



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**SISTEMAS ENERGÉTICOS SUSTENTABLES EN PARQUE ECOLÓGICO
TUZANDÉPETL, VERACRUZ.**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTA

LUIS ENRIQUE LUNA BERDEJO

MÉXICO, D.F. A 3 DE FEBRERO DEL AÑO 2014





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE:	Profesor: Antonio Valiente Barderas
VOCAL:	Profesor: Nestor Noé López Castillo
SECRETARIO:	Profesor: Felipe Muñoz Gutiérrez
1er. SUPLENTE:	Profesor: Juan Pablo Aguayo Vallejo
2° SUPLENTE:	Profesor: Alfonso Durán Moreno

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA: INSTITUTO DE INGENIERÍA,
FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE
MEXICO, CIUDAD UNIVERSITARIA.**

ASESOR DEL TEMA: FELIPE MUÑOZ GUTIERREZ

SUSTENTANTE (S): LUIS ENRIQUE LUNA BERDEJO

TEMARIO

Introducción a la tesis.....	1
Capítulo 1 Impacto ambiental en la zona de Ixhuatlán del sureste y sus alrededores.....	2
Capítulo 2 Descripción de los tipos de energía renovable.....	22
Capítulo 3 Funcionamiento y descripción de los sistemas energéticos renovables.....	52
Capítulo 4 Diseño de sistemas fotovoltaicos.....	95
Capítulo 5 Diseño de sistemas fototérmicos.....	124
Capítulo 6 Conclusiones y recomendaciones.....	129
Bibliografía y referencias electrónicas.....	133
Anexo A	
Anexo B	
Anexo C	

Introducción

Esta tesis tiene como objetivo mostrar el diseño y la aplicación de los equipos que utilizan energía solar como recurso renovable en el Parque Ecológico Tuzandepétl (PET), localizado en el municipio de Ixhuatlán del Sureste, Veracruz de Ignacio de la Llave, esto se hace con la finalidad de mostrar el funcionamiento y ventaja ecológica. Lo que aquí se aborda es una parte reducida de un estudio más amplio, que PEMEX solicitó al Instituto de Ingeniería de la UNAM, en el que además se estudian dispositivos en el manejo ecológico desechos sólidos y el aire.

Para los dispositivos de energía renovable se consideran los siguientes aspectos: fundamentos de diseño, funcionamiento, beneficio ambiental y aspectos económicos.

El desarrollo del presente trabajo se divide en los siguientes capítulos:

Capítulo 1: Describe las instalaciones de PEMEX en los poblados cercanos al PET y el impacto ambiental de su operación.

Capítulo 2: Describe los diferentes tipos de energía renovable y su aplicación ambiental energética.

Capítulo 3: Habla del funcionamiento de los dispositivos característicos de cada tipo de energía renovable y la utilidad en el PET.

Capítulo 4: Trata sobre el diseño y costo de inversión para los dispositivos de energía solar fotovoltaica.

Capítulo 5: Se refiere al diseño y costo de inversión para los dispositivos de energía solar fototermiica.

Capítulo 6: Recomendaciones y conclusión.

Al final se incluye la bibliografía.

Capítulo 1: Impacto ambiental en la zona de Ixhuatlán del sureste y sus alrededores.

Uno de los principales problemas a los que se está enfrentando la humanidad es sufrir los efectos del manejo irracional de los recursos naturales. Probablemente el hecho de que durante siglos no existía un verdadero conocimiento de lo que teníamos y de cómo aprovecharlo, nos creó una postura esperanzadora e inconsciente de que nuestros recursos eran ilimitados; de cierta forma esto era posible todavía en el siglo pasado cuando existía una relación armónica entre población y los recursos no renovables.

El problema de la protección al medio ambiente no es, como se ha demostrado al pasar de los años, un problema que solo concierne a nuestra generación, ya que a causa del desarrollo industrial y tecnológico se ha acelerado el proceso de devastación ecológica, es por ello que se habla de un desarrollo sustentable el cual busca remediar los problemas ambientales sin comprometer a las futuras generaciones.

En México uno de los factores que ha dado la alarma en el deterioro de los recursos naturales y contaminación ha tenido como origen a la industria petrolera, principalmente en el estado de Veracruz, en donde esta actividad extrae 2, 576 miles de barriles de crudo diariamente¹. La gran riqueza que se extrae del subsuelo veracruzano y el valor agregado que se genera a partir del proceso de refinación, han servido para financiar en gran medida el desarrollo del país.

El territorio del estado de Veracruz posee una riqueza natural única, en éste se registra una gran diversidad de ecosistemas que dan sustento físico a variadas actividades de explotación de recursos. Entre los recursos naturales más explotados de la entidad; el petróleo figura en primer lugar. Las principales zonas productoras se localizan en el litoral del Golfo de México, así como la Franja de Oro, en la región de Poza Rica; en la región de Coatzacoalcos, al sureste, se localizan instalaciones de refinación y petroquímica, además de 5,199 km de ductos que cruzan la periferia de las áreas urbanas y se proyectan por grandes

extensiones de áreas naturales, uno de ellos se encuentra en el área de Ixhuatlán del sureste, el salinoducto de Tuzandepetl.

Los ecosistemas de donde se extraen los recursos naturales funcionan como materia prima o insumo para las actividades industriales, éstos reportan un incremento de la entropía, llegado el momento, el caos es tan grande que se vuelve un proceso irreversible dando lugar a fenómenos como la pérdida de la fertilidad de suelos, la deforestación y la extinción de especies vegetales y animales.

Pero no solo es el impacto ambiental lo que se deriva de las actividades económicas, la parte que más se omite en esta cadena es la contaminación ambiental, cuya aparición es causa de una serie de complejos fenómenos que ponen en riesgo la vida del planeta, fenómenos tales como el calentamiento global, el cambio climático y los cambios en los ciclos biogeoquímicos (agua, carbono, nitrógeno, hidrogeno, oxígeno, etc.). Esta contaminación se da como consecuencia del vertido de cualquier sustancia ajena a la composición del entorno, por lo que los derrames de crudo y petroquímicos son causa de gran parte de la contaminación y que debido a la composición química de estos líquidos, el daño que provoca es crítico. PEMEX registro en el año 2011 un total de 0.39 accidentes por millón de horas hombre trabajadas², la mayor parte de los accidentes fueron suscitados en los ductos de conducción que se ubican en las zonas rurales, pero no por ello se debe pensar que se está exento de un desastre de grandes proporciones, como lo ocurrido el 31 de diciembre del 2011 en el municipio de Coatzacoalcos e Ixhuatlán del sureste, Veracruz, en donde fueron vertidos 1,500 barriles de crudo sobre el río Coatzacoalcos afectando más de 2 kilómetros de pastizales.

El río Coatzacoalcos es una de las 20 cuencas más importantes del país. Hoy en día tiene gran importancia en el desarrollo socioeconómico del sureste por las facilidades que brinda en los aspectos de navegación, recreación, pesca y principalmente por la utilización de sus aguas por los grandes complejos industriales asentados en sus márgenes. Este estuario, que comprende un tramo de cerca de 40 km desde aguas arriba de la ciudad de Minatitlán hasta la

desembocadura en el golfo de México, se ha convertido en un serio problema por su alto contenido de hidrocarburos y contaminantes tóxicos. Lo mismo ocurre con todos sus afluentes y arroyos y con las lagunas que se encuentran en sus márgenes.

Por otro lado, PEMEX ha contribuido con un modelo y prototipo de parque ecológico, en el cual el objetivo es el fomentar el desarrollo eco-energético y de tal forma, la autosuficiencia energética, todo esto implantado en una zona rural. Dando forma a el parque ecológico Jaguaroundí, conservación de la selva tropical veracruzana en una zona industrializada³. En respuesta a la aceptación ciudadana PEMEX busca establecer otro parque ecológico llamado PET (Parque Ecológico Tuzandépetl), el cual es abordado en este trabajo. El parque contará, hasta el momento, con instalaciones de área de Investigación, zona de exposición (casa ecológica, cocodrilario y aviario.), casas para investigadores, comedor para investigadores, comedor de comida rápida y zonas de entretenimiento como una granja infantil y zona de juegos (planos en anexo).

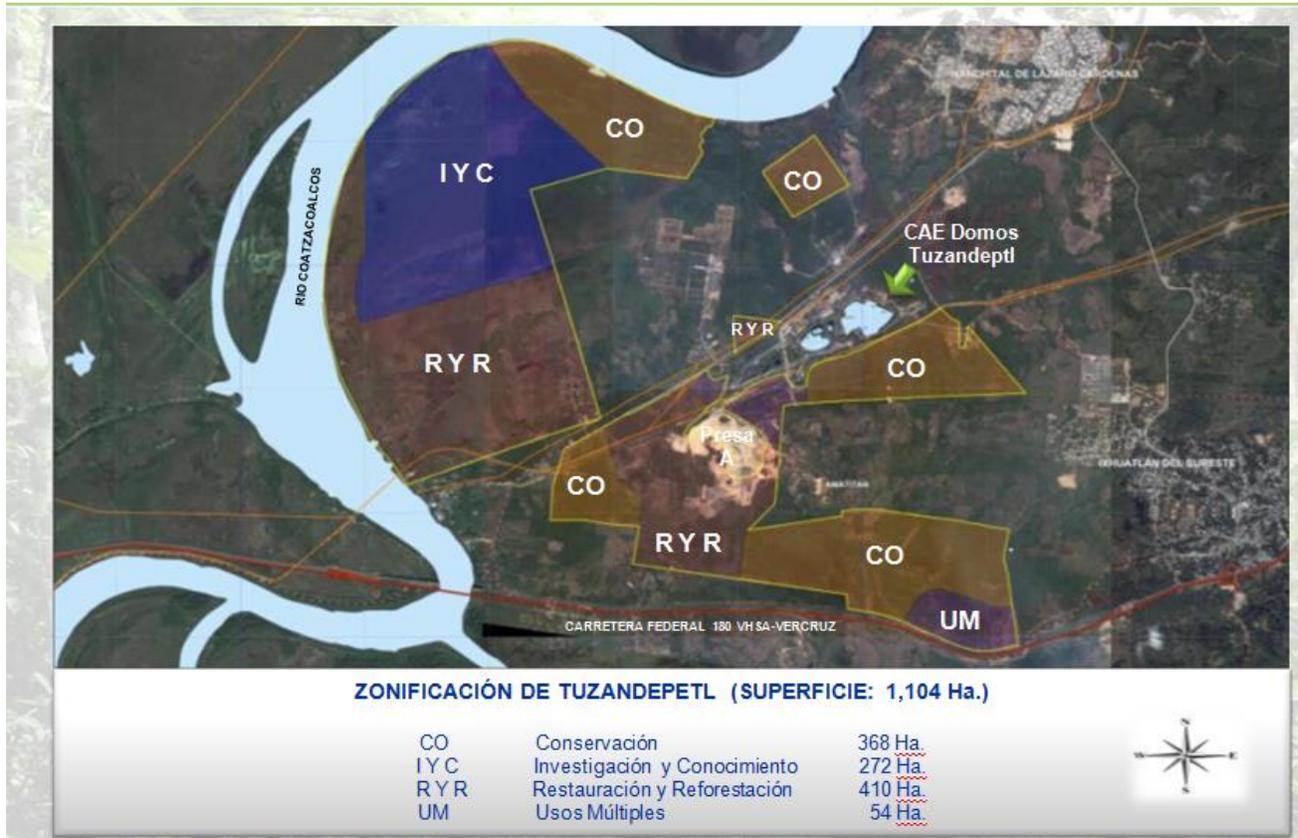
A continuación se describe el área destinada al proyecto; El terreno delimitado con líneas en color naranja en la figura 1.1 es el área natural protegida destinada a el proyecto en Tuzandépetl, Veracruz, en la cual se llevara acabo la instalación del PET.

Figura 1.1



Se han enmarcado secciones bien delimitadas para el parque, las cuales se describen en la figura 1.2

Figura 1.2



Como podemos observar, en la figura 1.3 se ilustra con un círculo amarillo el límite con la carretera Minatitlán-Villahermosa, mejor conocida como Rancho Viejo (figura 1.4 y figura 1.5)

Figura 1.3



Figura 1.4



Figura 1.5



El área antes mencionada está destinada a usos múltiples, donde se localizara el área de juegos y el área de comida rápida.

De la figura 1.6 a la 1.19 se muestra la parte del terreno en donde se instalarán las áreas de investigación y conocimiento

Figura 1.6



Figura 1.7



Figura 1.8



Figura 1.9





La región veracruzana de Tuzandépetl se encuentra a 15 minutos de Coatzacoalcos, y se caracteriza por el alto contenido de sal en su subsuelo, que en algunos puntos se encuentra a 400 metros de profundidad.

Esta condición proporcionó a ingenieros, geólogos, investigadores y petroleros mexicanos la oportunidad de construir cavidades subterráneas para almacenar hasta 8 millones de barriles de petróleo crudo de manera segura y altamente eficiente.

Este proyecto inició en 1980 con la construcción de 12 cavidades artificiales mediante el método de lixiviación, que consiste en inyectar agua dulce en el subsuelo para disolver la sal atrapada durante millones de años.

Tuzandépetl funciona como un amortiguador cuando la capacidad de almacenamiento supera a otros centros de almacenamiento o presenta alguna eventualidad.

Esta instalación convive en perfecto equilibrio con el medio ambiente ya que la impermeabilidad de estos domos salinos no afecta a la vegetación de la zona.

El agua resultante, en realidad una salmuera (agua saturada de sal), se envía a una presa localizada en la misma instalación y se utiliza para equilibrar la presión de la cavidad de acuerdo a la cantidad de crudo que se quiera almacenar; esta presa tiene una capacidad de 4.5 millones de barriles de salmuera.

Este tipo de almacenamiento de hidrocarburos se ha utilizado en los Estados Unidos desde 1955, pero Holanda inició a colocar basura en cavidades salinas en 1938.

Tuzandepétl es una localidad perteneciente al municipio de Ixhuatlán del Sureste, en el estado de Veracruz. Ixhuatlán situado a 30 metros de altitud sobre el nivel del Mar; sus coordenadas geográficas son Longitud: 18° 02' 28" y Latitud: - 94° 25' 13". Colinda con los municipios de Cosoleacaque, Nanchital de Lázaro Cárdenas del Río, Coatzacoalcos y Moloacán. Ocupa el 0.22% de la superficie del estado y tiene una población de 14015 habitantes.

El rango de temperatura ambiente es 20-26°C, una precipitación pluvial de 1,806.8 mm, con lluvias la mayor parte del año, el clima que predomina es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, el tipo de suelo dominante es el cambisol (52%), gleysol (43%) y luvisol (1%), el uso de suelo de esta zona está distribuido de la siguiente forma: zona urbana (3%), pastizal (62%), popal (18%), selva (13%), tular (2%) y manglar (1%) . La región hidrológica correspondiente a esta zona es Coatzacoalcos. A continuación se resumen las propiedades físicas de Ixhuatlán del Sureste⁴:

Tabla 1.1 Datos geográficos.

