

## 1 Introducción

La Universidad Politécnica de Pachuca (UPP), a través de su Oficina de Transferencia de Tecnología OBSUPP, lidera el proyecto de estudios de pertinencia para el establecimiento de Fuentes No Convencionales de Energía en las 10 regiones que constituyen sus 84 Municipios. El proyecto está cimentado en cooperación con comunidades y fundaciones de la Comunidad Económica Europea, así como del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT a partir de sus diferentes convocatorias que promueven el uso de las fuentes limpias. Las bases de datos que argumentan las estadísticas y datos duros empleados para fundamentar dicho estudio, corresponden a INEGI, CONEVAL, CONAGUA e información recabada y definida en la UPP. Información relativa a las condiciones socio-económicas y culturales que describen indicadores como: i) Pobreza, ii) Pobreza extrema, iii) Población, iv) Índice de GINI, v) Rezago social, vi) Territorio, vii) Espacio por persona, viii) Grado promedio de escolaridad, ix) Tomas instaladas de energía eléctrica y x) Volumen de ventas de energía eléctrica son correlacionadas con parámetros ambientales como: i) Dirección del viento, ii) Velocidad del viento, iii) Temperatura, iv) Presión barométrica, v) Radiación solar, vi) Dirección ráfaga, vii) Velocidad ráfaga, viii) Humedad relativa, ix) Precipitación; que definen técnicamente, entre otras cosas, las condiciones y pertinencia de manejo y operación de equipo novedoso para generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, como: i) Eólica, ii) Térmica solar, iii) Fotónica solar y iv) Biomasa. Derivado del presente estudio, se pretende definir un plan estratégico para establecer en principio una estación híbrida que dote de energía a un proceso de producción, como ejemplo o caso de uso; sin embargo el propósito es dotar de este resultado a la comunidad Hidalguense, en sus distintos ramos de producción para verificar la posibilidad de emplear dichos estudios y establecer estaciones híbridas en su comunidad como una solución inmediata a la escasez de energía eléctrica.

## 2 Problema

Dentro del Estado de Hidalgo encontramos zonas con alto rezago social y en condiciones de marginación, municipios como Huejutla de Reyes o Huautla son comunidades rezagadas por la falta de recursos que le den a la población las herramientas para seguir desarrollándose. El motivo de este rezago es la falta de atención a zonas como estas, para cambiarlo se desarrollará una planta híbrida que abastezca de energía eléctrica a regiones marginadas. Esta planta híbrida tendrá con energías no convencionales que no solo ayudan al desarrollo de la sociedad sino que promueven el cuidado al medio ambiente.

Para cubrir la necesidad de energía eléctrica en el Estado de Hidalgo se desarrollará una base de datos en donde como se menciona anteriormente, diferentes índices socioeconómicos, meteorológicos y culturales se combinan para tener información relevante de las condiciones actuales en el Estado. Esta información será útil para crear un panorama completo de las zonas que necesitan energía eléctrica así como las zonas más marginadas en donde el acceso a estas tecnologías es mínima, al mismo tiempo aportara una visión completa de cómo se desenvuelven estas tecnologías en las 10 diferentes regiones del estado y medir el progreso que se tienen después del establecimiento de dichas plantas.

Durante la investigación encontramos que la información disponible es escasa y en ocasiones obsoletas, aunque se encuentran más de 100 estaciones meteorológicas en el Estado, son pocas las que funcionan correctamente, muchas de estas estaciones guardan la información en documentos físicos lo que hace más tardado, crea problemas al interpretar la información y es poco eficiente el movimiento de información entre instituciones. Por otro lado el uso de estaciones meteorológicas EMAS son estaciones análogas en donde la información se registra cada 10 minutos y proporciona información como: i) Dirección del viento, ii) Velocidad del viento, iii) Temperatura, iv) Presión barométrica, v) Radiación solar, vi) Dirección ráfaga, vii) Velocidad ráfaga, viii) Humedad relativa, ix) Precipitación.

