

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE GEOGRAFÍA



“Desarrollo de una herramienta para la ubicación de áreas geográficas potenciales para la implementación de plantas solares termoeléctricas de torre.”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
Maestría en Análisis Espacial y Geoinformática.

Presenta:

Lic. Juan Edgar Hernández Valdez

Tutor académico:

Mtro. Leonardo Alfonso Ramos Corona

Tutores adjuntos:

Dr. Juan Campos Alanís

Dra. Brisa Violeta Carrasco Gallegos

Agosto de 2017



FG | Facultad de Geografía

Toluca de Lerdo, Estado de México. 18 de agosto de 2017.

ORDEN DE IMPRESIÓN DEL TRABAJO TERMINAL DE GRADO

MODALIDAD TESIS

Una vez que el **C. Juan Edgar Hernández Valdés**, egresado de la novena promoción (2015-2017) de la MAESTRÍA EN ANÁLISIS ESPACIAL Y GEOINFORMÁTICA con número de cuenta 0610227, ha concluido su trabajo terminal de grado (modalidad tesis) titulado **"DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA PARA LA UBICACIÓN DE ÁREAS GEOGRÁFICAS POTENCIALES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PLANTAS SOLARES TERMOELÉCTRICAS DE TORRE"** y que su Tutor Académico Leonardo Alfonso Ramos Corona y sus tutores adjuntos, la DR. JUAN CAMPOS ALANÍS y la DRA. BRISA V. CARRASCO GALLEGOS, han emitido su Voto Aprobatorio, se autoriza la impresión de los ejemplares requeridos y se le solicita atender las siguientes especificaciones:

- Entregar 10 ejemplares digitales del Trabajo Terminal de Grado. La impresión de la cubierta de los ejemplares debe ser de pasta gruesa, con el diseño de portada indicado por la Coordinación de la Maestría en Análisis Espacial y Geoinformática.
- Entregar una versión del Trabajo Terminal de Grado en disco compacto, guardado en archivo formato PDF. Etiquetado con los siguientes datos: nombre del egresado, número de cuenta, nombre del programa de posgrado, nombre del trabajo terminal y fecha de examen de grado.
- Entregar un resumen de la tesis de grado, con una extensión no mayor a cinco cuartillas.
- Entregar la constancia de donación a la biblioteca de la Facultad de Geografía un libro nuevo relacionado con la temática abordada en el Trabajo Terminal de Grado.

Todos estos documentos deberán entregarse en la Coordinación de la Maestría en Análisis Espacial y Geoinformática.

ATENTAMENTE
PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO

"2017, Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos"

Dra. Raquel Hinojosa Reyes
COORDINADORA



FACULTAD DE GEOGRAFÍA

MAESTRÍA EN
ANÁLISIS ESPACIAL
Y GEOINFORMÁTICA



FG | Facultad de
Geografía

Toluca de Lerdo, Estado de México. 18 de agosto de 2017.

C. JUAN EDGAR HERNÁNDEZ VALDÉZ
EGRESADO DE LA MAESTRÍA EN ANÁLISIS ESPACIAL
Y GEOINFORMÁTICA
P R E S E N T E

La Coordinación de la Maestría en Análisis Espacial y Geoinformática de la Facultad de Geografía comunica a Usted que la Comisión Académica de este Programa, conforme con los artículos número 64 y 65 del Reglamento de Estudios Avanzados de la Universidad Autónoma del Estado de México, ha integrado el sínodo para la sustentación de su evaluación de grado, mismo que está compuesto por:

PRESIDENTE	Dr. Carlos Constantino Morales Méndez
SECRETARIO	Dra. Brisa Violeta Carrasco Gallegos (Tutora Adjunta)
PRIMER VOCAL	Dr. Juan Campos Alanís (Tutor Adjunto)
SEGUNDO VOCAL	Mtra. Esperanza Palma Salgado
TERCER VOCAL	Mtro. Leonardo Alfonso Ramos Corona (Tutor Académico)
SUPLENTES	
PRIMER	Dr. Alexis Ordaz Hernández
SEGUNDO	Dra. Patricia Flores Olvera

Considerando que la fecha para presentar su evaluación de grado se establecerá de acuerdo con lo señalado en el artículo número 66 del Reglamento de Estudios Avanzados de la Universidad Autónoma del Estado de México.

ATENTAMENTE
PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO

"2017, Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos"

Dra. Raquel Hinojosa Reyes
COORDINADORA



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE GEOGRAFÍA
MAESTRÍA EN
ANÁLISIS ESPACIAL
Y GEOINFORMÁTICA

Agradecimientos

Mi más sincero y profundo agradecimiento al Mtro. Leonardo Alfonso Ramos Corona por la darme la inspiración y motivación hacia la investigación. Así mismo por su enorme paciencia y dedicación para transmitir de manera clara y precisa los conocimientos que posee. Por la confianza y apoyo que siempre mostró de manera incondicional desde el inicio de la maestría. Y sobre todo por el gran ejemplo que es.

Un sincero y enorme agradecimiento, al Dr. Juan Campos Alanís y a la Dra. Brisa Violeta Carrasco Gallegos, por su apoyo, confianza y motivación que siempre mostraron durante toda la maestría. Por permitirme conocer y ampliar conocimientos

Con todo mi cariño y mi amor para mis padres que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ustedes que soy lo que soy ahora, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

A mis hermanas por su amor, paciencia, comprensión del día con día, a sus consejos, regaños que me dieron para ser la persona que soy hoy y apoyarme en los momentos más difíciles en mi vida gracias las quiero muchísimo.

A todos mis amigos que formaron parte de esta aventura y seguirán en mi vida, aquellos con los que viví grandes locuras y aventuras que jamás olvidare.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Al CONACYT, por brindarme la beca, sin la cual no hubiera podido lograr este éxito.

Resumen

El presente trabajo muestra el desarrollo de un proyecto que busca generar una herramienta de ubicación de zonas potenciales para la implementación de plantas solares termoeléctricas de torre en el Estado de México. La problemática abordada refiere a la búsqueda de alternativas en el uso de combustibles no renovables, tales como el petróleo, gas y carbón para la generación de energía. La combustión de estos recursos está produciendo severos efectos sobre el clima y la contaminación del medio ambiente, razón por la cual se necesita buscar otras fuentes alternas de energía: hidráulica, eólica, solar y geotérmica.

En este trabajo se aborda el tema de la energía solar termoeléctrica que considero presenta ciertas ventajas respecto a otras energías renovables, una ventaja puede ser percibida en la continuidad en despacho energético las 24 horas del día los 7 días de la semana debido a su almacenamiento térmico.

El objetivo principal refiere al desarrollo de una herramienta geoinformática basada en la metodología de análisis multicriterio para determinación sitios potenciales de ubicación de instalaciones termoeléctricas, tomando el contexto territorial al Estado de México. Se desarrolló el módulo en Visual Studio con los insumos de la elección, ponderación y evaluación multicriterio de las variables críticas, así como las restricciones que intervienen en la decisión de ubicación de la planta, dando como resultado un mapa en formato digital con las zonas potenciales del área de estudio. Para el Estado de México se obtuvo que el 0.36% del territorio es muy potencial, el 42.31% como potencial, el 23.49% como potencial medio y por último el 3.29% del territorio es de bajo potencial.

Índice

	Página
Resumen.....	1
Índice de Ilustraciones	4
Índice de mapas.....	5
Introducción.....	6
Capítulo 1. Antecedentes del tema.....	7
1.1. Investigaciones en el extranjero.....	7
1.2. Investigaciones nacionales	8
Capítulo 2. Problemática	9
2.1. Planteamiento del problema.....	9
2.2. Justificación	10
2.3. Objetivos de la investigación	11
2.3.1. Objetivo general	11
2.3.2. Objetivos específicos.....	11
Capítulo 3. Aspectos generales del área de estudio	12
3.1. Localización del Estado de México	12
3.2. Población del Estado de México	13
3.3. Zonas Urbanas y Rurales del Estado de México	13
3.4. Hidrografía del Estado de México.....	14
3.5. Radiación Solar del Estado de México	15
3.6. Red Vial del Estado de México.	16
3.7. Pendientes del Estado de México.....	17
3.8. Infraestructura Eléctrica del Estado de México	18
3.10. Áreas Naturales Protegidas del Estado de México.....	19
Capítulo 4. Marco de referencia.....	20
4.1. Sector energético a nivel mundial.....	20
4.2. Sector energético en México.....	21
4.3. Sector energético en el Estado de México.....	22
4.4. Energías renovables.	23
4.5. Situación de la energía solar en el mundo.	24
4.6. Situación de la energía solar en México.....	25
4.7. Situación de la energía solar en el Estado de México.....	26

4.8. Central Termosolar.....	26
Capítulo 5. Marco Legal.....	28
5.1. Leyes.....	28
5.2. Normas	28
Capítulo 6. Marco teórico, Conceptual.....	29
6.1. La Evaluación Multicriterio.....	29
6.2. Análisis Jerárquico de Saaty.....	29
6.3. Análisis espacial.....	30
Capítulo 7. Metodología.....	31
7.1. Criterios.....	32
7.1.1. Radiación.....	32
7.1.2. Pendiente.....	32
7.1.3. Recursos Hídricos	33
7.1.4. Líneas Eléctricas.....	34
7.1.5. Accesibilidad.....	34
7.2. Restricciones.....	34
7.2.1. Áreas Naturales Protegidas.....	35
7.2.1. Asentamientos Humanos.....	35
7.3. Calculo de matrices.....	35
7.4. Metodología para el diseño de la herramienta	36
7.5 Arquitectura	38
Capítulo 8. Desarrollo.....	40
Capítulo 9. Resultados.....	47
Capítulo 10. Conclusiones.....	58
Capítulo 11. Recomendaciones.....	59
Bibliografía.....	60

Índice de tablas

	Página
Tabla 1, Localización.....	12
Tabla 2, Población de México.....	13
Tabla 3, Consumo Mundial de Energía.....	20
Tabla 4, Producción Mundial de Energía.....	21
Tabla 5, Producción de energía en México	22

pág. 3

Tabla 6, Consumo de Energía en México.....	22
Tabla 7, Generación de energía en el Estado de México.	23
Tabla 8, Consumo de energía en el Estado de México.	23
Tabla 9, Inventario del aprovechamiento de Energías Renovables en la Generación de Electricidad (solar), fuente INERE.....	26
Tabla 10, Escala de ponderación.	32
Tabla 11, Ponderación de la capa de radiación solar.....	32
Tabla 12, Ponderación de la capa de Pendiente.....	33
Tabla 13, Ponderación de la capa de hidrografía.	33
Tabla 14, Ponderación de Líneas Eléctricas.....	34
Tabla 15, Ponderación de la capa de carreteras.....	34
Tabla 16, Matriz de Comparación.	35
Tabla 17, Matriz Normalizada.....	36
Tabla 18, Completo de la matriz normalizada.....	36
Tabla 19, Clasificación de resultados.	36
Tabla 20, Especificaciones de las capas de información.	37
Tabla 21, Asignación de numero de proceso por shapefiles.	38
Tabla 22, Áreas por nivel de potencial.....	55
Tabla 23, Área Km2 resultado 2.....	57

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1, Partes de una Central Termosolar.....	27
Ilustración 2, Matriz de Comparación.	29
Ilustración 3. Escala de Saaty.....	30
Ilustración 4, Metodología Multicriterio.	31
Ilustración 5, Modelo Metodológico para el diseño de la herramienta.	37
Ilustración 6, Arquitectura Tecnológica De La Solución.	39
Ilustración 7, Arquitectura Tecnológica De La Solución. Simple.	39
Ilustración 8, Visual Studio 2015.	40
Ilustración 9, Selección de Pantalla de desarrollo.....	40
Ilustración 10, Interfaz General.	41
Ilustración 11, Interfaz Principal.	41
Ilustración 12, Interfaz de la Herramienta para calcular Potencial.....	42
Ilustración 13, Código para Agregar Campo.	43
Ilustración 14, Código para llenar campo.	43
Ilustración 15, Código para hacer buffer.	44
Ilustración 16, Código para Dissolver.	45
Ilustración 17, Código para cortar.	45
Ilustración 18, Código para unir.....	46
Ilustración 19, Código para hacer la Intersección.....	46
Ilustración 20, Código para remover partes de un shapefile.	47

Ilustración 21, Código para hacer la clasificación y asignar color.....	47
Ilustración 22, Botón de la Herramienta.....	48
Ilustración 23, Interfaz de la herramienta final.....	48
Ilustración 24, Interfaz ayuda parte1.....	49
Ilustración 25, Interfaz ayuda parte2.....	49
Ilustración 26, Botón para buscar los shapefiles.....	50
Ilustración 27, Ventana de selección de shapefiles.....	50
Ilustración 28, Interfaz de la herramienta con datos.....	51
Ilustración 29, Ventana de proceso.....	51
Ilustración 30, Alerta de finalizado el proceso.....	52
Ilustración 31, Interfaz de proceso finalizado.....	52
Ilustración 32, Resultado final de la Herramienta.....	53
Ilustración 33, Categorías del Estado de México.....	53

Índice de mapas

	Página
Mapa 1, Ubicación Del Estado de México.....	12
Mapa 2, Zonas Urbanas y Rurales del Estado de México.....	13
Mapa 3, Hidrografía del Estado de México.....	14
Mapa 4, Radiación Solar Anual en el Estado de México.....	15
Mapa 5, Red Vial del Estado de México.....	16
Mapa 6, Pendientes del Estado de México.....	17
Mapa 7, Infraestructura Eléctrica del Estado de México.....	18
Mapa 8, Áreas Naturales Protegidas del Estado de México.....	19
Mapa 9, Áreas Potenciales del Estado de México.....	54
Mapa 10, Potencial Estado de México Opción 2.....	56

Introducción

El tema del ahorro y uso eficiente de la energía, bajo el concepto de eficiencia energética, es un recurso que adquiere vigencia a raíz de los problemas del calentamiento global, ya que este problema es generando como consecuencia de la contaminación ambiental de los gases de efecto invernadero, así pues, el objeto del uso eficiente de la energía, se encuentra en el planteamiento de soluciones y aplicación de medidas factibles que permitan detener el deterioro ambiental del planeta.

Seguidamente, la energía eléctrica es el medio o elemento esencial para el desarrollo y confort de las personas, ya que permite mejorar su desempeño y prolongar sus actividades más allá de las horas de luz natural, es por ello que surge la necesidad de considerar el análisis y estudio sobre la posibilidad de generar energía eléctrica haciendo uso de los recursos renovables como es la energía solar.

De aquí es donde se desprende el tema del que se trata el trabajo, ya que lo que se busca es generar una herramienta que permita conocer las ubicaciones más potenciales, para la implementación de técnicas de recolección de energía solar, en este caso esta propuesto que sea para las plantas termoeléctricas de torre, pero puede que esta herramienta dé para más y permita que sea para otros tipos, pero por ahora solo se enfocara para esta técnica.

Es de mencionar que este tipo de tecnología, es decir el uso de plantas termoeléctricas presenta numerosas ventajas, ya que su instalación es de forma simple, emplea una fuente de energía limpia y gratuita, su operación es automática y silenciosa, requiere poco mantenimiento y es amigable con el ambiente.

Por otra parte, la metodología con la que se trabajó fue mediante un análisis de evaluación multicriterio. El método permite avanzar paso a paso hacia la búsqueda de una solución. Las bases sobre las que se realiza la selección de los criterios y la puntuación de los resultados son a menudo sencillas y comprensibles y permite una valoración estable de los diferentes elementos incluidos en el análisis.

Por ultimo cabe mencionar que México se caracteriza por un alto nivel de consumo energético en las diferentes áreas de las actividades personales, recreativas, laborales, etc.; por lo que nace esta inquietud de generar la herramienta que sienta algunas bases para generar los mapas e insumos para proponer zonas potenciales para implementar las plantas termoeléctricas que permitan dar una mayor eficiencia en la producción y distribución de electricidad y la disminución de las emisiones contaminantes.

Capítulo 1. Antecedentes del tema

Con respecto a la temática del trabajo, se conoce que dentro de la energía solar hay diferentes tipos como son la fotovoltaica y la termoeléctrica, en este caso nos enfocaremos al análisis de la energía termoeléctrica. A continuación, se presentan algunos trabajos antecedentes en la temática, quienes muestran en su mayoría mapas por temporadas.

1.1. Investigaciones en el extranjero

Empezando por un trabajo de la facultad regional Buenos Aires, con el título de Evaluación de áreas geográficas adecuadas para la implementación de plantas solares termoeléctricas de torre mediante la utilización de Sistemas de Información Geográfica, en este contexto, el trabajo presenta la experiencia realizada para definir áreas geográficas adecuadas para la implementación de plantas solares termoeléctricas de torre en el territorio de la República Argentina mediante la utilización de herramientas informáticas de análisis y de procesamiento geo-espacial propias de Sistemas de Información Geográfica (SIG), con el objetivo del encontrar zonas que cumplan con las características para poder implantar las plantas termoeléctricas, siendo que para este estudio la variable más importante es el recurso solar. (Haim, Garbarini, Cecilia, Paola, & Pablo, 2000).

Otro trabajo que podemos encontrar es el central solar termoeléctrica de 49,9 MWe con almacenamiento térmico, de la Universidad Calos III de Madrid, en este proyecto se desarrolla la propuesta de una planta de generación de energía eléctrica de 49,9 MWe mediante la energía solar, utilizando la tecnología de espejos cilindro-parabólicos con almacenamiento térmico. La selección de la potencia nominal de la central solar termoeléctrica se ha determinado sobre la base del marco legal (RD.661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía en régimen especial). (Saiz, 2012)

También podemos encontrar el trabajo método para localización óptima de centrales de energías renovables, de la Universidad de Chile, en el cual, el objetivo del trabajo es el desarrollo de una metodología para la localización óptima de centrales eólicas y fotovoltaicas conectadas a la red, así como una revisión de los aspectos más importantes de cada tecnología en estudio, además de la búsqueda y selección de la herramienta matemática de decisión más adecuada para este fin, siendo ésta el método multicriterio GAIA. (ROA, 2011).

Como se ha mostrado anterior mente se colocan algunos de los trabajos más importantes en el extranjero, pero ahora es el turno de conocer algunos trabajos realizados en México, y con ello conocer que tan inmerso esta en este tipo de tecnologías y si son aprovechadas o no, así como, saber que tipo de métodos y técnicas se usas para desarrollar estos estudios.

1.2. Investigaciones nacionales

Empezado por los trabajos realizados en México, tenemos un trabajo realizado por de la Universidad Nacional Autónoma de México, más específico el Centro de Investigación en Energía con el título de “Visión a largo plazo sobre la utilización de las energías renovables en México”, en la cual se hace un estudio de los datos del comportamiento de la radiación solar, así como la creación de mapas de dicho comportamiento, además de presentar un modelo de comportamiento.

Otro trabajo que podemos encontrar es “Factibilidad de la implementación de una planta termosolar para la generación de energía eléctrica en Torreón, Coahuila, México”, el cual es desarrollado por la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma de Coahuila, el cual tiene como objetivo establecer la factibilidad en la implementación de una planta solar termoeléctrica para el suministro de energía a parques industriales en la ciudad de Torreón, dicho estudio está basado en investigación cuantitativa, así mismo los parámetros válidos para la evaluación son: clima, temperatura, horas de sol al día, radiación solar, legislación y protocolos de almacenaje e interconexión regidos por la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica. (Universidad Autónoma de Coahuila, 2012)

También podemos encontrar otro trabajo, titulado “Estrategia para el uso y aprovechamiento de la energía solar a través de plantas solares termoeléctricas mediante la aplicación de opciones reales”, realizado por Regina Vázquez Ponciano, de la Universidad Nacional Autónoma de México, en el cual, se muestra una estrategia apropiada para el uso y aprovechamiento de la energía solar en México a través de proyectos de inversión de plantas solares termoeléctricas, empleando las metodologías de opciones reales y valor presente neto, tomando en consideración las curvas de aprendizaje y las economías de escala. (PONCIANO, 2010)

Otro ejemplo que podemos retomar es el trabajo de Héctor Domínguez González de la Universidad Veracruzana, titulado “Diseño de un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en el Cobaev 35 Xalapa”, el trabajo muestra el desarrollo de un proyecto para implementar un Sistema Fotovoltaico para generar energía eléctrica en el COBAEV 35 de Xalapa, además de que dicho sistema estará interconectado a la red de CFE que suministra energía eléctrica a la institución, así como la presentación de las etapas cálculos y diseño de este proyecto. (GONZÁLEZ, 2012)

Capítulo 2. Problemática

2.1. Planteamiento del problema

En el siglo XXI, existen diferentes problemas que aquejan a la población, debido a su desmesurado crecimiento, lo cual provoca una gran demanda de recursos, en este caso la investigación se enfocará en dar una forma de mitigar dos problemas que se están presentando, siendo el primero la reducción de los gases de efecto invernadero, ya que las actividades del hombre han afectado de manera significativa el medio ambiente por medio del consumo de combustibles fósiles, los cuales usa para la generación de energía, para desarrollar sus actividades; lo que nos lleva al segundo problema que se quiere mitigar el alto costo de la producción de energía basada en los combustibles fósiles, además de que estos están en una tendencia a la baja, es decir se están acabando.