Cabecera municipal:	Ixhuatlán del Sureste
Localidades en 2010:	57
Urbanas:	1
Rurales:	56
Superficie:	156.84 km ²
Porcentaje del territorio estatal:	0.218 %
Densidad poblacional en 2010:	95.02hab/km ²
Categoría:	Urbano

Limites	
Norte:	Coatzacoalcos, Cosoleacaque y Nanchital de L. C.
Sur:	Minatitlán y Moloacán
Este:	Moloacán
Oeste:	Cosoleacaque y Minatitlán

Tabla 1.2 Geología

Periodo	neógeno (68%) y cuaternario (28%)
Roca	Sedimentaria: arenisca (68%) suelo: palustre (24%), aluvial (4%)
Sitios de interés	campo petrolero

Tabla 1.3 Edafología

Suelo dominante	cambisol (52%), gleysol (43%) y lluvisol (1%)
-----------------	---

EDAFOLOGÍA

SIMBOLOGÍA

 Acrisol	 Fluvisol	 Planosol
 Andosol	 Gleysol	 Regosol
 Arenosol	 Litosol	 Rendzina
 Cambisol	 Luvisol	 Solonchak
 Castañozem	 N/A	 Vertisol
 Feozem	 Nitosol	

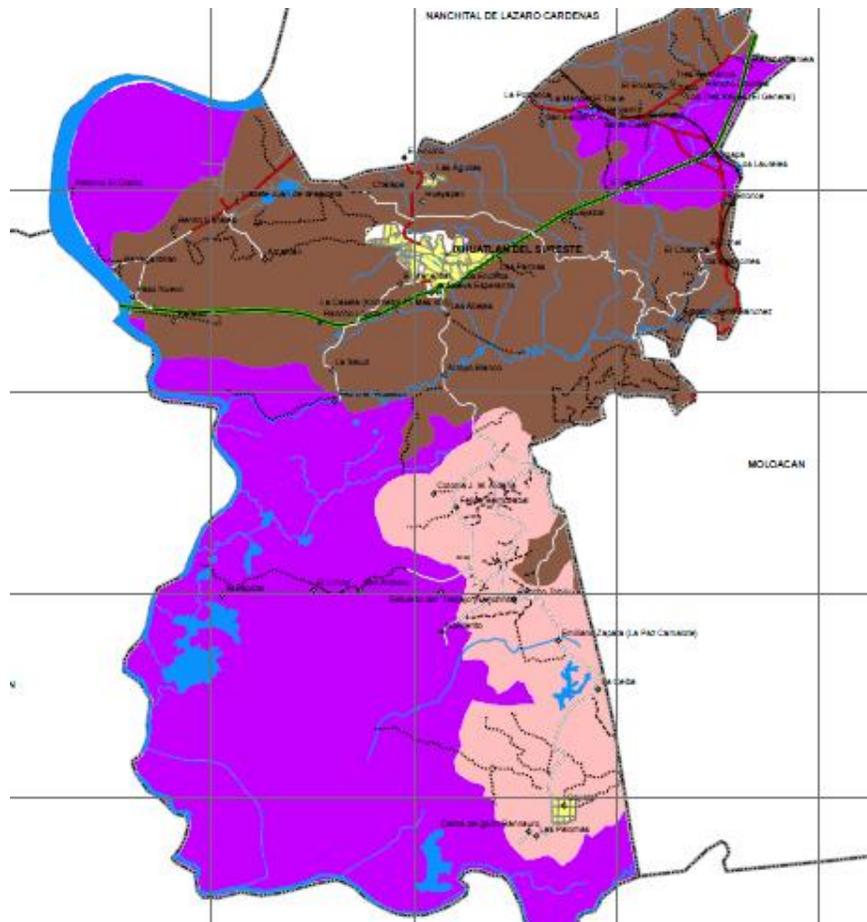
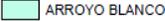
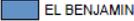
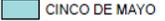
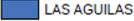
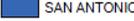
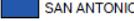
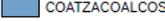
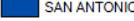


Tabla 1.4 Hidrografía

Región hidrológica	Coatzacoalcos (100%)
Cuenca	R. Coatzacoalcos (100%)
Subcuenca	Rio Uspanapa (64%) y Coatzacoalcos (36%)
Corrientes de Agua	Perennes: Blanco y San Antonio
Cuerpos de Agua	Perenne (1%): Coatzacoalcos

MICROCUENCAS

SIMBOLOGÍA

- | | |
|--|--|
|  ARROYO BLANCO |  EL BENJAMIN |
|  CHICHIGAPA |  EL GUAYABAL |
|  CINCO DE MAYO |  LAS AGUILAS |
|  COATZACOALCOS (E15A85) 2 |  SAN ANTONIO |
|  COATZACOALCOS (E15A85) 3 |  SAN ANTONIO 2 |
|  COATZACOALCOS 1 |  SAN ANTONIO 3 |

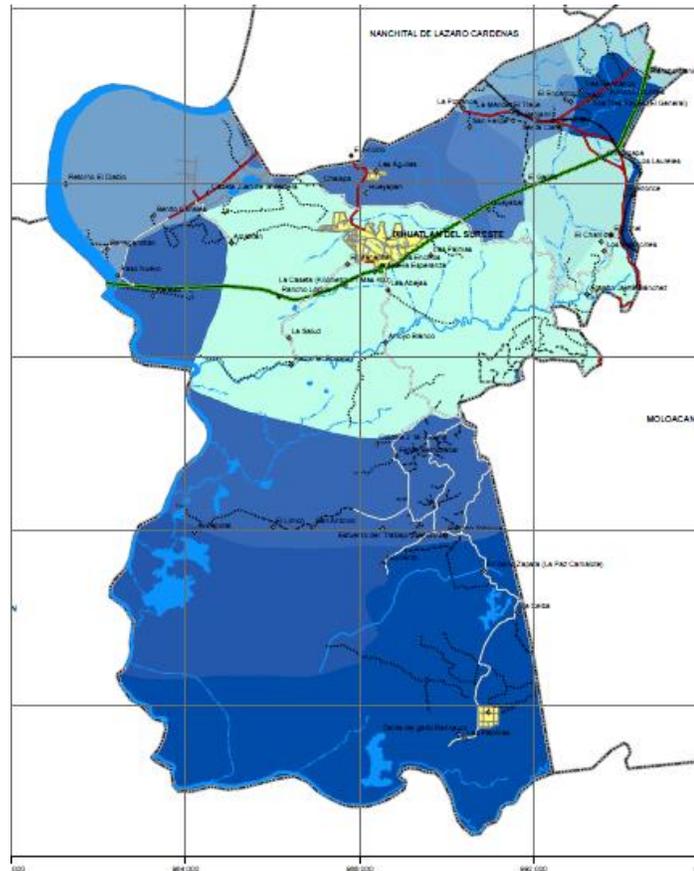
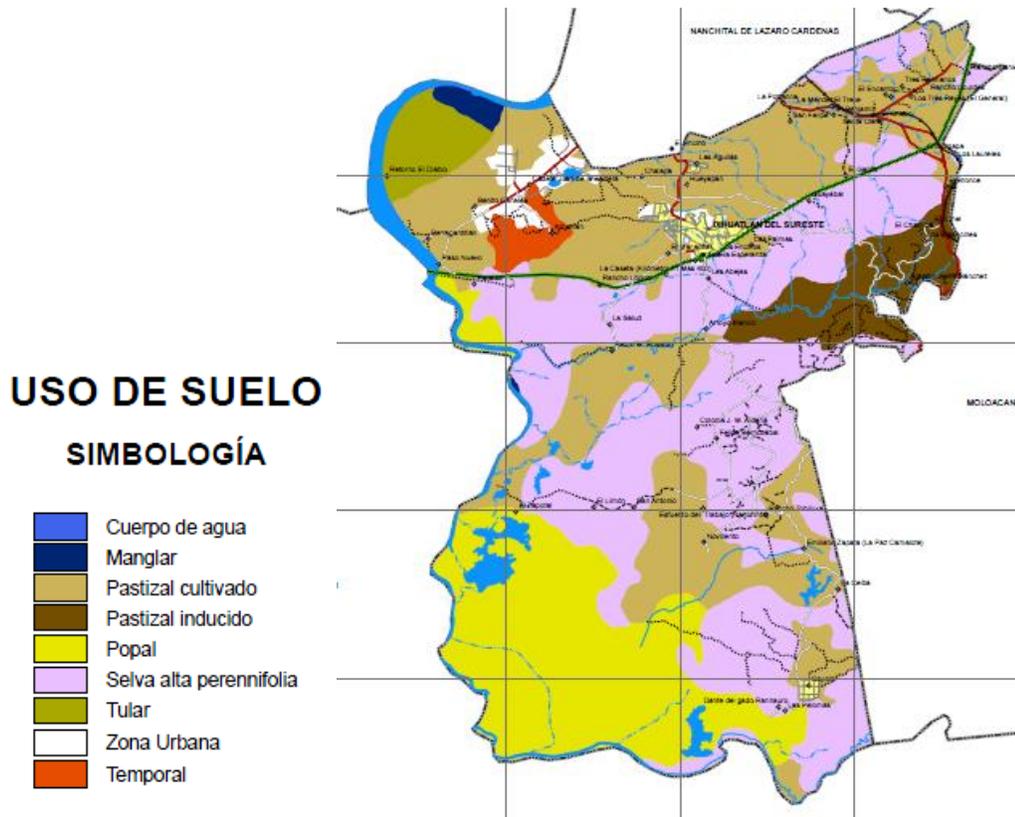


Tabla 1.5 Uso de suelo

Uso de suelo	Zona urbana (3%)
Vegetación	Pastizal (62%), popal (18%), selva (13%), tular (2%) y manglar (1%)



Fuente: Atlas Municipal de Riesgos Básicos Ixhuatlán del sureste, Gobierno del estado de Veracruz, 2011

En cuanto a la radiación solar recibida en Ixhuatlán del Sureste se obtiene los siguientes datos usando el software RADII :

Componente de datos de irradiación solar a consultar: GLOBAL

Proporcione la Latitud de la localidad (Grados): 18

Proporcione la Longitud de la localidad (Grados): -94

Resultados:

Mes	Irradiación (MJ/m2)
Enero	14.6729
Febrero	17.0112
Marzo	17.902
Abril	18.619
Mayo	18.9646
Junio	17.8668
Julio	18.8814
Agosto	19.1626
Septiembre	17.3384
Octubre	17.2564
Noviembre	15.5975
Diciembre	14.0609

DIFUSA		DIRECTA		DIRECTA NORMAL	
Mes	Irradiación (MJ/m2)	Mes	Irradiación (MJ/m2)	Mes	Irradiación (MJ/m2)
Enero	5.95506	Enero	8.7178	Enero	15.7407
Febrero	6.64335	Febrero	10.3678	Febrero	17.1763
Marzo	7.57916	Marzo	10.3228	Marzo	15.3671
Abril	8.23659	Abril	10.3825	Abril	14.4185
Mayo	8.49722	Mayo	10.4674	Mayo	14.2036
Junio	8.61672	Junio	9.25008	Junio	12.7244
Julio	8.43463	Julio	10.4468	Julio	14.4033
Agosto	8.25489	Agosto	10.9077	Agosto	14.9713
Septiembre	8.01849	Septiembre	9.31992	Septiembre	13.3004
Octubre	7.04802	Octubre	10.2084	Octubre	16.0693
Noviembre	6.14261	Noviembre	9.45493	Noviembre	16.8427
Diciembre	5.76587	Diciembre	8.295	Diciembre	15.4325

Tabla 1.6 Generación de residuos sólidos

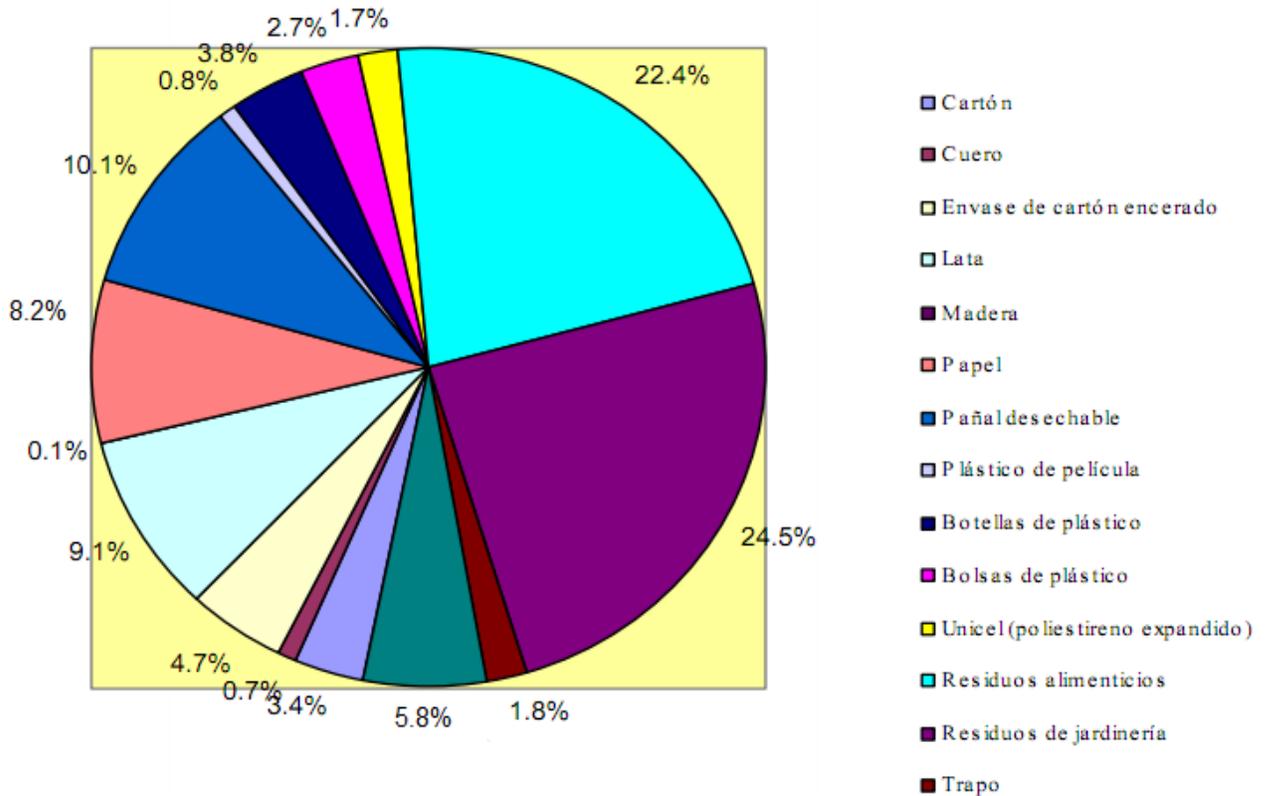
Municipio	Habitantes	Generación de basura por tonelada/día
IXHUATLAN DEL SURESTE	13294	10

Datos obtenidos de: <http://portal.veracruz.gob.mx>

Generación per cápita= 0.75221 kg/día

La composición de los RSU generados por día es la siguiente:

Grafica 1.1 composición de Residuos sólidos urbanos.



Fuente: <http://portal.veracruz.gob.mx>

Partiendo de la premisa de poder desarrollar una sociedad que no se vea afectada por las actividades antropogénicas en la actualidad se puede establecer el concepto de desarrollo sustentable el cual podemos definir como una alternativa para progresar sin dañar al ambiente, actuar ante la problemática ambiental y promover acuerdos entre naciones y sobre todo entre los seres humanos, ante la gravedad de la crisis. En la actualidad se ven diariamente los efectos de distintos problemas ambientales. Los impactos combinados de estos problemas se les conocen como “crisis ambiental”, esta situación afecta a los distintos elementos de la naturaleza como son las plantas, animales, agua, suelo, aire y a todos los seres que habitan el planeta. En consecuencia disminuyen los bienes y servicios que la naturaleza puede brindar a la sociedad.

Algunos de los indicadores de esta crisis ambiental son los siguientes:

- Pérdida de bosques, selvas y otros sistemas naturales: la deforestación se relaciona principalmente con el cambio de uso de suelo que se hace para contar con más áreas de cultivo, ganadería y establecimiento de nuevas ciudades o pueblos. La deforestación que ya por sí sola es un problema, trae consigo otro, la pérdida de suelos, mejor conocida como erosión.
- Pérdida de la biodiversidad: desaparición de paisajes y ecosistemas terrestres o marinos.
- Daño a los recursos hídricos: ocasionados por la contaminación y la sobreexplotación de ríos, lagos y acuíferos. Así como por el inadecuado manejo y cuidado del agua.
- Pérdida de suelo fértil: relacionada con prácticas agropecuarias inadecuadas que ocasionan contaminación y degradación de las tierras.

- Contaminación del aire: que ha ocasionado cambios en la composición de la atmósfera y está relacionada con el cambio climático del planeta.

Cada indicador de deterioro ambiental provoca una serie en cadena de impactos que afectan la vida de las personas directa o indirectamente, el daño a la salud es una de las consecuencias más preocupantes junto con el daño al medio ambiente y al entorno social.

Pero de todos los indicadores de deterioro ambiental que componen a la crisis ambiental global, el cambio climático es el más grave de ellos. Los cambios climáticos afectan a todos los demás componentes de planeta, a los ciclos naturales del carbono, del oxígeno y del agua, a la disponibilidad de recursos hídricos, vegetación, a las condiciones de océano y a sus poblaciones, a los cultivos de alimentos, a la actividad turística, a la salud, a las familias y sus bienes^a.

Ante este problema mundial muchos países se han reunido y llegado a acuerdos para detener los impactos ambientales pero sobre todo para continuar progresando como sociedad sin afectar el medio ambiente, es decir, para transitar hacia lo que se conoce como desarrollo sustentable.