Al integrar la información recaudada de las EMAS se crea una base de datos más completa que proporcionara las herramientas para desarrollar proyectos de energías renovables en el Estado. Es importante mencionar que esta información tiene que ser retroalimentada constantemente para crear una base de datos confiable y actualizada, además el mantener la base de datos con información actualizada permitirá en un futuro utilizar estos datos para otros propósitos, como lo puede ser el uso en otros Estados o estudios socioeconómicos ambientales que enriquezcan este proyecto. Durante la primera fase de las practicas se juntan los datos socioeconómicos que se utilizaron del CONEVAL e INEGI y posteriormente se interrelacionan, dándonos como resultado puntos estratégicos en el Estados en donde se pueden establecer estas plantas de energías no convencionales. Estos puntos estratégicos ayudarán a que el proyecto llegue al siguiente nivel, en donde se aplicara estas tecnologías en las 10 diferentes regiones del Estado. El acumular todo este conocimiento es de suma importancia ya que servirá de plataforma para crear convenios con instituciones gubernamentales que apoyen este proyecto y ayuden a comunidades marginadas a tener acceso a energía eléctrica.

### 3 Metodología

Para el desarrollo del proyecto hubo algunos pasos que seguimos para poder crear una solución al problema energético que tenemos así como mejorar condiciones de gente que está en condiciones de pobreza y marginación. Los pasos son los siguientes:

- Identificar problema, que en este caso es la marginación social y el rezago que existe en estas zonas debido a que no hay suficiente energía eléctrica.
- Posterior a la identificación del problema, buscamos y evaluamos diversas soluciones, llegando a la conclusión que el uso de energía renovables puede cubrir esas necesidades.
- Planteamos la solución, para este paso se creó la ruta que se iba a seguir a lo largo de la investigación. Lo cual engloba recaudar la información socioeconómica y ambiental, acomodarla y estructurarla. Posteriormente se inicia la fase de minería de datos con la información ambiental para posteriormente trabajar con los datos concisos y establecer las plantas a las necesidades de cada área.
- Ejecución, actualmente nos encontramos en esta fase, en donde estamos finalizando el análisis de la información y se iniciará con el desarrollo de la planta piloto.
- Mantenimiento, en un futuro se piensa desarrollar un manual para el mantenimiento de las plantas híbridas.

### 4 Marco teórico

La industria de energías renovables está cambiando el mundo que conocemos, nuevas tecnologías que permiten al ser humano reducir contaminación y aprovechar recursos ilimitados están creciendo y nos presentan un nuevo escenario. De acuerdo a la Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMDEE) una energía renovable se refiere a energía proveniente de fuentes naturales inagotables, estos recursos son tomados ya que tienen una gran cantidad de energía o son capaces de regenerarse de manera rápida y natural. (AMDEE, 2014).

Estas energías son recursos inagotables que nos ayudan a sustituir combustibles fósiles y comenzar una nueva era relacionada a las tecnologías limpia. Considero de suma importante este cambio, ya que países de primer mundo comienzan a tener energía estable a partir de estas tecnologías, es tiempo que México comience un nuevo proceso de evolución en cuanto a sus métodos de producir energía se refiere. El desarrollo de la planta piloto no solo nos permitirá conocer las variables que se pueden utilizar en futuras plantas, además será el inicio de un proyecto que se puede desarrollar en todo el Estado y cubrir las necesidades de gente que no cuenta con los recursos que hay en una ciudad o en un país con mayor desarrollo en infraestructura.

Dentro del estado de Hidalgo hay 84 municipios en diez diferentes regiones, dentro de estas regiones se encuentran la Altiplanicie Pulquera, Comarca Minera, Cuenca de México, Huasteca, Sierra Alta, Sierra Baja, Sierra de Tenango, Sierra Gorda, Valle de Tulancingo y Valle del mezquital, a continuación se muestra un mapa con las regiones que componen al Estado.



1. Altiplanicie Pulquera
2. Comarca Minera
3. Cuenca de México
4. Huasteca
5. Sierra Alta
6. Sierra Baja
7. Sierra de Tenango
8. Sierra Gorda
9. Valle de Tulancingo
10. Valle del Mezquital

Dentro del análisis de datos socioeconómicos encontramos que hay tres regiones en el Estado que son consideradas marginadas debido a la pobreza que hay en los municipios así como una escasez de igualdad y un rezago social alto para la población de dichos lugares. Durante la investigación se utilizaron índices socioeconómicos para saber el nivel de marginación, a continuación se muestra una lista con definiciones de estos indicadores, esto para tener un mayor conocimiento de lo que se está desarrollando en el proyecto. Estas definiciones se obtuvieron de sitios como, la RAE y Glosario de CONEVAL e INEGI, fuentes que se utilizaron para obtener la información.

