 3	75 3	79 3	*	72 3	75 3	72 3	*	*	75 3
2003	1	01	*	*		78 3	81 3	82 3		80 3	81 3	86 3			81 3
2004	1	01			*	*		83 3		86 3	*				85 3
2005	1	01					88 3	81 3	85 3	*					85 3
2011	1	01	70 3	76 3	77 3	79 3	76 3	71 3	69 3	68 3	69 3	76	80 3	75	74 3
2012	1	01	73 3	73	75 3	79	71 3	66 3	67	69 3	64	71	72 3	69 3	71 3
2013	1	01	66	71 3	71	73	75	66 3	66	70	68 3	70	76	73	70 3
MEDIOS			74	77	78	79	78	76	74	75	75	77	79	77	77
MAXIMOS			83	85	84	84	88	83	85	86	82	86	87	86	88
MINIMOS			66	71	71	73	71	66	66	68	64	69	72	69	64

5.4 VALORES MEDIOS MENSUALES DE NUBOSIDAD (Octas)

A#	EST	ENT	ENERO *	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO *	JUNIO *	JULIO *	AGOST *	SEPTI *	OCTUB *	NOVIE *	DICIE *	VR ANUAL *
1988	1	01								6 3	5 3	5 3	6 3	4 3	5 3
1989	1	01	3 3	4	5 3	4 3	6 3	5 3	5 3	5 3	5 3	6 3	5 3	4 3	5 3
1990	1	01	4 3	5 3	5 3	5 3	5 3	5 3	4 3	4 3	4	5 3	5 3	6 3	5 3
1991	1	01	5 3	6	5	5 3	5 3	5	5 3	5 3	6	5 3	6	5 3	5 3
1992	2	01	4 3	5 3	4 3	5 3	6 3	5 3	6	5		4 3			5 3
1993	1	01												5 3	5 3
1994	1	01		6 3	6 3	7 3	6 3		6 3		6 3	6 3			6 3
1995	1	01		5 3	4 3	6 3	7 3				6 3	6 3	5 3	6 3	6 3
1996	1	01	5 3	6 3	6 3	6 3	6 3	6 3	6 3	6 3	6				6 3
1997	1	01							7	7		5	5		6 3
1998	1	01		4 3	5 3	5 3	6 3	5 3		5 3	5 3	5 3	5	5 3	5 3
1999	1	01	5 3	6 3	5 3	6 3	5 3	6 3	5 3	5 3	6 3	6 3	5 3	5 3	5 3
2000	1	01	5 3	5 3	5 3	5 3	6 3	5 3	6 3	5 3	6 3	6 3	5 3	5 3	5 3
2001	1	01	3 3	5 3	5 3	5 3	6 3	6 3	6 3	6 3	5 3	5 3	5 3	5 3	5 3
2002	1	01	4 3	4 3	5 3	6 3	6 3	6 3		6 3	6 3	6			5 3
2003	1	01				4 3	6 3	6 3		6 3	5	6 3			6 3
2004	1	01					6 3	6 3							6 3
2005	1	01	5		5 3	6 3		5 3	6 3						5 3
2011	1	01		6 3	6 3	7 3	6 3								6 3
2012	1	01			5 3	5 3	5	5 3							5 3
2013	1	01	4	5 3	5 3	5 3	5 3	5	6 3	7	8 3	7 3	7	8 3	6 3
MEDIOS			4	5	5	5	6	5	6	6	6	6	5	5	5
MAXIMOS			5	6	6	7	7	6	7	7	8	7	7	8	8
MINIMOS			3	4	4	4	5	5	4	4	4	4	5	4	3

5.5 VALORES MEDIOS MENSUALES DE PUNTO DE ROCÍO (°C)

Punto piloto experimental para generación no convencional de energía con fuentes renovables 251

AÑO	EST	ENT	ENERO *	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO *	JUNIO *	JULIO *	AGOST *	SEPTI *	OCTUB *	NOVIE *	DICIE *	VR ANUAL *
1988	1	01				10.9 3	10.5 3	10.6 3	10.5 3	11.3 3	10.2 3	10.3 3	11.5 3	9.9 3	10.6 3
1989	1	01	9.5 3	10.7	9.9 3	11.2	10.7	9.6 3	9.8 3	10.7 3	11.3 3	11.0 3	11.0 3	9.8 3	10.4 3
1990	1	01		11.1 3	11.1 3	10.7 3	10.6	9.8	9.5 3						10.5 3
1991	1	01				10.7 3	10.2	10.1 3	9.4 3	10.0	9.1 3	10.7	10.2 3		10.1 3
1992	1	01	10.1 3	10.2 3	11.1 3	12.1	11.7 3	10.9 3	10.1	10.0	9.2 3	9.0 3	10.8 3	10.4 3	10.5 3
1993	1	01	9.8 3		10.7 3	12.0 3	12.6 3	10.8 3	9.5 3	9.3 3	10.1 3	10.6 3	11.9 3	11.8 3	10.8 3
1994	1	01		11.6 3	12.3 3	12.4 3			10.3 3		10.8 3	12.1 3	12.4 3		11.7 3
1995	1	01		9.7 3	11.7 3	12.5 3	11.9 3					12.3 3	12.4 3	12.3 3	11.8 3
1996	1	01	10.4 3	11.5 3		11.8 3	11.7 3	11.7 3	11.0 3	11.3 3	10.6 3	11.5	10.9	10.6 3	11.2 3
1997	1	01	11.4 3	10.4 3	10.7	11.7	11.1 3	11.5 3		9.8 3	10.2 3	10.4 3	11.2 3	10.8 3	10.8 3
1998	1	01	10.9 3	11.8 3	12.2 3	12.8 3	12.5 3	11.1 3		10.4 3	10.8 3	11.9 3	11.5	11.4 3	11.6 3
1999	1	01	10.8 3	11.1 3	11.2 3	10.9 3	10.6 3	11.1 3	9.7 3	9.5 3	10.5 3	11.1 3	11.4 3	11.5 3	10.8 3
2000	1	01	10.6 3	10.1 3	11.7 3	11.0 3	11.8 3	10.7 3	9.6 3	9.7 3	10.7 3	11.0 3	11.3 3	10.4 3	10.7 3
2001	1	01	8.5 3	10.0 3	10.5 3	10.5 3	11.4 3	10.1 3	9.6 3	9.6 3	10.3 3	11.2 3	11.1 3	12.0 3	10.4 3
2002	1	01	9.4 3	10.2 3	11.5 3	12.0 3	11.1 3	11.0 3				10.6 3	10.1 3		10.7 3
2003	1	01				11.9 3	12.9 3	12.1 3		11.6 3	11.6 3	12.5 3			12.1 3
2004	1	01						11.9 3							11.9 3
2005	1	01					13.4 3	12.0 3	12.2 3						12.5 3
2011	1	01	8.9 3	9.8 3	10.4 3	11.2 3	11.1 3	10.2 3	9.2 3	9.1 3		10.1		10.5	10.1 3
2012	1	01	9.9 3	9.5	10.3 3	10.7	9.7 3	8.8 3	8.7	9.4 3	8.3 3	10.1	10.7 3	9.2 3	9.6 3
2013	1	01	8.6 3	9.4 3	9.9	10.4	11.0	9.1 3	8.2	9.4	9.2 3	9.6	10.7	10.0	9.6 3
MEDIOS			9.9	10.5	11.0	11.5	11.4	10.7	9.9	10.0	10.3	10.8	11.3	10.7	10.7
MAXIMOS			11.4	11.8	12.3	12.8	13.4	12.1	12.2	11.6	11.6	12.5	12.4	12.3	13.4
MINIMOS			8.5	9.4	9.9	10.4	9.7	8.8	8.2	9.1	8.3	9.0	10.7	9.2	8.2