A principios de los años 60's, cuando los efectos de la crisis ambiental global se hicieron más notorios, se inició un proceso de reflexión mundial sobre los problemas ocasionados por el tipo de desarrollo de algunos países o regiones que se basaban en el crecimiento económico y la máxima ganancia en el corto plazo a costa de la naturaleza y del bienestar de algunos grupos sociales, el cual afectaba de forma significativa a los recursos naturales. Se comenzó a pensar en nuevas formas de avanzar hacia una sociedad con progreso humano. Se sentaron bases para considerar un tipo de desarrollo que no afectara la sociedad de ningún lugar ni muchos menos a la naturaleza.

Llegando a la conclusión de que el desarrollo sustentable es un nuevo modelo para el progreso humano que aspira avanzar hacia:

Capítulo 2 Descripción de los tipos de energía renovable.

“El desarrollo que satisface las necesidades de presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”

Es decir que, el desarrollo sustentable no es un modelo terminado, por lo que no se trata de una receta en la que se deban seguir pasos para resolver los problemas creados durante años de sobreexplotación de la naturaleza, sino más bien, incluye varias ideas que orienten a los países para cambiar su forma de desarrollo, de acuerdo a sus posibilidades y necesidades. Basado en lo anterior se han desarrollado nuevas fuentes renovables de energía que a continuación se presentan:

2.1 BIOENERGÍA

La biomasa es la materia orgánica contenida en productos de origen vegetal y animal (incluyendo los desechos orgánicos) que puede ser capturada y usada como una fuente de energía química almacenada.

La bioenergía resulta cuando los combustibles de la biomasa de reciente origen biológico son usados para fines energéticos. Los productos secundarios en estado sólido, líquido y gaseoso son a menudo utilizados como portadores de energía y más tarde empleados para proveer biocalor, bioelectricidad o biocombustibles. Los biocombustibles se refieren específicamente a los combustibles obtenidos de la biomasa y que se usan en el sector transporte.

En cuanto a sus características generales, la bioenergía tiene ventajas en cuanto a la densidad energética, la cualidad de ser transportable y su no intermitencia porque es por sí misma una forma de almacenamiento de energía, y es completamente despachable ya que pueden utilizarse en el momento en que se le necesite.

La bioenergía puede proveer una amplia variedad de servicios (calefacción, alumbrado, confort, entretenimiento, información, etc.) a través de su uso para la producción de combustibles que son flexibles en el sentido de adaptarse a las diferentes necesidades de energía. Su composición química es similar a la de los combustibles fósiles, los cuales se originaron a partir de la biomasa hace millones de años, lo que además de su uso energético, crea la posibilidad de originar a partir de la biomasa, los que se denomina los biomateriales que pueden virtualmente sustituir a todos los productos que actualmente se derivan de la industria petroquímica.

El potencial de la bioenergía es tan significativo que la Unión Europea lo ha identificado como una contribución importante para alcanzar su objetivo del 12% de la producción total de energía mediante fuentes renovables, así como la meta ambiciosa de reemplazar por biocombustibles el 20% de los combustibles usados en el transporte para el año 2020⁵.

2.1.1 Disponibilidad de tierras para la producción de la bioenergía

Se estima que la superficie de tierra que se necesitaría para la producción de bioenergía en el año 2050 estará disponible sólo en algunas regiones. Un factor decisivo para su aprovechamiento será la disponibilidad de agua, más que la disponibilidad de tierras. De las 2.495 Gigahectáreas (Gha) del área total con potencial para el cultivo, 0.897 Gha se utilizaron para el cultivo de alimentos y fibras en el año 1990. El incremento de la población mundial requerirá 0.416 Gha adicionales en el 2050 quedando disponible 1.28 Gha para el aprovechamiento de la bioenergía. El potencial técnico de la producción de bioenergía, por ejemplo, a través de plantaciones energéticas con base a esta disponibilidad de tierra es de 396 EJ/Año tomando como base las tendencias de crecimiento y reservas de agua conocidas⁶.

Las plantaciones energéticasⁱ son importantes para las estrategias energéticas de largo plazo en el sentido de que pueden diseminarse lo suficiente, modificando con ello considerablemente el patrón de suministro de energía a nivel mundial. Las especies de plantas que pueden ser usadas como plantaciones energéticas y posteriormente ser utilizadas con fines bioenergéticos son tan diversas que pueden virtualmente crecer en cualquier parte del mundo. Las más adecuadas necesitarían además ser fáciles de cosechar usando maquinaria convencional, de lo contrario desarrollar equipamiento especializado, lo que sería una opción muy costosa. Especies de bosques de madera, tales como el sauce, álamo y eucalipto son ampliamente usados como plantaciones energéticas.

Grandes cosechas de pastos vegetativos, cultivos forestales de rotación, y cultivos de especies desarrolladas a escala comercial, pueden producir más de 400 GJ/ha/año bajo buenas condiciones de crecimiento, conduciendo a un balance de energía positivo (materia prima/energía entregada) en la totalidad del sistema. La selección adecuada de especies que se adapten a las condiciones climáticas y de suelo puede conducir incluso al levantamiento de mayores cosechas.

El papel que jugará el desarrollo de los cultivos modificados genéticamente en el futuro no puede ser ignorado. Desarrollar una variedad de plantas que tengan la capacidad de fijar el nitrógeno, consumir relativamente poca agua, que sean fáciles de cosechar, que puedan crecer extensivamente para producir proteínas, carbohidratos y fibras, y que puedan ser procesados mediante una “biorefinería” en una amplia variedad de productos industriales, comestibles y energéticos parece ser una realidad cercana.

ⁱ Una plantación energética consiste en la combinación sinérgica de cultivos alimenticios y energéticos

2.1.2 Biocombustibles para el transporte

Los biocombustibles líquidos, principalmente biodiesel y bioetanol, son procesados a partir de los cultivos agrícolas y de otras materias primas renovables de base. El bioetanol puede además ser producido a partir del material lignoceluloso, y el aceite pirolítico puede ser el resultado de un avanzado proceso de conversión de cualquier existencia de material de la biomasa. El etanol representa una importante alternativa como combustible automotriz, ya que reporta un índice de octano superior al de la gasolina y tiene una presión de vapor inferior, lo que da como resultado menores emisiones evaporativas.

Actualmente la mayor parte del biodiesel se obtiene del aceite de colza y de girasol, mientras que el bioetanol es producido principalmente a base de trigo, maíz, remolacha de azúcar, sorgo dulce o caña de azúcar.

A nivel mundial, aproximadamente 90% de la energía consumida proviene de fuentes no renovables, por lo que estos recursos fósiles se están agotando aceleradamente y su tasa de disminución es cada vez mayor. Por lo anterior, desde hace algunos años, distintas naciones han incursionado en la búsqueda de fuentes alternas de energía.

No obstante ese esfuerzo de investigación, sólo se ha llegado a producir una cantidad de energía renovable que sustituye, aproximadamente, 10% de la energía total consumida, pero se estima que, a corto plazo, la producción de este tipo de energía tienda a aumentar.

En México, sólo 9.5% de la oferta total de energía es renovable, mientras que en Brasil 38.7% de su energía es de fuentes renovables (Ver cuadro 1). Además,

habría que aclarar que la poca energía renovable que se produce en México, a diferencia de Brasil, es fundamentalmente hidráulica, solar y eólica, y no se utilizan hasta el momento la producción comercial de biocombustibles a partir de cultivos agrícolas o forestales ⁷.

Cuadro 1
Oferta de energía renovable y no renovable, 2004
(Miles de barriles equivalentes de petróleo)

País	Oferta total (kBEP)	No Renovable (kBEP)*	%	Renovable (kBEP)**	%
Argentina	476 979.8	439 593.2	92.2	37 386.5	7.8
Brasil	1 557 176.4	955 163.8	61.3	602 012.6	38.7
México	1 128 671.2	1 021 460.6	90.5	107 210.6	9.5

*Petróleo, carbón, gas y nuclear.

**Hidroenergía, leña y otras.

Fuente: Anuario Estadístico de América Latina y El Caribe 2006 cuadro 3.5.7

2.1.3 Residuos agrícolas

Una gran cantidad de residuos de cultivo son producidos anualmente en el mundo y a menudo son desechados. Estos incluyen desechos de arroz, bagazo de caña, cáscara de coco, cáscara de nuez, aserrín y desechos de cereal. Estos desechos tienden a ser relativamente bajos en contenido de humedad (10-30%) y por lo tanto son más adecuados para la combustión directa que para la fermentación anaeróbica.

Los desechos del arroz se encuentran entre los residuos agrícolas más comunes. Estas representan del 20% al 25% de los granos de arroz cosechados sobre la base de su peso y son usualmente retirados en el centro de procesamiento.

Bagazo

La caña de azúcar es una de las plantas con una mejor eficiencia fotosintética y requiere muy pocos suministros de herbicidas y pesticidas. Si crece o no en una forma verdaderamente sustentable es debatible, pues se requiere adicionar nutrientes al suelo para reemplazar los que fueron removidos con la cosecha y éstos a menudo provienen de fertilizantes químicos.

Los ingenios azucareros desde hace muchas décadas tienen experiencia en la logística para el transporte y manejo de grandes volúmenes de biomasa, en concreto alrededor de 300,000 ton/año. Cada tonelada de caña de azúcar procesada en los ingenios produce alrededor de 250 Kg. de bagazo.

En países donde el sector eléctrico es privado, algunas compañías azucareras se han convertido en productores independientes de energía (a menudo en consorcios con los proveedores locales de energía). De esta manera ahora incineran todo el bagazo obtenido en plantas de cogeneración de alta eficiencia y exportan una cantidad importante del excedente de energía al sistema eléctrico.

La incineración del bagazo, junto con la recolección del desperdicio de caña que normalmente es quemado antes de la cosecha, podría proveer combustible de la bioenergía hasta un total de 50 GW de la capacidad de generación a nivel mundial.

Desechos de cereales

Los pequeños cultivos de cereal producen alrededor de 2.5 a 5 ton/ha de desecho, dependiendo del tipo, variedad y época de cultivo. Cuando se trata del maíz y el sorgo, pueden ser obtenidas mayores cantidades. Estos residuos del cereal varían del 10 al 40% de humedad y tienen un valor calorífico de entre los 10 y 16 MJ/Kg.

En términos comparativos, una tonelada de desechos de cereal puede producir la misma cantidad de energía que el equivalente a aproximadamente 0.5 toneladas de carbón o 0.3 toneladas de petróleo.

Dinamarca cuenta con miles de instalaciones que utilizan la quema de estos residuos para brindar servicios de calefacción en zonas públicas (3-5 MW), procesos industriales (1-2 MW) y calefacción en hogares (10-100 KW). Respecto a las aplicaciones usadas en las mismas granjas, estas se orientan al secado de granos o a la calefacción de establos o lugares donde se encuentran los animales, además de proveer servicios domésticos de calefacción y calentamiento de agua^b.

Desechos animales

El estiércol de cerdo, estiércol de otros tipos de ganado y los desechos de pollo son fuentes útiles de bioenergía, pues estos animales a menudo son criados en áreas confinadas, las cuales producen una considerable concentración de materia orgánica. Anteriormente estos desechos animales eran recuperados y vendidos como fertilizantes o simplemente esparcidos sobre la tierra de cultivo. Sin embargo, los controles ambientales más rigurosos referentes a la contaminación del agua han obligado a un mejor manejo de los desechos. Esta situación proporciona incentivos para considerar la fermentación anaeróbica de los materiales, sin embargo el volumen de suministro anual, las variaciones de temporada y características específicas del recurso deben ser ponderadas cuidadosamente antes de desarrollar una planta.

2.1.4 Desechos municipales

Los desechos orgánicos sólidos originados en áreas urbanas representan una fuente considerable de energía. Los desechos sólidos municipales y su manejo en los Estados Unidos representan un buen ejemplo. De las 208 millones de

toneladas recolectadas en 1995 aproximadamente solo el 14% fueron no combustibles o no fermentables. El tratamiento de estos desechos en los Estados Unidos y en otras partes se efectúa por recuperación, combustión o relleno sanitario, pero solo una pequeña parte es procesada mediante plantas incineradoras de desechos municipales principalmente en los países miembros de la OCDE.

El gas producto del manejo de la basura en los rellenos sanitarios consiste principalmente de metano y CO₂, el cual es el resultado del decaimiento de los desechos orgánicos. El metano tiene potencial como combustible, ya sea para generar electricidad, o como combustible para el transporte. Su recolección y uso además elimina la liberación en la atmósfera de un potente gas de efecto invernadero.

Una forma de fermentación anaeróbica similar al gas generado en los rellenos sanitarios, pero producida bajo condiciones más controladas involucra la descomposición de los desechos orgánicos por una bacteria en un ambiente libre de oxígeno. Esta produce un gas rico en contenido de metano y que puede ser usado para generar calor y/o electricidad. El biogas resultante puede ser utilizado directamente en una caldera de gas modificada, o bien usado para hacer funcionar motores de combustión interna. El proceso además produce un digestor el cual puede ser separado en componentes líquidos y sólidos. El elemento líquido puede ser usado como fertilizante y el elemento sólido podría ser usado como un acondicionador del suelo o además procesado para producir una composta de mayor contenido orgánico.

El costo en la generación de electricidad a través de los desechos sólidos municipales y otras fuentes de biomasa es razonablemente aceptable cuando se compara con el de la energía eólica; y es mucho menor que el de las aplicaciones solares.

2.1.5 Impacto ambiental

El mayor beneficio ambiental derivado del uso de la bioenergía para desplazar a los combustibles fósiles es la reducción en las emisiones de gases de invernadero. Otros beneficios ambientales incluyen la reducción de las emisiones locales, un mejor aprovechamiento de los recursos limitados, mejorar la biodiversidad, y la protección del hábitat natural y de los paisajes.

A pesar de estas ventajas, bajo ciertas circunstancias, el uso de estos combustibles puede tener impactos ambientales negativos, como por ejemplo, la emisión de aldehídos producto del uso del bioetanol. Además algunas cuestiones todavía deben ser resueltas mediante el análisis detallado de ciclos de vida que demuestre si los balances energéticos son positivos para ciertos proyectos.

La producción continua de plantaciones de bosques y plantaciones energéticas podría reducir los niveles de fertilidad de los suelos, disminuir el flujo en el suministro de agua, así como conducir al incremento en el uso de agroquímicos. Para evitar lo anterior, debería practicarse el reciclaje de nutrientes a través del esparcimiento de las cenizas producto de la combustión y los métodos de cultivo sustentables.

La recolección y transporte de la biomasa resulta con frecuencia en el incremento en el uso de vehículos, y en consecuencia, en mayores emisiones de gases en la atmósfera junto con un mayor uso y desgaste del sistema carretero.

La reducción de las distancias entre los centros de producción de la biomasa y las plantas de conversión minimizaría los impactos negativos del transporte.

Un desafío mayor consiste en administrar en forma sustentable el recurso de la biomasa, de tal forma que se pueda garantizar a futuro el suministro de bioenergía

y biomateriales con un mínimo de requerimientos de suministro de agua, agroquímicos, fertilizantes o combustibles fósiles.

2.1.6 Beneficios sociales

A pesar de que los beneficios ambientales de las energías renovables, incluyendo a la bioenergía, son ampliamente aceptados, los beneficios socioeconómicos no están muy bien entendidos. Los beneficios sociales de las modernas aplicaciones de la biomasa están relacionados con el mejoramiento en la calidad de vida; disminución en la emisión de contaminantes nocivos para la salud humana; oportunidades locales de empleo; satisfacción por el dominio de la comunidad y cohesión social.

En general, los sistemas de energías renovables requieren de más fuerza de trabajo que los sistemas a base de combustibles fósiles y en una mayor proporción se requiere mano de obra más especializada. Operar, mantener en funcionamiento y proveer el combustible en una planta bioenergética, a menudo genera oportunidades de empleo, principalmente en áreas rurales. Las fuentes de empleo generadas en proyectos bioenergéticos difieren de los generados en proyectos eólicos, hidráulicos y solares en que las actividades principales se desarrollan durante la manufactura de las plantas, su instalación y mantenimiento. Proporcionar el suministro del combustible de la biomasa y su transporte a la planta de conversión es un componente esencial adicional de la bioenergía.

2.2 ENERGÍA SOLAR

La radiación solar que se recibe en la superficie terrestre puede convertirse en calor, electricidad o energía mecánica mediante muy diversas tecnologías.