Estos problemas pueden abatirse a través del uso de tecnologías que minimicen los efectos nocivos al medio ambiente y disminuyan la dependencia de los combustibles fósiles. Una alternativa es el aprovechamiento de las energías renovables, tales como la energía hidráulica, eólica, solar y geotérmica, en este caso se abordara el uso de la energía solar la cual se puede implementar principalmente 2 tipos de tecnologías, la fotovoltaicas, que consiste en convierten la energía solar en energía eléctrica, mediante el uso de celdas fotoeléctricas que reaccionan con la luz y la termosolares que consiste en utilizan la energía solar para el calentamiento de fluidos y usa ese calor para calentar a su vez agua que produzca vapor para mover turbinas que generan electricidad.

Es de mencionar que México tiene un gran potencial en cuanto a la en energía solar, lo cual nos lleva a que se debe aprovechar para la producción de electricidad, siendo las plantas solares termoeléctricas una solución viable y confiable, siendo que, de este modo, México contribuirá no sólo a la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero, sino que además, generará tecnología económica, social y ambientalmente sustentable, disminuyendo la dependencia que posee con los hidrocarburos.

Para esto es que se propone la creación de una herramienta que permita conocer las zonas potenciales para la implantación de esta tecnología, ya que dicha tecnología tiene que cumplir ciertas características para tener el mejor rendimiento, además de que la herramienta facilitara la ubicación de estas zonas, ya que en estos tiempos solo se generan mapas de una ocasión, es decir solo del año o tiempo que se necesitó o para un estudio, la ventaja de esta herramienta yace en que, necesita solo las capas básica para funcionar y facilitar al tomador de decisiones, el conocer la ubicación de estas zonas; la relación entre el problema que se plantea y la solución es que una vez que se conocen las zonas se puede proponer la implementación de esta tecnología, la cual como sea dicho es más barata y tiene poco costo de mantenimiento, así como, la reducción o nula emisión de gas efecto invernadero.

2.2. Justificación

Como ya se planteó previamente los problemas que se pretende abordar en este estudio son relacionados con la generación de gases de efecto invernadero, producidos por el excesivo consumo de combustibles fósiles (carbón, petróleo, gasolinas, Diesel, gas natural y los combustibles derivados del petróleo), y por consiguiente el segundo problema aunado a los altos costos de producción. Pues bien, la importación del desarrollo e implementación de una herramienta Geoinformática, radica en que busca dar una solución rápida y de forma más fácil, en la ubicación de las zonas potenciales para la implementación de plantas termoeléctricas de torre en la República Mexicana de apoyo para lograr un desarrollo económico y social ambientalmente sustentable.

La herramienta desarrollada se enmarca en un ámbito geoinformático, con insumos de información geoespacial y procesos de análisis espacial. Es de considerar que a través de datos reales y precisos se lleva a cabo la implementación del módulo, así como, la obtención de resultados para beneficio de los tomadores de decisiones. Se integra y se obtiene información de alta calidad y confianza en los resultados.

Es de mencionar que México como país en desarrollo debe adoptar opciones de desarrollo sustentable basado en tecnologías limpias. Con este proyecto se pretenden generar bases sólidas para impulsar la sustitución del consumo de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica. México posee una alta incidencia de energía solar en la mayor parte de su territorio, así que nos parece necesario promover el uso y aprovechamiento de la misma, que cabe mencionar que este tipo de energía no es explotada en su totalidad y aunque no se tenga una irradiación de manera homogénea es posible obtener un beneficio a la población debido a los costos por este servicio se verían reducidos.

Por último, es de mencionar que en un kilómetro cuadrado de superficie, se generan entre 100 y 130 Giga Watt hora de electricidad utilizando sistemas solares térmicos, que son equivalentes a la producción anual de 50 Mega Watt eléctrico convencionales de una planta carbonífera o de gas y que por cada metro cuadrado superficial de un concentrador, se dejan de emitir de 200 a 300 kg de Bióxido de Carbono (CO₂), además de que su construcción y operación se paga durante los primeros tres a seis meses de operación.

Mencionado lo anterior se considera de gran importancia conocer las zonas potenciales para la implementación de este tipo de análisis y geo-tecnologías de recolección, además de que la importancia de la herramienta radica básicamente en reducir los tiempos de construcción de la información, así como, la posibilidad de incorporar un análisis de sensibilidad al modelo con la incorporación o eliminación de parámetros.

2.3. Objetivos de la investigación

2.3.1. Objetivo general

Desarrollar una herramienta geoinformática basada en la metodología de análisis multicriterio para la determinación de sitios potenciales de ubicación de instalaciones termoeléctricas.

2.3.2. Objetivos específicos

Dentro de los objetivos específicos que se pretenden lograr son:

1. Evaluar y decidir las variables críticas que determinan la decisión de ubicación de una planta termoeléctrica
2. Utilizar un método de decisión multicriterio que permita decidir la ubicación óptima de una planta termoeléctrica en forma sencilla
3. Generar de capas de información donde se encuentren las zonas potenciales para la implementación de las termoeléctricas.

Capítulo 3. Aspectos generales del área de estudio

3.1. Localización del Estado de México

La zona de estudio es el Estado de México se encuentra en el centro sur del país, la entidad mexiquense limita al norte con Querétaro e Hidalgo, al sur con Morelos y Guerrero; al oeste con Michoacán, al este con Tlaxcala y Puebla, y rodea al Distrito Federal. Siendo las coordenadas de ubicación las que se muestran en la Tabla 1, así como la representación gráfica en el Mapa 1.

Estado	Localización	Área KM
Estado de México	19° 21' 15" N, 99° 37' 51" W	22 499 km ²
Fuente: INEGI		

Tabla 1, Localización.



Mapa 1, Ubicación Del Estado de México.

3.2. Población del Estado de México

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda 2010, realizado por el Instituto de Estadística y Geografía e Informática (INEGI), se presenta en la tabla 2 con los valores de población.

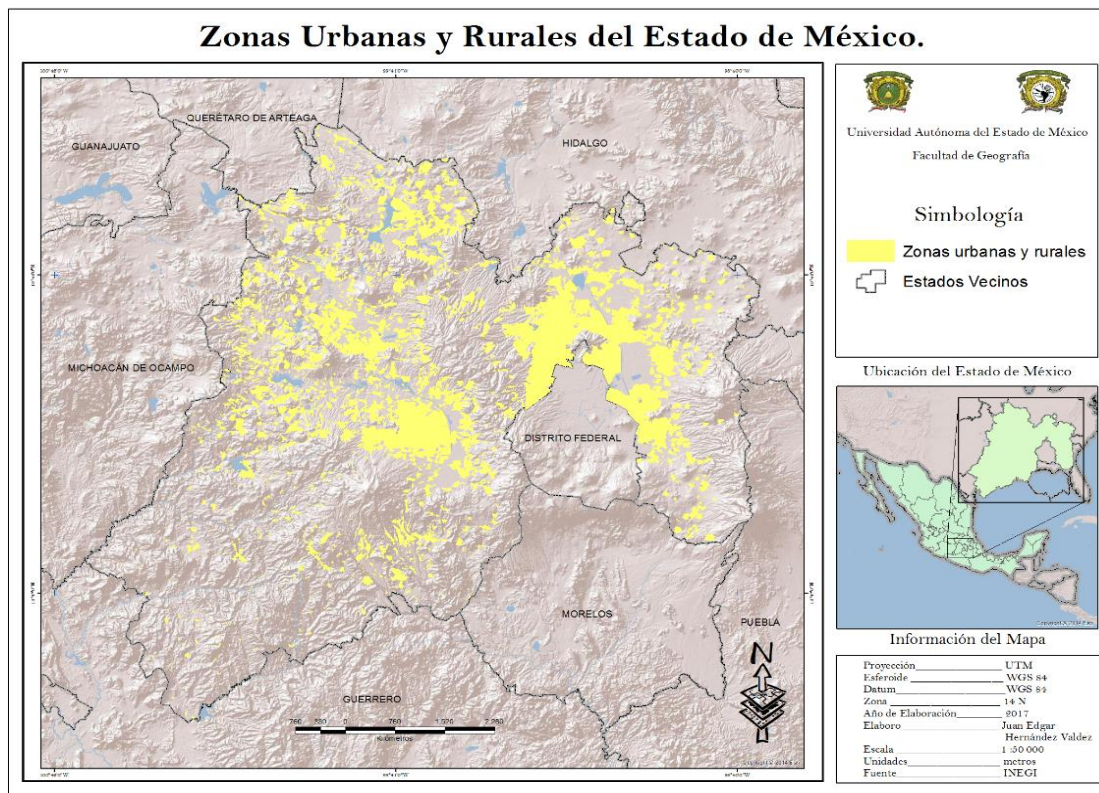
República Mexicana	Población
Hombres	7,396,986
Mujeres	7,778,876
Total	15,175,862

Fuente: Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI

Tabla 2, Población de México.

3.3. Zonas Urbanas y Rurales del Estado de México

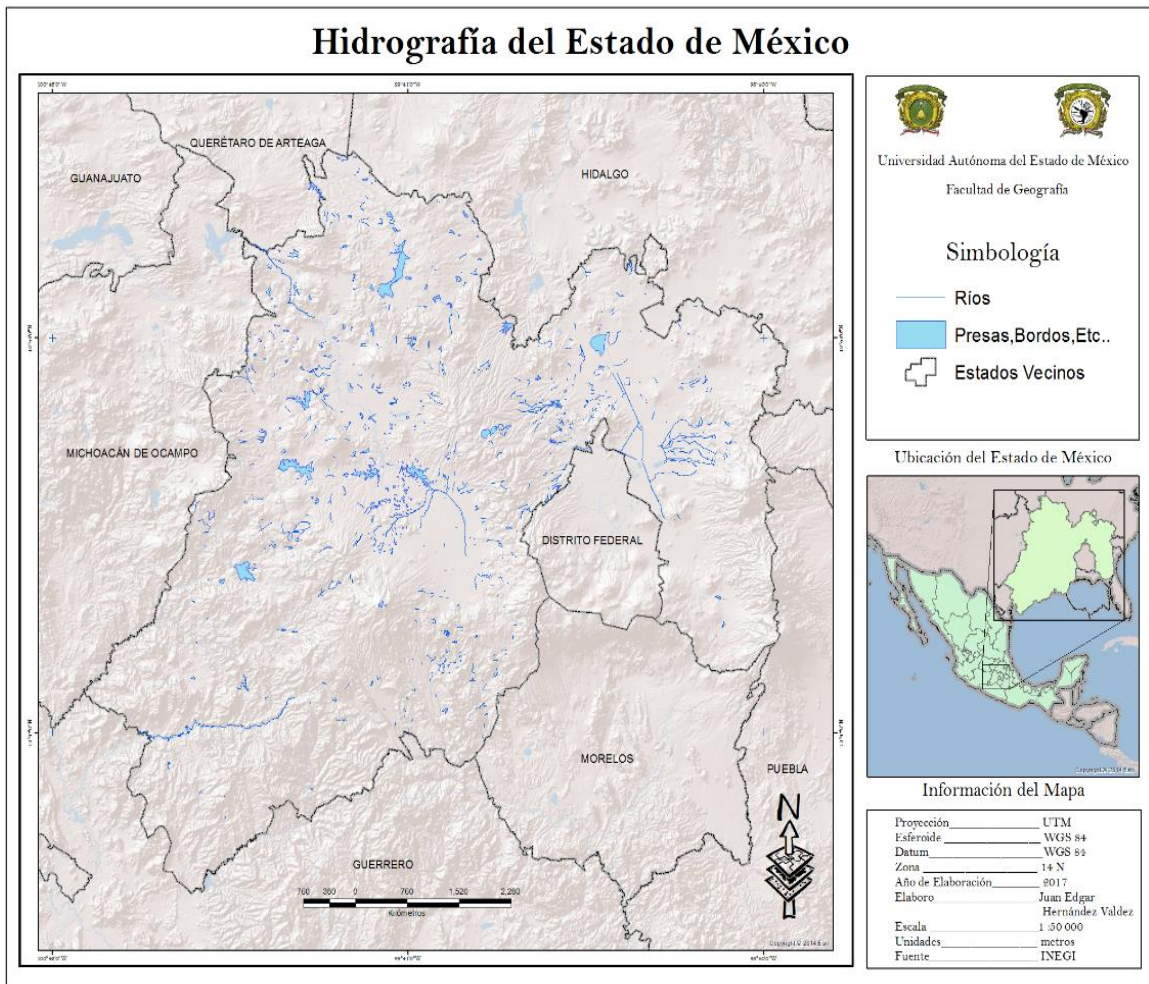
En cuanto a la distribución de la población se presenta el mapa de las zonas urbanas y rurales del estado, ya que estas son un factor restrictivo para hallar las zonas potenciales, puesto que estas no se pueden modificar ni cambiar, siendo representado las zonas urbanas de los 125 municipios en el mapa 2, las cuales abarcan un aproximado de 4396 Km².



Mapa 2, Zonas Urbanas y Rurales del Estado de México.

3.4. Hidrografía del Estado de México

En cuanto a la hidrografía del territorio, podemos mencionar los principales ríos que abastecen de agua al estado siendo el Lerma, San Felipe, Temascaltepec, Sultepec, Tejalpa, La Asunción, La Venta y San Juan del Río, entre otros. También encontramos los lagos de Zumpango y Nabor Carrillo. Ocho presas almacenan el agua de la región, Valle de Bravo, Villa Victoria, Huapango, Tepetitlán, Guadalupe, Danxhó, Ignacio Ramírez y Antonio Alzate.

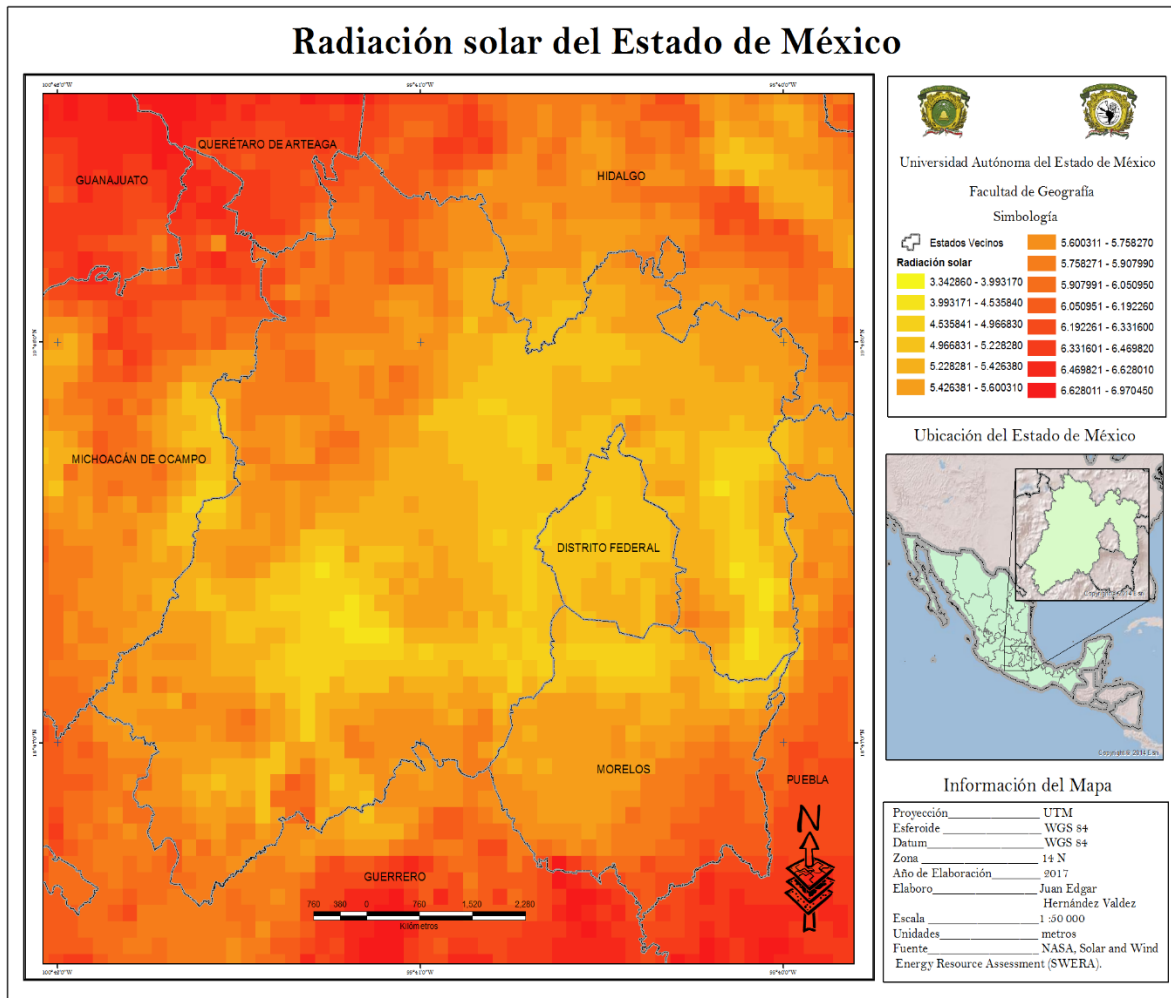


Mapa 3, Hidrografía del Estado de México.

3.5. Radiación Solar del Estado de México

México está ubicado en el cinturón solar de la tierra. El país tiene una alta incidencia de energía solar en la gran mayoría de su territorio; la zona norte es de las más soleadas.