**Pobreza.** Carencia de los Bienes y servicios necesarios para satisfacer las necesidades básicas. El concepto, como lo indica su propia definición, es de índole relativa: se es pobre -o rico, en este contexto- con respecto a la situación de otras personas o países, pues la misma idea de necesidades "básicas" es imprecisa y porque los individuos nunca pueden satisfacer por completo sus necesidades.

Aceptado este carácter relativo, el concepto de Pobreza tiene interés para definir la forma en que se distribuye la Riqueza dentro de una Sociedad. Los actuales análisis sociológicos y económicos tratan de definir la proporción de personas que, dentro de una Sociedad, no poseen los ingresos necesarios como para satisfacer un conjunto de necesidades delimitado previamente. Para ello se define una cesta o canasta básica de bienes y servicios, se cuantifica su valor en un momento dado, y se obtienen datos sobre los ingresos de las personas o de las unidades familiares. Aquellos que no tengan ingresos suficientes como para adquirir dicha cesta básica se consideran entonces en condición de pobreza, pudiéndose calcular así el porcentaje de pobres que existe en la población total. (Eco-Finanzas, 2013).

**Pobreza extrema.** Una persona se encuentra en situación de pobreza extrema cuando tiene tres o más carencias, de seis posibles, dentro del Índice de Privación Social y que, además, se encuentra por debajo de la línea de bienestar mínimo. Las personas en esta situación disponen de un ingreso tan bajo que, aun si lo dedicase por completo a la adquisición de alimentos, no podría adquirir los nutrientes necesarios para tener una vida sana.

Los indicadores que se toman en cuenta para esta medición son: i) Rezago educativo, ii) Carencia por acceso a los servicios de salud, iii) Carencia por acceso a la seguridad social, iv) Carencia por calidad y espacios de la vivienda, v) Carencia por acceso a los servicios básicos en la vivienda, vi) Carencia por acceso a la alimentación. (CONEVAL, 2012).

**Rezago social.** Dado que la Ley General de Desarrollo Social establece que la medición de la pobreza debe considerar el carácter multidimensional de la pobreza, el CONEVAL construyó el Índice de rezago social, incorporando indicadores de educación, de acceso a servicios de salud, de servicios básicos, de calidad y espacios en la vivienda, y activos en el hogar.

El Índice de Rezago Social es una medida ponderada que resume cuatro indicadores de carencias sociales (educación, salud, servicios básicos y espacios en la vivienda) en un solo índice que tiene como finalidad ordenar a las unidades de observación según sus carencias sociales. El rezago social se calculó a tres niveles de agregación geográfica: estatal, municipal y localidad.

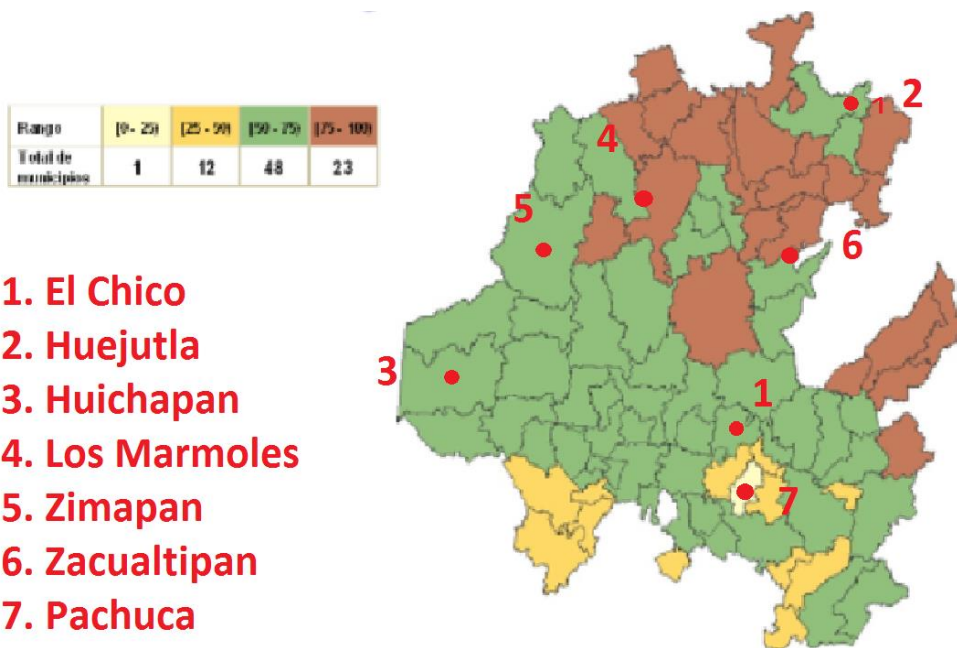
Los resultados de la estimación del índice de rezago social se presentan en cinco estratos. Se utiliza la estratificación con base en la metodología de Dalenius & Hodges, dado que permite que dentro de cada estrato las unidades sean lo más homogéneas posibles y entre los estratos lo más distintos posibles. Los cinco estratos en que se distribuye el índice son: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto rezago social. (CONEVAL, 2013).