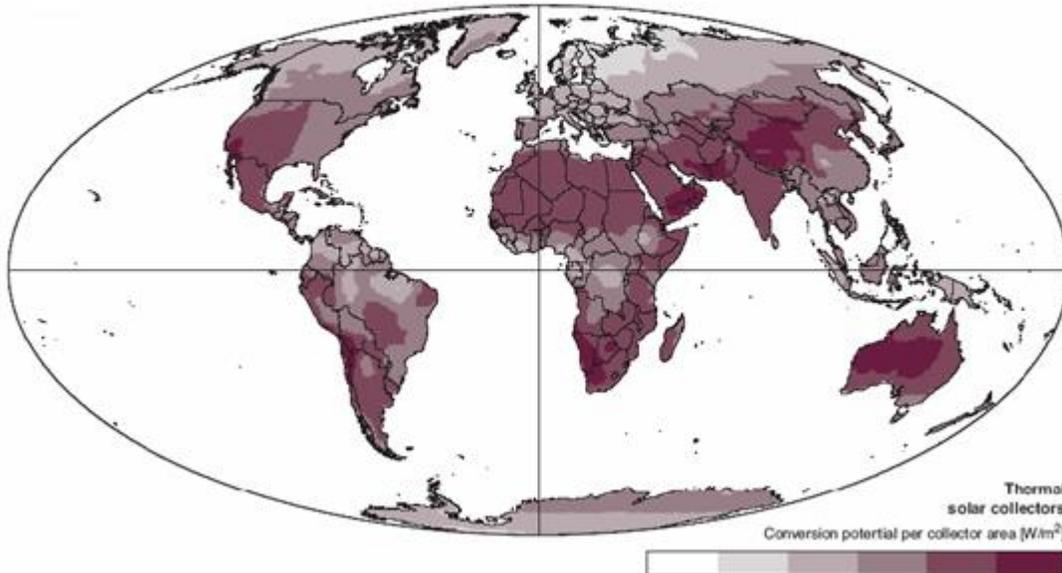
2.2.1 Potencial mundial

La energía solar es un recurso intermitente astronómica y climatológicamente, su intensidad varía en el transcurso del día debido a la rotación de la Tierra sobre su eje en 24 horas y también a lo largo del año debido a la traslación de la Tierra alrededor del Sol en 365.4 días. La intermitencia climatológica se debe sobre todo a la nubosidad, lo que impide la captación de la luz solar directa, pero permite la difusa.

La energía solar que se recibe en un día en un cuadrado de 28 km de longitud por lado situado en el desierto de Sonora, y cubierto de celdas solares fotovoltaicas de un 10% de eficiencia, satisfaría la demanda promedio diaria actual de energía eléctrica de todo México (550 GWh/día).

Pero no en todo el planeta llega la radiación solar con la misma intensidad, si dividimos al planeta en seis zonas de insolación, casi todo México se encuentra en la segunda zona de mayor insolación. Ver figura 2.1.

Figura 2.1 Distribución global del potencial de conversión térmico solar mediante colectores solares.



Fuente Grasi H. World in transition. Towards Sustainable Energy Systems Earthscan.

La energía solar, puede utilizarse mediante diversas tecnologías para secado de productos agrícolas, refrigeración de productos perecederos, desalinización de agua y calentamiento de fluidos (agua, aceites, aire, etc.). Según su uso a éstos se les clasifica en sistemas activos o sistemas pasivos. Los sistemas pasivos son los que no necesitan partes mecánicas móviles para su funcionamiento, y se utilizan principalmente en la climatización de edificaciones y viviendas. Los sistemas activos son los que requieren de artefactos o mecanismos captadores donde se aprovecha la radiación solar para calentar un fluido de trabajo. Dependiendo de la temperatura a la que se necesite calentar el fluido, los sistemas fototérmicos activos pueden concentrar o no la radiación solar. Los sistemas de generación eléctrica solares pueden usar la parte térmica, la parte luminosa o ambas para producir electricidad dependiendo de la tecnología. Los sistemas que utilizan exclusivamente la térmica lo hacen a través de concentración óptica de la radiación solar en un punto o en una línea. Los sistemas que aprovechan exclusivamente la energía luminosa son los que utilizan

celdas fotovoltaicas para convertir la luz directamente en energía eléctrica. A continuación se describen las tecnologías correspondientes.

2.2.2 Colector Solar Plano

Es el dispositivo fototérmico posiblemente más empleado en el mundo para calentamiento de fluidos se le denomina colector solar plano o simplemente colector solar. Se trata de una tecnología madura, en etapa de comercialización masiva, que se utiliza para el aprovechamiento de calor a temperaturas menores a 100 °C.

Un colector solar plano, es un intercambiador de calor por radiación, que consiste en una superficie plana metálica, o absorbedor, fabricado usualmente de cobre, cuya superficie expuesta al sol es oscurecida con pintura negra o un recubrimiento selectivo para aumentar su absorción de radiación térmica solar directa y difusa. También consta de un arreglo de tubos soldados al absorbedor. La configuración más frecuente de absorbedor se caracteriza por dos tubos distribuidores, uno para el agua fría de entrada y otro para el agua caliente de salida; estos tubos se unen entre sí por tubos transversales de menor diámetro provistos de “aletas” que consisten en una lámina de cobre, preferentemente soldada a lo largo de cada uno, y cuyo objetivo es aumentar la superficie expuesta a la radiación.

La radiación solar capturada provoca que la superficie plana del absorbedor (aletas) se caliente y transmita calor por conducción a los tubos soldados a la misma. Por el interior de los tubos circula agua cuya temperatura se incrementa al entrar en contacto con ellos. La cubierta de vidrio reduce las pérdidas de calor por convección del absorbedor, y al mismo tiempo permite el paso de prácticamente toda la radiación solar que incide en el colector, creando un efecto invernadero con el absorbedor.

Este colector solar plano se acopla con un recipiente aislado térmicamente para el almacenamiento de agua caliente, al que se le llama comúnmente “termotanque”, para formar un calentador solar de agua. Cuando la diferencia entre la altura de la parte superior del colector y la parte inferior del termotanque es la adecuada, (entre 30 y 50 cm), y además se cuenta con una instalación hidráulica que mantenga llenos ambos dispositivos, se establece una circulación del agua por convección natural entre el colector y el termotanque, lo que se conoce como “efecto termosifónico”. El agua calentada por el sol, al ser más ligera que el agua fría, sube del colector y se almacena en la parte superior del termotanque. Simultáneamente, el agua fría del termotanque, se desplaza hacia la parte inferior del colector para calentarse a su vez, es decir, se establece un ciclo convectivo, en el cual el agua se recircula sin necesidad de bombeo mecánico en localidades donde no se presentan temperaturas abajo de cero grados Celsius.

Un calentador solar doméstico con un colector solar plano de 2 m², instalado correctamente puede proporcionar en un día patrón alrededor de 150 litros de agua a 45 °C.

2.2.3 Sistemas Fototérmicos de Concentración

Estos sistemas se obtienen cuando la radiación solar directa se refleja y se concentra en un punto, una línea o un plano, el aumento de energía en el área focal es directamente proporcional a la concentración, y la temperatura puede aumentar desde cientos de grados Celsius hasta miles en casos especiales.

La aplicación más extensa de sistemas de concentración solar se da en la producción de electricidad fototérmica mediante plantas solares termoeléctricas donde la radiación absorbida calienta un fluido térmico (aceite o sal fundida). Este calor puede ser subsecuentemente utilizado para impulsar motores tipo Stirling o turbinas de vapor que a su vez impulsan a generadores de electricidad por inducción.

Hasta la fecha se han desarrollado tres tecnologías diferentes de generación solar fototérmica: las plantas de concentración mediante canal parabólico, donde superficies reflectoras en forma de parábola enfocan la radiación en una línea donde se encuentra un tubo absorbedor que lleva en su interior un aceite térmico. El aceite térmico puede llegar a calentarse hasta 350- 400 °C, luego, en un intercambiador de calor se produce vapor a alta presión el cual alimenta a una turbina de vapor convencional. Actualmente en California, Estados Unidos se encuentran en funcionamiento nueve plantas con una capacidad instalada conjunta de 354 MW desde hace más de 10 años.

La tecnología solar de Torre Central consiste de un gran arreglo de espejos movibles que siguen el movimiento del sol y enfocan su radiación en un receptor instalado en lo alto de una torre, donde el fluido de transporte de calor (agua, sal o aire) es calentado entre 500 y 1,000 °C. Debido a las altas temperaturas esta energía puede ser acoplada directamente a una turbina de gas o a una planta de ciclo combinado. Se han propuesto plantas de 200 MW de capacidad y construido plantas piloto de 80 MW.

Finalmente, la tecnología de plato parabólico utiliza espejos parabólicos y tienen un mecanismo de seguimiento solar. Estos dispositivos concentran la radiación solar en el foco donde se encuentra un absorbedor con un fluido térmico el cual se calienta y puede llegar a temperaturas en el rango de 600 a 1,200 °C. Estos sistemas son usualmente pequeños (10 kW de capacidad nominal), por lo tanto son convenientes para aplicaciones descentralizadas ⁸.

Se han desarrollado sistemas de almacenamiento mediante el uso de aceites térmicos y sales fundidas que pueden llegar a almacenar calor durante días, brindándole la confiabilidad necesaria al sistema de generación eléctrica para que funcione sin una planta de respaldo convencional.

Cuando sea necesario, también puede actuar como una planta de respaldo que funcione con biocombustibles, esto permitiría el funcionamiento de grandes centrales eléctricas (más de 100 MW) que únicamente utilicen energías renovables. Estas plantas también pueden operar para generar electricidad y mediante el aprovechamiento del calor de desecho, por ejemplo, para la desalinización de agua, o para uso industrial de calor de alta temperatura. Con estos sistemas de cogeneración, la eficiencia solar puede llegar a hacer del 85%.

2.2.4 Aplicaciones y beneficios de los sistemas fototérmicos

Los colectores solares planos se utilizan para el calentamiento de agua en el sector doméstico, recreativo calentando agua para albercas, precalentamiento de agua en el sector industrial y en servicios como hospitales, hoteles y balnearios. También se usan para calentar otros fluidos como aceites térmicos, aire y gases de alto peso molecular. Asimismo, para el secado de madera y otros productos agroforestales, acondicionamiento de aire, calefacción ambiental y refrigeración.

Los calentadores y las plantas termoeléctricas solares son ambientalmente benignos siempre y cuando se utilicen materiales amigables con el medio ambiente para la transferencia de calor. En regiones muy soleadas las plantas tipo torre central y las de canal parabólico son las que mejor relación costo beneficio han mostrado con respecto a otras formas de generación solar de electricidad.

2.2.5 Sistemas Fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos convierten directamente la radiación solar visible en electricidad⁴. Al dispositivo unitario donde se lleva a cabo el efecto fotovoltaico se le llama celda solar, o celda fotovoltaica. El material semiconductor más utilizado para la construcción de fotoceldas es el silicio, produciendo densidades de corriente entre 10 y 40 miliamperes (mA) a voltajes entre 0.5 y 1 volt de corriente directa (CD). Al unirse varias celdas en serie o paralelo, se forman los llamados

módulos fotovoltaicos, los cuales se comercializan por su potencia pico de 2 a 100 Watts pico (Watts generados bajo una insolación de $1,000 \text{ W/m}^2$, a una temperatura ambiente de $20 \text{ }^\circ\text{C}$). Para satisfacer los requerimientos de una carga específica, los módulos se interconectan entre sí en serie y/o paralelo para formar un arreglo fotovoltaico.

Un Sistema Fotovoltaico (SFV) es un generador de electricidad que satisface cualquier patrón de consumo requerido para una carga específica, en función del patrón de insolación disponible en un lugar en particular. Su complejidad depende de las características de la carga. Según la forma de electricidad entregada los sistemas fotovoltaicos (SFV) se dividen en sistemas de corriente alterna (CA) o de corriente directa (CD) ⁹.

2.2.6 Aplicaciones

Usualmente, las aplicaciones en que los SFV solían representar la mejor opción técnico-económica eran para satisfacer los requerimientos energéticos en lugares remotos: iluminación doméstica, bombeo de agua, alumbrado público, TV rural, esterilización de agua para uso doméstico, equipos de telemetría, radiotelefonía rural, señalización y telecomunicación en carreteras, estaciones repetidoras, refrigeración de vacunas y medicinas, boyas y plataformas marinas, campismo, protección catódica y equipos electrónicos de baja potencia, entre otros. Sin embargo, actualmente, estos sistemas se han vuelto una opción viable en las ciudades para alumbrado en parques públicos, suministro de energía a teléfonos de emergencia, fachadas de edificios, celdas con forma de teja para casas, y plantas de generación de electricidad distribuida (centrales conectadas a la red) y para horas pico diurnas.

2.3 EÓLICA

Características

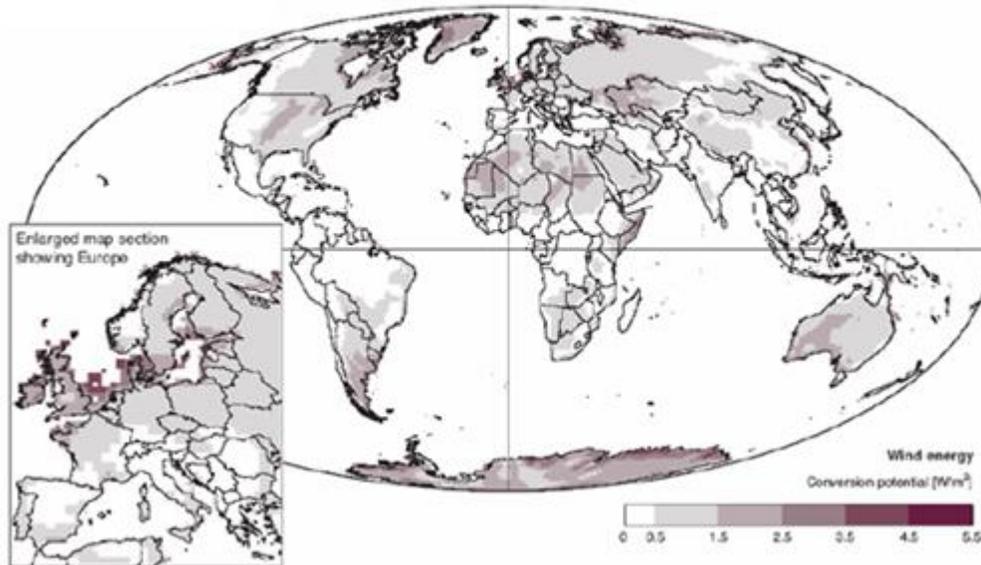
El calentamiento no uniforme de la atmósfera y de la superficie terrestre debido a la radiación solar, resulta en una distribución desigual de presión en la atmósfera, lo que genera el movimiento de masas de aire, es decir el viento.

Debido a la dependencia de la radiación solar y a las diferencias de presión a lo largo de todo el planeta, el viento es intermitente y tiene dos patrones principales: el estacional y el diario. El patrón estacional describe la intensidad del viento a lo largo del año, mostrando los meses de menor, media o máxima intensidad. Los patrones diarios de viento, típicos de cada estación, nos muestran los posibles periodos horarios de déficit o exceso de generación de acuerdo al patrón de demanda eléctrica estacional o diaria respectivamente.

2.3.1 Potencial mundial

Para poder aprovechar la energía del viento es necesario que su intensidad tenga pocas variaciones y sea la adecuada para el generador. Se considera que sólo los vientos con velocidades entre 18 y 45 kilómetros por hora (KPH) son aprovechables. En la figura 2.2 se observa un mapa donde se ilustra el potencial mundial de energía eólica.

Figura 2.2 Distribución global del potencial de conversión de la energía del viento tanto en la superficie marina como en la terrestre.



Fuente Grasi H. World in transition. Towards Sustainable Energy Systems Earthscan.

De acuerdo con el Instituto de Investigaciones Eléctricas la implantación de la generación eolieléctrica en el mundo se ha mantenido en crecimiento desde 1980 y a finales de 1998 ya existían 8,441 MW eolieléctricos conectados a sistemas eléctricos convencionales, destacándose el liderazgo de Alemania, Estados Unidos, Dinamarca, India y España, en donde se encuentra desarrollado el casi 82% de esta capacidad eolieléctrica. El potencial de aplicación de esta nueva fuente renovable de energía es alto como lo confirma que en Europa se han realizado varios estudios que coinciden en que mediante la generación eolieléctrica sería posible suministrar de 10 a 20 % de su consumo de energía eléctrica.