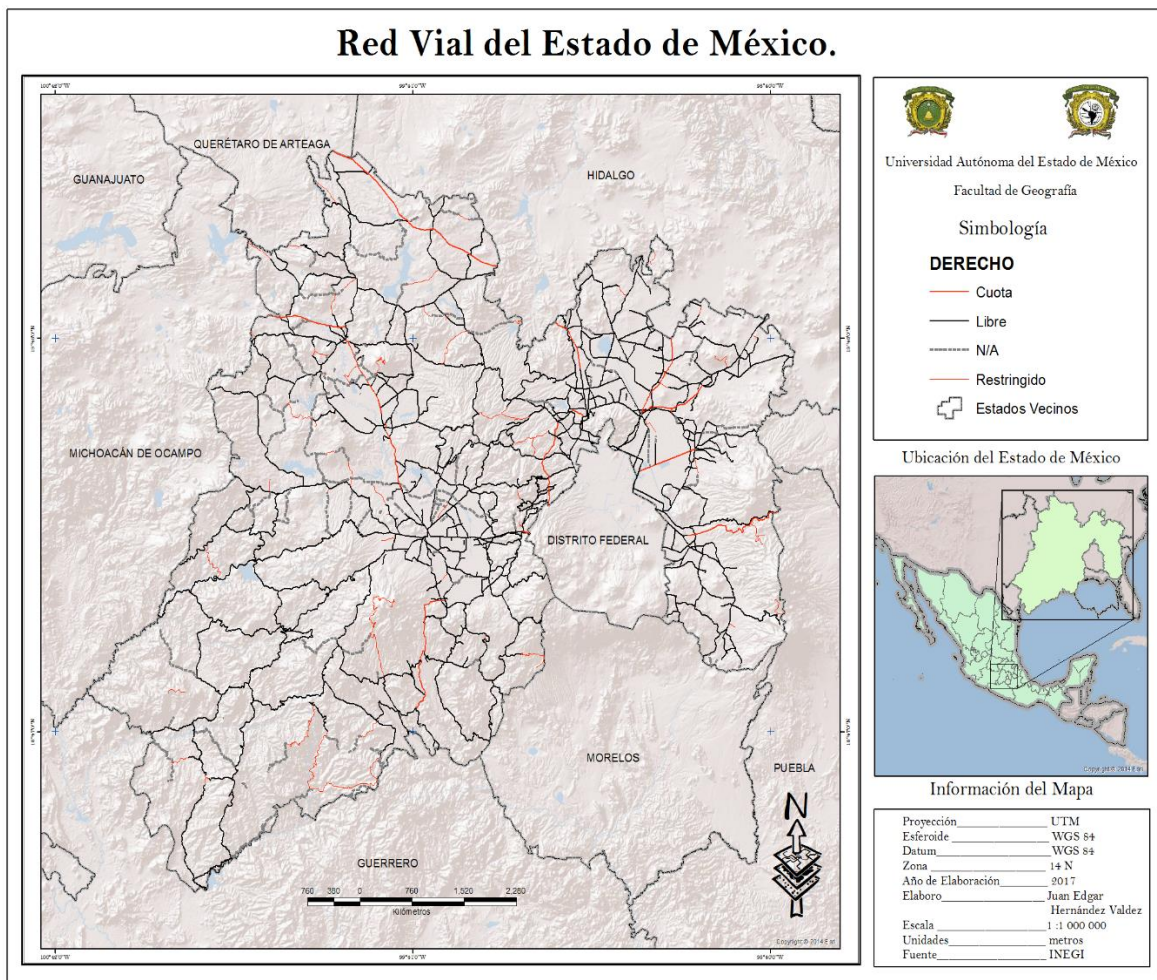
Con una irradiación media anual de aproximadamente 6.6 kWh/m² por día, México es uno de los países a nivel mundial que presenta condiciones ideales para el aprovechamiento masivo de este tipo de energía, es por ello que el estado de México, puede presentar zonas potenciales ya que en esta parte del territorio mexicano se presenta una irradiación media anual de aproximadamente 5.4 kWh/m², es por ello que se presenta el siguiente mapa 4.



Mapa 4, Radiación Solar Anual en el Estado de México.

3.6. Red Vial del Estado de México.

Retomando la información proporcionada por la Subsecretaría de Comunicaciones del Estado de México, dependiente de la Secretaría de Infraestructura, el Estado cuenta con 16 mil 506 kilómetros que cubre la totalidad del territorio mexiquense, con una densidad carretera de 739 metros por kilómetro cuadrado, que identifica al Estado de México como una de las entidades mejor comunicadas del País, basado en esto se presenta el mapa con dicha Infraestructura en el mapa 5



Mapa 5, Red Vial del Estado de México.

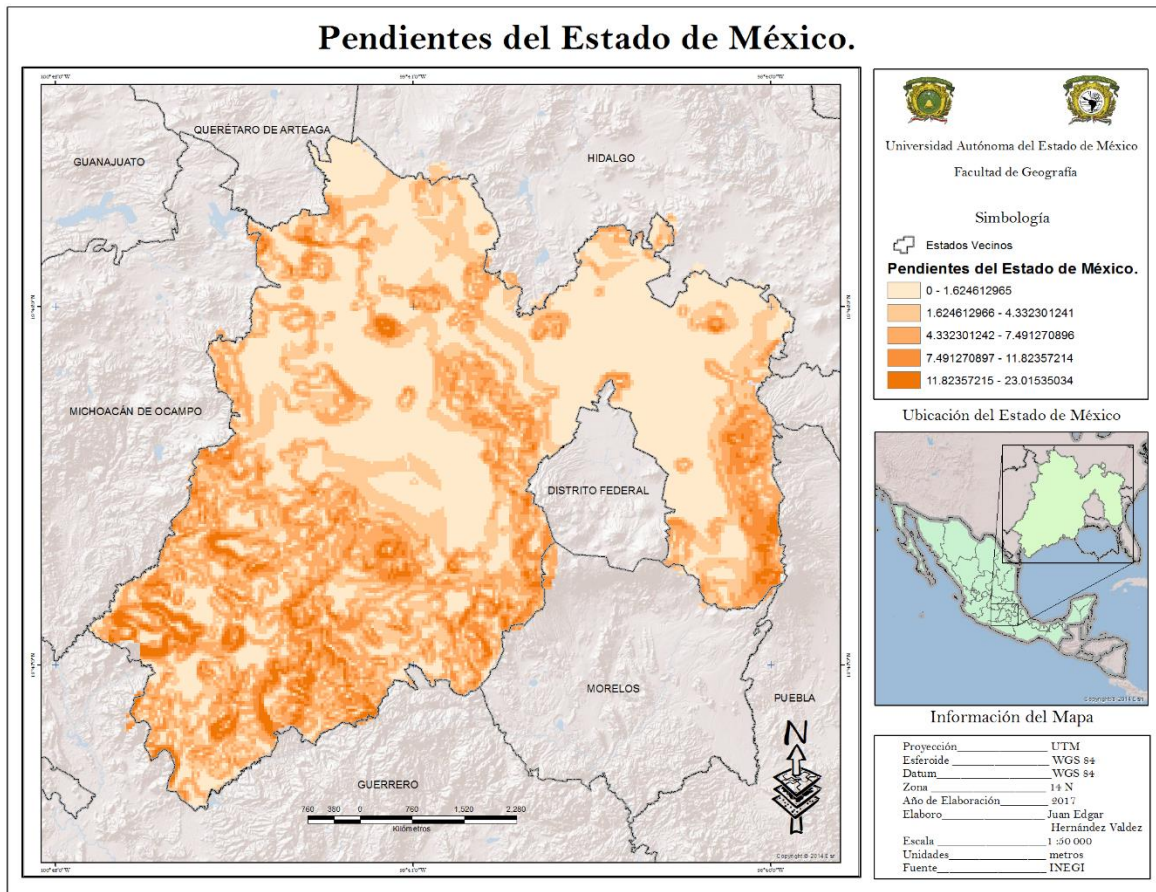
3.7. Pendientes del Estado de México.

La superficie estatal forma parte del Eje Neovolcánico y Sierra Madre del Sur, en el suroeste hay una sierra, así como un valle ubicado entre serranías, en esta zona se encuentra la altura más baja (400 m) en el cañón que ha formado el río San Pedro, en el centro se encuentra un lomerío, al sureste está la elevación más importante, el volcán Popocatepetl con 5 380 metros sobre el nivel del mar.

Además de resaltar los volcanes más importantes que tiene el estado, siendo:

- Nevado de Toluca
- Popocatepetl
- Iztaccíhuatl

Y los valles: Valle de México, Valle de Toluca y las Ciénegas de Lerma.



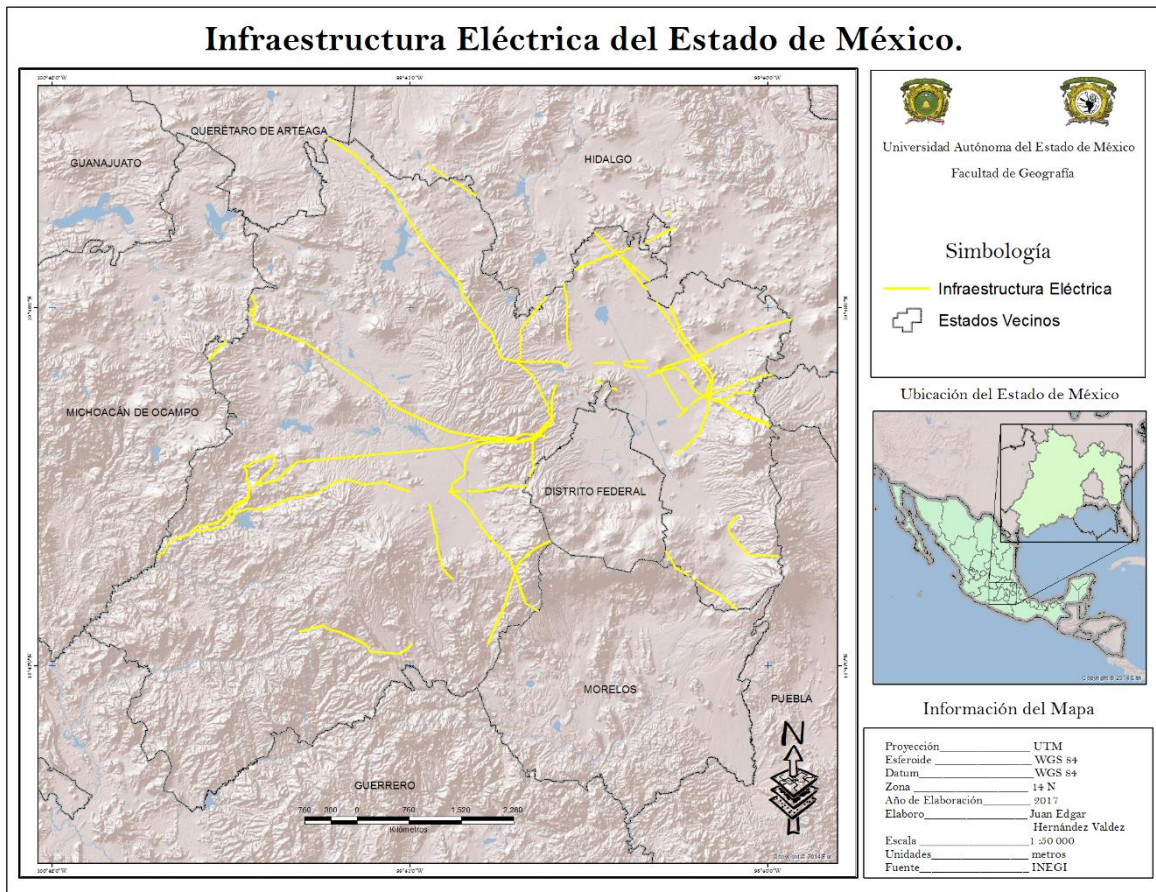
Mapa 6, Pendientes del Estado de México.

3.8. Infraestructura Eléctrica del Estado de México

La red de transporte de energía eléctrica es la parte del sistema de suministro eléctrico constituida por los elementos necesarios para llevar hasta los puntos de consumo y a través de grandes distancias la energía eléctrica generada en las centrales eléctricas.

Una línea de transporte de energía eléctrica o línea de alta tensión es básicamente el medio físico mediante el cual se realiza la transmisión de la energía eléctrica a grandes distancias. Está constituida tanto por el elemento conductor, usualmente cables de acero, cobre o aluminio, como por sus elementos de soporte, las torres de alta tensión.

Para el estado de México se tiene una aproximado de 2007.13 km de cableado de alta tensión, tal como se muestra en el mapa 7.



Mapa 7, Infraestructura Eléctrica del Estado de México.

3.10. Áreas Naturales Protegidas del Estado de México

La Coordinación General de Conservación Ecológica tiene a su cargo diez Áreas Naturales Protegidas que comprenden 21,948.25 hectáreas, cinco corresponden a la categoría de Parques Estatales con 21,802.80 hectáreas y cinco a Parque Urbanos (ecológicos y ambientales) con 145.45 hectáreas, siendo esto:

Parques Estatales: Parque Estatal Sierra de Guadalupe, Parque Estatal Sierra Hermosa, Parque Estatal Sierra de Tepetzotlán, Parque Estatal Sierra Patlachique, Parque Estatal Cerro Gordo.

Parques Urbanos (ecológicos y ambientales): Parque Ecológico Melchor Ocampo, Parque Ecológico Ehécatl (Jardín Botánico), Parque Ambiental Bicentenario, Parque Metropolitano Bicentenario, Parque Urbano Las Sequoias.



Mapa 8, Áreas Naturales Protegidas del Estado de México.

Capítulo 4. Marco de referencia.

En este capítulo se dan a conocer los temas del comportamiento del sector energético a nivel mundial, como a nivel república y por último cómo se comporta a nivel estatal, así como la tecnología de energía termosolar.

4.1. Sector energético a nivel mundial

La situación energética mundial actual es el resultado de la combinación de diversas tendencias tanto económicas, políticas, tecnológicas, sociales y ambientales, que confluyen en un complejo panorama, ya que la base para generar energía está concentrada sobre todo en los hidrocarburos y especialmente en el petróleo, es por ello que el creciente nivel de producción industrial requieren cada vez más recursos energéticos, lo que ha desencadenado una lucha constante y cruel por obtenerlos a costa de cualquier precio. El consumo de estos combustibles se representa a continuación, en la tabla 3, en la que se muestran los principales países consumidores de energía y cuanto han consumido hasta el momento, siendo la medida utilizada los billones de BTU's que equivale a $1 \text{ BTU/hr} = 0.29307107 \text{ W}$.



Tabla 3, Consumo Mundial de Energía.

Fuente: *ENERGY México 2017, oil, gas, power expo y congreso*
<http://www.energymexico.mx/2016/sector-energetico-mex/estadisticas-energia/>

Como se muestra anterior mente en la tabla 3 se presenta una tabla del consumo de energía a nivel mundial, basados en la información que nos da *ENERGY México 2017*, pero ahora, la pregunta es qué tanto se produce y cuánto se produce por tipo de fuente, para conocer si se consume más de lo se produce o se produce solo la energía necesaria, pues bien, a continuación, en la tabla 4, se presenta los datos.

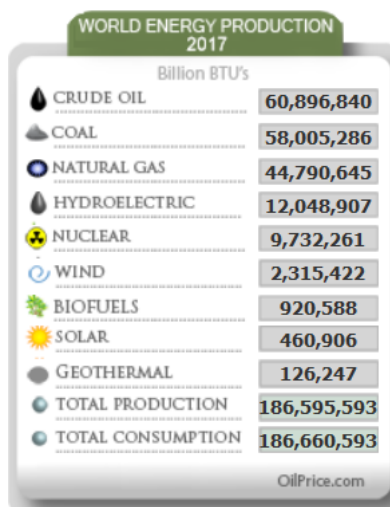


Tabla 4, Producción Mundial de Energía.

Fuente: ENERGY México 2017, oil, gas, power expo y congreso
<http://www.energymexico.mx/2016/sector-energetico-mex/estadisticas-energia/>

Como ya se ha observado, el consumo de la energía es en los países con mayor industria y en un constante crecimiento, además de observar que las fuentes de energía renovables son poco explotadas y la dependencia a los combustibles fósiles es muy grande, pero esto es el comportamiento a nivel mundial, ahora veremos lo que pasa en México.

4.2. Sector energético en México.

México, al igual que muchos países en el mundo, es un país consumidor de combustibles fósiles, actualmente el consumo de estos combustibles se encuentra por arriba de la media respecto al consumo de los países miembros de la OCDE, a pesar de que México es un país altamente dependiente de combustibles fósiles, principalmente crudo y gas, una de las razones por las que esto sucede es debido a que México es un importador neto de este energético. Además, la mayor parte de la generación eléctrica en este país está basada en plantas de ciclo combinado que utilizan principalmente gas natural.

Es por ello que a continuación se presentan tablas con la información tanto la producción de energía por tipo de tecnología y una tabla con el consumo de energía a nivel nacional, por rubro, en la tabla 5, se presenta los datos como ya se dijo, la cantidad de energía producida por tecnología en los meses de enero y febrero del año 2017, cabe mencionar que esta información es obtenida del sistema de información energética de la secretaria de energía SENER, basado en información proporcionada por la comisión federal de electricidad CFE.

	Ene/2017	Feb/2017
Total	18934057.64	17874675.09
Termoeléctrica	13321152.23	12506032.08
Vapor	2584344.332	2673611.835

	Ene/2017	Feb/2017
Ciclo combinado	10336829.04	9416493.567
CFE	3901316.977	3462670.546
PIE (1)	6435512.066	5953823.021
Turbogas	239505.803	282557.971
Combustión interna	160473.048	133368.706
Carboeléctrica	2651258.283	2440525.888
Geotermolétrica	532334.73	476730.65
Nucleoeléctrica	1027837.44	964929.5797
Eólica	196704.3555	182241.027
CFE	11089.44672	11064.54605
PIE (1)	185614.9088	171176.4809
Hidroeléctrica	1204142.289	1303594.074
Fotovoltaica	628.3124	621.7947
<i>Fuente: Sistema de Información Energética con información de CFE, incluye Extinta LyFC.</i>		

Tabla 5, Producción de energía en México

Pues bien, como se ha mostrado en la tabla anterior, se muestra la producción de energía en México, ahora qué tanto es el consumo que se tienen de la energía en México, para ello se presenta la información en el tabal 6, la cual muestra cual es el consumo de los últimos 4 años sin contar 2016 ya que este aún no se genera la información.

	2012	2013	2014	2015
Consumo nacional	8814.805	8988.43	8650.69	8528.867
Consumo del sector energético	2998.376	3049.663	2962.786	2622.16
Consumo por transformación	1820.868	1834.608	1729.609	1443.534
Consumo propio	990.3242	1029.997	1054.442	1004.995
Pérdidas por distribución	187.1834	185.057	178.7345	173.6318
Consumo final total	5087.602	5119.293	5129.798	5283.127
Consumo no energético	200.0461	190.8479	232.2156	188.3866
Consumo energético	4887.556	4928.445	4897.582	5094.74
Recirculaciones y Diferencia Estadística	728.8274	819.4741	558.1062	623.5798
<i>Fuente: Sistema de Información Energética, SENER.</i>				

Tabla 6, Consumo de Energía en México.

Ya se ha mencionado sobre el consumo y producción de la energía, tanto a nivel mundial como a nivel nacional, dándonos una amplia visión del comportamiento de la producción y consumo de la misma, pero ahora veremos cómo está la situación en el Estado de México, veremos que tanto produce anualmente con respecto al consumo anual durante los periodos de 2016 y lo que va hasta el mes de mayo del 2017.

4.3. Sector energético en el Estado de México.

Empezando por mostrar en la tabla 7, en la que se muestra la generación bruta de energía eléctrica tanto a nivel nacional como del Estado de México.

Generación de energía	I/2016	I/2017
Total	261734401.4	36220174.01
Edo. de México	6364801.87	857754.57

Fuente: Sistema de Información Energética con información de CFE, incluye extinta LyFC.

Tabla 7, Generación de energía en el Estado de México.

Como se observa en la tabla 7, la producción de energía en el Estado de México tuvo un aumento 5,507,047.30 gigawatts-hora, tan solo en los primeros 5 meses del año, esto debido al aumento en la demanda y consumo de energía, pero para poder ver esto se plasma en la tabla 8, la información con el consumo en el mismo periodo.

Consumo de energía	I/2016	I/2017
Total, Nacional 1	218072.30	48220.37
Estado de México	18428.51	4405.51

Fuente: Sistema de Información Energética con información de CFE, incluye extinta LyFC.

Tabla 8, Consumo de energía en el Estado de México.

Cómo se puede observar la producción de energía eléctrica es suficiente para abastecer la demanda que se tiene en el Estado de México, además de observar que la mayor producción de energía es mediante los recursos fósiles, lo cual produce contaminación y daño al ambiente, es por ello que es una buena idea buscar nuevas fuentes de producción, que rindan más, cuenten menos y sean más productivas, es por ello que las fuentes renovables y limpias son una opción.

4.4. Energías renovables.

Empezando por definir que son las energías renovables, se puede denominar energía renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales, este tipo de energía se puede clasificar en dos categorías: no contaminantes o limpias y contaminantes. Entre las primeras se encuentran:

- El Sol: energía solar.