**Índice de GINI.** Es un Índice que sirve para medir la Distribución del ingreso dentro de una sociedad. El coeficiente de GINI puede adoptar valores entre cero y uno; el primer caso correspondería a una distribución completamente igualitaria o uniforme de los ingresos, en tanto que el valor de uno se presentaría en el caso de una distribución totalmente desigual. (Eco-Finanzas, 2013).

Estos son algunos de los indicadores socioeconómicos que utilizamos en la investigación, por lo que el conocer sus definiciones ayuda a entender el objetivo de este proyecto.

## 5 Análisis de resultados socioeconómicos

Dentro del estado encontramos que la zona más marginada y afectada por la pobreza es la región de la Huasteca, seguida de la sierra Alta y la Sierra de Tenango, en el siguiente mapa e muestra las zonas más pobres del Estado así como la Ubicación de las Estaciones EMA's, pieza fundamental para el desarrollo las planas híbridas.



Fuente: estimaciones del CONEVAL con base en la muestra del Censo de Población y Vivienda 2010 y en el MCS-ENIGH 2010

## 5.1 Huasteca

La Huasteca cuenta con 12 municipios, es considerada la región más pobre y marginada del estado, 10 de sus doce municipios tienen entre un 75 a 100% de pobreza, mientras que los dos restantes están entre el 50 y 75% (Coneval, 2010). Relacionado con pobreza extrema, la región de la Huasteca tiene un municipio (Xochiatipan) entre los 50 a 75%, los demás están entre 25 y 50% y Huejutla de Reyes se mantiene con un índice entre el 0 y 25% (Coneval, 2010). Otro indicador socioeconómico fue el rezago social, en el que los municipios de Tepehuacán de Guerrero, Yahualica, Huautla, Xochiatipan y Huazalingo tienen un índice alto de rezago social, en cuanto al índice de gini se refiere, Huejutla de Reyes y Atlapexco tienden a tener una sociedad en donde las clases sociales son muy marcadas. La Huasteca cuenta con un territorio de 228.25 m<sup>2</sup> y una población de 376698 habitantes (INEGI, 2010), de los cuales el promedio de escolaridad es de 5.93 en la región.

## 5.2 Sierra alta

La Sierra Alta cuenta con 10 municipios, es considerada la segunda región más pobre y marginada del estado debido a su población y territorio en comparación a Sierra de Tenango, además que la desigualdad entre clases sociales es más marcada en esta región. Dicha región cuenta con 6 de sus doce municipios entre un 75 a 100% de pobreza, mientras que los cuatro restantes están entre el 50 y 75% (Coneval, 2010). Relacionado con pobreza extrema, la región de la Sierra Alta tiene 7 municipios entre los 50 a 75%, y los otros tres tienen un 25 a 50% (Coneval, 2010). Otro indicador socioeconómico fue el rezago social, en esta región los municipios de Tianguistengo y Tlahuilepa tienen un índice alto de rezago social, otros cinco municipios tienen un rezago medio mientras que los tres restantes su nivel de rezago es bajo; en cuanto al índice de gini se refiere, el nivel de desigualdad se mantiene con una mayoría de entre .3947 y .4343, lo que nos permite saber que la desigualdad en esta zona es marcada aunque no se ven tanto la brecha entre clases como se ve en la Huasteca. Esta región cuenta con un territorio de 241.09 m<sup>2</sup> y una población de 70522 habitantes (INEGI, 2010), de los cuales el promedio de escolaridad es de 6.2 en la región.