2.3.2 Centrales eoloelectricas

Cuando el viento hace girar grandes aspas conectadas mediante un eje a un generador de electricidad, la energía cinética producida se convierte en energía eléctrica. A este dispositivo se le llama aerogenerador y normalmente va montado sobre una torre.

Los aerogeneradores se clasifican, según la posición del eje de las aspas, en verticales u horizontales y aprovechan la velocidad de los vientos comprendidos entre 5 y 20 metros por segundo. Por debajo de este rango el aerogenerador no funciona y si la velocidad excede el límite superior, el aerogenerador debe pararse para evitar daños a los equipos.

En la mayoría de los países del mundo los aerogeneradores pueden operar sólo un 30% del tiempo, sin embargo, en la región de la Ventosa, México este porcentaje, que define al factor de plantaⁱⁱ, está entre el 50 y 60%.

2.3.3 Impacto ambiental

El empleo de la energía eólica ofrece varias ventajas ambientales que a continuación se mencionan:

Un importante potencial de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, precursores de lluvias y de ozono. La Comisión Europea estima, por ejemplo, que la operación de 10,000 MW de origen eólico evitaría la emisión de 20 millones de toneladas de CO₂ por año, lo que a su vez representaría un ahorro de 3,500 millones de dólares por la no quema de combustibles fósiles.

ⁱⁱ Factor de Planta se define como el número de horas que opera un generador al año dividido entre el número de horas en un año

La emisión de ruido acústico puede llegar a ser un inconveniente cuando los sistemas eoloeléctricos se instalan cerca de lugares habitados. Esto ha llegado a representar una limitante en países que tienen poca extensión territorial. Sin embargo para no ocasionar esta molestia de ruido, algunos países han emitido normas ambientales que limitan su cercanía a lugares habitados.

Un impacto que se le atribuye a los sistemas eoloeléctricos es el visual en tanto que se argumenta que estos sistemas dañan el paisaje. Este impacto, al igual que en el caso de ruido, depende en buena medida de la cercanía de los sistemas eoloeléctricos con las poblaciones y de la percepción de las personas.

Otro impacto más de la instalación de sistemas eoloeléctricos es el que tiene sobre las aves al chocar contra los rotores y las estructuras de los aerogeneradores, al igual que sobre el habitat y las costumbres de las aves.

2.3.4 Impacto social

El empleo de la energía eólica es una actividad que tiene un importante potencial para la creación de nuevas fuentes de empleo, sobre todo en la empresa mediana y pequeña. Para finales de 1996, la Asociación Europea de Energía Eólica estimó que en Europa ya existían más de 20,000 personas trabajando en la industria eoloeléctrica ^c.

En cuanto a la fabricación e instalación de aerogeneradores, el indicador para creación de fuentes de empleo es de 6 personas por año, por nuevo MW.

Para la operación y mantenimiento se habla de un potencial de generación de empleo de 100 a 450 personas por año por cada TWH generado. Se estima que por cada puesto de trabajo en la fabricación, instalación, operación y mantenimiento de aerogeneradores se crea al menos otro puesto de trabajo en sectores asociados tales como asesorías, investigación, finanzas, etc.

Conjuntamente con este impacto en términos de creación de empleos, la disponibilidad del recurso eólico abre la posibilidad de establecer una industria eólica con importantes beneficios económicos y ambientales, que puede ser el catalizador de un desarrollo regional o local.

2.4 Energía Geotérmica.

La geotermia se refiere a la energía térmica natural existente en el interior de la Tierra. En la práctica, es el estudio y utilización de la energía térmica que, transportada a través de la roca y/o fluidos, se desplaza desde el interior de la corteza terrestre hacia los niveles superficiales, dando origen a los sistemas geotérmicos. La energía geotérmica es una fuente limpia y su uso más importante es la generación de electricidad

Debido a sus particulares características geológico-estructurales, México cuenta con abundantes recursos geotérmicos. Actualmente contamos con una base de datos que incluye 2,332 manifestaciones geotérmicas distribuidas en 27 de los 32 Estados Mexicanos¹⁰.

En general se clasifica a los recursos geotérmicos en recursos de alta temperatura ($T \geq 200^{\circ}\text{C}$) y de temperatura intermedia a baja ($T < 200^{\circ}\text{C}$)¹¹. Esta clasificación obedece a la aplicabilidad de estos recursos. Los de alta temperatura pueden utilizarse para la generación de energía eléctrica. Los de temperatura intermedia a baja son más apropiados para aplicaciones directas del calor geotérmico. Existe una amplia gama de aplicaciones directas, tanto domésticas como industriales que dependen de la temperatura del recurso. Las aplicaciones directas del calor geotérmico en México están lejos de alcanzar su enorme potencial. Actualmente se concentran mayormente en balneología aunque existen algunos ejemplos de calefacción de edificios, secado de madera, invernadero y cultivo de hongos

2.4.1 Situación actual

Recursos de temperatura intermedia a baja. Actualmente la utilización de los recursos geotérmicos Mexicanos de temperatura intermedia a baja es muy reducida. La capacidad instalada es de 164.6 MWt (megawatt térmico). Estos recursos se utilizan mayormente en balnearios termales, aunque existen algunas otras aplicaciones en pequeños proyectos de demostración, implementados por la Comisión Federal de Electricidad. La Tabla 2.1, describe con cierto detalle la situación actual.

Tabla 2.1 Utilización directa del calor geotérmico en México, 2005

Localidad	Tipo	T entrada (°C)	Capacidad (MWt)	Energía (TJ/año)	Factor de capacidad
Los Azufres, Mich.	A	77	0.007	0.179	0.801
Los Azufres, Mich.	B	72	2.703	69.511	0.815
Los Azufres, Mich.	G	60	0.004	0.105	0.793
Los Azufres, Mich.	H	110	0.460	13.191	0.909
Los Humeros, Pue.	O	75	0.174	4.946	0.901
La Primavera, Jal.	B	48	4.481	132.296	0.936
Aguascalientes	B	43	14.414	257.205	0.566
Chiapas	B	36	29.288	738.640	0.800
Chihuahua	B	39	2.274	52.813	0.736
Coahuila	B	32	1.640	27.699	0.536
Durango	B	53	2.063	28.688	0.441
Guanajuato	B	41	14.466	350.195	0.768
Hidalgo	B	42	10.772	285.695	0.841
Jalisco	B	38	12.010	293.214	0.774
México	B	35	4.363	106.575	0.775
Michoacán	B	45	7.721	204.775	0.841
Morelos	B	45	14.466	350.195	0.768
Nuevo León	B	38	9.874	230.034	0.739
Querétaro	B	32	17.259	408.956	0.751
San Luis Potosí	B	37	7.054	151.474	0.681
Sinaloa	B	73	0.337	6.522	0.614
Tlaxcala	B	35	0.293	6.925	0.749
Veracruz	B	65	2.987	78.481	0.833
Zacatecas	B	37	5.532	133.549	0.766
TOTAL (PROMEDIO)		(50.2)	164.642	3,931.863	(0.757)

A = Secado de productos agrícolas (granos, frutas, vegetales)

B = Balnearios y balneología G = Invernaderos H = Calefacción de edificios

O = Otros (cultivo de hongos)

Aspectos ambientales. La exploración, desarrollo y explotación de los recursos geotérmicos puede tener un impacto significativo en el medio ambiente que rodea el recurso. Durante la etapa de exploración inicial el impacto es mínimo. Sin embargo, a partir de la etapa de perforación exploratoria las consecuencias para el medio ambiente son mucho más importantes. En esta etapa es necesario construir caminos y adecuar sitios para instalar las torres de perforación con el consecuente impacto en el paisaje. Durante la perforación se produce ruido y se requiere de agua para las operaciones. Conforme el desarrollo continúa el impacto es mayor ya que se requiere de áreas para perforar pozos adicionales, para las tuberías de conducción de fluidos y para las centrales de generación. En la etapa de explotación también pueden presentarse algunos aspectos adversos como el incremento o disminución de la actividad de las manifestaciones naturales, emisiones gaseosas y de salmueras.

Los principales aspectos ambientales relacionados con la explotación de la energía geotérmica son: emisiones gaseosas, aguas de desecho, subsidencia, actividad sísmica, ruido e impacto visualⁱⁱⁱ.

A la fecha se han identificado cinco tipos de sistemas geotérmicos:

- a) Hidrotermales,
- b) Roca seca caliente,
- c) Geopresurizados,
- d) Marinos
- e) Magmáticos.

ⁱⁱⁱ Los fluidos geotérmicos contienen gases no condensables (principalmente CO₂, H₂S, SO₂ y CH₄) que pueden emitirse a la atmósfera. Estos fluidos en general pueden contener cantidades importantes de sustancias que pueden ser peligrosas para la salud de plantas y animales (Li, As, B, Hg, Cu, Cd, F, Na, K, Cl, Al)

A continuación se describen algunas de sus principales características.

Sistemas hidrotermales: Estos sistemas están constituidos por: una fuente de calor, agua (líquido y/o vapor) y la roca en donde se almacena el fluido (Fig.2.3). El agua de los sistemas hidrotermales se origina en la superficie de la tierra en forma de lluvia, hielo o de nieve. Se infiltra lentamente en la corteza terrestre, a través de poros y fracturas, penetrando a varios kilómetros de profundidad en donde es calentada por la roca alcanzando en algunas ocasiones temperaturas de hasta 400 °C.

Figura: 2.3



Fuente: Mercado Sergio, Arellano Víctor y Barragán Rosa, Medio ambiente, geotermia y toma de conciencia, 2008.

Estos sistemas pueden clasificarse en tres tipos principales: vapor dominante, líquido dominante alta entalpía y líquido dominante baja entalpía. En la actualidad estos sistemas son los únicos que se explotan comercialmente para la generación eléctrica.

- I. *Vapor Dominante*. Son sistemas de alta entalpía, generalmente de vapor seco. Existen unos cuantos en el mundo. Los más conocidos son The Geysers (Estados Unidos) y Larderello (Italia).
- II. *Líquido dominante (alta entalpía)*. Sistemas de salmuera súper caliente, con temperaturas entre 200 °C y más de 300 °C. Son más abundantes que los anteriores. Ejemplo: Cerro Prieto (México), Wairakei (Nueva Zelanda), Tiwi (Filipinas).
- III. *Líquido Dominante (baja entalpía)*. Sistemas con salmueras calientes, con temperaturas entre de 100°C y 200 °C aproximadamente. Son más abundantes que los anteriores en una proporción de 10 a 1. Se encuentran en casi todos los países del mundo. Ejemplo: Heber (Estados Unidos), Yangbajin (China), cientos de sitios en México.

Sistemas de roca seca caliente: Son sistemas rocosos con alto contenido energético, pero con poca o ninguna agua, conocidos como HDR (Hot Dry Rock). No se explotan comercialmente en la actualidad. Ejemplo: Fenton Hill (Estados Unidos), Rosmanowes (Reino Unido), Soultz-sous-Forêts (Francia). Este es probablemente uno de los recursos geotérmicos más abundantes. El U.S. Geological Survey ha estimado que la energía almacenada en los yacimientos de roca seca caliente que se encuentran dentro de los 10 kilómetros superiores de la corteza terrestre, equivale a más de 500 veces la energía acumulada en todos los yacimientos de gas y de petróleo del mundo, lo que habla de un recurso enorme.

Sistemas geopresurizados: Son sistemas que contienen agua y metano disuelto a alta presión (del orden de 700 bar) y mediana temperatura (aproximadamente 150 °C). No se explotan comercialmente en la actualidad. Ejemplo: yacimientos en Texas y Louisiana (Estados Unidos), y en Tamaulipas (México). Estos recursos ofrecen tres tipos de energía: térmica (agua caliente), química (metano) y mecánica (fluidos a muy alta presión). Algunos investigadores han estimado el

potencial energético solamente en las costas de Texas en unos 40,000 MWt. Se desconoce el potencial de este recurso en México.

Sistemas marinos: Son sistemas de alta entalpía existentes en el fondo del mar. No se explotan comercialmente en la actualidad. Estos sistemas han sido poco estudiados hasta ahora. Ejemplo: Golfo de California (México).

Sistemas magmáticos: Son sistemas de roca fundida existentes en aparatos volcánicos activos o a gran profundidad en zonas de debilidad cortical. No se explotan comercialmente en la actualidad. Ejemplo: Volcán de Colima (México), Volcán Mauna Kea (Hawai). Posiblemente el atractivo más importante de este tipo de recurso sean las altísimas temperaturas disponibles (≥ 800 °C). Recordemos que la eficiencia de las máquinas térmicas es proporcional a la temperatura máxima de su ciclo termodinámico¹². Es importante aclarar que este tipo de energía renovable no se podrá instalar en la zona en cuestión, ya que no se tiene los recursos necesarios para el desarrollo o extracción.

Capítulo 3: Funcionamiento y descripción de los sistemas energéticos renovables.

3.1 Conversión fototérmica.

La conversión fototérmica consiste básicamente en transformar la energía solar en calor, transfiriendo este a un fluido. El calor generado es utilizado comúnmente para calentar agua o aire.

El principio fundamental de cualquier instalación solar térmica es el de aprovechar la energía del sol mediante una serie de captadores y transferirla a un sistema de almacenamiento, que este es usado para abastecer el consumo cuando sea necesario. El procedimiento actual llevado a cabo en cualquier instalación consiste en absorber la energía térmica contenida en los rayos solares, una vez que el fluido que circula en el interior del dispositivo se calienta, hay que evitar su enfriamiento a través de un aislamiento térmico lo más eficaz posible. La aplicación directa de estos sistemas se puede destinar al consumo sanitario, en instalaciones domesticas o en sistemas de mayor tamaño como pueden ser en deportivos, escuelas, hospitales, fabricas, etc. De tal forma que la posibilidad de captar la energía del Sol desde el lugar que se necesita, junto con la capacidad de poder almacenarla durante el tiempo suficiente para disponer de ella cuando haga falta, es lo que hace que esta tecnología sea tan ampliamente aceptada en muchas partes del mundo.

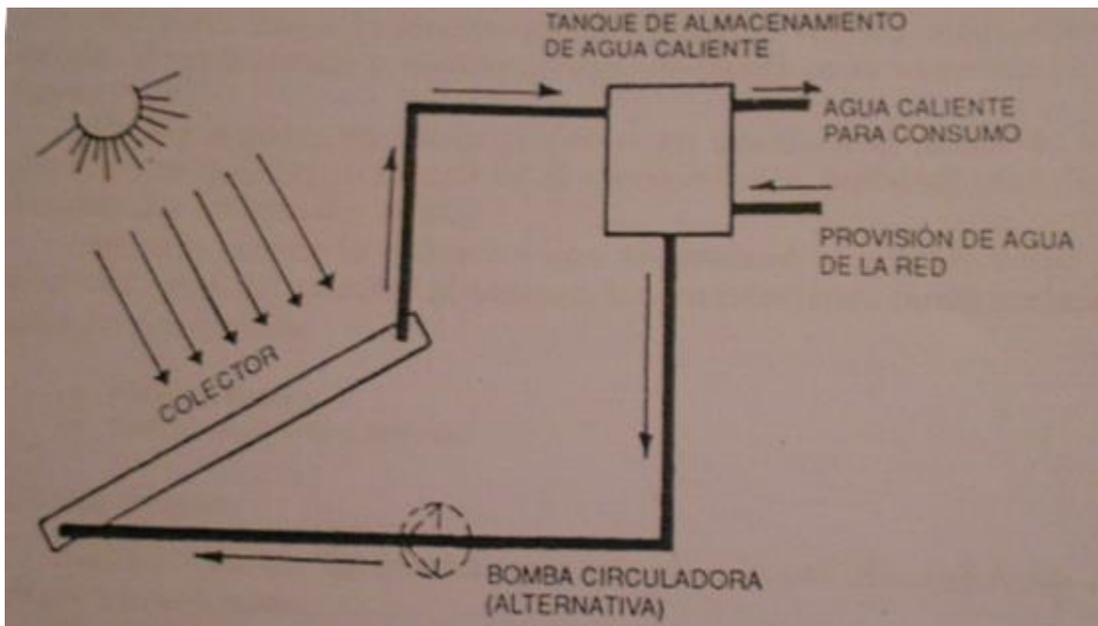
Comúnmente el sistema se diseña para que la acumulación sea la demandada por los usuarios en un día, pero para evitar posibles restricciones energéticas en los que la radiación es insuficiente, o que la demanda es mayor a la establecida se debe de contar con un sistema de calentamiento auxiliar que permite suplir la necesidad, este sistema utilizara los medios energéticos convencionales por ejemplo, el gas o la electricidad.