- El viento: energía eólica.
- Los ríos y corrientes de agua dulce: energía hidráulica.
- Los mares y océanos: energía mareomotriz.
- El calor de la Tierra: energía geotérmica.
- Las olas: energía undimotriz.

Así mismo las segundas las contaminantes que son las realmente renovables, se obtienen a partir de la materia orgánica o biomasa, y se pueden utilizar directamente como combustible.

Bien para cuestiones de esta investigación se centrará en la energía solar, ya que esta presenta una mayor ventaja antes las demás.

La energía solar es fuente de vida y origen de la mayoría de las demás formas de energía en la Tierra. Cada año la radiación solar aporta a la Tierra la energía equivalente a varios miles de veces la cantidad de energía que consume la humanidad. Recogiendo de forma adecuada la radiación solar, esta puede transformarse en otras formas de energía como energía térmica o energía eléctrica.

Para dicha recolección se pueden usar varios métodos tales como: los colectores solares parabólicos que concentran la radiación solar aumentando la temperatura en el receptor, otro sería los paneles fotovoltaicos los cuales convierten directamente la energía luminosa en energía eléctrica.

Ambos procesos nada tienen que ver entre sí en cuanto a su tecnología. En las centrales térmicas solares se utiliza la energía térmica de los colectores solares para generar electricidad, así mismo las termoeléctricas usan la construcción de la energía térmica para calentar fluidos y producir vapor para mover los generadores de electricidad.

Así pues, se distinguen dos componentes en la radiación solar: la radiación directa y la radiación difusa. La radiación directa es la que llega directamente del solar, sin reflexiones o refracciones intermedias. La difusa es la emitida por la bóveda celeste diurna gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar en la atmósfera, en las nubes y el resto de elementos atmosféricos y terrestres. La radiación directa puede reflejarse y concentrarse para su utilización, mientras que no es posible concentrar la luz difusa que proviene de todas direcciones. Sin embargo, tanto la radiación directa como la radiación difusa son aprovechables.

Con base a lo anterior, da pie a poder entrar al tema de cómo está la situación del aprovechamiento de la energía solar tanto a nivel mundial como a nivel nacional.

4.5. Situación de la energía solar en el mundo.

Actualmente, las energías renovables se han establecido en todo el mundo como una importante fuente de energía. Su rápido crecimiento, particularmente en el sector eléctrico, es impulsado por diversos factores, incluyendo el aumento de la rentabilidad de las tecnologías renovables en el 2015, la energía renovable generó un estimado del 19.2% en el

consumo final mundial de energía; mientras que en el 2015 continuó el crecimiento en la capacidad y generación.

El consumo mundial de energía solar se incrementó en un 38,2% durante el año 2015, registrando un total de 185,9 TWh (terawatt hour), frente a los 134,5 TWh del año 2014, según lo indican las estadísticas de la petrolera BP.

El país que lideró este consumo fue Alemania, con 34,9 TWh lo que representa un 19% del total mundial de energía solar consumida. Le siguen China, con 29,1 TWh y un 16% del consumo e Italia, con 23,7 TWh y el 13% del total. Japón, Estados Unidos y España se ubicaron en cuarto, quinto y sexto lugar, con el 11%, 10% y 7% del consumo mundial, respectivamente. Otros países que también muestran potencia en esta energía renovable son Francia, Grecia, Australia y Reino Unido. (REN21, 2016).

4.6. Situación de la energía solar en México

El actual sistema energético de México demanda una enorme cantidad de recursos naturales no renovables, que generan millones de toneladas de gases contaminantes y consumen muchos otros insumos como el agua, actualmente la mayor parte de la energía eléctrica del país se produce a través de la generación hidroeléctrica (por medio de presas, ríos y embalses de agua naturales) y termoeléctrica (quemando combustibles como el gas, petróleo y carbón).

En México está creciendo el sector de energía sustentable muy rápido y los expertos consideran que crecerá aún más rápido. Tan sólo en el 2015 las instalaciones de paneles solares crecieron un 100% con respecto al 2014, siendo que en el 2015 se instalaron los siguientes apartados:

- 39 y 48 mega watts en parques solares
- 18 y 20 mega watts en instalaciones comerciales de mediana escala
- 28 y 30 mega watts en instalaciones residenciales
- 3 mega watts en electrificación rural y bombeo agua
- 1 mega watt en luminarias solares

Datos obtenidos del INER y de la Asociación Mexicana de Energía Solar, así mismo se obtuvo la información del Inventario del aprovechamiento de Energías Renovables en la Generación de Electricidad (solar).

Estado	Municipio	Nombre	Productora	Tipo	Unidades	Capacidad Instalada (MW)	Generación (GWh/a)
Baja California Sur	Mulegé	Santa Rosalía	CFE	Fotovoltaica	4172	1	2.07
Baja California	Mexicali	Cerro Prieto	CFE	Fotovoltaica	20000	5	10.83
Aguascalientes	Aguascalientes	Autoabastecimiento Renovable	Privado	Fotovoltaica	16889	1	1.66
Baja California Sur	La Paz	Servicios Comerciales de Energía	Privado	Fotovoltaica	155000	38.75	30.43
Baja California	Tijuana	PLAMEX	Privado	Fotovoltaica	4634	1.112	1.76
Guanajuato	Apaseo el Grande	Generadora Solar Apaseo	Privado	Fotovoltaica	3164	0.99	0
Durango	Durango	Tai Durango Uno	Privado	Fotovoltaica	70000	16.8	14.58
Sonora	Miguel Alemán	Coppel	Privado	Fotovoltaica	3396	0.986	0.66

Tabla 9, Inventario del aprovechamiento de Energías Renovables en la Generación de Electricidad (solar), fuente INERE.

Actualmente México no cuenta con instalaciones de generación de energía mediante la tecnología termosolar, pero cuenta con tres campos de generación de energía fotovoltaica las cuales están ubicadas en Mulegé, Baja California Sur, otra está en Mexicali, Baja California Norte y la última está ubicada en Aguascalientes, Aguascalientes.

4.7. Situación de la energía solar en el Estado de México

Para el mes de mayo del 2017 en el Estado de México no cuenta con ninguna instalación de generación de energía solar, pero eso no quiere decir que el estado no use esta fuente de energía, ya que está promoviendo el uso de calentadores solares, así como el uso de paneles solares para el alumbrado público, es de mencionar que en mes de 15 de enero de 2016, la empresa energética mexicana Grupo IUSA inauguró en el Estado de México dos obras en generación eléctrica renovable: la primera fase de una planta de paneles solares y de un parque solar, ambos requirieron una inversión de 108 millones de dólares, lo cual nos indica que la búsqueda de generar energía está dando grandes pasos para remplazar los combustibles fósiles, y dar una mayor calidad de vida.

4.8. Central Termosolar.

Una Central Termosolar es una instalación que permite el aprovechamiento de la energía del sol para la producción de electricidad. Tiene un ciclo térmico semejante al de las centrales termoeléctricas convencionales: la energía calorífica que se produce en un determinado foco es transformada en energía mecánica mediante una turbina y, posteriormente, en energía eléctrica mediante un alternador.

La única diferencia es que mientras en las centrales termoeléctricas convencionales el foco calorífico se consigue por medio de la combustión de una fuente fósil de energía (carbón, gas, etc.), en las solares, el foco calorífico se obtiene mediante la acción de la radiación solar que incide sobre un fluido.

Pero qué ventajas y que desventajas tiene, pues a continuación se presentan.

Ventajas:

- Reemplazar a otras fuentes de energía como combustibles fósiles o nucleares.
- Energía autónoma que proviene de una fuente gratuita e inagotable.
- Energía limpia y segura
- Absolutamente inofensiva para el medio ambiente.

Desventajas:

- Altos costes de instalación
- Insuficiente financiación para la investigación.
- Los bajos precios del petróleo influyen en el hecho de que esta energía no tenga más importancia de la que tiene.

Por último, se presenta una ilustración de cómo es una Central Termosolar y sus partes.

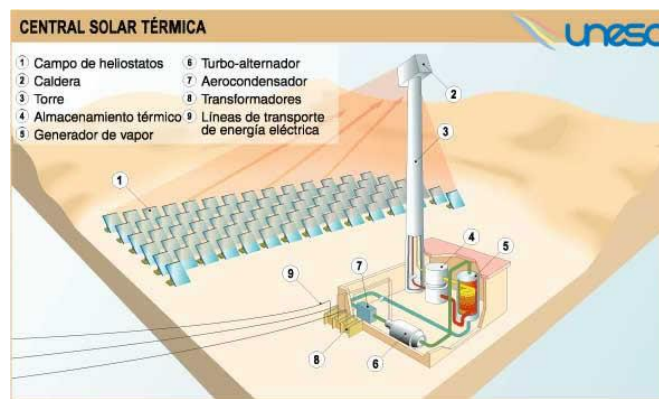


Ilustración 1, Partes de una Central Termosolar.

Capítulo 5. Marco Legal.

En este capítulo se dan a conocer tanto las leyes como normas que existen en México en cuenta a la regulación, implementación y aplicación de tecnologías para el aprovechamiento de la energía solar, las cuales son usada para este caso de estudio.

5.1. Leyes

LEY DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA.

La ley tiene por objeto regular el aprovechamiento sustentable de la energía, así como las obligaciones en materia de Energías Limpias y de reducción de emisiones contaminantes de la Industria Eléctrica, manteniendo la competitividad de los sectores productivos.

LEY PARA EL APROVECHAMIENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES Y EL FINANCIAMIENTO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

La ley tiene por objeto regular el aprovechamiento de fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias para generar electricidad con fines distintos a la prestación del servicio público de energía eléctrica, así como establecer la estrategia nacional y los instrumentos para el financiamiento de la transición energética.

5.2. Normas

NMX-ES-001-NORMEX-2005: Esta norma pretende disminuir el consumo de combustibles fósiles, así como la emisión de contaminantes, al utilizar la radiación solar para el calentamiento de agua de uso sanitario

NMX-ES-003-NORMEX-2008: Esta norma establece los requerimientos mínimos para la instalación de sistemas solares térmicos para el calentamiento de agua.

NMX-ES-004-NORMEX-2010: Evaluación térmica de sistemas solares para el calentamiento de agua (método prueba).

NADF-008-AMBT-2006: Establece los requerimientos mínimos de calidad, las especificaciones técnicas de instalación, funcionamiento y mantenimiento de la calefacción de agua a través de la energía solar.

Capítulo 6. Marco teórico, Conceptual.

En este capítulo se dan a conocer los conceptos básicos tanto para la metodología multicriterio que será la usada para este caso de estudio.

6.1. La Evaluación Multicriterio

La Evaluación Multicriterio (EMC) se basa en la evaluación de alternativas, a partir de la definición de criterios que se considera relevante para un determinado problema.

El objetivo principal es “investigar un número de alternativas bajo la luz de múltiples criterios y objetivos en conflicto, para que sea posible generar soluciones compromiso y jerarquizaciones de las alternativas de acuerdo a su grado de atracción (Amorós Zavala V., (2001).

Es importante destacar que la asignación de valores de los criterios, pueden ser evaluados en forma cuantitativa (peso o ponderación), el cual puede ser provisto por los especialistas en el tema o basados en estudios, así como en forma cualitativa u ordinal (jerarquía).

Por ende, podemos decir que la evaluación multicriterio es una técnica que se usa en el análisis espacial y busca integrar muchos criterios, los cuales están debidamente ponderados de acuerdo a su importancia, y con ello dar pie a una sumatoria ponderada de los diferentes criterios donde generalmente mientras más alto el valor, la ubicación es mejor y, por el contrario, mientras más bajo, la ubicación es peor.

6.2. Análisis Jerárquico de Saaty.

Para esta investigación se ha elegido el método de análisis jerárquico propuesto por Thomas Saaty. El cual es un procedimiento de comparación de los criterios que parte de una matriz en la cual el número de filas y columnas está definido por el número de criterios a ponderar. Así se establece una matriz de comparación entre criterios, comparando la importancia de cada uno de ellos con los demás, tal como se muestra en la ilustración 2.

	criterio 1	criterio 2	criterio 3
criterio 1	1	3	2
criterio 2	1/3	1	1/2
criterio 3	1/2	2	1

Ilustración 2, Matriz de Comparación.

posteriormente para poder determinar la importancia relativa de los criterios o el establecer los pesos, se utiliza la escala que propone SAATY, que a su vez proporciona una medida cuantitativa de la consistencia de los juicios de valor entre pares de factores.

La escala de medida que se emplea en este método y que estima los valores se muestra en la ilustración 3.

Escala de Saaty

Escala numérica	Escala verbal
1	Ambos criterios o elementos son de igual importancia
3	Débil o moderada importancia de uno sobre el otro
5	Importancia esencial o fuerte de un criterio sobre el otro
7	Importancia demostrada de un criterio sobre otro
9	Importancia absoluta de un criterio sobre otro
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores
2	Entre igualmente y moderadamente preferible
4	Entre moderadamente y fuertemente preferible
6	Entre fuertemente y extremadamente preferible
8	Entre muy fuertemente y extremadamente preferible

Fuente: Saaty (1994b).

Ilustración 3. Escala de Saaty.

Por último, la importancia de este método también radica en que, luego de la asignación de los pesos, otorga una medida global de consistencia de la matriz, que permite valorar la relación de los criterios entre sí determinando su coherencia y pertinencia.

6.3. Análisis espacial.

El análisis espacial estudia las relaciones de proximidad-distancia de los elementos en el espacio, optimizando su ubicación y ayudando a la correcta toma de decisiones, además el análisis espacial pone en evidencia estructuras y formas de organización espacial recurrentes, que resumen por ejemplo los modelos centro-periferia, los campos de interacción de tipo gravitatorio, las tramas urbanas jerarquizadas, los diversos tipos de redes o de territorios, etc.... todo esto a través de analiza los procesos que se encuentran en el origen de esas estructuras, a través de conceptos como los de distancia, de interacción espacial, de alcance espacial, de polarización, de centralidad, de estrategia o elección espacial, de territorialidad... así como leyes de la espacialidad vinculan a esas formas y esos procesos, y están integradas en las teorías y los modelos del funcionamiento y la evolución de los sistemas espaciales

Capítulo 7. Metodología

La Metodología para el trabajo de esta investigación, se dividió en dos partes ya que como es el desarrollo de una herramienta, se tiene que generar dos procesos, siendo que el primer paso es como se procesara la información para llegar al resultado, seguido de cómo se procederá a desarrollar la herramienta para dar la solución.

Pues bien, el primer proceso que se describirá será como se procesara la información, se decidió que para esta parte se aplicara la metodología del Análisis De Evaluación Multicriterio, ya que es uno de los procedimientos de mayor importancia cuando la tecnología SIG es utilizada como herramienta para la toma de decisiones locacionales, a continuación, se presenta una ilustración de la idea general de la metodología.

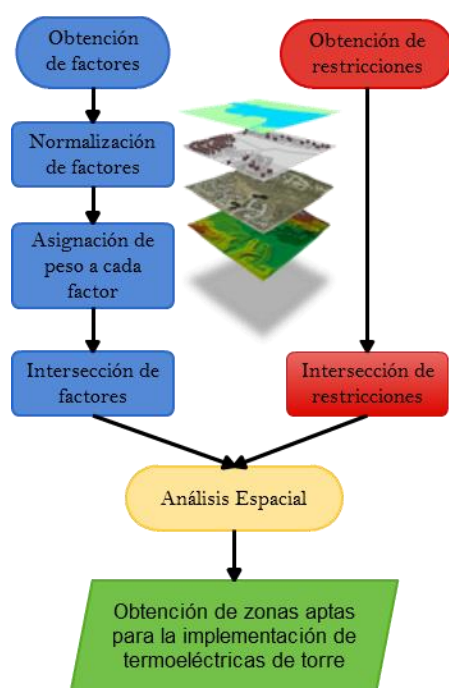


Ilustración 4, Metodología Multicriterio.

Como se muestra en la ilustración 4, se observa de forma general el proceso metodológico que se seguirá para obtener el resultado deseado, comenzando por obtención de los parámetros esenciales para la tecnología termoeléctrica, seguido de dar peso y normalizar cada parámetro, así como, el de hallar los factores de restricción, para hacer un cálculo espacial para llegar al resultado, en el cual se muestren las zonas más potenciales para este tipo de tecnologías, que cumplan con los requerimientos fundamentales para dar un óptimo funcionamiento.

7.1. Criterios

En este t3pico se muestran, describen los criterios esenciales para la infraestructura de las termoel3ctricas solares de torre, as3 como la categorizaci3n y ponderaci3n de las mismas, tambi3n es de importancia mencionar que para la ponderaci3n se tom3 la escala de importancia del 1 al 5, teniendo como resultado la tabla 10.

Valor	Descripci3n
1	Muy bueno
2	Bueno
3	Medianamente
4	Malo
5	Muy malo

*Fuente elaboraci3n a partir de bibliograf3a consultada.
Tabla 10, Escala de ponderaci3n.*

Cabe resaltar que estos valores son subjetivos, pero se dieron as3 ya que la bibliograf3a lo permiti3, as3 como la revisi3n y visto bueno del Dr. Javier Dom3nguez Bravo, gTIGER – Tecnolog3as de la Informaci3n Geogr3fica y Energ3as Renovables del CIEMAT.

7.1.1. Radiaci3n

Siendo el factor principal para la localizaci3n de las plantas termosolares. Por lo que se propone como la variable fundamental para determinar las 3reas con mayor potencial. La radiaci3n solar directa que se debe considerar, al momento de la b3squeda de 3reas potenciales, es de 4 Kwh/m² al a3o, ya que la tecnolog3a de termo solar est3 basada en la concentraci3n de rayos solares para calentar un fluido, por lo cual este es el par3metro m3s importante.

Radiaci3n	
Rangos	Valor
Mayor a 5 kwh	1
4 kwh a 5 kwh	2
3kwh a 4 kwh	3
2 kwh a 3 kwh	4
menores a 2 kwh	5

*Fuente elaboraci3n a partir de bibliograf3a consultada.
Tabla 11, Ponderaci3n de la capa de radiaci3n solar.*

7.1.2. Pendiente

Este es un factor importante al localizar las zonas potenciales para las plantas y se consideró, ya que este tipo de tecnologías necesitan zonas planas o semiplanas. Es por ello que se propone considera solo las áreas con pendiente menor a 3%. Esto con el fin de evitar las sombras que se puedan generar.

Pendiente	
Rangos	Valor
0% a 3%	1
3% a 5%	2
5% a 7%	3
7% a 9%	4
mayores a 9%	5

*Fuente elaboración a partir de bibliografía consultada.
Tabla 12, Ponderación de la capa de Pendiente.*

7.1.3. Recursos Hídricos

Para la generación de energía, las plantas termosolares requieren de vapor de agua. La disponibilidad de agua puede ser un factor significativo en las regiones áridas donde es más factible instalar las plantas solares, es por ello que se propone que la distancia más adecuada sea menor de 2km. Ya que facilitaría el acceso al recurso y disminuiría el coste de infraestructura, o en su caso se podría pensar en otras alternativas para contar con el recurso del agua.

Recursos hidrográficos	
Rangos	Valor
1 km	1
2 km	2
3 km	3
5 km	4
mayores a 5 km	5

*Fuente elaboración a partir de bibliografía consultada.
Tabla 13, Ponderación de la capa de hidrografía.*

7.1.4. Líneas Eléctricas.

Una vez generada la energía es necesario tener como distribuirla, por lo cual las líneas eléctricas de alta tensión, son las elegidas ya que cuentan con capacidad para evacuar una potencia máxima de 100 MW; también es de considerar que estas líneas comparten cierta importancia con las carreteras, pero la importancia de estas radica en que son las formas de distribuir la energía generada en la planta, es por ello que las zonas que estén a una distancia de menos de dos kilometros son más apreciadas ya que reduciría el coste de las infraestructura si requiriera el caso.

Líneas Eléctricas	
Rangos	Valor
mayores a 2 km	1
2 km a 1km	3
menores de 1km	5

Fuente elaboración a partir de bibliografía consultada.

Tabla 14, Ponderación de Líneas Eléctricas.