## 5.3 Sierra de Tenango

La Sierra Alta cuenta con cuatro municipios, Huehuetla, San Bartolo Tutotepec, Tenango de Doria y Agua Blanca de Iturbide, esta región es considerada la tercera más pobre y marginada del estado después de la Sierra Alta. Dicha región cuenta con dos municipios entre un 75 a 100% de pobreza, mientras que los dos restantes están entre el 50 y 75% (Coneval, 2010). Relacionado con pobreza extrema, la región de la Sierra de Tenango tiene 3 municipios entre los 25 a 50%, y Tenango de Doria tienen entre un 0 a 25% (Coneval, 2010). Otro indicador socioeconómico fue el rezago social, los municipios de Huehuetla y San Bartolo Tutotepec tienen un índice alto de rezago social, mientras que los municipios de Tenango de Doria y Agua Blanca de Iturbide tienen un rezago medio. En cuanto al índice de gini se refiere, el nivel de desigualdad es alto debido a que San Bartolo Tutotepec y Huehuetla cuentan con índices altos. Esta región cuenta con un territorio de 219.05 m<sup>2</sup> y una población de 67900 habitantes (INEGI, 2010), de los cuales el promedio de escolaridad es de 5.55 en la región.

Las tres regiones anteriores son las más marginadas del estado, en donde la pobreza y la carencia de los diferentes factores que la engloban afectan al desarrollo de la región, como se menciona en párrafos anteriores estas tres regiones son las más descuidadas en el estado y es importante poner atención ya que son regiones ricas en recursos naturales y la falta de energía e infraestructura no permiten explotar el potencial de las regiones.

## **6 Minería de datos**

La minería de datos fue en donde la información es recabada y se analizan las diferentes relaciones, en esta fase encontramos algunas complicaciones debido a la falta de información que se tiene de las estaciones meteorológicas lo que atraso un poco la acumulación de datos, por otra parte se contactó al sistema meteorológico nacional por medio de ventanilla única de SMN en donde se pidió la información de las EMAS, parte fundamental para nuestra investigación. La fase de minería de datos cuenta con tres diferentes partes, la primera es el análisis de la información socioeconómica de cada región, con el objetivo de conocer las partes más marginadas del estado, ya identificadas estas áreas, es importante conocer los recursos y necesidades del área, así como las condiciones climáticas que nos ayudarán a desarrollar la planta. En la segunda fase de minería de datos es en donde la información es recabada y se analiza los datos ambientales, en esta fase encontramos algunas complicaciones debido a la falta de información que se tiene de las estaciones meteorológicas lo que atrasó un poco la acumulación de datos, por otra parte se contactó al sistema meteorológico nacional por medio de ventanilla única del SMN en donde se pidió la información de las EMAS. En la primera etapa se recopiló la información relacionada con los indicadores socioeconómicos, para posteriormente fundirla con los datos ambientales. En esta segunda parte de minería de datos se trabajó con los datos ambientales, es decir, se hizo un promedio de los indicadores para posteriormente trabajar con datos más concisos, la información proveniente de las Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAs) aportan datos de los indicadores, en todas las estaciones se está almacenando la información de los 8 indicadores diferentes cada 10 minutos durante los últimos años, es importante mencionar que la falta de información ha sido un atraso para el proyecto, se espera que en los siguientes años se establezcan más estaciones EMAs que nos ayudarán a implementarlas en el proyecto y nos ayuden a mejorar la base de datos. En esta etapa de minería de datos se crean promedios de cada hora, posteriormente se crea un promedio de cada hora mensual lo que nos ayuda a simplificar información y poder trabajar de mejor manera, además de sacar un promedio, se busca el mínimo y máximo dato registrado en cada hora, así como su desviación estándar y frecuencia en algunos indicadores como los son direcciones, esto para poder identificar en que cuadrante va la dirección del viento y poder estimar la colocación de los aerogeneradores, todo esto se trabaja en MATLAB, programa que nos permite trabajar con altas cantidades de datos y tiene un fácil acceso al público, se crearon plantillas que nos ayudaron a proyectar la información requerida y que posteriormente se juntara para poder iniciar la etapa final de la minería de datos.

Posterior a la minería de datos se conectarán los índices y se harán relaciones que nos permitan adaptar las energías renovables a cada región que se requiera. Siguiendo a la recaudación de datos de desarrollará una planta híbrida piloto, la cual contara con diferentes energías renovables como aerogeneradores, celdas fotovoltaicas, térmicas fotovoltaicas y biomasa.