5.6 VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (mms)

A#O	EST	ENT	ENERO *	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO *	JUNIO *	JULIO *	AGOST *	SEPTI *	OCTUB *	NOVIE *	DICIE *	VR ANUAL *
1987	2	01											3.0	46.5	49.5 3
1988	2	01	.0	32.0	26.5	43.0	100.6 9	30.1 9	46.9 9	69.7	101.5	197.4	180.8	113.7	942.2
1989	2	01	12.3	91.8	134.6	78.9	118.9	58.5 3	24.0	39.0	103.0	71.0	59.5 3	69.5	861.0 3
1990	2	01	49.4 3	44.2	64.2	89.0 3	104.0	20.5	32.6	42.9	32.6 3	189.4	156.3	144.3	969.4 3
1991	2	01	66.5	19.6	172.8 3	92.0	96.0	26.6	42.5	36.2 3	75.8	32.7	105.1 3	63.3	829.1 3
1992	2	01	27.4	21.6	55.6	55.9	56.9	19.1	37.2	39.6	69.0	39.0	167.5	62.4	651.2
1993	2	01	76.5	69.3 3	95.6	143.7	154.0	30.3	57.1	14.3	47.0	94.5	210.5	66.7	1059.5 3
1994	2	01	90.2	66.6	132.6	102.4	117.2	27.6 3	51.6	34.6 3	70.9	81.2	233.1 3	*	1008.0 3
1995	2	01		39.1	117.0	75.4	190.1	*			96.9 3	51.0	110.4	140.9	820.8 3
1996	2	01	57.4	105.1	100.6	92.9	168.6	46.3	69.7	64.3	61.3	142.1	105.7	67.5	1081.5
1997	1	01	130.4	7.6	57.9	63.5	41.6	79.5	36.4	18.8	61.4	54.3	92.6	9.9	653.9
1998	1	01	37.8	44.0	77.3	81.9	166.0	44.3	57.8	68.5	103.7	133.8	133.9	186.3	1135.3
1999	1	01	63.8	195.6	84.5	65.3	119.3	94.5	23.1	71.2	93.1	206.5	120.1	42.0	1179.0
2000	1	01	103.0	191.9	111.2	52.3	61.2	56.3	64.0	44.0	96.5	162.6	62.4	19.1	1024.5
2001	1	01	25.5	28.0	104.4	18.2	78.8	32.6	39.9	18.6	78.2	34.5	119.6	59.2	637.5
2002	1	01	35.5	38.3	74.0	262.6	120.8	86.5	25.0	27.5	44.2	137.9	46.5	79.4 3	978.2 3
2003	1	01	.0 3	17.0 3	*	99.0	21.3	43.7	24.2 3	13.9 3	80.4	77.1	137.0 3		513.6 3
2004	1	01			*	42.0	56.3 3	61.3 3		18.2 3					177.8 3
2005	1	01	20.6	57.5	36.7 3	90.9 3	31.9	54.3	13.2 3						305.1 3
2011	1	01	88.1	81.1	162.2	230.7	170.8	77.2	71.6	43.6	60.8	223.3	269.1	142.6	1621.1
2012	1	01	132.9	148.4	179.2	233.3	26.1	57.4							777.3 3
2013	1	01	3.5	131.7	76.1	78.4 3	155.6	40.6	37.0	64.1	20.9	99.2	263.4	100.5	1071.0 3
MEDIOS			53.7	71.5	98.1	99.6	106.2	48.2	44.2	39.1	72.1	112.6	135.6	83.2	964.0
MAXIMOS			132.9	195.6	179.2	262.6	190.1	94.5	71.6	71.2	103.7	223.3	269.1	186.3	269.1
MINIMOS			0.0	7.6	26.5	18.2	21.3	19.1	23.1	13.2	20.9	32.7	3.0	9.9	0.0

5.7 VALORES No DÍAS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN

A#O	EST	ENT	ENERO *	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO *	JUNIO *	JULIO *	AGOST *	SEPTI *	OCTUB *	NOVIE *	DICIE *	VR ANUAL *	
1987	2	01												1	3	4 3
1988	2	01	0	5	4	8				16	19	19	25	18	114 3	
1989	2	01	4	12	17	14				8	13	15	10 3	9	147 3	
1990	2	01	9 3	14	14	15 3	21	14 3	10	13	10 3	25	16	12	169 3	
1991	2	01	5	8	19 3	13	15	13	15	15 3	16	6	16 3	10	151 3	
1992	2	01	5	12	13	17	12	14	24	20	14	15	21	10	177 3	
1993	2	01	12	12 3	21	21	22	19	20	9	15	15	21	14	201 3	
1994	2	01	3	10	17	17	19	12 3	16	13 3	20	21	16 3	*	164 3	
1995	2	01		8	15	22	22	*			18 3	17	19	19	140 3	
1996	2	01	12	17	17	20	26 3	16 3	19	15 3	20	23	15	11	211 3	
1997	1	01	26	9	12	18	16	19	19	15	13	10	19	6	182	
1998	1	01	6	7	16	21	24	14	26	19	19	22	18	18	210	
1999	1	01	14	19	20	20	17	27	14	14	23	26	20	17	231	
2000	1	01	15	19	17	17	26	19	20	18	21	21	14	9	216	
2001	1	01	8	9	15	11	22	14	13	18	18	11	18	15	172	
2002	1	01	6	8	18	20	16	22	15	17	12	14	8	7 3	163 3	
2003	1	01	0 3	7 3		10	9	16	2 3	16 3	12	23	16 3		111 3	
2004	1	01			*	10	15 3	20 3		6 3					51 3	
2005	1	01	11	14	13 3	22 3		19	15	10 3					104 3	
2011	1	01	11	15	20	26	25	11	17	17	12	19	25	15	213	
2012	1	01	17	12	21	20	14	12							96 3	
2013	1	01	2	16	13	12 3	23	10	19	16	13	15	21	12	172 3	
MEDIOS			9	12	16	17	19	16	16	14	16	18	17	12	181	
MAXIMOS			26	19	21	26	26	27	26	20	23	26	25	19	27.0	
MINIMOS			0	5	4	8	9	9	2	6	10	6	1	3	0.0	

5.8 VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (mms)

A#O	EST	ENT	ENERO *	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO *	JUNIO *	JULIO *	AGOST *	SEPTI *	OCTUB *	NOVIE *	DICIE *	VR ANUAL *
1987	2	01											3.0	41.5	41.5 3
1988	2	01	.0	16.0	11.0	16.0				15.0	36.0	36.0	33.0	15.4 1	36.0 3
1989	2	01	9.4 1	43.0	32.0	17.0	16.0	29.0 3	6.0	12.0	42.0	14.0	13.5 3	32.0	43.0 3
1990	2	01	21.0 3	12.5	27.3 1	26.0 3	43.0	6.0	8.0	12.0	14.3 3	33.2	46.0	53.0	53.0 3
1991	2	01	26.0	13.0	31.0 3	33.5	26.0	9.0	7.0	7.5 3	19.5	20.0	17.0 3	27.1 1	33.5 3
1992	2	01	11.5	11.5	13.5	9.5	21.0	5.8	8.5	7.3	22.4	12.4	35.0	17.0	35.0
1993	2	01	32.5 1	13.2 3	18.2	27.6 1	30.8	7.3	10.1 1	4.2 1	12.7 1	29.7 1	39.9	20.3 1	39.9 3
1994	2	01		16.5	44.4	26.0	28.8	12.7 3	*	13.2 3	20.7	18.4	*		44.4 3
1995	2	01		14.6	25.4		63.1	*			3	27.4	38.6	42.1	63.1 3
1996	2	01	27.0	14.9	35.0	31.6	43.4	8.3	16.0	13.2 3	24.1	30.5	40.5	23.0	43.4 3
1997	1	01	30.5	3.2	15.3	15.4	11.3	20.8	8.2	4.5	46.4	26.0	22.4	4.8	46.4
1998	1	01	22.3	20.0	26.4	21.1	39.4	15.2	17.4	30.1	18.6	31.3	63.6	36.5	63.6
1999	1	01	20.5	57.0	18.5	11.2	37.0	16.7	5.7	20.4	16.2	35.2	32.9	9.4	57.0
2000	1	01	37.4	51.9	25.2	20.5	14.0	41.7	19.3	21.5	22.2	32.1	15.8	11.6	51.9
2001	1	01	8.9	11.8	21.7	10.1	15.1	17.8	15.7	3.8	18.9	16.4	32.3	10.7	32.3
2002	1	01	17.4	13.3	13.5	59.1		23.9	6.9	7.2	10.8	38.8	25.8	30.9 3	59.1 3
2003	1	01	.0 3	9.8 3	*		10.6	9.5	22.0 3	2.2 3	37.4	22.2	27.0 3	*	37.4 3
2004	1	01				9.0		15.0 3	3						15.0 3
2005	1	01	7.5	25.0	7.7 3	14.2 3		7.5	29.5	6.5 3					29.5 3
2011	1	01	21.6	22.4	27.7	42.4	65.2	37.7	47.6	12.4	23.2	42.7	34.1	39.0	65.2
2012	1	01	24.9	29.2	35.2	46.4	6.5	24.3							46.4 3
2013	1	01	2.0	30.6	17.5	19.2 3	31.2	9.0	6.1	21.8	7.9	33.5	43.1	24.0	43.1 3
MEDIOS			17.8	21.5	23.5	24.0	28.7	16.8	14.6	11.9	23.1	27.8	31.3	25.8	22.2
MAXIMOS			37.4	57.0	44.4	59.1	65.2	41.7	47.6	30.1	46.4	42.7	63.6	53.0	65.2
MINIMOS			0.0	3.2	7.7	9.0	6.5	5.8	5.7	2.2	7.9	12.4	3.0	4.8	0.0