7.1.5. Accesibilidad

La red vial se coloca como uno de los criterios hacia la viabilidad de una planta para que esta tenga una buena comunicación y accesibilidad, todo esto para abarata los costos de conexión, por ello se propone que las zonas con mayor interés son las que se encuentren a menos de 2km. ya que como se ha comentado es por cuestiones de reducción de costes de infraestructura.

Carreteras	
Rangos	Valor
2 km	1
3 km	2
5 km	3
6 km	4
mayores a 6 km	5

Fuente elaboración a partir de bibliografía consultada.

Tabla 15, Ponderación de la capa de carreteras.

Esto paramentos son los que tomara para este trabajo ya que son los más frecuentes en los estudios consultados, además de que estos cubren los requerimientos esenciales de una termoeléctrica.

7.2. Restricciones.

Las restricciones como su nombre lo dice son factores limitantes para poder hacer uso de esas zonas, por lo cual es necesario quitarlas del resultado ya que en estas zonas no se puede hacer nada ni se puede modificar para darle otro uso, para este caso de estudio se colocan dos siendo las áreas naturales protegidas y los asentamientos humanos, es de relevancia decir que el aporte que se da con este trabajo es que en los estudios hechos en otros lugares y también en México solo colocan factores positivos, pero no consideran los factores de restricción.

7.2.1. Áreas Naturales Protegidas.

Las áreas naturales protegidas son factores limitantes por el simple hecho que están como su nombre lo dice protegidas y sirven para otras funciones, tales como la conservación de la flora y fauna son por ello que se colocan como limitantes, puesto que estas cumplen otras funciones que ayudan al ambiente.

7.2.1. Asentamientos Humanos.

Los asentamientos humanos, son restricciones ya que en estas zonas no se puede construir puesto que es donde vive la población, además de que es casi imposible modificar este entorno para dar paso a una infraestructura como esta, pero puede que otras tecnologías tales como el fotovoltaico sean más efectivas para estas zonas.

7.3. Calculo de matrices.

Pues bien, ahora se procede a calcular la matriz de comparación basada en la escala de SAATY, tal como se mencionó en anteriores tópicos, lo primero que se hizo fue el colocar todos los factores necesarios ya mencionados anteriormente, teniendo como resultado la tabla 16.

	Radiación Solar	Pendiente	Ríos	Líneas eléctricas	Carreteras
Radiación Solar	1	3	5	7	9
Pendiente	1/3	1	5	7	9
Ríos	1/5	1/5	1	3	3
Líneas eléctricas	1/7	1/7	1/3	1	3
Carreteras	1/9	1/9	1/3	1/3	1
Totales	1.8	4.5	11.7	18.3	25.0

Tabla 16, Matriz de Comparación.

Una vez hecha la matriz de comparación, se procede a generar la matriz normalizada la cual proveerá el valor de cada factor, así como la importancia de cada uno, el cual será usado para poder llegar al resultado final, teniendo como resultado la tabla 17.

Radiación Solar	Pendiente	Ríos	Carreteras	Lianas eléctricas	Media
0.56	0.67	0.43	0.38	0.36	0.48
0.19	0.22	0.43	0.38	0.36	0.32
0.11	0.04	0.09	0.16	0.12	0.11
0.08	0.03	0.03	0.05	0.12	0.06
0.06	0.02	0.03	0.02	0.04	0.03
1	1	1	1	1	

Tabla 17, Matriz Normalizada.

Una vez obtenido la media que es el valor por el cual se multiplicara cada valor de las categorías de cada capa ya se puede hacer el cálculo para poder llegar al resultado, pero antes para dejar más claro el resultado de esta matriz, se generó otra tabla la cual muestra el orden de importancia y el porcentaje de importancia, ver tabla 18.

	Media	% importancia	Orden
Radiación Solar	0.48	48.07	1
Pendiente	0.32	31.63	2
Ríos	0.11	10.52	3
Líneas eléctricas	0.06	6.30	4
carreteras	0.03	3.48	5
Totales		100	

Tabla 18, Completo de la matriz normalizada

Como se observa en la tabla 18, el orden de las capas quedo como la radiación como la importante y las carreteras como la menos importante, para finalizar esta parte se presenta en la tabla 19, la clasificación para el resultado considerado que el valor más importe es el 1 y el menos importe es el 5.

Clasificación	Descripción
1	Muy alto potencial
de 1 a 2	Alto Potencial
de 2 a 3	Medianamente Potencial
de 3 a 4	Bajo potencial
mayores a 4	No Recomendado

Tabla 19, Clasificación de resultados.

7.4. Metodología para el diseño de la herramienta

En la segunda parte de la metodología dedicada para el desarrollo de la herramienta, la metodología consta de tres fases siendo: Entradas, Procesos y Salidas, las cuales son descritas más adelante, pero en la ilustración 5, se observa el modelo gráfico.

Diagrama de Metodología para el diseño de la herramienta

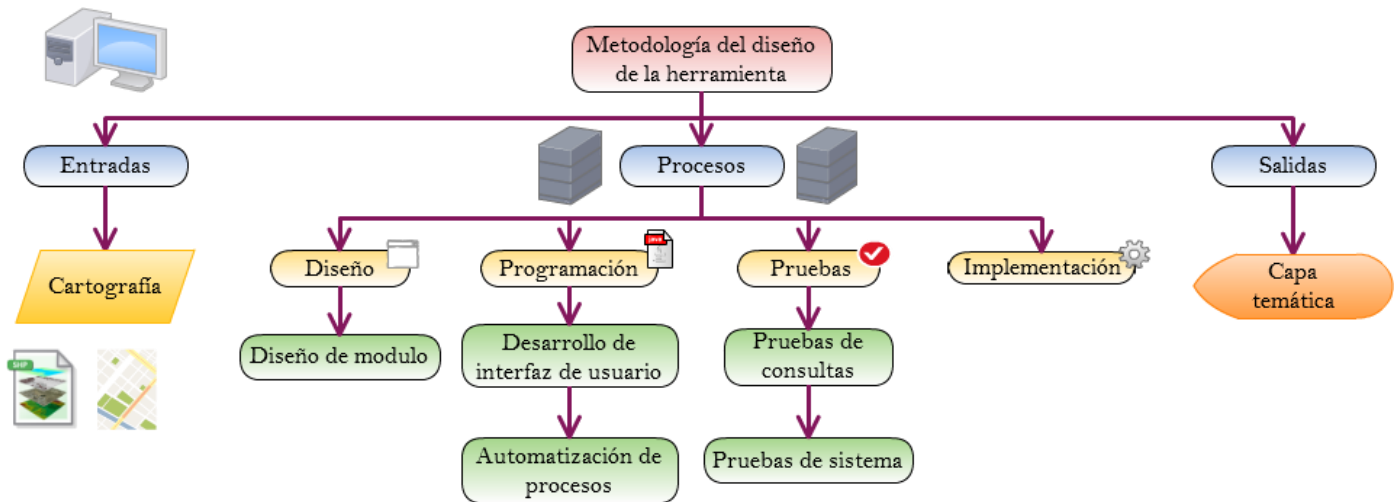


Ilustración 5, Modelo Metodológico para el diseño de la herramienta.

Fuente: Elaboración propia.

Entradas: es la primera fase de la metodología en la que se ingresaran todos los datos a usar, así como, la estandarización y homogenización de la misma, es decir que en esta parte estará compuesta por la información necesaria, para el correcto funcionamiento de la herramienta, es de destacar que existe algunos requerimientos para las capas tales como se muestran en la tabla 20.

Capa de Información	Descripción
Radiación Solar	La capa debe contener una columna con el nombre "Anual"
Pendiente	La capa debe contener una columna con el nombre "Elevacion"
Ríos	no necesita valores específicos
Líneas eléctricas	no necesita valores específicos
Carreteras	no necesita valores específicos

Tabla 20, Especificaciones de las capas de información.

Cabe resaltar que el requisito indispensable para todas las capas, es necesario que todas tengan la misma proyección cartográfica, esto para evitar problemas durante el proceso de generación del resultado.

Además de que en las entradas cada capa de información, tiene un numero de proceso asignado dentro de la herramienta dichos números de proceso se muestra en la tabla 21.

Capa de Información	Numero de Proceso
Radiación Solar	1
Pendiente	2

Ríos	3
Líneas eléctricas	4
Carreteras	5
Asentamientos Humanos	9
Áreas Naturales Protegidas	9

Tabla 21, Asignación de numero de proceso por shapefiles.

Procesos: en esta fase de la metodología, es importante ya que en ella es donde se generarán todos los procesos valga la redundancia, los cuales generaran los resultados, esta fase está compuesta por cuatro subprocesos, siendo: Diseño, Programación, Pruebas e Implementación; dichos subprocesos se describen a continuación:

Diseño: es la parte en donde se plantea, como será la interfaz de la herramienta, cuál será el proceso de tratamiento de la información, así como la presentación de los resultados, en conclusión, esta fase es donde se generarán los bosquejos o dibujos de las ventanas que vera el usuario y cómo será el flujo de la información.

Programación: es la parte en la cual se desarrolla toda la herramienta como tal, es decir pasar del diseño a lo real, empezado por la interfaz gráfica y sus funcionalidades, así como la automatización de los procesos, que se plantearon en la metodología.

Pruebas: es la parte en el cual como su nombre lo dice se harán las pruebas de la funcionalidad de la interfaz creada, así como de los procesos automatizados, para poder detectar cualquier error o mal funcionamiento de dichos elementos y se pude hacer una corrección en tiempo y no crear conflictos al usuario final.

Implementación: es la parte final del proceso, esto corresponde cuando la herramienta tiene un 100% de funcionalidad y cumple con todos los criterios que fueron planteados.

Salidas, en esta fase de la metodología, es donde se mostrarán los resultados obtenidos de los procesos automatizados, que para este caso de estudio sería una capa de formato vectorial con la información de las zonas potenciales para la implantación de las termoeléctricas de torre, basada en la clasificación mostrada anteriormente.

7.5 Arquitectura

En el diseño de la arquitectura de la herramienta no solo fueron usados softwares en los que se pudo hacer diseños propios, así como implementar códigos para automatizar procesos, sino que también se utilizaron herramientas externas tal es el caso del api de Mapwingis y el api de Openstreetmap, que sirvió para la visualización de los resultados obtenidos, así como permitir la visualización y manipulación de las capas de información, la arquitectura se muestra en la ilustración 6.

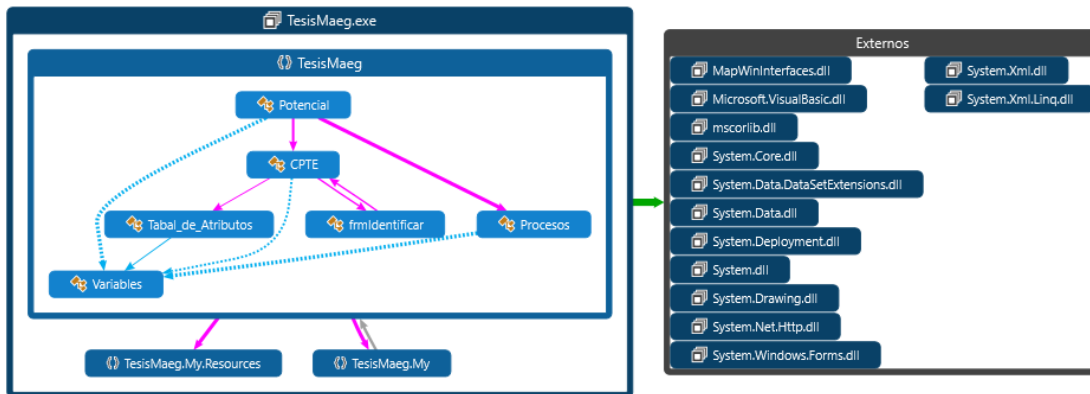


Ilustración 6, Arquitectura Tecnológica De La Solución.

Fuente: Elaboración propia.

Puesto que en la ilustración 6, está plasmada la arquitectura de forma muy técnica se presenta otra ilustración de la misma, pero de una forma un poco más sencilla para el entendimiento, se muestra en la ilustración 7.

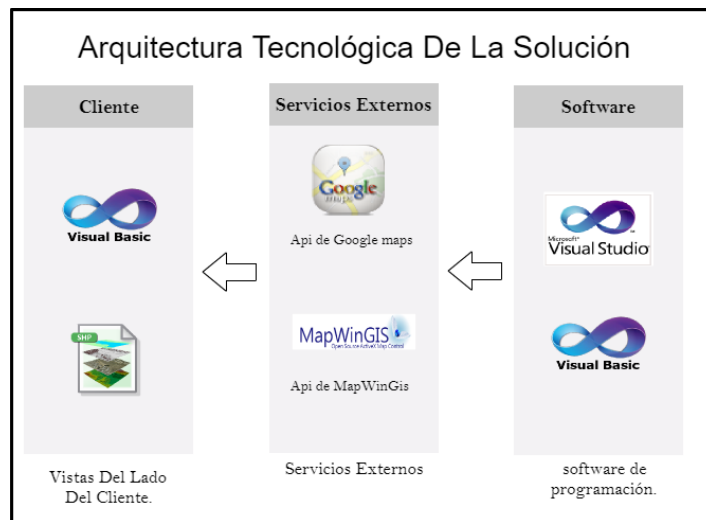


Ilustración 7, Arquitectura Tecnológica De La Solución. Simple.

Capítulo 8. Desarrollo.

Una vez concluido el diseño lógico se procedió a desarrollo de la herramienta, basada en la estructura y diseño que se propuso, para ello se utilizó el programa de visual studio 2015, ver ilustración 8, con el lenguaje visual studio.

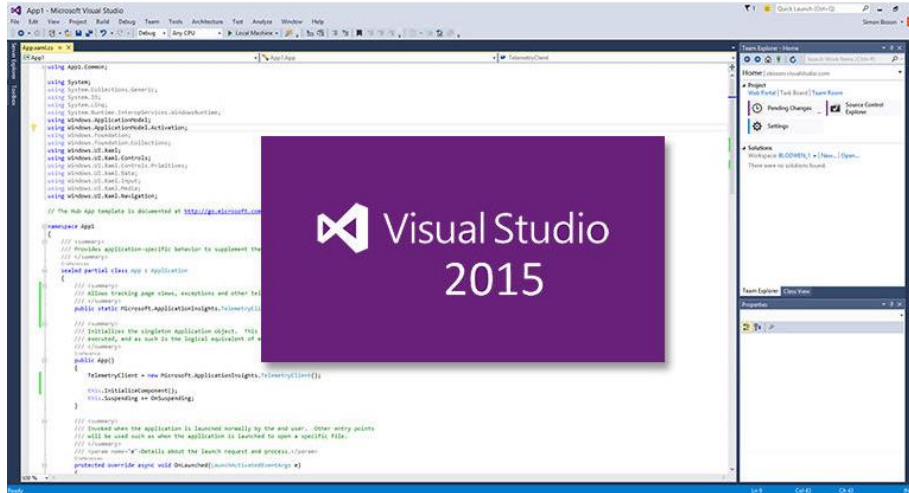


Ilustración 8, Visual Studio 2015.

Ya una vez dentro del programa se seleccionó el desarrollo de un nuevo proyecto, tal como se muestra en la Ilustración 9.

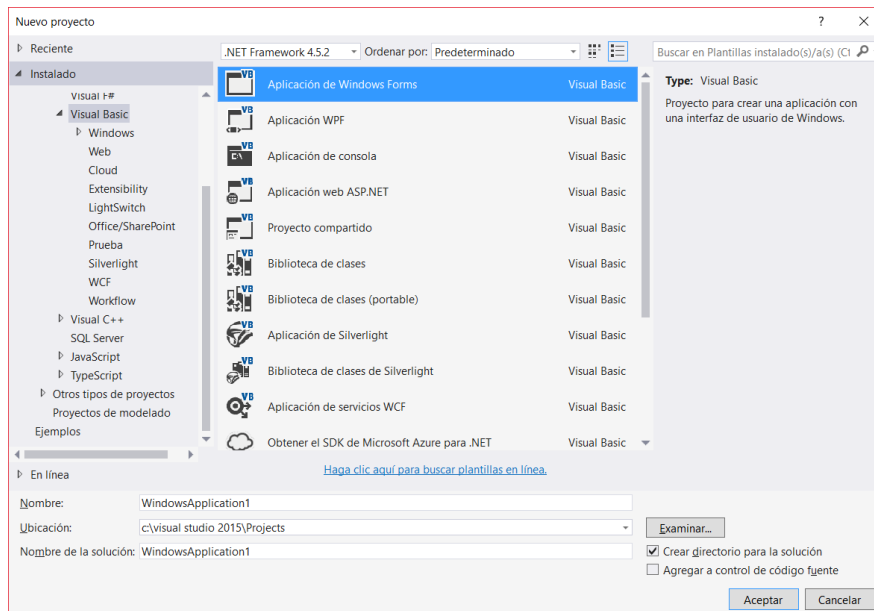


Ilustración 9, Selección de Pantalla de desarrollo.

Ya dentro del nuevo proyecto, se procedió a generar la interfaz, cabe mencionar que está dividida en dos partes, siendo como resultado lo que se muestra en la ilustración 10.

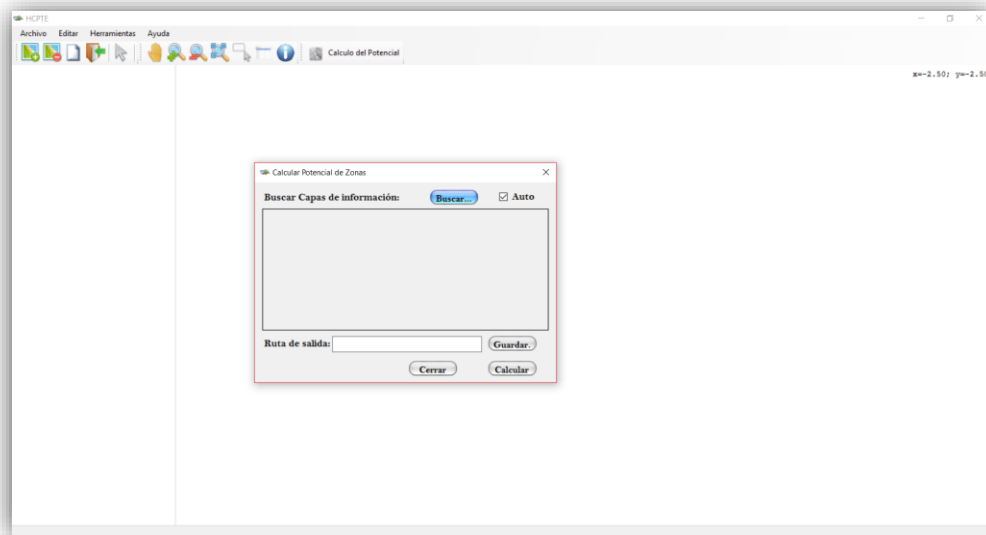


Ilustración 10, Interfaz General.

Como ya se mencionó anterior mente la interfaz está dividida en dos partes siendo que se generaron por motivos de facilitar el manejo de la información, así como visualizar el resultado sin necesidad de usar algún otro programa y como resultado se obtuvo la ilustración 11.