La instalación tiene 3 elementos constitutivos básicos, estos son:

- Colector solar.
- Tanque de almacenamiento de agua caliente.
- Cañerías de vinculación.

Los mismos se muestran en la figura 3.1.1

Figura 3.1.1 esquema básico de funcionamiento



Fuente: Fuede: Nestor quadri energía solar, alsilna 3a edicion

Existen varios tipos de instalaciones, estas se pueden clasificar en tres tipos:

1) Instalación solar térmica de baja temperatura.

En ella el fluido alcanza temperaturas de hasta 90 °C. Aplicable al sector doméstico, climatización de piscinas, etc.

2) Instalación solar térmica de media temperatura.

En esta instalación el fluido es entregado en un rango de temperaturas que va de los 80 a 250 °C. Aplicable en procesos industriales, desalinización de agua de mar, etc.

3) Instalación solar térmica de alta temperatura.

En ellas se genera vapor para la producción de energía eléctrica, trabajándose con temperaturas superiores a los 250 °C.¹³

En esta Tesis solo estudiaremos las instalaciones solares de baja temperatura para el calentamiento de agua, ya que estas son destinadas para el sector doméstico y no requerimos alcanzar temperaturas mayores a 90°C.

Colector solar: Se han diseñado distintas y avanzadas versiones de captadores solares térmicos con el objetivo de incrementar la cantidad de energía absorbida y disminuir las pérdidas. Aunque los más comunes son los captadores planos, que utilizan como fluido el agua, en la actualidad también se comercializan otros tipos de captadores que cuentan con gran aceptación en el mercado.

A continuación se detallan algunas de las características de los captadores solares más empleados hoy en día para aprovechar la energía térmica de baja temperatura; o sea, la que se utiliza convencionalmente para uso doméstico y que trabaja con temperaturas que no sobrepasan los 100 °C de temperatura. Los captadores planos, destinados por lo general a la producción de agua caliente sanitaria, están recubiertos de una caja herméticamente cerrada. En la cara superior de esta caja se coloca una superficie acristalada que deja atravesar la

radiación solar e impide que se pierda la ganancia térmica obtenida. Generalmente la carcasa que envuelve al equipo de captación es metálica, aunque en algunos casos puede ser de plástico especial o de algún otro material. En el interior del sistema captador se encuentra la placa absorbedora, que es el lugar donde se realiza la captación de la radiación solar propiamente dicha. Fabricada con materiales que conducen bien el calor (aluminio, cobre, planchas metálicas...), esta placa tiene un funcionamiento parecido al de un radiador: con una disposición de tubos que cuentan con una toma por donde entra el fluido a calentar y otra de salida. Pese a que existe un gran número de diferentes configuraciones de tubos internos, los tradicionales suelen utilizar los de tipo serpentín o los de tubo paralelo. Estos consisten en varios tubos de cobre, orientados en forma vertical con respecto al captador, en contacto con una placa de color oscuro que transfiere el calor al fluido circulante. El contacto entre la placa absorbedora y el tubo por donde circula el fluido no tiene por qué ser un elemento crítico del captador siempre que esté bien sellado.¹⁴

Tanque de almacenamiento de agua caliente: Dado que la energía que se recibe del Sol no siempre coincide con las épocas de mayor consumo, es necesario acumular la energía en los momentos de mayor captación de ésta, para poder utilizarla en el momento deseado.

Lo general es almacenar la energía en forma de calor en depósitos especialmente diseñados para este fin. Según las características específicas del tanque de almacenamiento y los materiales con los que haya sido fabricado, podremos conseguir guardar las calorías ganadas durante más o menos tiempo; desde unas horas (ciclo de la noche al día), hasta dos días como máximo¹⁵. Por otro lado el tanque debe estar perfectamente aislado a fin de reducir al mínimo las pérdidas de calor, pudiéndose emplear lana de vidrio o poliestireno expandido.

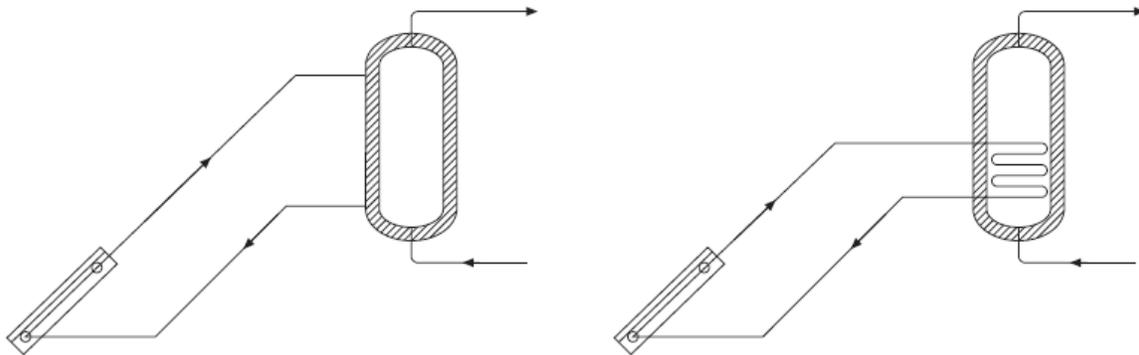
Cañerías de vinculación: Este es el sistema encargado de transportar el fluido de los captadores solares hacia el punto de consumo, dichos sistemas pueden ser de materiales como: latón, bronce y hierro galvanizado. Estos sistemas pueden ser de circuito:

- Cerrado
- Abierto.

Circuito abierto: En este tipo de sistemas el agua es transferida de forma directa, esto quiere decir que el agua caliente producida por el captador solar es directamente transferida al tanque de almacenamiento y de este al punto de consumo, reemplazando la misma cantidad de agua caliente en el colector por fría para repetir el proceso. La principal ventaja de estas instalaciones es que son más económicas, la fabricación es más sencilla así como su instalación y da mejores rendimientos energéticos. Pero no es recomendable utilizarlos en lugares donde las heladas sean fuertes ya que se corre el riesgo de roturas en las tuberías o incrustaciones por la calidad del agua.

Circuito cerrado: Este tipo de casos el sistema se divide en dos pasos, el primero que se localiza en la zona del colector y el segundo que es el tanque de almacenamiento. El primer paso consta de un líquido especial que corre dentro del colector y transmite el calor a través de un intercambiador al tanque de almacenamiento, esto se hace con el fin de evitar algún tipo de congelamiento o incrustación en el sistema, por lo tanto es recomendable utilizar este tipo de circuitos en zonas donde se alcancen temperaturas muy bajas.

Figura 3.1.2 Representación de sistema abierto (izquierda) y cerrado (derecha)



Fuente: Energía solar térmica, IDEA,2006

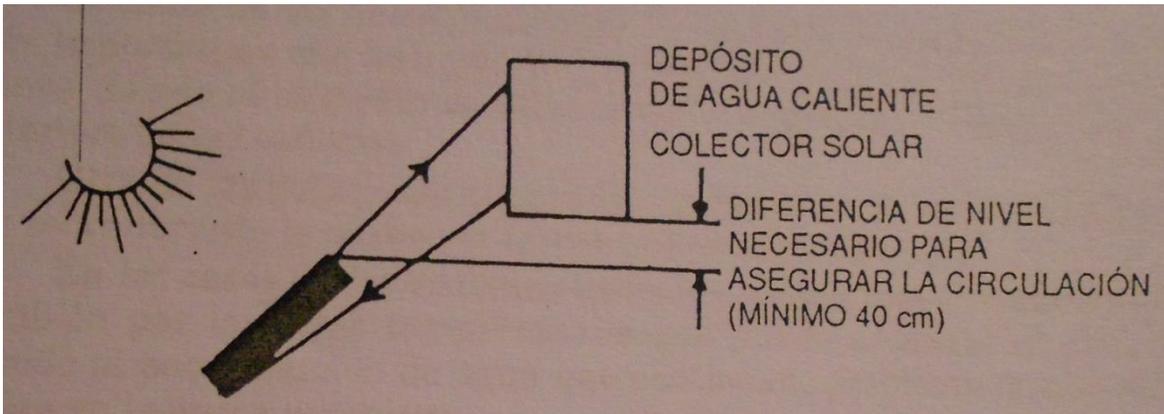
La circulación del agua del colector al tanque puede efectuarse de dos maneras:

- Termosifón
- Forzada mediante bomba circulatoria

Sistema de termosifón: Estos sistemas tienen la ventaja de no contar con bombas de impulsión, aprovechando la circulación natural del agua caliente, que por naturaleza tiende a ascender. Los sistemas con termosifón son muy utilizados en zonas con climas cálidos.

En estas instalaciones el depósito debe colocarse por encima de los colectores solares. De esta manera, el agua, al calentarse en estos da inicio a una corriente de convección que va hacia el depósito y se encarga de empujar el agua fría del fondo de este hacia los colectores, provocando así una circulación natural. Entre más radiación capten las placas de absorción de los colectores, mayor será la circulación y cuando no haya energía que captar, la circulación cesará automáticamente.

Figura 3.1.3 Circulación por termosifón.



Fuente: Fuede: Nestor quadri energía solar, alsilna 3a edicion

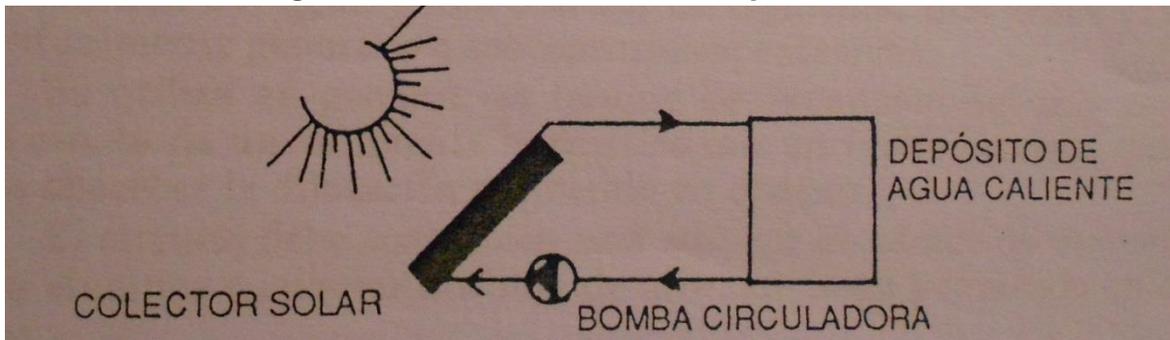
Los factores que determinan el movimiento del agua, mediante el proceso de circulación natural o termosifón, son:

- La diferencia de temperaturas entre la de salida del colector y la de la parte inferior del acumulador.
- La diferencia de altura entre el colector y el acumulador. Para evitar pérdidas de eficiencia el acumulador debe situarse por encima del colector a una altura mínima de 40 cm ¹⁶.

El sistema de circulación por termosifón es un sistema simple y económico, siendo el más empleado en instalaciones pequeñas.

Sistema de circulación forzada por bomba: En estos casos la circulación del agua se realiza mediante el empleo de una bomba circuladora, como se indica en la figura 3.1.4

Figura 3.1.4 Circulación forzada por bomba.

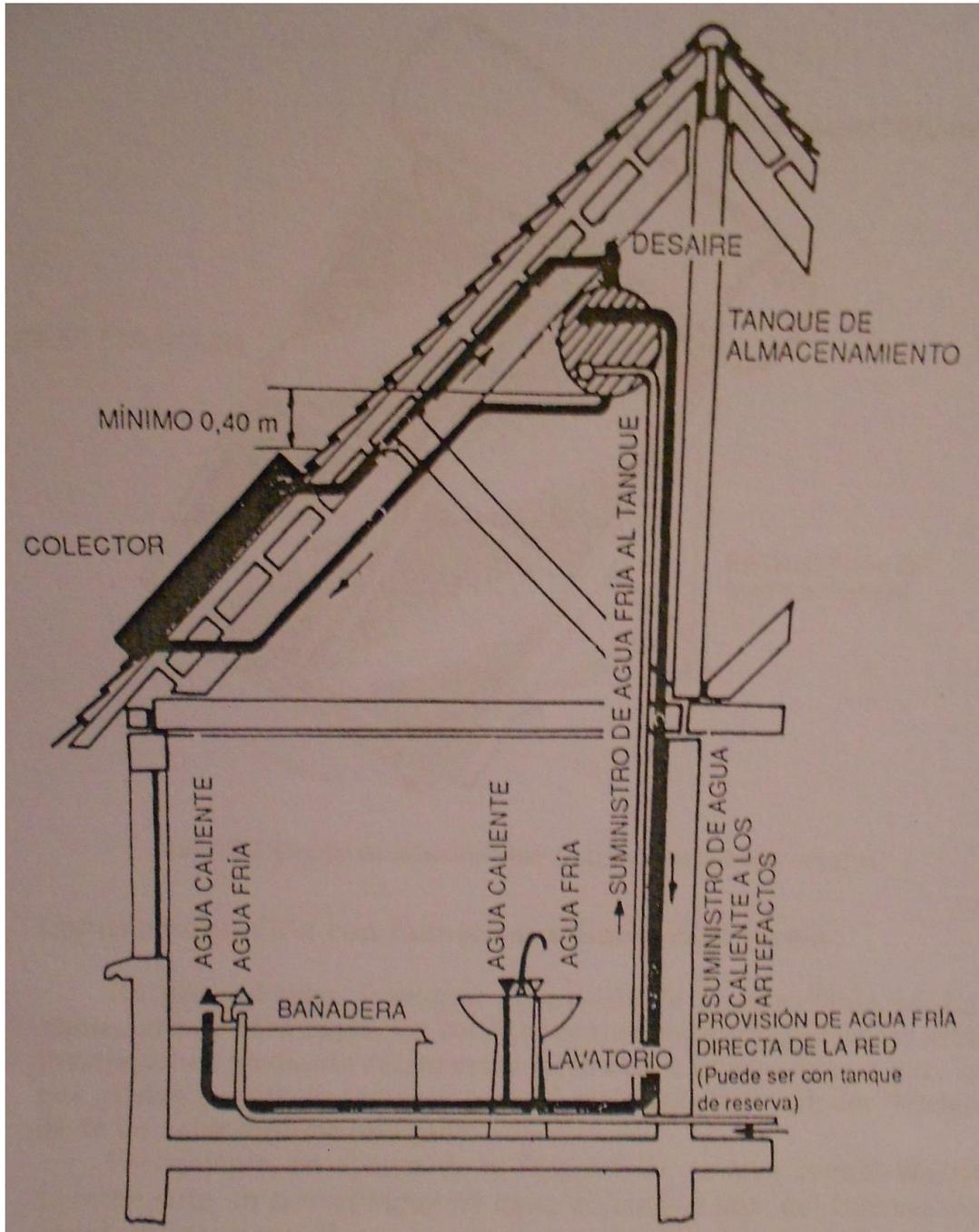


Fuente: Fuede: Nestor quadri energía solar, alsilna 3a edicion

De esta manera no existe problema en cuanto a la ubicación del colector con respecto al tanque de almacenamiento, pudiéndose incluso instalarse por encima del mismo.

Detalle de montaje: La instalación de un sistema de calentamiento de agua por medio del calor del sol puede ser instalada por fuera de la edificación en cuestión. En la figura 3.1.5 podemos observar a detalle un ejemplo de dicha instalación.