El desarrollo de esta planta piloto proporcionará un mayor conocimiento de estas fuentes no convencionales de energía y ayudarán a desarrollar mejoras que en un futuro serán puestas en marcha a nivel Estatal, el objetivo de la planta es tener un conocimiento más amplio de cómo funcionan las diferentes energías a lo largo del día y optimizar procesos que nos ayuden a hacer ajustes antes del establecimiento de dichas plantas a nivel Estatal.

## **7 Siguiete etapa JUNIO-JULIO**

En estas últimas semanas de Abril se está terminando de desarrollar el programa que analiza los datos de las estaciones EMAs, este programa es desarrollado en MATLAB, y nos ayudará con la minería de datos y compactar la información para un mejor manejo. Como se menciona anteriormente en el trabajo, se tiene la información de 8 índices diferentes, los cuales son reflejados en 7 estaciones diferentes. Las estaciones meteorológicas mandan información cada diez minutos (en nuestro caso de analizaron dos años consecutivos) lo cual nos hace tener un volumen alto de datos y un manejo difícil de ellos. El programa sintetiza los datos y promedia de manera automática para tener los promedios de cada hora, por cada mes, es decir, el programa reduce la información de cada 10 minutos a un promedio por hora de cada mes, de los dos diferentes años, lo que hace que podamos tener series de tiempo y al mismo tiempo datos concisos acumulados para desarrollar gráficas y poder interrelacionar indicadores.

Durante la etapa final, la cual iniciará en un par de semanas, se creará la relación entre los datos meteorológicos ya resumidos y los indicadores socioeconómicos. Se busca entender las condiciones climatológicas de la región y posteriormente adaptarla a zonas marginadas en el Estado. En esta fase se utilizara un software propio de estadística que nos permitirá hacer las relaciones y proyecciones de nuestra base de datos. Es importante mencionar que en este software se creara toda la interconexión de datos ya que en la etapa anterior de minería de datos solo se simplificó la información para poder trabajar con ella de mejor manera. Como relato en mi avance anterior, el requerimiento de información a las estaciones meteorológicas fue enviado, esta información llevo 2 semanas después y se inició el trabajo de minería de datos. Esta información era de suma importancia para el proyecto y en la cual se fundamenta gran parte de la investigación. Se busca crear un programa que nos ayude a simplificar la información de las EMAs y que nos permita seguir retroalimentando la base de datos en los siguientes años, esto dará un alcance mayor a este proyecto ya que el poder meter más información a la base de datos, la hará más confiable y precisa. Al final de esta etapa se contará con una serie de documentos que nos proporcionen los resultados de la minería de datos ya simplificados, además la metodología utilizada para la recaudación de datos podrá ser reproducida de manera más eficiente y rápida.

La planta híbrida contará con diferentes energías renovables como aerogeneradores, celdas fotovoltaicas, térmicas y biomasa. El desarrollo de esta planta piloto proporcionará un mayor conocimiento de estas fuentes no convencionales de energía y ayudarán a desarrollar mejoras que en un futuro serán puestas en marcha a nivel Estatal, el objetivo de la planta es tener un conocimiento más amplio de cómo funcionan las diferentes energías a lo largo del día y optimizar procesos que nos ayuden a hacer ajustes antes de su establecimiento. El conocimiento derivado de la práctica experimental, corresponde en mejorar los métodos de almacenamiento de energía, de conversión de corriente directa a corriente alterna y particularmente a la frecuencia de la red de suministro de Comisión Federal de Electricidad, así como modificar en tiempo real las condiciones de los elementos de la planta híbrida en función de los parámetros ambientales, aplicando técnicas novedosas de control e instrumentación.

El resultado final, corresponde a una plataforma diseñada con las mejores condiciones de ingeniería, pero también sustentada con base en aspectos socioeconómicos y culturales con relación a los ambientales previamente descritos. Todo ello con el propósito de manejar una metodología que puede extenderse a otras regiones de nuestro país. Para la creación de la planta piloto se busca desarrollar un prototipo en la Universidad, se trabajara en forma conjunta con ingenieros especializados en energías limpias, esto con el objetivo de unir la parte administrativa y desarrollo de proyectos, con la parte técnica en donde se requieren conocimientos profundos en temas relacionados con energías limpias, esta etapa en especial será un gran reto ya que las áreas de estudio son diferentes a las vistas en mi carrera.