5.9 VALORES MEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURA (°C)

A#O	EST	ENT	ENERO *	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO *	JUNIO *	JULIO *	AGOST *	SEPTI *	OCTUB *	NOVIE *	DICIE *	VR ANUAL *
1988	1	01				15.5 3	15.2 3	14.4 3	14.1 3	14.6 3	14.1 3	14.4 3	14.5 3	13.9	14.5 3
1989	1	01	14.7 3	13.3	13.2	14.7	14.8	14.2 3	14.3 3	14.1 3	14.4 3	14.5 3	14.4 3	14.2 3	14.2 3
1990	1	01	14.3 3	14.4 3	14.2 3	14.5 3	14.7	14.9	14.3 3	14.1 3	14.4	14.1 3	14.4	14.4 3	14.4 3
1991	1	01	14.3 3	14.6	14.7	14.7 3	15.0 3	15.0	14.4 3	13.8 3	14.3	14.2 3	14.0	14.7 3	14.5 3
1992	1	01	14.7 3	14.7 3	15.7 3	15.8	15.6 3	15.3 3	14.0	14.6	14.5 3	14.7 3	14.5 3	14.9 3	14.9 3
1993	1	01	14.7 3	*	14.9 3	14.8 3	15.0 3	15.1 3	14.5 3	14.4 3	14.8 3	14.8 3	14.9 3	15.4 3	14.8 3
1994	2	01	*	14.7 3	15.0 3	15.0 3	*	*	14.6 3	*	15.3 3	15.1 3	14.5 3	*	14.9 3
1995	2	01		15.0 3	15.6 3	15.9 3	15.5 3	*			*	15.3 3	16.0 3	15.1 3	15.5 3
1996	1	01	13.7 3	14.4 3	14.8 3	15.5 3	14.6 3	15.1 3	14.2 3	14.5 3	14.4 3	14.4	15.2	14.5 3	14.6 3
1997	2	01	14.2 3	14.9 3	15.0	15.1	15.7 3	15.2 3	*	14.5 3	15.1 3	15.5 3	15.4 3	15.6 3	15.1 3
1998	1	01	15.9 3	16.3 3	16.6 3	16.5 3	16.2 3	15.4 3	*	14.9 3	15.1 3	15.1 3	15.2	14.7 3	15.6 3
1999	1	01	14.7 3	14.5 3	14.9 3	14.8 3	15.2 3	14.8 3	14.4 3	14.5 3	14.5 3	14.7 3	15.1 3	15.3 3	14.8 3
2000	1	01	14.6 3	14.6 3	15.1 3	15.1 3	15.5 3	15.7 3	14.2 3	14.6 3	14.4 3	14.9 3	14.8 3	14.8 3	14.9 3
2001	1	01	14.1 3	14.9 3	15.0	15.4 3	15.5	14.8 3	14.8 3	14.6	14.5	15.7 3	15.2 3	15.7 3	15.0 3
2002	1	01	15.0 3	15.6 3	15.1 3	15.3	15.5 3	14.7 3	*	15.0 3	15.2 3	15.2	*	*	15.2 3
2003	1	01	*	*		15.7 3	16.0 3	15.1 3		14.9 3	14.7 3	14.9 3			15.2 3
2004	1	01			*	*		14.9 3		14.7 3	*				14.8 3
2005	1	01					15.3 3	15.2 3	14.7 3	*					15.1 3
2011	1	01	14.9 3	14.5 3	14.7 3	15.0 3	15.4 3	15.7	15.0	15.2 3	15.0	14.6	14.9 3	15.2	15.0 3
2012	1	01	14.9 3	14.7	15.0	14.5	14.9 3	15.4 3	15.1	15.1	15.5 3	15.7	15.9 3	15.3 3	15.2 3
2013	1	01	15.3 3	14.9	15.6	15.5	15.6	15.7 3	14.7	15.0	15.2	15.2	15.0	15.1	15.2 3
MEDIOS			14.7	14.8	15.0	15.2	15.3	15.1	14.5	14.6	14.7	14.9	14.9	14.9	14.9
MAXIMOS			15.9	16.3	16.6	16.5	16.2	15.7	15.1	15.2	15.5	15.7	16.0	15.7	16.6
MINIMOS			13.7	13.3	13.2	14.5	14.6	14.2	14.0	13.8	14.1	14.1	14.0	13.9	13.2

5.10 VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE TEMPERATURA (°C)

AÑO	EST	ENT	ENERO *	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO *	JUNIO *	JULIO *	AGOST *	SEPTI *	OCTUB *	NOVIE *	DICIE *	VR ANUAL *
1988	1	01	23.2	22.9	24.1	21.8	21.9	21.2	20.0	20.2	20.2	23.0	22.0	22.0	24.1
1989	1	01	22.4	*											22.4
1990	1	01				21.6	21.2	21.8	20.4	20.6	21.8	22.0	20.6	22.0	22.0
1991	1	01	22.2	22.6	22.6	21.6	21.8	22.0	19.6	20.6	21.4	21.6	21.0	22.8	22.8
1992	1	01	22.6	23.6	23.6	22.2	21.6	20.8	19.6	20.6	21.6	21.6	21.8	21.6	23.6
1993	1	01	21.6	21.8	21.0	21.2	21.2	19.2	19.8	21.2	21.0	21.4	22.0	21.8	22.0
1994	2	01	21.8	22.6	20.8	21.4	22.2	*	20.2	*	22.0	24.0	22.6	*	24.0
1995	2	01	23.8	23.8	21.2	21.8	20.6	*		22.0	22.2	21.4	22.0	23.8	23.8
1996	1	01	21.2	21.8	21.5	21.4	24.0	20.6	22.4	19.6	21.0	21.8	21.4	20.8	24.0
1997	2	01	20.8	22.4	23.2	21.4	21.4	21.4	18.0	21.8	22.0	22.2	22.6	22.6	23.2
1998	1	01	24.6	23.6	23.6	23.8	22.2	20.8	20.4	22.0	21.8	21.8	21.0	21.6	24.6
1999	1	01	21.4	21.2	21.4	21.4	21.2	20.8	20.2	20.8	19.8	21.0	21.6	21.4	21.6
2000	1	01	21.0	22.0	22.2	22.2	21.2	20.6	20.0	20.4	20.6	20.6	21.7	22.2	22.2
2001	1	01	22.2	22.4	22.8	22.8	22.0	20.4	21.2	21.0	21.8	23.0	21.5	22.2	23.0
2002	1	01	23.2	22.8	22.2	21.4	22.0	20.4	21.0	21.5	24.0	21.0	*	*	24.0
2003	1	01				22.3	21.0	22.4	22.4	21.9	24.0				24.0
2004	1	01			*	*		21.8	20.1	*					21.8
2005	1	01					23.0	25.0	25.0	*					25.0
2011	1	01	23.2	23.8	22.0	22.4	22.8	23.2	22.6	22.8	21.8	23.4	23.2	23.2	23.8
2012	1	01	22.6	22.0	21.6	21.4	21.8	21.8	21.4	21.0	21.8	22.0	22.0	22.0	22.6
2013	1	01	23.0	22.2	22.2	23.0	22.0	25.2	20.4	20.6	*	21.2	21.2	21.6	25.2
MEDIOS			22.3	22.6	22.3	22.0	21.8	21.6	20.8	21.0	21.6	22.0	21.7	22.0	21.8
MAXIMOS			24.6	23.8	24.1	23.8	24.0	25.2	25.0	22.6	24.0	24.0	23.4	23.2	25.2
MINIMOS			20.8	21.2	20.8	21.2	20.6	19.2	18.0	19.6	19.8	20.6	20.6	20.8	18.0