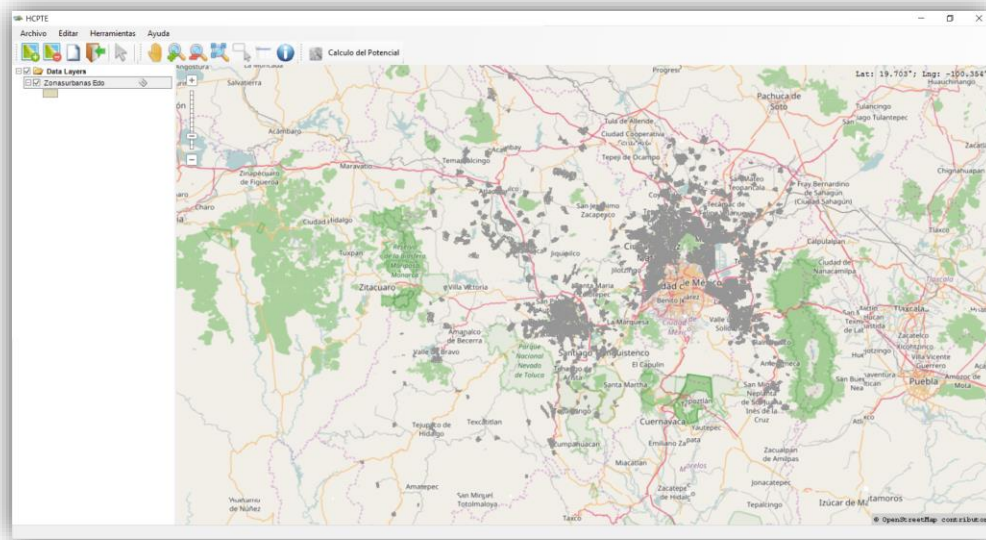


Ilustración 11, Interfaz Principal.

Como se observa en la ilustración 12, en esta interfaz se tienen los controles básicos tales como el agregar, remover capas y limpiar todas las capas, en el segundo grupo de herramientas tenemos las básicas tales como las zoom, paneo, selección, ver tabla de atributos y hacer una identificación espacial y por ultimo tenemos la tercera barra de

herramientas la cual es el resultado de este trabajo, ya que es la que da acceso a la herramienta que hacer el análisis espacial para dar como resultado las zonas potenciales del área que se esté analizado, dicha interfaz la podremos ver en ilustración 12.

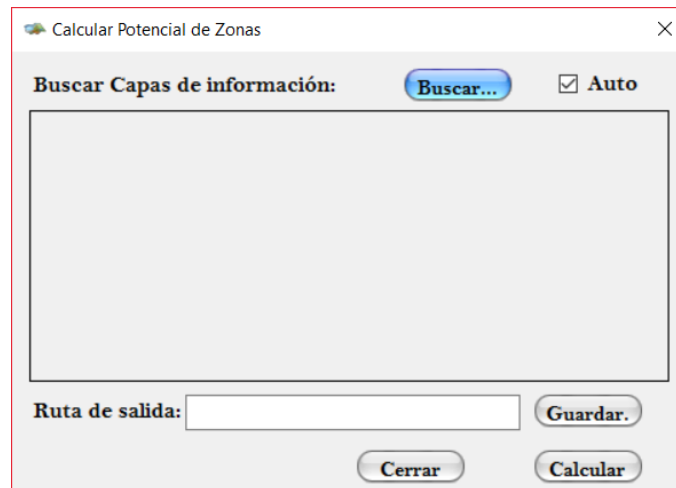


Ilustración 12, Interfaz de la Herramienta para calcular Potencial.

Como se observa en la ilustración 13, es la interfaz de la herramienta que permite el cálculo del potencial, el cual como se observa contiene 4 botones y un CheckBox, cada botón tiene su función, por ejemplo el botón de buscar permite la ubicación de las capas de información que se usan para el análisis, el segundo botón con nombre guardar, sirve para hacer referencia a la ubicación final del resultado de la operación del análisis, otro botón es Cerrar este botón solo sirve para cerrar esta interfaz o abandonar la vista antes de hacer la operación, por ultimo tenemos el botón de calcular el cual da pie a generar el análisis y dar un resultado con los procesos automatizados.

Para poder realizar el análisis se generaron varios códigos los cuales permiten hacer dicho análisis automatizado dichos procesos son:

- Agregar Campo
- Llenar Campo
- Crear Buffer
- Dissolver
- Clip (Cortar)
- Unión
- Intersect (Intersección)
- Remover

Como se mencionó anteriormente, cada código sirve para una parte del proceso, es por eso que a continuación se presenta dichos códigos, empezando por el de Agregar Campo, el cual se muestra en la ilustración 13.

```

Sub AgregarCampo(ByVal shpruta As String, ByVal nombrec As String)
    Dim sf As New MapWinGIS.Shapefile()
    Dim FieldIndex As Integer
    Dim field As New MapWinGIS.Field
    Dim success As Boolean
    sf.Open(shpruta)
    sf.StartEditingTable()
    field.Name = nombrec
    FieldIndex = sf.NumFields + 1
    field.Type = MapWinGIS.FieldType.INTEGER_FIELD
    field.Width = Convert.ToInt32(2)
    success = sf.EditInsertField(field, FieldIndex)
    success = sf.StopEditingTable(True)
    success = sf.Close()
End Sub

```

Ilustración 13, Código para Agregar Campo.

El código de la Ilustración 13, muestra la forma en como agregar un nuevo campo a la tabla de atributos del shapefiles, este código es usado para agregar el campo que contendrá la ponderación que presento en la metodología, el siguiente código va ligado con el anterior ya que es el de Llenar Campo, el cual se presenta a continuación.

```

Sub llenarCampoPot()
    Dim sf As New MapWinGIS.Shapefile()
    Dim data As Double
    data = 100
    sf.StartEditingTable()
    sf.EditCellValue(0, 0, data)
    sf.StopEditingTable(true)
End Sub

```

Ilustración 14, Código para llenar campo.

Como se observa en el código de la ilustración 14, es el código para llenar los campos con los valores que se suministren, en este caso este código llenara los campos de ponderación basado en los rangos y valores que se expusieron en la metodología, así mismo a continuación en la ilustración 16, se plasma el código para generar buffers basados en algunas capas ya que en ellas es necesario representar más allá de si mismas tales como los casos de las vías de comunicación, las líneas de transmisión eléctrica y la capa de los ríos.

```

Sub CreateBufferpot(ByVal shpruta As String, ByVal shprutasal As String)
    Dim Nombreshp As String = (shpruta)
    If System.IO.File.Exists(Nombreshp) = True Then
        Dim sf As New MapWinGIS.Shapefile()
        sf.Open(Nombreshp)
        Dim utils As Utils = New Utils
        Dim distance As Double = 0 'metros
        Dim buffers As List(Of Shapefile) = New List(Of Shapefile)
        For x = 0 To Variables.lisdis.Count - 1
            distance = Variables.lisdis(x)
            Dim sfBuffer As Shapefile = sf.BufferByDistance((distance), 30, False, True)
            buffers.Add(sfBuffer)
        Next

        Dim i As Integer = (buffers.Count - 1)
        Do While (i > 0)
            Dim sfDiff As Shapefile = buffers(i).Difference(False, buffers((i - 1)), False)
            buffers(i) = sfDiff
            i = (i - 1)
        Loop

        Dim sfResult As Shapefile = buffers(0).Clone
        Dim field As New MapWinGIS.Field
        field.Name = "Distancia"
        field.Type = MapWinGIS.FieldType.DOUBLE_FIELD
        field.Width = Convert.ToDouble(10)

        Dim fieldIndex As Integer = sfResult.EditInsertField(field, 1)

        i = 0
        Do While (i < buffers.Count)
            Dim sfBuffer As Shapefile = buffers(i)
            Dim j As Integer = 0
            distance = Variables.lisdis(i)
            distance = distance / 1000
            Do While (j < sfBuffer.NumShapes)
                Dim index As Integer = sfResult.NumShapes
                sfResult.EditInsertShape(sfBuffer.Shape(j).Clone, index)
                sfResult.EditCellValue(1, index, distance)
                j = (j + 1)
            Loop
            i = (i + 1)
        Loop

        Variables.rutsalbufauto = "\Buffer" + System.IO.Path.GetFileNameWithoutExtension(shpruta)
        Variables.rutsalbufauto = Variables.rutsalbufauto + ".shp"
        Variables.rutsalbufauto = shprutasal + Variables.rutsalbufauto
        sfResult.SaveAs(Variables.rutsalbufauto)
    Else
        MessageBox.Show(("El archivo shapefile no fue encontrado: " + System.IO.Path.GetFileNameWithoutExtension(Nombreshp)))
    End If
End Sub

```

Ilustración 15, Código para hacer buffer.

Como se puede observar en la ilustración 15, es un código complejo ya que como se muestra primero genera los shapes con las distancias que uno le ha indicado, seguido de esto el código extrae las partes más pequeñas de las más grandes, esto para que no exista un traslape de información, y por último genera un shapefile con las distancias y los shapes de cada distancia correspondiente, así como el llenado de la tabla con sus respectivos atributos correspondientes a cada shape.

Continuando con la presentación de los códigos usados por la herramienta, se prestan en la ilustración 16, el código usado para disolver el shapefile en base a un atributo de su tabla, dicho código fue generado para poder generar una cobertura base para que se usara posteriormente en las capas de los buffers.


```

Sub Dissolve(ByVal shpruta As String, ByVal shprutasal As String, ByVal numcolumn As Integer)
    Dim sfinput As New MapWinGIS.Shapefile
    Dim sfdissolve As New MapWinGIS.Shapefile
    sfinput.Open(shpruta)
    sfdissolve = sfinput.Dissolve(numcolumn, False)
    If sfdissolve Is Nothing Then
        MessageBox.Show("Failed:" + sfinput.ErrorMessage(sfinput.LastErrorCode))
    Else
        sfdissolve.SaveAs(shprutasal)
    End If
End Sub

```

Ilustración 16, Código para Dissolver.

Así mismo se presenta el código para cortar shapefiles, como se muestra en la ilustración 17, el cual consiste en ingresar el shapefile que se va a recortar y seguido de esto ingresar el shapefile con el que se va a cortar, este proceso sirve para que todos los shapefile sean de las mismas dimensiones, este código se implementa cuando se generan los shapefile de los buffers para que estos cumplan con las mismas dimensiones del área de estudio.

```

Sub Cortar()
    Dim sfOverlay As New MapWinGIS.Shapefile
    Dim sfinput As New MapWinGIS.Shapefile
    Dim sfClip As New MapWinGIS.Shapefile
    Dim index1 As Integer
    Dim index2 As Integer

    index1 = CbInputLayer.SelectedIndex
    index2 = CbOverlayClipLayer.SelectedIndex
    sfinput = FormMain.AxMapMain.get_Shapefile(index1)
    sfOverlay = FormMain.AxMapMain.get_Shapefile(index2)

    sfClip = sfinput.Clip(False, sfOverlay, False)
    If sfClip Is Nothing Then
        MessageBox.Show("Failed to calculate Clip :" + sfClip.ErrorMessage(sfClip.LastErrorCode))
    Else
        shape2.Add(sfClip)
    End If
End Sub

```

Ilustración 17, Código para cortar.

También muy parecido es el código que se generó para unir las capas, es te código se observa en la ilustración 18, en el cual se observa la misma estructura como en el código anterior, el cual es ingresar un shapefile y un según shapefile para unir, este proceso fue usado para hacer que los shapefile que pasaron por el código de buffer, les sea agregado los contornos o las zonas faltantes para que cumplieran con las mismas dimensiones que el resto de las capas de información, para prevenir errores con el resultado y todas los shapefiles sean de las mismas dimensiones y características.

```

Sub Union()
Dim sfOverlay As New MapWinGIS.Shapefile
Dim sfinput As New MapWinGIS.Shapefile
Dim sfUnion As New MapWinGIS.Shapefile
Dim index1 As Integer
Dim index2 As Integer

    index1 = CbInputLayer.SelectedIndex
    index2 = CbOverlayClipLayer.SelectedIndex
    sfinput = FormMain.AxMapMain.get_Shapefile(index1)
    sfOverlay = FormMain.AxMapMain.get_Shapefile(index2)

sfUnion = sfinput.Union(False, sfOverlay, False)

    If sfUnion Is Nothing Then
        MessageBox.Show("Failed to calculate Union :" + sfClip.ErrorMsg(sfClip.LastErrorCode))
    Else
        shape2.Add(sfUnion)
    End If
End Sub

```

Ilustración 18, Código para unir.

Si siguiendo con la descripción de los códigos tenemos que en la ilustración 19, se tiene el código para hacer la intención de las capas, la cual permite unir a todas las capas una vez que estas ya cuentan con el atributo de la ponderación en sus bases de datos, este proceso es el que permitirá después hacer la suma de cada ponderación con su respectivo valor y multiplicado por el valor que se obtuvo en la matriz del AHP basados en los parámetros de la escala de SAATY, por lo que se puede decir que este código es el más importante de la herramienta ya que como se dijo es la que une a todas las capas para poder dar el resultado ya que después se aplicara otros códigos para retirar las capas que son restricciones.

```

Sub Intersceccion()
Dim sfOverlay As New MapWinGIS.Shapefile
Dim sfinput As New MapWinGIS.Shapefile
Dim sfUnion As New MapWinGIS.Shapefile
Dim index1 As Integer
Dim index2 As Integer

    index1 = CbInputLayer.SelectedIndex
    index2 = CbOverlayClipLayer.SelectedIndex
    sfinput = FormMain.AxMapMain.get_Shapefile(index1)
    sfOverlay = FormMain.AxMapMain.get_Shapefile(index2)
    sfInter = sfinput.Clip(sfOverlay, tkClipOperation.c1Intersection)
    If sfInter Is Nothing Then
        MessageBox.Show("Failed to calculate Intersceccion :" + sfClip.ErrorMsg(sfClip.LastErrorCode))
    End If
End Sub

```

Ilustración 19, Código para hacer la Intersección.

Como se mencionó anteriormente, para dar el resultado final se tiene que retirar las capas restrictivas que se mencionaron en la metodología, cabe mencionar que con el resultado sin quitar las capas ya se puede tener un resultado bueno, para este caso se quitan estas capas ya que son restricciones para poder construir la planta de energía pues bien el código usado para hacer esta extracción de información se muestra en la ilustración 20, el cual necesita

dos capas de información, la capa a la cual se le va a retirar partes y la capa que indicara que partes serán retiradas, para dar por fin el resultado fin de la herramienta.

```
Sub Remover ()
    Dim sfOverlay As New MapWinGIS.Shapefile
    Dim sfinput As New MapWinGIS.Shapefile
    Dim sfUnion As New MapWinGIS.Shapefile
    Dim index1 As Integer
    Dim index2 As Integer

    index1 = CbBInputLayer.SelectedIndex
    index2 = CbBOverlayClipLayer.SelectedIndex
    sfinput = FormMain.AxMapMain.get_Shapefile(index1)
    sfOverlay = FormMain.AxMapMain.get_Shapefile(index2)
    sfextra = sfinput.Difference(False, sfOverlay, False)
    If sfextra Is Nothing Then
        MessageBox.Show("Failed to calculate :" + sfClip.ErrorMessage(sfClip.LastErrorCode))
    End If
End Sub
```

Ilustración 20, Código para remover partes de un shapefile.

Por último, ya que se tiene el resultado final, este no presenta la clasificación de forma visual es decir que solo muestra un color a la vista es por ello que se presta el código usado para dar color a cada categoría, así como la generación de las categorías para poderlas visualizar en la herramienta, dicho código se presenta en la ilustración 21.

```
Dim fieldIndex As Integer = formaSF.Table.FieldIndexByName("Potencial")
formaSF.Categories.Generate(fieldIndex, tkClassificationType.ctUniqueValues, 0)
For i = 0 To formaSF.Categories.Count - 1
    Dim Region As String = formaSF.CellValue(fieldIndex, i)
    Select Case Region
        Case "Muy Potencial"
            formaSF.Categories.Item(i).DrawingOptions.FillColor = Convert.ToUInt32( RGB(0, 64, 0) )
        Case "Potencial"
            formaSF.Categories.Item(i).DrawingOptions.FillColor = Convert.ToUInt32( RGB(0, 128, 64) )
        Case "Medio Potencial"
            formaSF.Categories.Item(i).DrawingOptions.FillColor = Convert.ToUInt32( RGB(255, 255, 128) )
        Case "Bajo Potencial"
            formaSF.Categories.Item(i).DrawingOptions.FillColor = Convert.ToUInt32( RGB(128, 128, 0) )
        Case "No Recomendado"
            formaSF.Categories.Item(i).DrawingOptions.FillColor = Convert.ToUInt32( RGB(255, 0, 0) )
    End Select
Next
```

Ilustración 21, Código para hacer la clasificación y asignar color.

Capítulo 9. Resultados

Una vez hecho el desarrollo basado en la metodología y pasos expuesto anteriormente llegamos al final donde culmina todo el trabajo de investigación y desarrollo, pues bien, la herramienta genera un shapefile, el cual contiene las zonas potenciales del área de estudio, dividida en las categorías que se expusieron anteriormente, para llegar a este resultado se realizó el siguiente proceso:

Lo primero es tener abierta la interfaz de la herramienta, y seleccionar el botón de la herramienta la cual nos dará paso a la interfaz de la misma, tal como se muestra en la ilustración 22.

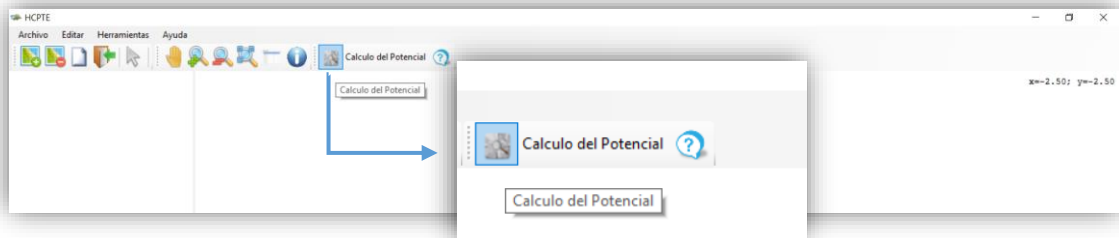


Ilustración 22, Botón de la Herramienta.

Cuando le damos clic, en botón nos abrirá la interfaz de la herramienta, la cual está dividida en dos partes una es la interfaz principal y la segunda es una interfaz de la ayuda, tal como se muestra en la ilustración 23.

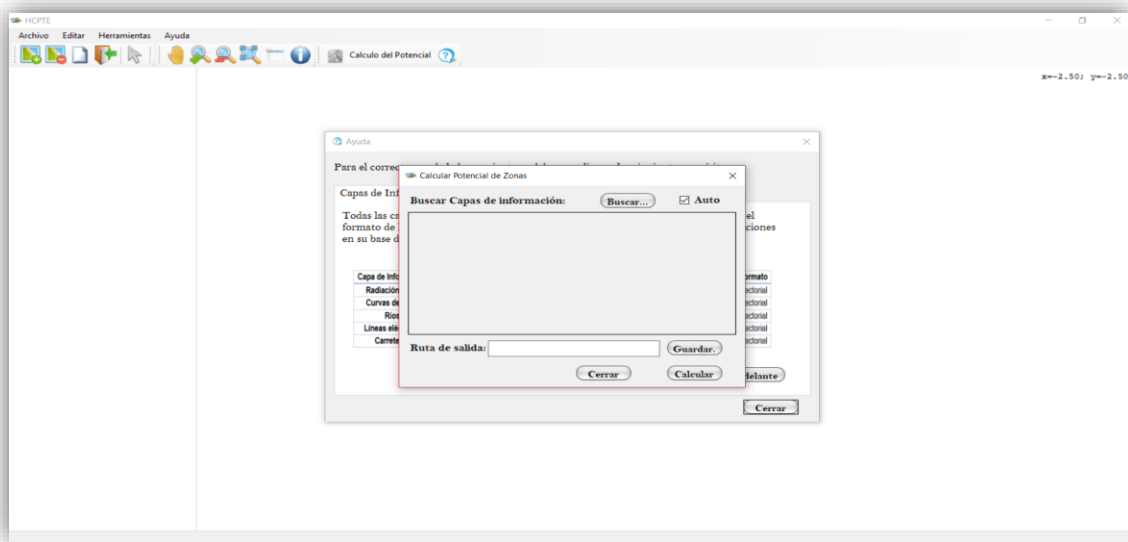


Ilustración 23, Interfaz de la herramienta final.

Como se mencionó anteriormente, la interfaz está dividida en dos, en este caso se presenta la ventana de ayuda de la herramienta que contiene información del correcto uso y las características que deben cumplir los shapefiles, siendo que la ventana de ayuda esta dividida en, tal como se muestran en la ilustración 24.