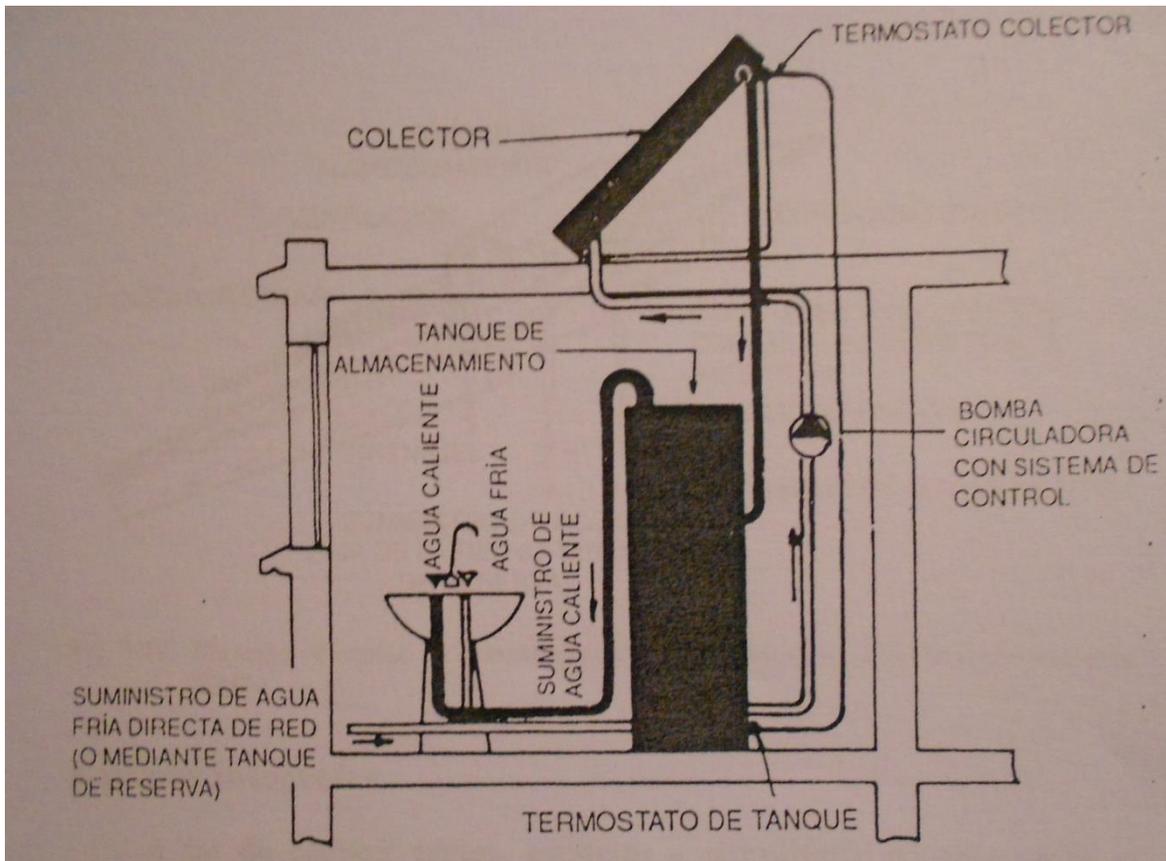
Figura 3.1.5 Esquema de un sistema de provisión de agua caliente, por termosifón.



Fuente: Fuede: Nestor quadri energía solar, alsilna 3a edicion

En la figura 3.1.6 se muestra un sistema con aplicación de una bomba circuladora, que permite cualquier ubicación del tanque con menores diámetros de cañerías y una mejor regulación de conjunto.

Figura 3.1.6 Esquema de instalación de provisión de agua caliente por circulación forzada.



Fuente: Nestor quadri energía solar, alsilna 3a edicion

3.1.1 Diseño del equipo de agua caliente solar

El sistema debe de mantener una capacidad, de modo que, en la hora pico de consumo, se tenga la cantidad de agua necesaria a la temperatura requerida.

El cálculo se divide en dos partes fundamentales:

- Dimensiones del colector solar.
- Capacidad del tanque de almacenamiento.

Para el cálculo de la superficie de los colectores solares:

La superficie de los colectores solares depende de la cantidad de calor diaria a suministrar para el calentamiento del agua de consumo.

Se parte de la ecuación:

$$Qd = ItS * \eta \left(\frac{MJ}{día} \right) \dots\dots\dots Ec 3.1.1$$

Donde

Qd: cantidad de calor diario por suministrar (megajoules/día) (MJ/día)

S: superficie de los colectores solares (m²)

η : rendimiento o eficiencia de los colectores (según datos de fabricantes %)

It: cantidad de calor solar que captan los colectores (MJ/m²día) sobre la superficie inclinada

Despejando de la ecuación anterior, la superficie de los colectores solares es igual a:

$$S = \frac{Qd}{(It*\eta)} \dots\dots\dots Ec 3.1.2$$

Respecto a Qd, podemos determinarla por medio de la siguiente formula, considerando sin muchos errores que el calor específico es de 4 J/gr °C y el peso específico 1Kg/litro¹⁷.

$$Qd = PsCpCd(ts - te)\dots\dots\dots Ec 3.1.3$$

Siendo:

Ps: peso específico (Kg/litro)

Cp=calor específico (J/gr°C)

Cd: caudal diario de agua a calentar (litros/día)

ts: temperatura de salida de agua del tanque (°C)

te: temperatura de entrada de agua al tanque (°C)

De esa manera, la ecuación que representa la superficie del colector quedaría:

$$S = \frac{Cd(ts-te)}{(It*\eta)} \dots\dots\dots Ec 3.1.4$$

Referente al caudal diario Cd, puede estimarse como consumo normal de agua caliente 50 l/día por persona.

La temperatura ts, es la temperatura de acumulación del tanque, que se fija normalmente en 50°C

La temperatura te, es la temperatura de entrada de agua a la red y puede estimarse de 10-15°C como valor normal¹⁸.

Con respecto al valor It, es calculado por el programa rad II, el cual determina la radiación proyectada por el sol dado en Megajoules/metro cuadrado.

La radiación solar recibida en Ixhuatlán del Sureste reporta:

Componente de datos de irradiación solar a consultar	GLOBAL
Proporcione la Latitud de la localidad (Grados):	18
Proporcione la Longitud de la localidad (Grados):	-94

Resultados:

Mes	Irradiación (MJ/m ²)
Enero	14.6729
Febrero	17.0112
Marzo	17.902
Abril	18.619
Mayo	18.9646
Junio	17.8668
Julio	18.8814
Agosto	19.1626
Septiembre	17.3384
Octubre	17.2564
Noviembre	15.5975
Diciembre	14.0609

DIFUSA		DIRECTA		DIRECTA NORMAL	
Mes	Irradiación (MJ/m ²)	Mes	Irradiación (MJ/m ²)	Mes	Irradiación (MJ/m ²)
Enero	5.95506	Enero	8.7178	Enero	15.7407
Febrero	6.64335	Febrero	10.3678	Febrero	17.1763
Marzo	7.57916	Marzo	10.3228	Marzo	15.3671
Abril	8.23659	Abril	10.3825	Abril	14.4185
Mayo	8.49722	Mayo	10.4674	Mayo	14.2036
Junio	8.61672	Junio	9.25008	Junio	12.7244
Julio	8.43463	Julio	10.4468	Julio	14.4033
Agosto	8.25489	Agosto	10.9077	Agosto	14.9713
Septiembre	8.01849	Septiembre	9.31992	Septiembre	13.3004
Octubre	7.04802	Octubre	10.2084	Octubre	16.0693
Noviembre	6.14261	Noviembre	9.45493	Noviembre	16.8427
Diciembre	5.76587	Diciembre	8.295	Diciembre	15.4325

Por otra parte es igual de importante la posición del colector solar. Para obtener el mayor rendimiento del colector solar, es necesario que tenga una dirección que vaya siguiendo la trayectoria del sol durante el día.

Sin embargo en la mayoría de las instalaciones simples, la ubicación del colector es fija, por lo que debe dotarse a su emplazamiento de determinadas características que hacen a dos aspectos básicos:

- Orientación
- Inclinación

3.1.2 Orientación

La orientación óptima del colector es que su superficie de captación este dirigida hacia el sur, dado que permite aprovechar el mayor número de horas del sol, independientemente de la estación del año y de la latitud de emplazamiento.

3.1.3 Inclinación del colector

La inclinación del colector es aquella que asegura la mayor captación de energía solar, lo que depende de dos factores:

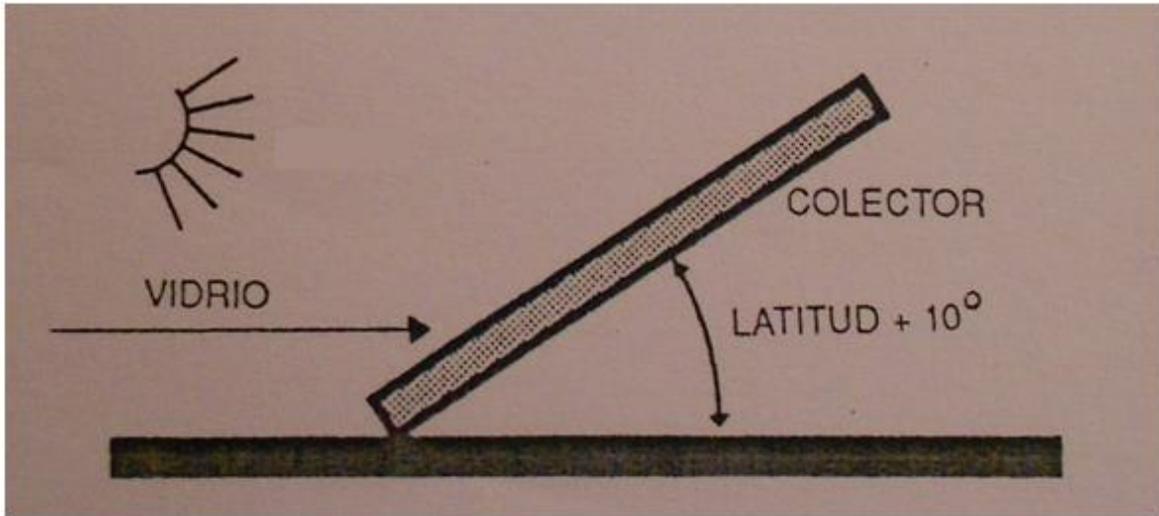
- Latitud del lugar de emplazamiento
- Periodo de utilización durante el año.

El cálculo exacto es muy laborioso, por lo que en la práctica se recurre a establecer la inclinación en función de las siguientes reglas, que permiten determinarla con suficiente aproximación, de acuerdo al periodo de uso:

Para el periodo de verano, el ángulo de inclinación debe ser igual a la latitud del lugar menos 20°

Para el periodo de invierno, el ángulo de inclinación será igual a la latitud del lugar más 10° ¹⁹, como se indica en la figura 3.1.8

Figura 3.1.8 *Inclinación del colector solar para el periodo de verano*



Fuete: Nestor quadri energía solar, alsilna 3a edicion

Para el uso del colector todo el año, la inclinación será igual a 0.9 de la latitud del lugar. Para la zona en cuestión debe ser de 0.9×18 ya que se considera usar todo el año.

3.1.4 Implementación en parque ecológico Tuzandepetl.

Ya que encontramos que la radiación solar en la zona propuesta para el desarrollo del parque ecológico Tuzandepetl es aceptable, y debido a que en las instalaciones se contará con edificaciones, las cuales deben disponer con servicios como agua caliente, lo propuesto en esta tesis es implementar la energía fototérmica para proveer de agua caliente las instalaciones donde se requiera, para ello se propone diseñar solo sistemas solares de baja temperatura, ya que estas serán únicamente destinadas para el sector doméstico o uso sanitario, de tal forma que no requerimos alcanzar temperaturas mayores a 100°C .

3.2 Conversión fotovoltaica.

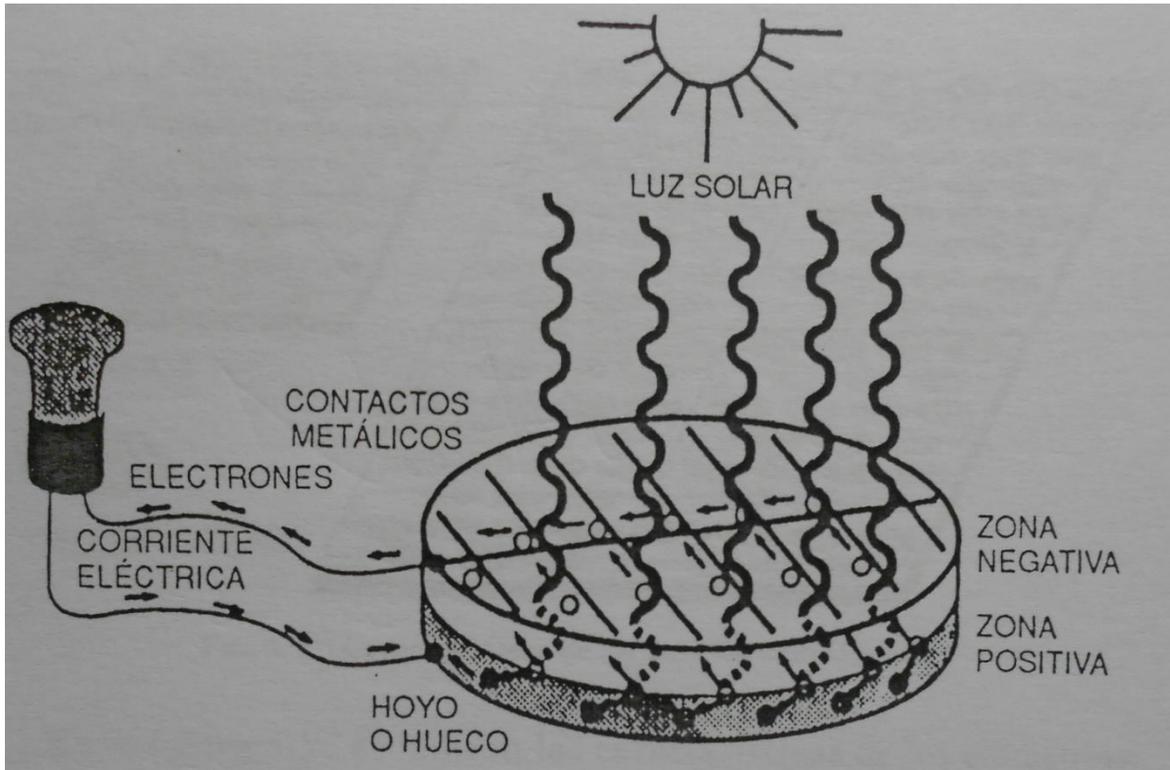
Fotocelda solar.

Con el paso del tiempo y debido a los requerimientos energéticos del hombre en la actualidad, la generación de energía eléctrica a partir de la energía solar es hoy en día una opción posible gracias al desarrollo y aplicación de las celdas solares, también conocidas como fotoceldas solar, las cuales están constituidas, generalmente, por una lámina de un material semiconductor^{iv}, comúnmente silicio.

La conversión se lleva a cabo gracias a los rayos del sol, ya que al hacer incidir estos sobre el semiconductor algunos de los electrones en la placa de la celda absorben fotones, provocando un desplazamiento de los electrones que no los absorben a la superficie. Gracias a este desplazamiento se generan dos campos electromagnéticos, uno con carga positiva y otro con carga negativa, el positivo ubicado en la parte posterior de donde inciden los rayos del sol, y el otro negativo en la cara donde inciden estos, es decir, en donde se encuentran los electrones. De tal forma que al unir estos campos electromagnéticos utilizando contactos metálicos adheridos a cada una de las caras de la lámina, se produce una circulación de electrones, esto se debe a la diferencia de potencial, esta corriente eléctrica se genera siempre y cuando la luz incida sobre la fotocelda²⁰.

^{iv} Un semiconductor es un elemento material cuya conductividad eléctrica puede considerarse situada entre las de un aislante y la de un conductor, considerados en orden creciente

Figura 3.2.1 Funcionamiento de la fotocelda solar.