5.11 VALORES MÍNIMOS MENSUALES DE TEMPERATURA (°C)

AÑO	EST	ENT	ENERO *	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO *	JUNIO *	JULIO *	AGOST *	SEPTI *	OCTUB *	NOVIE *	DICIE *	VR ANUAL *
1988	1	01	2.8	4.1	2.1	-1.0	-0.4	2.4	.0	.0	1.4	.8	3.1	3.0	-1.0
1989	1	01	3.6	4.7	4.2	4.8	5.8	6.2	4.4	4.0	4.5	6.8	6.4	3.0	3.0
1990	1	01	2.2	3.2	6.4	8.4	7.0	.9	6.2	7.2	5.2	6.8	6.2	5.4	0.9
1991	1	01	3.0	3.0	4.8	6.6	8.8	7.2	7.8	5.8	5.8	4.4	6.0	4.0	3.0
1992	1	01	2.8	6.2	1.6	7.0	7.4	7.2	7.6	7.8	5.0	6.0	5.6	5.2	1.6
1993	1	01	4.4	5.4	7.0	6.2	7.0	8.4	5.0	6.6	5.0	5.4	7.6	1.4	1.4
1994	2	01	1.2	5.4	7.4	8.4	8.8	*	6.6	*	6.0	1.5	1.0	*	1.0
1995	2	01		-4.0	5.0	3.8	3.2	*		*	2.6	3.0	1.8	3.0	-4.0
1996	1	01	.8	4.6	7.0	6.4	.6	5.0	6.4	6.8	5.2	6.2	6.8	5.4	0.6
1997	2	01	4.8	5.2	5.4	6.8	7.4	5.8	6.2	4.6	5.4	5.6	6.4	5.2	4.6
1998	1	01	4.4	6.8	8.0	9.2	9.2	5.2	7.4	5.2	5.6	6.4	6.4	6.0	4.4
1999	1	01	6.0	6.8	5.6	6.0	6.6	6.2	4.6	1.1	7.6	7.4	6.4	7.2	1.1
2000	1	01	4.8	4.4	7.2	8.2	8.0	8.8	6.4	6.3	7.2	7.2	7.6	4.4	4.4
2001	1	01	3.2	1.2	6.2	7.0	7.4	7.2	5.8	5.8	6.4	6.0	6.6	6.6	1.2
2002	1	01	4.8	5.4	5.2	9.4	7.6	8.4	7.2	6.4	4.4	5.2	*	*	4.4
2003	1	01				.0	7.7	6.6	5.3	6.6	7.4				0.0
2004	1	01			*	*		7.4	6.4	*					6.4
2005	1	01					2.7	3.8	2.8	*					2.7
2011	1	01	5.6	6.2	7.8	9.8	9.4	7.0	6.4	6.4	5.8	6.0	6.8	8.0	5.6
2012	1	01	6.2	6.0	9.8	8.4	7.6	6.4	6.0	8.2	6.0	7.0	5.8	5.6	5.6
2013	1	01	5.2	6.2	7.2	6.2	3.0	7.8	6.4	8.0	6.6	5.2	7.2	6.8	3.0
MEDIOS			3.9	4.5	6.0	6.4	6.2	6.2	5.7	5.7	5.5	5.5	5.8	4.9	5.5
MAXIMOS			6.2	6.8	9.8	9.8	9.4	8.8	7.8	8.2	7.6	7.4	7.6	8.0	9.8
MINIMOS			0.8	-4.0	1.6	-1.0	-0.4	0.9	0.0	0.0	1.4	0.8	1.0	1.4	-4.0

5.12 VALORES MEDIOS MENSUALES DE TENSION DE VAPOR (Mb)

A#	EST	ENT	ENERO *	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO *	JUNIO *	JULIO *	AGOST *	SEPTI *	OCTUB *	NOVIE *	DICIE *	VR ANUAL *
1988	1	01				13.1 3	12.7 3	12.8 3	12.8 3	13.5 3	12.5 3	12.5 3	13.6 3	12.3 3	12.9 3
1989	1	01	11.9 3	13.1	12.3 3	13.5	13.0	12.1 3	12.2 3	13.0 3	13.5 3	13.2 3	13.2 3	12.3 3	12.8 3
1990	1	01		13.3 3	13.3 3	12.9 3	12.8	12.2	12.0 3						12.8 3
1991	1	01					12.9 3	12.5	12.4 3	11.8 3	12.4	11.6 3	12.9	12.5 3	12.4 3
1992	1	01	12.5 3	12.5 3	13.2 3	14.2	13.8 3	13.1 3	12.4	12.3	11.7 3	11.6 3	13.0 3	12.7 3	12.8 3
1993	1	01	12.2 3		12.9 3	14.1 3	14.6 3	13.0 3	11.9 3	11.8 3	12.4 3	12.8 3	14.0 3	13.9 3	13.1 3
1994	1	01		13.7 3	14.3 3	14.4 3			12.6 3		13.0 3	14.3 3	14.5 3		13.8 3
1995	1	01		12.3 3	13.9 3	14.6 3	14.0 3					14.4 3	14.5 3	14.4 3	14.0 3
1996	1	01	12.8 3	13.7 3		13.8 3	13.8 3	13.8 3	13.2 3	13.4 3	12.8 3	13.7	13.1	12.8 3	13.4 3
1997	1	01	13.6 3	12.7 3	13.0	13.8	13.2 3	13.6 3		12.2 3	12.5 3	12.7 3	13.3 3	13.1 3	13.1 3
1998	1	01	13.2 3	14.0 3	14.3 3	14.8 3	14.6 3	13.2 3		12.7 3	13.1 3	14.0 3	13.6	13.6 3	13.7 3
1999	1	01	13.0 3	13.3 3	13.4 3	13.1 3	12.9 3	13.3 3	12.0 3	12.0 3	12.7 3	13.3 3	13.6 3	13.7 3	13.0 3
2000	1	01	12.8 3	12.4 3	13.8 3	13.2 3	13.9 3	12.9 3	12.0 3	12.1 3	12.9 3	13.2 3	13.4 3	12.7 3	12.9 3
2001	1	01	11.3 3	12.4 3	12.8 3	12.7 3	13.5 3	12.5 3	12.0 3	12.0 3	12.5 3	13.3 3	13.3 3	14.1 3	12.7 3
2002	1	01	12.2 3	12.5 3	13.6 3	14.1 3	13.3 3	13.1 3			12.9 3	12.5 3			13.0 3
2003	1	01				14.0 3	14.9 3	14.2 3		13.7 3	13.7 3	14.5 3			14.2 3
2004	1	01						14.0 3							14.0 3
2005	1	01					15.5 3	14.1 3	14.3 3						14.6 3
2011	1	01	11.5 3	12.2 3	12.7 3	13.4 3	13.2 3	12.5 3	11.7 3	11.6 3		12.5		12.7	12.4 3
2012	1	01	12.2 3	12.0	12.6 3	12.9	12.1 3	11.4 3	11.3	11.9 3	11.0 3	12.4	12.9 3	11.8 3	12.0 3
2013	1	01	11.3 3	11.9 3	12.3	12.8	13.1	11.6 3	11.0	11.8	11.7 3	12.0	12.9	12.4	12.1 3
MEDIOS			12.3	12.8	13.2	13.6	13.6	12.9	12.3	12.4	12.6	13.0	13.5	13.0	12.9
MAXIMOS			13.6	14.0	14.3	14.8	15.5	14.2	14.3	13.7	13.7	14.5	14.5	14.4	15.5
MINIMOS			11.3	11.9	12.3	12.7	12.1	11.4	11.0	11.6	11.0	11.6	12.9	11.8	11.0

5.13 VALORES MEDIOS MENSUALES DE VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)

A#	EST	ENT	ENERO *	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO *	JUNIO *	JULIO *	AGOST *	SEPTI *	OCTUB *	NOVIE *	DICIE *	VR ANUAL *
1999	1	01							*	*	*	*	*	1.6	1.6 3
2000	1	01	1.8	1.6	*					2.4	1.8	1.9	1.8	1.9	1.9 3
2001	1	01	2.0	2.4	1.9	2.2	1.8	*	2.4	2.6	2.0	2.1	1.8	1.8	2.1 3
2002	1	01		*	2.0					2.4	*				2.2 3
2003	1	01	*	2.0	2.0	1.7	*								1.9 3
2007	1	01				*	1.7		2.0	2.1	2.1	1.9	1.8	*	1.9 3
2008	1	01		2.1	*		1.7	1.8	2.0	1.8	1.9	*			1.9 3
2009	1	01	*		*	*									1.9 3
2010	1	01		1.9	1.9									1.5	1.8 3
2011	1	01	1.8		1.6				1.8	*					1.7 3
MEDIOS			1.9	2.0	1.9	2.0	1.7	1.8	2.1	2.3	2.0	2.0	1.8	1.7	1.9
MAXIMOS			2.0	2.4	2.0	2.2	1.8	1.8	2.4	2.6	2.1	2.1	1.8	1.9	2.6
MINIMOS			1.8	1.6	1.6	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9	1.8	1.5	1.5