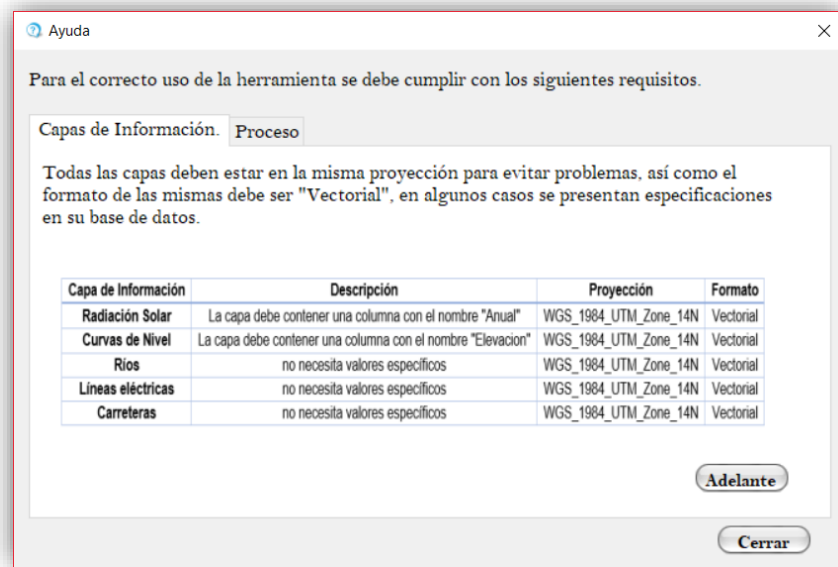


Ilustración 24, Interfaz ayuda parte 1.

En la segunda parte de esta interfaz de ayuda, tenemos una explicación rápida del uso de la herramienta, tal como se presenta en la ilustración 25.

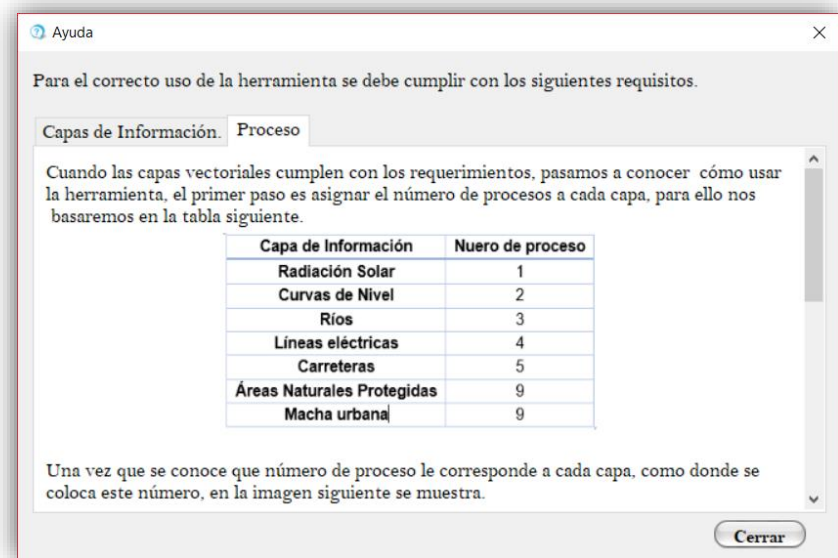


Ilustración 25, Interfaz ayuda parte 2.

Retomando el proceso para llegar al resultado final, lo primero es buscar los archivos que vamos a utilizar, para ello se ubicó la carpeta, mediante el botón de buscar de la interfaz de la herramienta la cual está ubicada en la parte superior derecha, tal como se muestra en la ilustración 26.

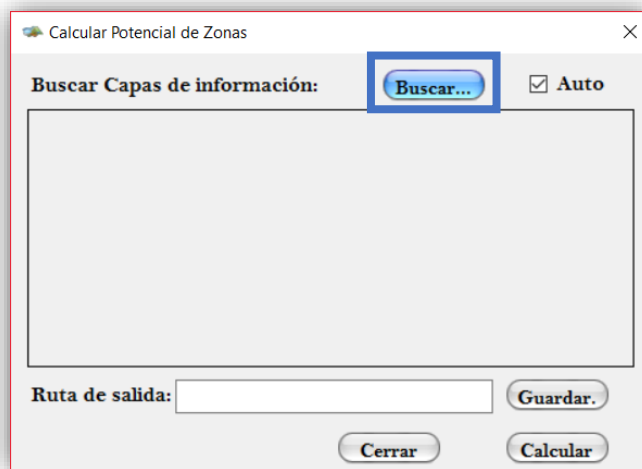


Ilustración 26, Botón para buscar los shapefiles.

Una vez, hecho clic en el botón de buscar, nos abrirá la ventana que se muestra en la ilustración 27, en la cual se observa la ruta donde están ubicadas las capas, una vez seleccionadas las capas, de da clic en abrir.

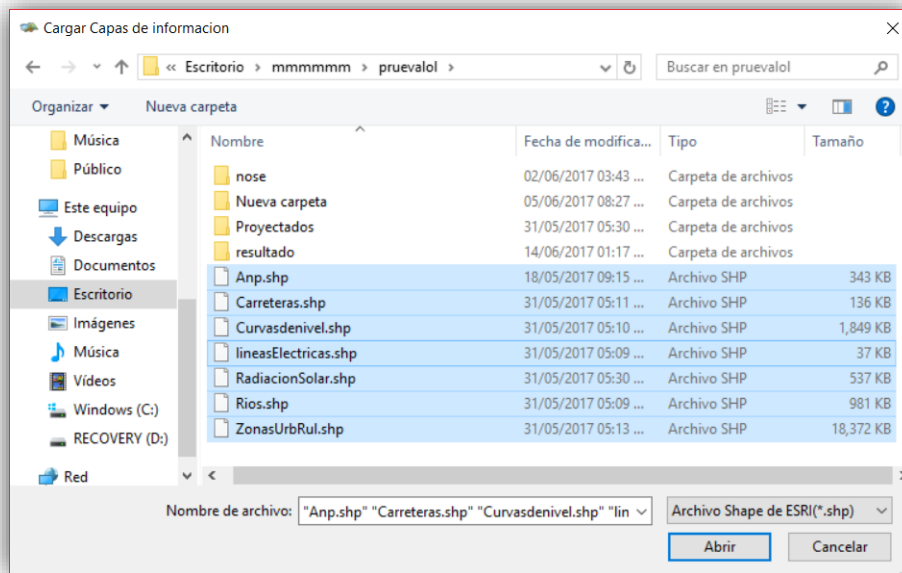


Ilustración 27, Ventana de selección de shapefiles.

Una vez seleccionados y abiertos los archivos, la interfaz cambiará, tal como se muestra en la ilustración 28, en la cual se le asigna el proceso adecuado a cada capa tal como se mencionó anteriormente, al igual que aparece en la ventana de ayuda.

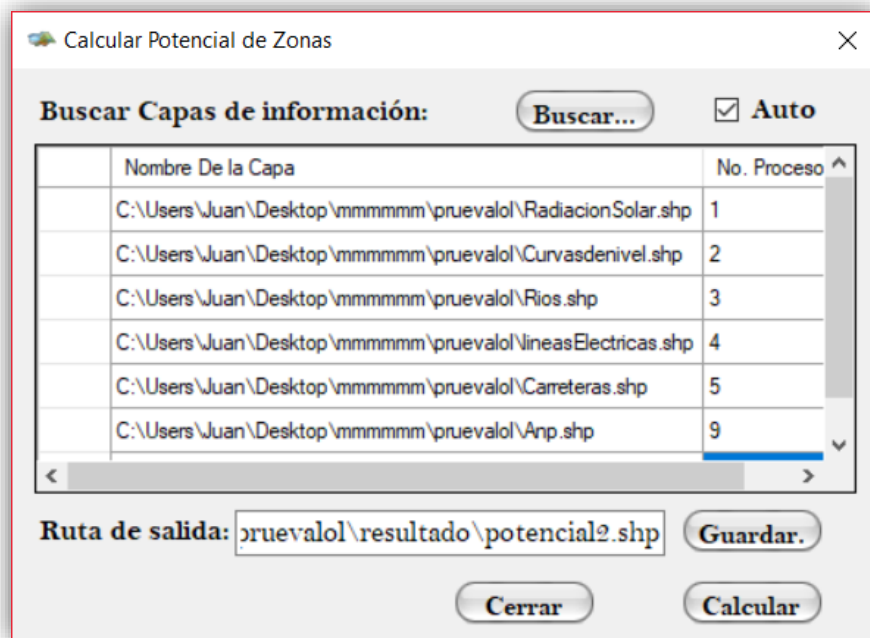


Ilustración 28, Interfaz de la herramienta con datos.

Una vez llena la interfaz, con todos los datos solicitados, se da clic en el botón de calcular el cual inicializará el proceso automatizado, dando pie a la visualización de la ilustración 29, la cual indica que el proceso está en marcha.

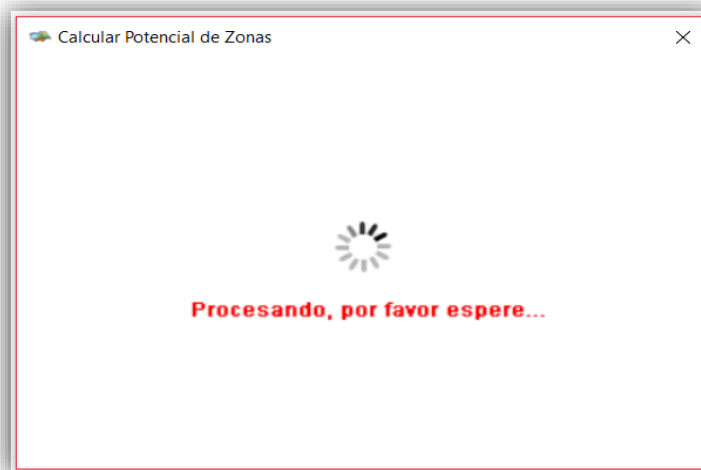


Ilustración 29, Ventana de proceso.

El proceso tardará algunos minutos, ya que son variados los procesos que se tienen que realizar, una vez terminado el proceso saltará una aleta, la cual nos indica que el proceso ha finalizado, tal como se muestra en la ilustración 30.

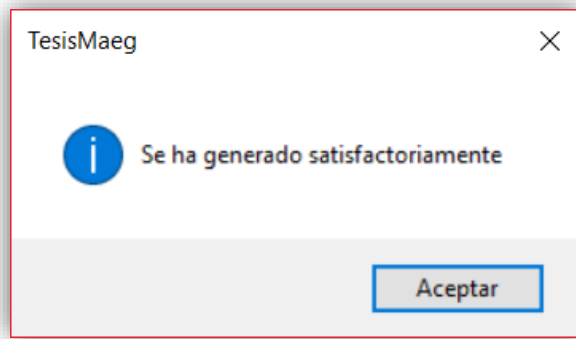


Ilustración 30, Alerta de finalizado el proceso.

Por último, antes de tener ya la vista final del resultado la vista general que se observará será la que aparece en la ilustración 31, la cual muestra la venta del proceso y la alerta de finalizado.

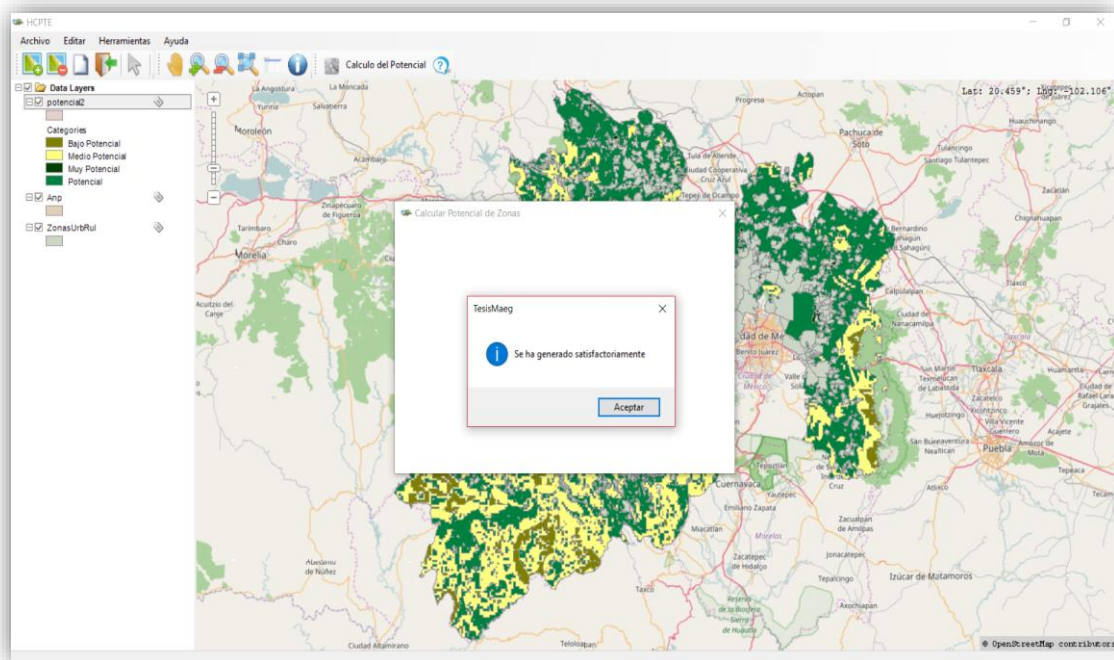


Ilustración 31, Interfaz de proceso finalizado.

Una vez concluido todo el proceso y cierre de ventanas de alerta tendremos el resultado final en la interfaz, en la cual se presentan tres capas, siendo es tas los asentamientos humanos, las Áreas naturales protegidas y el resultado, es de mencionar que las dos primeras capas de información son agregadas ya que al resultado fin son retiradas estas coberturas, teniendo como resultado la ilustración 32.

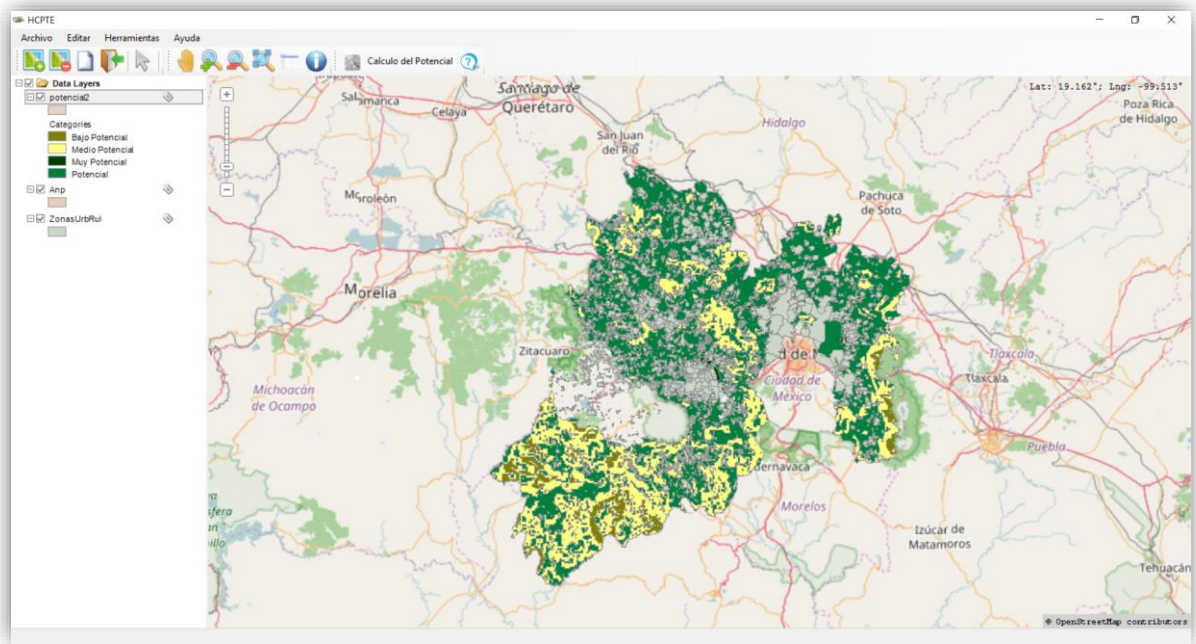


Ilustración 32, Resultado final de la Herramienta.

Como se muestra en la ilustración 32, sería el resultado final que entregaría la herramienta, en la cual podemos apreciar que el resultado está dividido en las categorías que cumplen los parámetros, en este caso de estudio podemos ver que solo se generaron 4 de las 5 categorías tal como se observa en la ilustración 33.

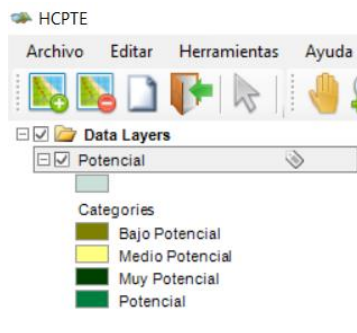
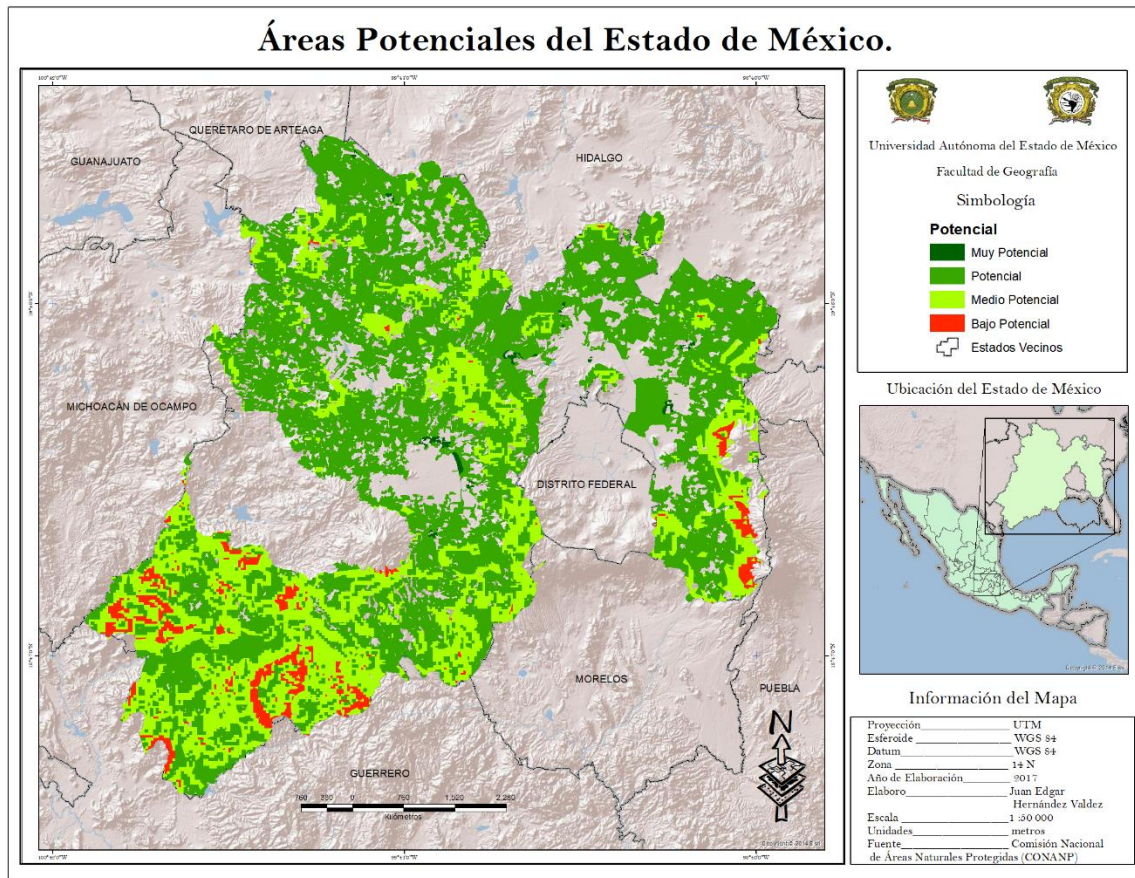


Ilustración 33, Categorías del Estado de México.