5.14 VALORES MEDIOS(V) MENSUALES DE VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)

A#	EST	ENT	ENERO *	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO *	JUNIO *	JULIO *	AGOST *	SEPTI *	OCTUB *	NOVIE *	DICIE *	VR ANUAL *
1999	1	01							SE 1.9	W .2	SE .8	NW 1.1	NW .9	NW .8	
2000	1	01	NW .5	NW .7	E .4				SE 1.5	SE .1	SE .5	N .4	SE .3		
2001	1	01	E .4	SE .8	E .3	SE .7	NE .5	S 1.7	SE 1.1	S 1.5	SE .4	SW .2	E .4	N .6	
2002	1	01		N .4	E .4					S 1.2	S .8				
2003	1	01	NW .4	NE .3	NE .3	NE .2	SE .8								
2007	1	01				SE .2	E .1		SE .8	S .6	S .8		NE .2	N 1.6	
2008	1	01		N .3	N 1.3		N .1	SE .4	S .7	SE .2	S .4	N .7			
2009	1	01	N .9		N 1.9	NW 2.3									
2010	1	01		NW .1	E .4									NW .6	
2011	1	01	NW .6		NW .7				SE .5	SE .2					
MAXIMOS			N .9	SE .8	N 1.9	NW 2.3	SE .8	S 1.7	SE 1.9	SE 1.5	SE .8	NW 1.1	NW .9	N 1.6	NW 2.3
MINIMOS			E .4	NW .1	E .3	NE .2	E .1	SE .4	SE .5	W .2	SE .1	SW .2	NE .2	SE .3	NW .1

5.15 VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)

AÑO	EST	ENT	ENERO *	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO *	JUNIO *	JULIO *	AGOST *	SEPTI *	OCTUB *	NOVIE *	DICIE *	VR ANUAL *
1999	1	01							S 4.3	S 5.6	SW 5.2	NW 8.9	SW 4.5	W 4.8	NW 8.9
2000	1	01	E 5.3	SE 4.6	SE 4.6					SE 6.0	SW 6.3	S 6.0	N 4.9	S 5.7	SW 6.3
2001	1	01	SE 5.9	E 5.7	SE 6.0	S 6.6	S 7.3	S 6.3	S 7.4	S 9.4	S 5.4	S 5.4	SE 4.9	NE 36.1	NE 36.1
2002	1	01		SE 4.9	S 6.0					C 4.9	SW 5.4				S 6.0
2003	1	01	S 5.3	S 5.7	NW 5.7	W 4.9	S 4.1								S 5.7
2007	1	01												*	
2008	1	01		W 5.4	NW 5.4		NW 4.9	S 4.6	NW 4.9	NW 5.0	S 4.9	NW 3.8			W 5.4
2009	1	01	NW 3.8		N 5.2	NW 6.4									NW 6.4
MAXIMOS			SE 5.9	E 5.7	SE 6.0	S 6.6	S 7.3	S 6.3	S 7.4	S 9.4	SW 6.3	NW 8.9	N 4.9	NE 36.1	NE 36.1
MINIMOS			NW 3.8	SE 4.6	SE 4.6	W 4.9	S 4.1	S 4.6	S 4.3	C 4.9	S 4.9	NW 3.8	SW 4.5	W 4.8	NW 3.8

5.16 VALORES MEDIOS MENSUALES DE TERMÓMETRO HÚMEDO (°C)

AÑO	EST	ENT	ENERO *	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO *	JUNIO *	JULIO *	AGOST *	SEPTI *	OCTUB *	NOVIE *	DICIE *	VR ANUAL *
1988	1	01									11.7 3	11.8 3	12.6 3	11.5 3	11.9 3
1989	1	01	11.8 3	11.7	11.1 3	12.4 3	12.4 3	11.4 3	11.5 3	12.0 3	12.4 3	12.3 3	12.3 3	11.4 3	11.9 3
1990	1	01		12.2 3	12.3 3	12.1 3	12.1 3	11.8 3							12.1 3
1991	1	01					12.3 3	12.0	11.8 3	11.1 3	11.7	11.0 3	12.0	11.9 3	11.7 3
1992	1	01	11.8 3	11.9 3	12.8 3	13.4 3	13.1 3	12.5 3	11.6	11.7	11.2 3	11.2 3	12.2 3	12.0 3	12.1 3
1993	1	01	11.7 3		12.3 3	13.0 3	13.5 3	12.4 3	11.4 3	11.3 3	11.9 3	12.2 3	13.0 3	13.2 3	12.4 3
1994	1	01		12.8 3	13.3 3	13.3 3			12.0 3		12.4 3	13.2 3	13.2 3		12.9 3
1995	1	01		11.7 3	13.0 3	13.6 3	13.1 3					13.3 3	13.6 3	13.2 3	13.1 3
1996	1	01	11.7 3	12.5 3		13.1 3	12.8 3	13.0 3	12.2 3	12.4 3	12.0 3	12.6	12.4	12.0 3	12.4 3
1997	1	01	12.5 3	12.1 3	12.3	12.9	12.7 3	12.8 3		11.5 3	12.0 3	12.3 3	12.7 3	12.5 3	12.4 3
1998	1	01	12.7 3	13.4 3	13.6 3	14.1 3	13.8 3	12.6 3		12.1 3	12.4 3	13.1 3	12.8 3	12.6 3	13.0 3
1999	1	01	12.3 3	12.3 3	12.5 3	12.4 3	12.3 3	12.5 3	11.4 3	11.4 3	11.9 3	12.4 3	12.7 3	12.7 3	12.2 3
2000	1	01	12.0 3	11.7 3	12.8 3	12.5 3	13.0 3	12.4 3	11.4 3	11.5 3	12.0 3	12.4 3	12.6 3	12.1 3	12.2 3
2001	1	01	10.7 3	11.8 3	12.1 3	12.3 3	12.8 3	11.9 3	11.5 3	11.5 3	11.8 3	12.7 3	12.7 3	13.3 3	12.1 3
2002	1	01	11.7 3	12.1 3	12.8 3	13.2 3	12.7 3	12.3 3			12.4 3	12.0 3			12.4 3
2003	1	01				13.3 3	14.0 3	13.2 3		12.7 3	12.8 3	13.3 3			13.2 3
2004	1	01						12.9 3							12.9 3
2005	1	01					14.1 3	13.2 3	13.1 3						13.5 3
2011	1	01	11.4 3	11.8 3	12.2 3	12.8 3	12.8 3	12.5 3	11.6 3	11.5 3	12.1 3			12.5 3	12.1 3
2012	1	01	12.1 3	11.9 3	12.2 3	12.2 3	12.0 3	11.7 3	11.5 3	11.7 3	11.4 3	12.4 3	12.8 3	11.9 3	12.0 3
2013	1	01	11.5 3	11.8 3	12.2 3	12.7 3	12.8 3	11.8 3	11.1 3	11.7 3	11.8 3	12.0 3	12.6 3	12.3 3	12.0 3
MEDIOS			11.8	12.1	12.5	12.9	12.9	12.4	11.7	11.7	12.0	12.4	12.7	12.3	12.3
MAXIMOS			12.7	13.4	13.6	14.1	14.1	13.2	13.1	12.7	12.8	13.3	13.6	13.3	14.1
MINIMOS			10.7	11.7	11.1	12.1	12.0	11.4	11.1	11.2	11.0	12.0	11.4	10.7	