Pues bien, como se ve, el resultado final se presenta en un modo que permita seguir con un análisis más complejo, pero ahora se presenta el resultado obtenido para la zona de estudio en este caso el Estado de México, en un formato de un mapa en el cual se puede apreciar de mejor modo el resultado, tal como se ve en el mapa 9.



Mapa 9, Áreas Potenciales del Estado de México.

Como se muestra en el Mapa 9, observamos las zonas potenciales que tiene el Estado de México, en una vista general se observa que la superficie del Estado de México está en entre ser potencial y medianamente potencial para implementar la tecnología de las centrales termoeléctricas solares, ya que en una visión más cercana se observa que las regiones del norte y centro del estado presentan en su mayoría un potencial para implementar la tecnología, pero también es de notar que se presentan grandes zonas de potencial medio **peor** en su mayoría es potencial, la que domina en estas regiones, así mismo se observar que en la zona sur del estado predomina el medianamente potencial, así como la presencia del bajo potencial en esta zona cercana al estado de Guerrero, otra cosa a tomar en cuenta es que en la zona norte centro del estado está la mayor concentración de población lo que en un principio pode ser bueno ya que podría abastecer a la población con costes más bajos, pero a la vez podría chocar con la expansión de las manchas urbanas, pero que tan superficie ocupa cada rango, pues bien en la en la tabla 22 se presentan las superficies por categoría.

Potencial	Área Km ²
Muy Potencial	80.43
Potencial	9519.58
Medio Potencial	5284.69
Bajo Potencial	739.82

Tabla 22, Áreas por nivel de potencial.

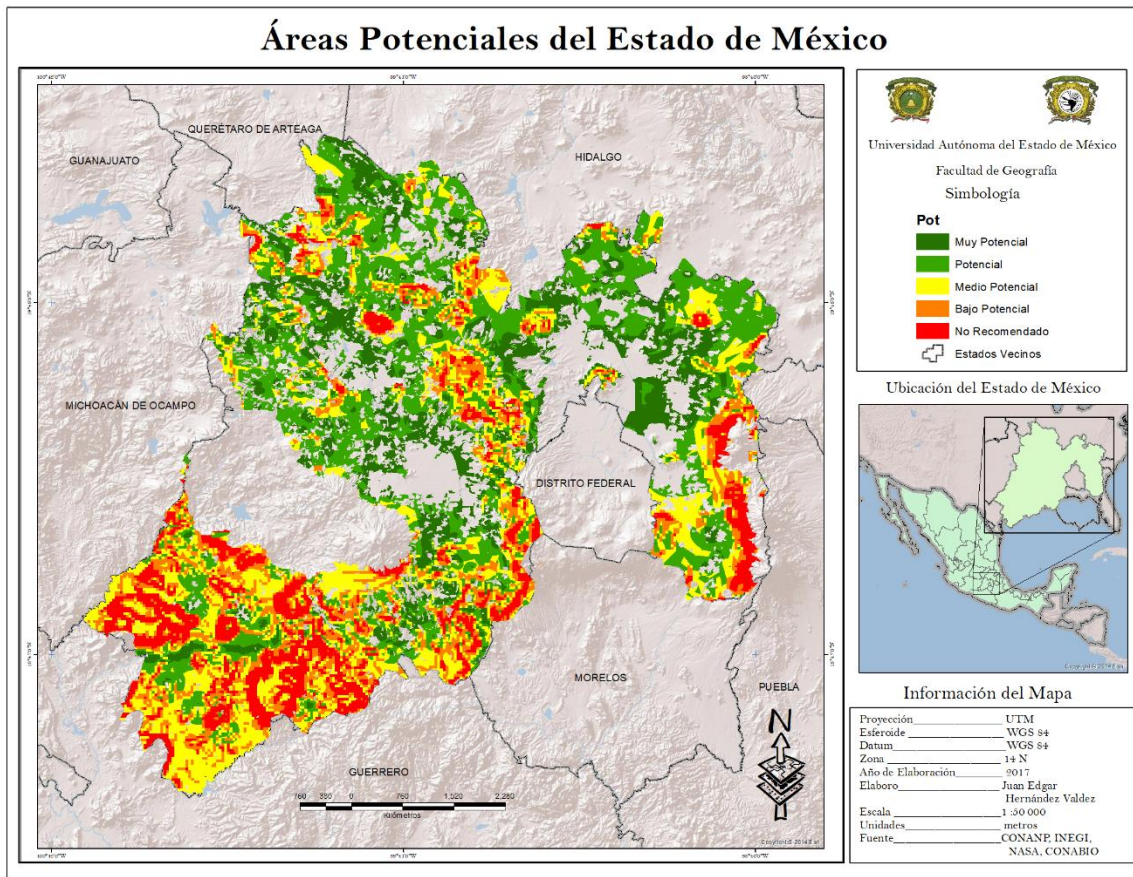
Sin embargo estos datos de la tabla 22 que nos representan que el 0.36% del territorio es muy potencial, lo que dice que estas zonas cumplen por completo todos los parámetros, el inconveniente es que estas zonas están cerca de las zonas urbanas lo que puede ser bueno o malo ya sea porque el suministro llegaría más rápido y la infraestructura sería de menor costo, pero por el contrario sería la expiación de las zonas urbanas, ahora el 42.31% del territorio, cerca la mitad, es potencial siendo que este presenta un su mayoría el cumplimiento de casi todos los parámetros, lo que indica que el estado es buen candidato para implementar la tecnología de las termoeléctricas solares, cabe mencionar que esta categoría es la predominante en el territorio, pero por el contrario el 23.49%, es el segundo más predominante siendo que esta categoría es el de medio potencial, indicando que solo se cumplen la mitad de los parámetros, lo cual impediría el óptimo funcionamiento, pero no impediría tratar de proponer otras tecnologías basadas en el uso de la energía solar, por último el 3.29% del territorio es de bajo potencial siendo que estas ya no son recomendados para implementar la tecnología, puesto que cumplen ni la mitad de los parámetros lo cual dificultaría o nulificaría la eficiencia de la tecnología.

También se puede observar en el mapa 9, es que no se prestan la categoría de no recomendado, lo cual indica que en el Estado de México se puede poner en marcha más estudios para conocer a fondo que zonas serían las más aptas para proponer la implementación de las termoeléctricas solares, para reducir los costes de producción de energía, así como dar el paso para sustituir el consumo de recursos fósiles para la producción de energía, ya que estos son contaminantes, siendo que este cambio de fuentes de producción no solo benefician a reducir el costo de producción si no también ayudarían al medio ambiente.

Con lo que se puede deducir que el Estado de México en su mayoría es una zona potencial para implementar la tecnología de las termoeléctricas de torreo, ya que este cumple con las características fundamentales para dicha tecnología, la cual podría proporcionar una eficiencia mayor en la producción de energía eléctrica y reduciría el costo de producción, así como la reducción de los efectos nocivos de los combustibles fósiles.

Por otra parte, nace otra inquietud cual sería el comportamiento de estas zonas si se redujera la escala de medida de las categorías, ya que el resultado anterior está representado con las categorías establecidas en el estudio, lo cual nos hace ver un panorama general, pero que pasaría si generamos el resultado con el mismo número de categorías, pero considerando como límite superior (Muy Potencial) 1 y el límite inferior que resulto del análisis siendo el de 3.08 (No recomendado), ya que como se mencionó anteriormente el 3.08 entra en la

categoría de bajo potencial, que de forma más juiciosa estas zonas ya no son tan potenciales puesto que el rendimiento no sería el deseado, cabe mencionar que este resultado no se genera en la herramienta es un resultado secundario generado en otro software, pero usando los resultados de herramienta es decir que solo se reclasifico el resultado para obtener este nuevo resultado, el cual se presenta en el mapa 10, pero recalcando que se usaron los datos resultantes de la herramienta.



Mapa 10, Potencial Estado de México Opción 2.

Como se observa en el mapa 10, los resultados cambian considerablemente, pero se observa que los resultados obtenidos, mantienen la distribución de las categorías es decir, en las regiones del norte y centro es donde se encuentran las categorías de muy potencial y potencial, pero teniendo una considerable aparición de zonas de medio potencial y algunas de bajo potencial, así como en la región sur se encuentra las zonas medias y bajas, pero es de notar que en este resultado aparecen ya las zonas de no recomendados, lo cual refleja el mismo resultado de la herramienta la cual marca que las regiones norte y centro son las mejores para la tecnología de las torres eléctricas, y las región del sur no presenta las características para ser considerada como potencial para implementar la tecnología, pero si se observa bien existen franjas donde si se presentan zonas muy potenciales y potenciales, pero sin dejar de resaltar que estas región es dominada por la categoría de medio potencial

y no recomendado, pero existe esa posibilidad de que en esas zonas potenciales se pudiesen explorar otras opciones de producción de energía solar, con tecnologías menos exigentes y que sean productivas.

Pero ahora que dimensiones ocupan estas nuevas zonas ya que la distribución y ubicación cambiaron, pues bien, estos nuevos resultados se muestran en la tabla 23, la cual contienen el área que ocupa cada categoría.

Potencial	Área Km2
Muy Potencial	2725.98
Potencial	4777.57
Medio Potencial	3683.05
Bajo Potencial	2276.48
No recomendado	2161.41

Tabla 23, Área Km2 resultado 2.

Pues bien, esos datos nos representan que la categoría de muy potencial ocupa el 12.12% del territorio total de estado, siendo la tercera área con mayor presencia siendo que las zonas potenciales representan el 21.23% del territorio, estas zonas como se muestran el mapa 10, predominan en la regiones norte y centro del territorio del Estado de México, seguidos por el 16.37% que corresponde a la categoría de medio potencial que como se ve en el mapa 10 predomina en todo el estado, esto se puede deber a que están cerca de elevaciones, tales como montes, colinas o montañas, seguido por el 10.12%, que corresponde a la categoría de bajo potencial, el cual ya estaría en el espacio de no implementar ya que en estas zonas no habría un rendimiento aceptable y mucho menos eficiente y por último tenemos que el 9.61%, del territorio pertenece a la categoría de no recomendado, el cual ya está fuera de toda zona útil para esta tecnología, pero es decir que sean zonas inútiles para producir energía tal vez pueda ser útil para otro tipo de tecnologías.

Capítulo 10. Conclusiones

Basado en los resultados obtenidos, así como durante el desarrollo de la herramienta y de la investigación se puede concluir que la metodología utilizada cumple con lo necesario para proporcionar el resultado deseado, pero cabe mencionar que no es el único método que puede ser utilizado.

El Estado de México en la mayor parte de su territorio presenta un potencial aceptable para implementar la tecnología de las termoeléctricas de torre, donde las regiones del centro y norte del estado son clasificadas por la categoría de **Potencial**, y en el sur la predominancia es de la categoría de **Medio potencial**, deduciendo que las zonas norte del estado son las más propicias a implementar la tecnología de las termoeléctricas solares de torre, destacando que existen pequeñas zonas que presentan un alto potencial, además de que los efectos de implementar este tipo de tecnologías la producción de energía podría ser más económica, más productiva y menos contaminante.

En el aspecto de la herramienta se concluye que al automatizar el proceso de obtención de zonas potenciales se presenta una ventaja y una facilidad de obtención de insumos para la toma de decisiones, puesto que, al reducir los tiempos de producción de la información y automatización de procesos, el tomador de decisiones puede tener un escenario previo focalizando las zonas de investigación y enfocando los recursos hacia donde sean requeridos. Además, la herramienta busca una usabilidad y agradable experiencia al usuario.

Capítulo 11. Recomendaciones.

Las recomendaciones en relación a la investigación, resaltan la incorporación de un estudio técnico a detalle sobre las diferentes tecnologías termosolares que existen para encontrar la más adecuada para el territorio nacional, permitiendo que al juntarlo con este trabajo se puedan hallar las zonas óptimas y aptas para implementar estas tecnologías.

Así mismo es recomendable el incorporar otro método para encontrar las zonas potenciales, permitiendo así una amplia gama de métodos para llegar al resultado.

Las recomendaciones en relación a la herramienta, son diversas, empezando por que sea mejorada y permita otros tipos de análisis tal como se mencionó en las recomendaciones de la investigación, así como la incorporación del soporte y manejo de la información en formato raster, además, se sugiere la modificación de la presentación de los resultados, así como la mejora de evitar ciertas especificaciones en las capas de información solicitadas y la incorporación de la opción para que el usuario pueda definir en su totalidad o parcial, los criterios, procesos y valores que actualmente solicita la herramienta.

Por último, de manera general se recomienda el trabajo de campo, puesto que serviría como validación de campo, dándole más fiabilidad a esta herramienta, así como la mejora para permitir el análisis de otros tipos de tecnologías basadas en la energía solar u otros tipos, pero considerando que el análisis debe ser multicriterio.

Bibliografía

- Alvin C. Rencher, W. F. (2012). *Methods of Multivariate Analysis*. Wiley.
- Ames, D. P. (2006). *Getting Started With the MapWinGIS ActiveX Control*.
- Ávila, A. (2014). *Modelo geográfico para la estimación del potencial fotovoltaico en tejados. Caso de estudio: Miraflores de la Sierra*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Ávila, E. P. (2007). *Herram. Inf. para el Geoprocesado. Procesamiento y Gestión de datos GPS y SIG*. España: Universidad de Salamanca.
- Bravo, J. D. (2002). *La integración económica y territorial de las energías renovables y los sistemas de información geográfica., in: Departamento de Geografía Humana*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid (UCM).
- Buzai, G. D. (2015). *ANÁLISIS DE EVALUACIÓN MULTICRITERIO*. Chile.
- Casals, X. G. (2005). *Proyecto SIGER: Análisis Técnico de la Introducción de un Elevado Porcentaje de Energías Renovables en el sistema de Generación Eléctrica Español*. Madrid.
- Casals, X. G. (2005). *Renovables 2050. Un informe sobre el potencial de las energías renovables en la España Peninsular*. Madrid.
- Celemin, J. P. (2014). *El proceso analítico jerárquico en el marco de la evaluación multicriterio : Un análisis comparativo*. Universidad Nacional de Luján. Departamento de Ciencias Sociales.
- CIEMAT. (1997). *Mercado de producción de electricidad solar térmica con tecnología de torre*. Madrid.
- Cosio, N. A. (s.f.). *C# GUÍA TOTAL DEL PROGRAMADOR*.
- DOMÍNGUEZ BRAVO, J., GARCÍA CASALS, X., & PINEDO PASCUA, I. (s.f.). *RENOVABLES 2050: SIG EN LA DETERMINACIÓN DE LOS TECHOS DE POTENCIA Y GENERACIÓN DE LAS DISTINTAS TECHOS DE POTENCIA Y GENERACIÓN DE LAS DISTINTAS RENOVABLES*. Madrid: CIEMAT.
- Dr. Claudio A. Estrada Gasca, D. C. (2005). *VISIÓN A LARGO PLAZO SOBRE LA UTILIZACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN MÉXICO*. México: UNAM.
- Ducey, M. y. (1999). *A fuzzy set approach to the problem of sustainability*. USA.
- GONZÁLEZ, H. D. (2012). *Diseño De Un Sistema Fotovoltaico Para La Generación De Energía Eléctrica En El Cobaev 35 Xalapa.*. Veracruz.
- Griffiths, I. (s.f.). *Programming C# 5.0*. O'REILLY.

- Haim, A., Garbarini, R., Cecilia, S., Paola, S. M., & Pablo, C. (2000). *Evaluación de áreas geográficas adecuadas para la implementación de plantas solares termoeléctricas de torre mediante la utilización de sistemas de información geográfica*. Buenos Aires.
- Haim, P. A. (2013). *Estudio para definir áreas geográficas adecuadas para la implementación de plantas solares termoeléctricas de torre en la Argentina*. Argentina: Universidad Tecnológica Nacional.
- J. Domínguez, I. P. (2008). *Research activities in renewable energy sources integration with GIS at CIEMAT*. Madrid: CIEMAT.
- Jerónimo Aznar Bellver, F. G. (2012). *NUEVOS MÉTODOS DE VALORACIÓN*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Kabir, G. H. (2011). *Comparative Analysis of AHP and Fuzzy AHP Models for Multicriteria*. International Journal of Fuzzy Logic.
- Kimmel, P. (s.f.). *Manula de UML*. www.FreeLibros.me.
- López, L. D. (s.f.). *Métodos de análisis basados en el paradigma de la decisión multicriterio*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- López, M. Á. (2012). *Central Termosolar de 50MW en Murcia con Colectores Cilindro Parabólicos*. Murcia España.
- M. Pérez-Martínez, M. J.-S. (2008). *Energía Solar Térmica*. Madrid: Ciemat.
- Madrid, D. G. (2012). *Guía técnica de la energía solar termoeléctrica*. Madrid: Gráficas Arias Montano S.A.
- OSORIO GÓMEZ, J. C., & OREJUELA CABRERA, J. P. (2008). *EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP) Y LA TOMA DE DECISIONES MULTICRITERIO*. Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.
- PONCIANO, R. V. (2010). *“ESTRATEGIA PARA EL USO Y APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR A TRAVÉS DE PLANTAS SOLARES TERMOELÉCTRICAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE OPCIONES REALES”*. México: UNAM.
- REN21. (2016). *ENERGÍAS RENOVABLES 2016, REPORTE DE LA SITUACIÓN MUNDIAL*.
- República, I. d. (2004). *Nuevas Energías Renovables: una alternativa energética sustentable para México*. Mexico.
- República, P. d. (2012). *LEY DE LA INDUSTRIA ELÉCTRICA*. México: Diario oficial de la federación .
- República, P. d. (2015). *LEY DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA*. México: Diario oficial de la federación.

- ROA, A. F. (2011). *MÉTODO PARA LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE CENTRALES DE ENERGÍAS RENOVABLES*. SANTIAGO DE CHILE .
- Roger, P. (2009). *Ingeniería de Software un enfoque práctico*. EUUA.
- Roger, T. (2008). *Pensando en el SIG*. Canadá.
- ROMERO ALVAREZ, M. (2000). *Energía Solar termoeléctrica*. España.: CIEMAT.
- Romero, G. A. (2007). *CONSTRUCCIÓN DE UN VISOR DE SHAPEFILES CON HERRAMIENTAS LIBRES*.
- Romero, G. A. (2008). *FILTRO POR ATRIBUTOS PARA EL VISOR DE SHAPEFILES DEL COMPONENTE MAPWINGIS*. geotux.
- Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Pocess*. Ed. McGrawHill.
- Saiz, C. O. (2012). *CENTRAL SOLAR TERMOELÉCTRICA DE 49,9MWe CON ALMACENAMIENTO TÉRMICO*. Madrid.
- Science, D. o. (February 2010). *Object-oriented Programming in C#*. Kurt Nørmark ©.
- T.L., S. (2008). *Decision making with the analytic hierarchy process*. Services Sciences.
- TEAM, M. O. (2007). *MAPWINGIS REFERENCE MANUAL*. MAPWINDOW.
- UNIDAD DE PLANEACIÓN, I. D. (2005). *Atlas de Radiación Solar de Colombia*. Colombia.
- Universidad Autónoma de Coahuila, B. B. (2012). *Factibilidad De La Implementación De Una Planta Termosolar Para La Generación De Energía Eléctrica En Torreón, Coahuila, México*. Coahuila.
- X. García Casals, J. D. (2005). *Renovables 2050. Un informe sobre el potencial de las energías renovables en la España Peninsular*. Madrid: Greenpeace.
- Yajure C., G. Y. (2014). *Enfoque multicriterio para la selección preliminar de la mejor tecnología para la producción de electricidad a partir del carbón mineral*. Revista Tecnológica ESPOL – RTE.
- Yajure, C. A. (2015). *Comparación de los métodos multicriterio AHP y AHP Difuso en la selección de la mejor tecnología para la producción de energía eléctrica a partir del carbón mineral*. Colombia: Facultad de ingenierías, Instituto Tecnológico Metropolitano.