5.17 VALORES TOTALES MENSUALES DE RECORRIDO DEL VIENTO (Kms)

AÑO	EST	ENT	ENERO *	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO *	JUNIO *	JULIO *	AGOST *	SEPTI *	OCTUB *	NOVIE *	DICIE *	VR ANUAL *
1987	1	01											2721	3417 3	6138 3
1988	2	01			3521					3010 3	2765 3	2754 3	2376	2602	17028 3
1989	2	01	3109 3	2737 3	2808	2947	3053	3385 3	3783 3	3530	2880	2937	2602 3	2762	36533 3
1990	2	01	3050	2562	3191	2798 3	3101 3	3394 3	3439 3	3780 3	3154 3	2144	2476	2523	35612 3
1991	2	01	2799	3045	2258 3	2898	2705	3105	3612	3990 3	3113	3253	2011 3	2510	35299 3
1992	2	01	2911	2870	3330	2946	2790 3		3947	3170 3	3084 3	2120	2766	29934 3	
1993	2	01	2681	2488 3	2667	2196	2255	3568	3445	3737	2957	2832	2106	2423 3	33355 3
1994	2	01	*	2152	2481	2394	2708 3	*	2985 3	3545 3	3027	2570	1940 3	*	23802 3
1995	2	01		2395	2524 3	2187 3	2748 3	*		*	2482	2245 3	1777 3	16358 3	
1996	2	01	2242 3	2593	2260 3	2472	2172 3	2696 3	2963 3	3290 3	3068 3	2230	2406	2654 3	31046 3
1997	1	01	2051 3	3063	2790 3	2392 3	3226 3	2849	3760	3984	3028 3	3208 3	2260	2914	35525 3
1998	1	01	2960	2297 3	2638 3	2378	2450 3	3263	3073	2848 3	2434 3	2259 3	2175 3	2073 3	30848 3
1999	1	01	2283	2051 3	2421	2691 3	2742 3	2385 3	3459	3099 3	2362	2082 3	2077	2226	29878 3
2000	1	01	2566 3	2162 3	2570	2442	2590	3045 3	3261 3	3370 3	2323 3	2644 3	2419	2551 3	31943 3
2001	1	01	2660	2914	2598	3026	2630	3441 3	3552	3704 3	2610	2748	2410	2408 3	34701 3
2002	1	01	2864 3	2590 3	2816 3	2337 3	2936 3	3066 3	3696	3525	2954 3	2941 3	1703	*	31428 3
2003	1	01	*	2049 3		2271	3210 3	2526 3	*	3745 3	2935	2257 3			18993 3
2004	1	01			*	2037	2176 3	3148 3		2508					9869 3
2005	1	01	2327 3	1876	1821 3	1790 3		2931 3	3319	*					14064 3
2011	1	01	2563	2283	2399	2012	2133	2630	2595	2720 3	2512 3	2335	1931	2332 3	28445 3
2012	1	01	2484 3	2383 3	2579 3	1916 3	2520 3	2763 3							14645 3
2013	1	01	2712 3	2131 3	2474		2165 3	2662	3040	2915 3	2682 3	2418	2080 3	2579	27858 3
MEDIOS			2641	2455	2639	2428	2648	2992	3332	3403	2822	2621	2225	2532	32738
MAXIMOS			3109	3063	3521	3026	3226	3568	3783	3990	3170	3253	2721	3417	3990
MINIMOS			2051	1876	1821	1790	2133	2385	2595	2508	2323	2082	1703	1777	1703

5.18 VALORES MEDIA-MINI MENSUALES DE TEMPERATURA (°C)

AÑO	EST	ENT	ENERO *	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO *	JUNIO *	JULIO *	AGOST *	SEPTI *	OCTUB *	NOVIE *	DICIE *	VR ANUAL *													
1988	1	01	6.7	3	8.9	6.4	8.7	8.2	3	8.9	5.3	4.1	4.8	5.3	7.0	8.0	3	6.9	3									
1989	1	01	8.4		8.4	8.5	3	8.2	3	8.9	3	9.2	8.3	7.8	3	8.2	9.6	9.3	3	8.2	3	8.6	3					
1990	1	01	7.3	3	8.4	3	10.4	3	10.6	3	10.9	9.8	9.5	3	9.9	8.3	9.5	9.1	8.4	3	9.3	3						
1991	1	01	7.7		8.8		9.9		10.5		11.2		10.3		10.0		9.6		8.4	3	9.7		9.1		9.6	3		
1992	1	01	7.3		8.9		9.5	3	10.6		10.6		10.5		9.6		9.9		8.2	3	8.9		9.7		8.8	3	9.4	3
1993	1	01	8.4		8.8		9.9	3	10.7		10.4		10.8		9.1		10.0	3	8.0	3	9.1		10.1		8.4	3	9.5	3
1994	2	01	6.9	3	9.4		10.2		11.0	3	10.9	3	*		10.0	3	*		9.6	3	6.4	3	4.0	3	*		8.7	3
1995	2	01			4.5	3	8.2	3	8.5	3	8.4	3	*		*		*		5.7	3	6.2		5.5	3	6.7	3	6.7	3
1996	1	01	4.5	3	8.1	3	10.4	3	10.3	3	9.8	3	10.9	3	10.0	3	9.8	3	8.7	3	9.1		9.4		8.7	3	9.1	3
1997	2	01	9.4	3	9.2	3	9.8		10.0		10.5		9.8	3	10.4	3	9.2	3	9.4	3	9.6		9.5		8.2	3	9.6	3
1998	1	01	8.5	3	9.9	3	11.3		11.7		11.8	3	10.2		10.1	3	9.4	3	9.2	3	10.0		9.9		9.8	3	10.2	3
1999	1	01	9.4	3	9.6		9.2		10.0		9.5		9.3	3	9.0		9.3		10.2		10.4		10.6		9.9	3	9.7	3
2000	1	01	9.3		9.5		10.3		10.9	3	11.4		10.6		9.1		9.5	3	9.7	3	10.4		10.4		9.2		10.0	3
2001	1	01	6.7		9.5	3	10.4		10.4		10.8		10.3	3	10.1		10.2		9.7		9.9		10.3		10.7		9.9	3
2002	1	01	8.8		9.3		10.1		11.4		11.8	3	11.1		10.3	3	10.1		9.2	3	9.4		*		*		10.2	3
2003	1	01					9.7	3	10.9	3			8.9	3			9.7	3			9.7		10.1				10.0	3
2004	1	01			*		*		10.4	3			10.4	3			9.5	3	*								10.0	3
2005	1	01						7.2	3			7.9	3			7.1	3	*		*							7.4	3
2011	1	01	7.3		9.2	3	10.5		11.2	3	11.6	3	11.4		10.1		10.0	3	9.5		10.0	3	10.3	3	10.7	3	10.2	3
2012	1	01	9.6	3	8.9	3	11.1		10.6	3	10.7	3	10.2	3	10.1		10.5		9.2		10.1		9.9	3	8.8	3	10.0	3
2013	1	01	8.4		10.2		10.9	3	10.0	3	8.5	3	10.3	3	9.9		10.2		10.7	3	9.0	3	9.7		9.4	3	9.8	3
MEDIOS			7.9		8.9		9.8		10.3		10.2		10.1		9.4		9.4		9.0		9.0		9.1		8.9		9.3	
MAXIMOS			9.6		10.2		11.3		11.7		11.8		11.4		10.4		10.5		10.7		10.4		10.6		10.7		11.8	
MINIMOS			4.5		4.5		6.4		8.2		7.2		7.9		5.3		4.1		4.8		5.3		4.0		5.5		4.0	

5.19 VALORES MEDIA-MAXI MENSUALES DE TEMPERATURA

AÑO	EST	ENT	ENERO *	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO *	JUNIO *	JULIO *	AGOST *	SEPTI *	OCTUB *	NOVIE *	DICIE *	VR ANUAL *														
1988	1	01	20.4	3	20.4		20.2		19.8	3	19.3	3	18.5		17.7	3	18.2	3	18.5		19.9	3	20.1		19.6		19.4	3	
1989	1	01	20.1	3	*																						20.1	3	
1990	1	01						18.9	3	18.9	3	18.6	3	18.2	3	18.2	3	19.6		19.7	3	19.5		19.6	3	19.0	3	19.0	3
1991	1	01	20.2	3	20.6		20.1		20.1	3	19.4		19.1		18.2	3	17.8	3	19.1		19.2	3	19.0		20.3	3	19.4	3	
1992	1	01	20.1	3	20.0		21.2	3	20.2	3	19.9	3	18.9		17.1		18.0		18.8	3	18.8		19.0		19.3	3	19.3	3	
1993	1	01	19.6		19.9	3	19.0	3	18.9		19.2	3	18.1		18.0	3	18.0	3	18.6	3	19.3	3	19.2	3	19.9	3	19.0	3	
1994	2	01	19.8	3	19.5	3	19.1	3	19.0	3	19.1	3	*		18.2	3	*		19.5	3	20.5	3	20.3	3	*		19.4	3	
1995	2	01			21.4	3	19.5	3	20.2	3	18.9	3	*						20.2	3	19.4	3	19.7	3	19.4	3	19.8	3	
1996	1	01	19.6	3	19.0	3	19.5		19.9	3	19.4	3	19.0	3	18.2		18.1	3	19.3	3	19.3	3	19.6		18.9	3	19.2	3	
1997	2	01	19.4	3	19.7	3	20.0	3	19.5		19.3		19.3		17.1	3	18.0	3	19.5	3	20.2	3	20.0	3	20.7		19.4	3	
1998	1	01	21.6		21.8	3	21.0		21.3		19.7	3	18.9		18.4	3	19.0		19.9	3	19.8		19.5		19.3	3	20.0	3	
1999	1	01	19.0		18.7		19.3		18.6		19.2		19.0		18.0		18.6	3	18.4	3	18.6		19.6		19.8	3	18.9	3	
2000	1	01	19.2		19.0		19.5		19.3	3	19.1	3	19.1	3	18.1	3	18.4	3	18.5	3	18.6	3	19.6		19.0		19.0	3	
2001	1	01	20.0		19.6	3	19.6		19.9	3	19.5		18.2	3	18.6		17.9		18.9		20.3		19.8		20.4	3	19.4	3	
2002	1	01	20.1		21.2		20.3	3	19.4		19.1	3	18.3		18.3	3	18.3		19.9		19.7		*		*		19.5	3	
2003	1	01					20.0	3	19.5	3	19.6	3			19.5	3	19.5		19.7	3						19.6	3		
2004	1	01			*		*		19.4	3			19.4	3			19.2	3	*							19.3	3		
2005	1	01						21.7	3	20.2	3	19.8	3	*				*								20.6	3		
2011	1	01	21.0	3	20.1	3	19.4	3	19.9	3	19.8	3	19.8		19.5	3	20.6	3	20.1	3	19.7	3	20.1	3	20.2	3	20.0	3	
2012	1	01	20.6	3	20.3	3	19.6	3	19.2	3	19.7		19.4	3	18.9		18.9		19.1		19.9	3	20.5	3	20.2	3	19.7	3	
2013	1	01	21.2		19.9		20.0	3	20.8	3	20.4	3	20.2	3	18.1		18.9	3	*		19.6		19.2		19.2	3	19.8	3	
MEDIOS			20.1		20.1		19.8		19.7		19.5		19.1		18.3		18.6		19.3		19.6		19.7		19.7		19.5		
MAXIMOS			21.6		21.8		21.2		21.3		21.7		20.2		19.8		20.6		20.2		20.5		20.5		20.7		21.8		
MINIMOS			19.0		18.7		19.0		18.6		18.9		18.1		17.1		17.8		18.4		18.6		19.0		18.9		17.1		

6. IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EXISTENTES INVENTARIO INICIAL

- La concentración solar, una evolución de la energía renovable.
- ULITUM SUNDAYA 200, JOULEBOX SOLAR HOME SYSTEM.
- Panel termo fotovoltaico (Instituto Tecnológico de Massachusetts MIT)
- Terrabatt
- Ecocapsule
- Chimera - Tre P Engineering, Renders & Renders V.O.F. (<https://www.life-chimera.eu>),

Holanda.

- Watly - Marco Antonio Attisani
- Omniflow; Smart Energy Plataform.
- Lumio (Max Gunawan)
- La Bomba Barsha, desarrollada por la empresa holandesa aQysta,
- Comedores de basura gigantes (Baltimore).
- PARKLETS, Fundación Espacios, DAS Arquitectura. Ciudad de México, México.
- Maquina económica que produce agua potable con base en agua salada (Nguyen Tan Loi, Vietnam).
- Almacenamiento eficiente de energía a escala de red (Prototipo turbina General Electric).
- Aerogeneradores sin aspas (Proyecto Vortex).
- Paneles solares que también generan energía con las gotas de lluvia. (china solar panel raindrops)
- PLUVIA, Unitec, México, recolección de agua lluvia para generación de energía, potabilización y reúso.
- ES Pipe Waterwheel
- Waterotor (Canadá)
- Hidroturbina de río, empresa Idénergie.
- AC-TEC Hydropower, turbinas de cabezal de caída.
- Miniturbina TUBENERGY, Flat Tower Ideas.
- Micro Turbina Hidráulica 3.5-4.5 Vdc 220ma Para 1/2 Pulgada Luxury electronics.
- Bandejas como pequeños sembrados en ventanas con funciones de corta-soles o aleros para lluvias (herbow).
- (UNED) y del Ciemat (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas) dispositivo con el que se produce energía eléctrica y térmica a partir de una microturbina.
- BIQ Primer bio-edificio con fachada de algas energéticas, arquitectos austríacos, para

Exposición Internacional de la Construcción 2013 (IBA), Hamburgo.

- Deciwatt iluminación por carga manual de dinamo con cuerda, 1 minuto de cuerda = 2 horas de carga para iluminación (<https://deciwatt.global/nowlight>).
- Implementación de espejos y lentes en cubiertas de edificaciones cercanas a espacios públicos, así como disposición de esferas solares en cubiertas de todos los edificios (Rawlemon), o la alternativa de globos solares (Cool Earth Solar).
- Conectores cargadores solares para ventanas (window socket, solar window charger).
- Cocinas y parrillas solares para parques reemplazando las opciones de carbón vegetal en parques metropolitanos.
- Posibilidades tecnológicas y ecológicas de mobiliario sostenible (Soft Rocker).
- A largo plazo dependiendo del rendimiento que se logre en la producción de energía puede pensarse en abastecimiento de vehículos eléctricos para resolver el problema de emisiones de gases por combustión de motores vehiculares.
- MIT grupo liderado por el ingeniero mecánico Betar Gallant - sistema de baterías a base de litio que absorbe el CO₂ directamente de las centrales eléctricas, convirtiendo el vapor residual en un electrolito (cargado con CO₂).
- Uso de mampuestos más ecológicos (Black brick) o ladrillos de plástico reciclado (U.N. Tumaco)
- Uso de hidrogeles (a base de algas)
- Nuevos materiales hidrofóbicos para casos de impermeabilización (metales)
- Bioplásticos (a base de banano) o plásticos orgánicos (a base de fibras o compuestos vegetales), plásticos biodegradables (U. de Antioquia - Medellín), plásticos biodegradables, (Cereplast, PLA), sustitutos biodegradables del plástico (Ari Jónsson uso de agar, una sustancia derivada de las algas), como materiales de los dispositivos.
- Para lugares costeros se pueden implementar dispositivos que a partir de las mareas generen energía y agua fresca (CETO Australia).
- Uso de membranas de neotextiles compuestos para cubrir superficies en espacio público.
- Torres para recolección de humedad.
- Máquina colombiana que extrae agua del aire
- Temperatura en energía, efecto Seebeck – Peltier, (Profesor Arun Majumdar Universidad de Berkeley), a partir del uso de superconductores (grafeno).

- Construcción en serie de dispositivos mediante prototipado 3d.
- Uso de estructuras dinámicas que funciones para temporadas cálidas y de lluvias (paraguas-parasoles tensegrity)
- Convertir los árboles en farolas utilizando nanopartículas de oro (Yen-Hsun Wu)
- Árboles eólicos que formen parte del espacio público produciendo energía (“el Árbol del viento”, NL architects Power Flowers, Urban Green Energy)
- Esculturas; cinéticas, eólicas (aerogeneradores), sonoras (¿) (land art generator; WindNest Trevor Lee y Clare Olsen) (Anthony Howe, Theo Jansen, Phil Price, Luke Jerram, Mike Tonkin y Anna Liu, Roland Phleps)
- Iluminación LED solar tanto alumbrado público convencional como para plazas parques y espacios públicos en general. Gaiaenergy
- Sombrillas urbanas velas solares (Ulta Chaata, Samit y Priya Choksi).
- Aprovechamiento en general de las nuevas aplicaciones y materiales (fotofóbicos) para uso y generación de energía solar (Vantablack, traslucidos, globos solares, flexibles, etc.)
- Pavimentos con paneles solares (ejemplo Francia)
- Ciclo vías con paneles solares (ejemplo Holanda)
- Posibilidad de pequeñas plantas solares como las que se han desarrollado para zonas de desastre (Renovagen), dispuestas en pequeños equipamientos.
- Energía pisada, desarrolla y fabrica tecnología de suelo que convierte la energía cinética de pisadas en electricidad renovable. Esta electricidad puede ser utilizada para la iluminación de energía, redes de comunicación y expositores publicitarios o almacenes alternativamente en baterías para su posterior uso. Pavegen
- Bicicletas generadoras de energía en sinergia con las propuestas de la alcaldía vigente de estaciones automatizadas y modulares (spinig sábados en parques con las bicicletas de propiedad de IDR y plazas públicas para no entrar en conflicto con movilidad ni con ciclovía de domingos // bicigeneradores estáticos ejemplo Manoj Bhargava, inventor de bicicleta Free electric), considerando ejemplos de países desarrollados en el uso de la bicicleta (Holanda).
- Wave Dragon ("Dragón de las olas" en inglés)
- Nuevos usos de tecnología magnética en construcción (motores, plataformas, encofrados, ascensores) (revisar) sistemas magnéticos de armar y desarmar sostenibles por reutilizables y reciclables, principio didáctico de juguetes sistemas constructivos para niños.

- Dispensadores que reciben basura, con estímulos al ciudadano, como descuentos en sistema de transporte masivo.
- Permacultura urbana, materas que produzcan energía de bajo consumo, con vegetaciones que ofrecen sus servicios naturales y mediante plantas frutales colaboran con crisis alimenticia o con flora de distintas escalas que ayuden a mitigar el impacto ambiental de sectores en deterioro.
- Transformar el aire contaminado en energía utilizando algas La farola Peter Horvath/Biolamp,
- Se debe priorizar el uso de dispositivos vegetales, incluir en propuestas y demostrar estadísticamente beneficios directamente en tasas de disminución de Co₂ en paralelo al obvio aporte de Oxígeno, demostrar la producción de energía para consumo de bajo impacto, disminución de albedo, generación de comida (sustento alimenticio) y demás beneficios probables.
- Se debe aumentar el componente verde, argumentando la eficiencia desde lo técnico demostrable (identificar indicadores y analizar antecedentes, ej. Jardines colgantes de Babilonia), haciendo de los dispositivos de componente vegetal que puedan ser controlables en su uso o monitoreo para cuantificar datos y validar su implementación con distintos fines:
- Sombra (filtro de radiación directa, aporte a sensación de confort y disminución de riesgos por exposición)
- Acumulación de agua (filtro natural de agua y aumento en índices de absorción).
- Intercambio de Co₂ (filtro natural de aire)
- Filtros vegetales para construcción (acústicos, térmicos)
- Trampas de grasas (entramados de raíces)
- Fuentes directas de energía eléctrica. (Ejemplo matera lámpara en amazonas // baterías biológicas electricidad con fotosíntesis)
- Reductores de efecto invernadero por cobertura de superficies aumento de humedad y reducción en radiación devuelta a la atmósfera.
- Barreras naturales contra vientos (posibilidad de energía eólica a partir del movimiento?)
- Fuente natural de alimentos, reducción de Crisis alimentaria.
- Producción de fibras vegetales para la implementación de nuevos materiales o productos de uso industrial.
- Reúso de desechos orgánicos para uso en abonos y compostas.

- Aprovechamiento de desechos orgánicos y sus procesos naturales de descomposición en biodigestores.
- Viveros “productivos” en tierra o hidropónicos urbanos para parques de según las escalas zonal, local o metropolitana.
- Contención reafirmación y agarre de suelo evitando procesos de erosión o socavado, que lleguen a generar inestabilidad, remoción, deslizamientos y demás.
- Calentadores calefones y calefactores de ambientes sostenibles
- Deshumidificadores sostenibles
- Bolsa deshumidificadora de bentonita: La bentonita es una roca granulada con una alta capacidad de absorción de la humedad.
- Deshumidificadores de cloruro cálcico: El de 2 kg dura entre 4 y 6 meses y posteriormente solo es necesario comprar los recambios.
- Deshumidificador de carbón vegetal entre recipiente de lata.
- Deshumidificador de sal gruesa y sal de roca.
- Deshumidificador solar.
- Deshumidificadores caseros con arroz o tiza)

7. RECONVERSIÓN ENERGÉTICA REFERENTES LOCALES DE MODELOS NO CONVENCIONALES

Experiencia de Energuaviare sobre el esquema de prestación con paneles fotovoltaicos.

Experiencia de Emcali sobre el esquema de medidores prepagos.

MGM RENOVATIO, proyecto Urabá Colombia, centro comercial.

Módulos solares en Medellín y Bogotá Universidades Pascual Bravo y Javeriana, para recoger energía fotovoltaica y cargar aparatos eléctricos de bajo consumo por medio de puertos USB.

Paraderos del MIO elaborados por METROCALI con celdas fotovoltaicas para iluminación de mogadores.

En Pamplona hay instalado un sistema fotovoltaico, El creador de la empresa Heliotérmica y docente de la Universidad de Pamplona, Ariel Becerra PRESENTÓ AL Consejo Municipal de Desarrollo Rural el proyecto de acceso a la energía solar fotovoltaica para 165 familias de 24 veredas que actualmente no tienen servicio de energía.

PARQUE EÓLICO SAN ANDRÉS

Desde 2013 San Andrés cuenta con una Planta Incineradora de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) para solucionar los problemas de acumulación de basuras, que reducirá mediante incineración continua durante 12 años, para generar energía para la isla por combustión de los desechos. Sin embargo la empresa Sopesa maneja la incineradora pero la Gobernación administra el relleno sanitario Magic Garden; llevan varios años sin ponerse de acuerdo.

TERMOJUMBO celsia

Proyecto IPSE Vaupés

Iluminación solar Rionegro Antioquia

Fabrica colombiana de paneles en Cota

7.1 SOLAR WINDOW

kWh Production - SolarWindow™ vs. Conventional Solar - US Cities

Equivalency Estimates (Annually)	PV Solar Technologies							
STATE (kWh)	Copper Indium Gallium Selenium (CIGS):	Cadmium Telluride (CdTe):	Copper Indium Selenium (CIS):	Triple Junction Amorphous Si (A-Si):	Crystalline Silicon Mono (C-Si):	Crystalline Silicon Poly (C-Si):	Hybrid Mono & Amorphous (H&A-Si):	SOLAR WINDOW
Manhattan, NY	62,560	45,110	57,750	23,870	77,610	71,910	86,940	1,112,400
Savannah, GA	69,360	50,020	64,020	26,460	86,050	79,730	96,390	1,233,310
Lansing, MI	57,120	41,190	52,720	21,790	70,860	65,660	79,380	1,015,670
Chicago, IL	59,840	43,150	55,230	22,830	74,240	68,790	83,160	1,064,030
San Francisco, CA	73,440	52,960	67,790	28,020	91,110	84,420	102,060	1,305,860
Amarillo, TX	78,880	56,880	72,810	30,090	97,850	90,670	109,620	1,402,590
Miami, FL	73,440	52,960	67,790	28,020	91,110	84,420	102,060	1,305,860
Baltimore, MD	62,560	45,110	57,750	23,870	77,610	71,910	86,940	1,112,400
Denver, CO	77,520	55,900	71,550	29,580	96,170	89,110	107,730	1,378,410
Phoenix, AZ	88,390	63,750	81,590	33,730	109,660	101,610	122,850	1,571,870
Nashville, TN	66,640	48,060	61,510	25,430	82,670	76,600	92,610	1,184,950

SolarWindow™ vs. Conventional Solar - Miles Driven per Year

Equivalency Estimates (Annually)	PV Solar Technologies							
Annual Green House Emissions From	Copper Indium Gallium Selenium (CIGS):	Cadmium Telluride (CdTe):	Copper Indium Selenium (CIS):	Triple Junction Amorphous Si (A-Si):	Crystalline Silicon Mono (C-Si):	Crystalline Silicon Poly (C-Si):	Hybrid Mono & Amorphous (H&A-Si):	SOLAR WINDOW
Miles/Year Driven by an average passenger vehicle - Based in Amarillo, TX	127,210	91,740	117,420	48,530	157,820	146,230	176,790	2,262,130

SolarWindow™ vs. Conventional Solar - Homes Powered by Electricity Production

Equivalency Estimates (Annually)	PV Solar Technologies							
Energy & Comfort	Copper Indium Gallium Selenium (CIGS):	Cadmium Telluride (CdTe):	Copper Indium Selenium (CIS):	Triple Junction Amorphous Si (A-Si):	Crystalline Silicon Mono (C-Si):	Crystalline Silicon Poly (C-Si):	Hybrid Mono & Amorphous (H&A-Si):	SOLAR WINDOW
Homes Powered - Based in Phoenix, AZ	8	6	7	3	10	9	11	130

SolarWindow™ vs. Conventional Solar - Acres of U.S. Forests

Equivalency Estimates (Annually)	PV Solar Technologies							
Carbon Sequestered by	Copper Indium Gallium Selenium (CIGS):	Cadmium Telluride (CdTe):	Copper Indium Selenium (CIS):	Triple Junction Amorphous Si (A-Si):	Crystalline Silicon Mono (C-Si):	Crystalline Silicon Poly (C-Si):	Hybrid Mono & Amorphous (H&A-Si):	SOLAR WINDOW
Acres of U.S. forests in one year - Based in Denver, CO	50	40	50	20	60	60	70	770

Notes:

1. Energy estimates based on PV system installed on a 50-story building in various US Cities.
2. Estimates modeled using Company's Proprietary Power Production Model.

SolarWindow's Proprietary Power Production Model (Power Model) uses Photovoltaic (PV) modeling calculations that are consistent with renewable energy practitioner standards for assessing, evaluating, and estimating renewable energy for a PV project. The Power Model estimator takes into consideration building geographic location, solar radiation for flat-plate collectors (SolarWindow™ irradiance is derated to account for 360° building orientation and vertical installation), climate zone energy use, and generalized skyscraper building characteristics when estimating PV power and energy production, and Carbon Dioxide (CO₂) Equivalents. Actual power, energy production and CO₂ Equivalents modeled may vary based upon building to building situational characteristics, and varying installation methodologies.

Imagen tomada de: <https://solarwindow.com/powermodel/https://solarwindow.com/>