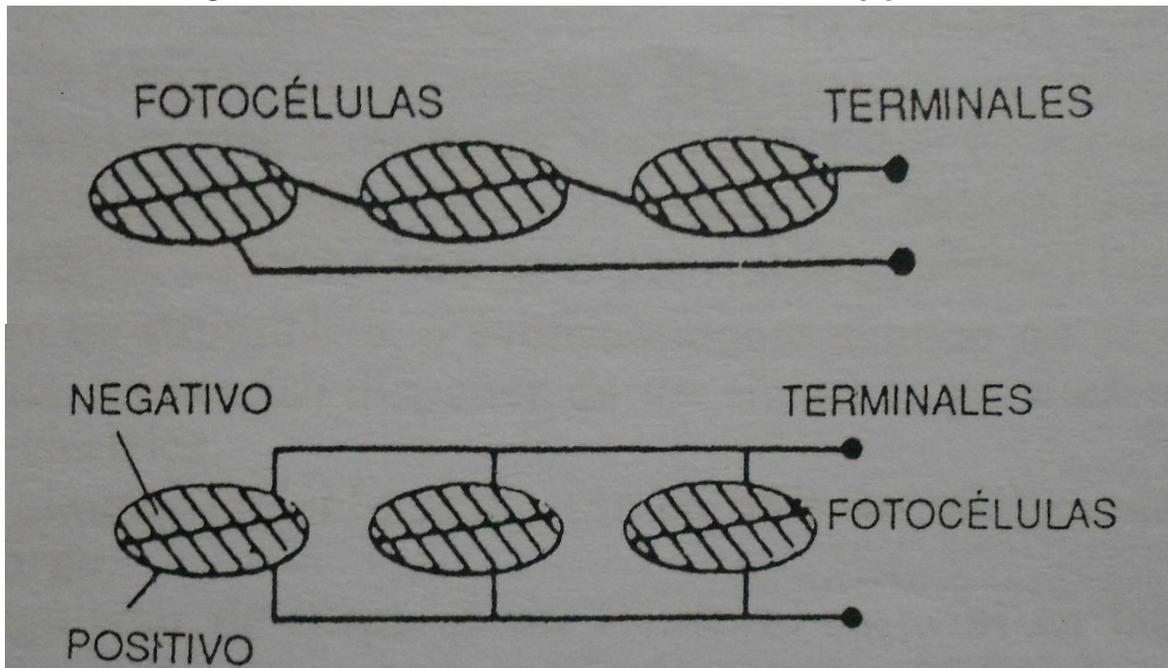


Fuete: Nestor Quadri energía solar, Alsilna 3a edición

Dichas fotoceldas se pueden conectar de dos formas entre sí.

1. Conectadas en serie: El voltaje generado en este arreglo es igual a la suma de los voltajes individuales de cada una, es decir, se genera un voltaje mayor al proporcionado por cada una de ellas individualmente.
2. Conectadas en paralelo: El voltaje en este arreglo se mantiene constante, de tal forma que este es el mismo que cada una de ellas en forma individual.

Figura 3.2.2 Conexión de fotoceldas en serie y paralelo



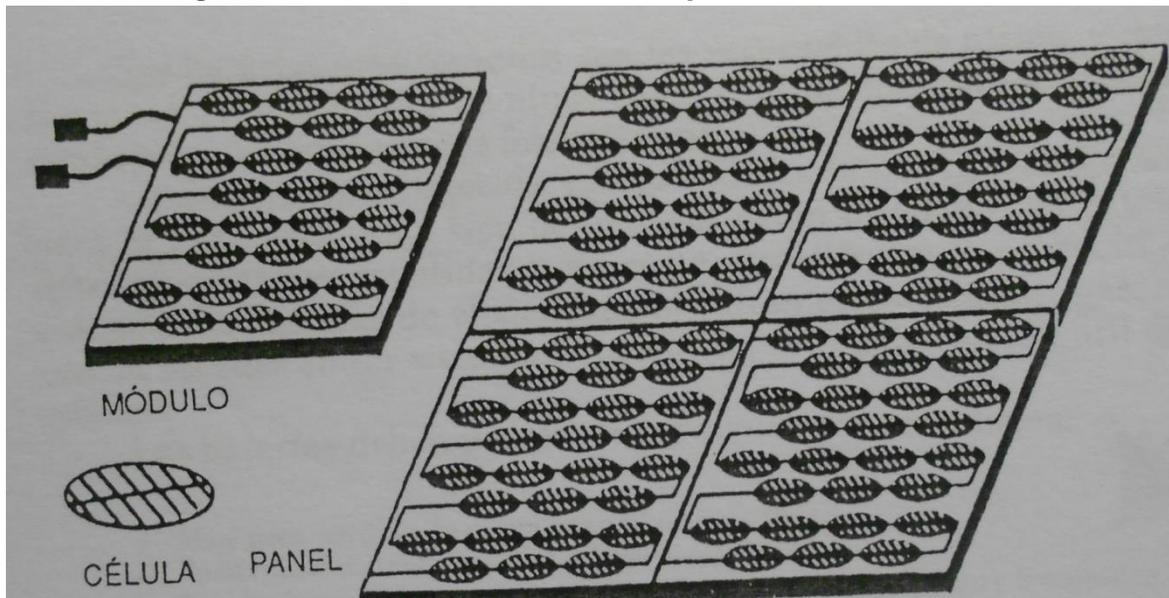
Fuete: Nestor Quadri energía solar, Alsilna 3a edición

Entre las propiedades de las fotoceldas se pueden mencionar que son de fácil traslado e instalación, no requieren de mantenimiento durante su vida útil, son capaces de captar la luz del sol de forma directa así como difusa (luz reflejada en edificios o que pasa a través de las nubes), se puede ampliar la capacidad instalada inicialmente y sobre todo es una energía renovable.

3.2.1 Paneles fotovoltaicos.

Los paneles solares fotovoltaicos no son más que una serie de fotoceldas conectadas entre sí para formar módulos solares, que en forma grupal forman un panel. A continuación podemos observar cómo se conforman dichos paneles.

Figura 3.2.3 Características de los paneles fotovoltaicos.



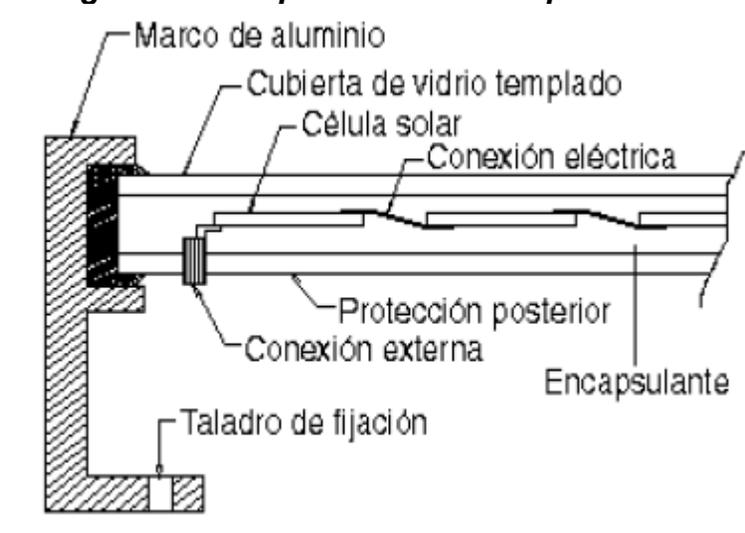
Fuente: Nestor quadri energía solar, alsilna 3a edicion

Dentro de los principales componentes en la estructura de los paneles encontramos:

- El encapsulante: Es el material encargado de proteger las celdas en el panel, el encapsulante tiene que contar con varios requisitos, uno es tener un índice alto de conducción solar y otro es tener poco desgaste por efecto del sol.
- La cubierta exterior de vidrio templado: Es la encargada de que el panel resista las condiciones climatológicas adversas y maximiza la transmisión de luz, ésta debe soportar cambios bruscos de temperatura.
- La cubierta posterior: Está conformada normalmente por varias capas opacas que reflejan la luz que ha pasado entre las celdas, haciendo que vuelva a incidir otra vez sobre éstas.
- El marco de metal: Esta construido comúnmente de aluminio.

- La caja de terminales: Es la que incorpora los bornes^v para la conexión del módulo
- Diodo de protección: Es el que impide que el panel sufra daños provocados por sombras en la superficie del panel.

Figura 3.2.4 Aspectos físicos de panel solar.



Fuente: Carlos Roberto Prado Mora, Diseño de un sistema eléctrico fotovoltaico para una comunidad aislada, Universidad de Costa Rica

La vida útil de un panel solar fotovoltaico se considera que es entre 25-30 años y la eficiencia de dichos módulos se encuentra generalmente entre 9 y 15%. La potencia nominal de los módulos indica la cantidad de energía que genera bajo condiciones nominales. Es decir, un módulo de 80 W de potencia nominal produce 80 Watts hora si durante una hora recibe la cantidad de radiación para la que fue diseñado. De forma que la potencia generada por el panel puede ser menor que la potencia nominal para condiciones de poca radiación solar.²¹

^v Botón metálico al que va unido un hilo conductor eléctrico, bien sea para rematarlo o para conectarlo con otro circuito

3.2.2 Almacenamiento de la energía fotovoltaica.

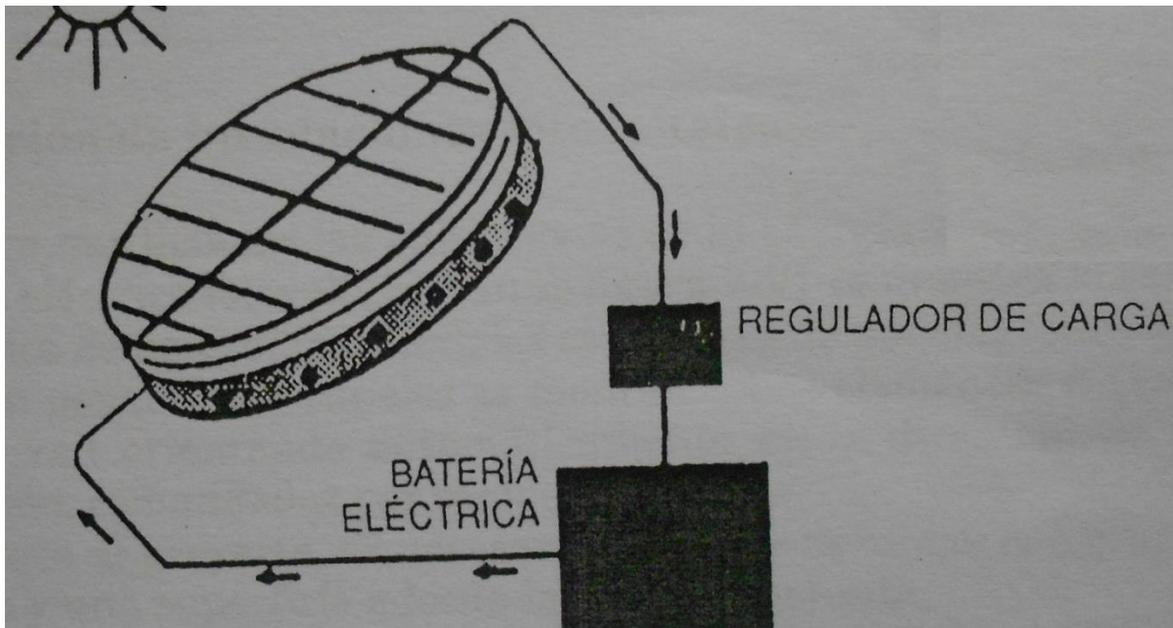
El sistema de almacenamiento de energía surge gracias a la cuestión de, ¿dónde se obtendrá energía eléctrica en la horas del día en donde no hay sol?, esto debido a que la energía eléctrica generada en este tipo de sistema (fotovoltaico) solo se puede utilizar durante el día. Por este motivo la mayoría de los sistemas fotovoltaicos cuentan con un sistema de provisión complementaria de energía eléctrica. Pero si se desea que este sistema sea completamente autónomo, se implementa un sistema de carga y descarga, es decir, un sistema de baterías (anexo), en unión a un regulador de carga.

El regulador de carga es un elemento fundamental en el sistema de almacenamiento, ya que tanto la carga o descarga excesiva de las baterías pueden dañar la vida útil, así que para evitar este tipo de problemas se recomienda evitar los siguientes aspectos:

- Evitar elevados voltajes de carga, ya que elevan la corrosión y provocan pérdida de agua
- Bajos voltajes en descarga
- Descargas profundas
- Largos periodos sin recarga total.
- Elevadas temperaturas, que aceleran los procesos de envejecimiento
- Estratificación del electrolito.
- Bajas corrientes de carga.

Dentro de las principales funciones que el regulador lleva a cabo podemos definir dos, una que es la prevención de sobrecarga de la batería, y la otra es la prevención de excesos de descarga de la batería.

Figura 3.2.5 Procedimiento de captación y almacenaje.



Fuente: Nestor quadri energía solar, alsilna 3a edicion

Además de incluir un sistema de almacenamiento, las instalaciones fotovoltaicas necesitan una instalación adicional para poder transformar la corriente almacenada en las baterías, es decir, transformar la corriente continua a alterna que es el tipo de energía útil en los aparatos electrodomésticos.

3.2.3 Generadores solares fotovoltaicos.

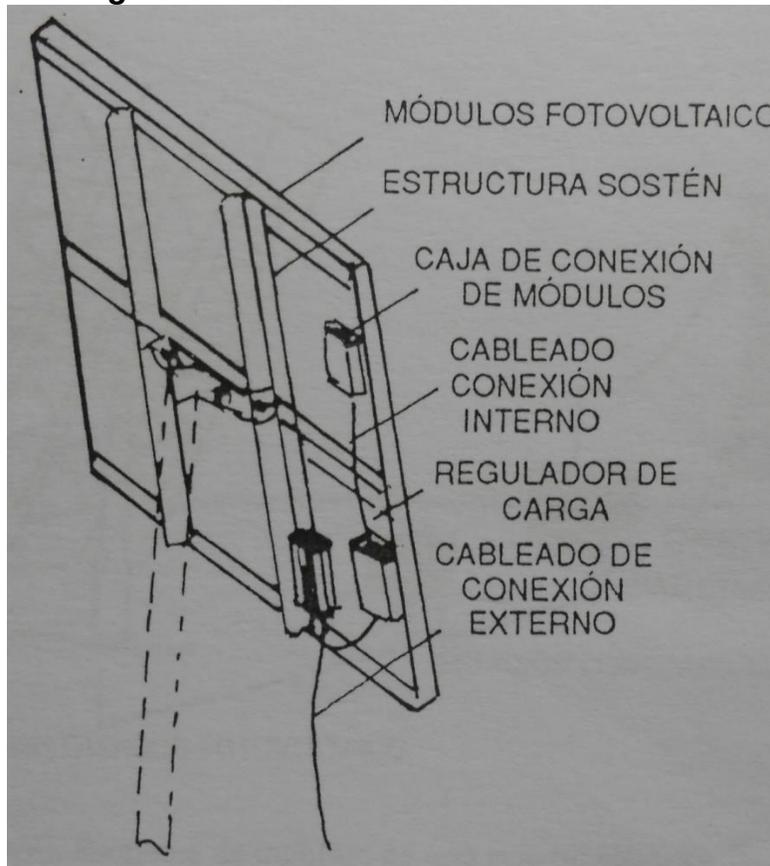
Un generador solar fotovoltaico está conformado por:

- Módulos fotovoltaicos
- Estructura de soporte
- Regulador de carga de batería
- Tablero de distribución
- Cableado de distribución interno

- Batería de 12 volts, para almacenamiento de la energía eléctrica
- Inversor de corriente, cuando se requiere trabajar con corriente alterna.

Es recomendable utilizar dichos generadores en zonas rurales en donde la electricidad es de difícil o nulo acceso. A continuación podemos observar de qué forma está constituido un generador.

Figura 3.2.5 Generador solar fotovoltaico.



Fuente: Nestor Quadri energía solar, Alsilna 3a edición

Los generadores eléctricos fotovoltaicos por su construcción modular, se adaptan fácilmente a las necesidades energéticas, siendo muy simple de instalar.

3.2.4 Aplicación a parque ecológico Tuzandepetl

Como sabemos el parque contara con distintos tipos de estancia, desde casa habitación hasta auditorio, basándome en lo descrito en la sección 3.2 propongo que las estancias sean suministradas energéticamente por medio de este tipo de

sistemas, ya que los generadores solares son de fácil traslado, fácil instalación y de cierta forma más prácticos, ya que no requieren de mucho mantenimiento durante su vida útil. Por lo tanto puedo concluir que los sistemas fotovoltaicos son totalmente viables para su implementación en el parque ecológico Tuzandepétl, utilizando este tipo de energía en la iluminación, tanto habitacional como publica, y fuente de alimentación a utensilios electrodomésticos.

3.3 Conversión de energía eólica.

La energía eólica está directamente relacionada con la solar ya que proviene de corrientes horizontales en la superficie de la tierra y estas son generadas por el calentamiento del aire en la troposfera. En otras palabras, la existencia del viento en el planeta es consecuencia de la acción del Sol, pues es la radiación en combinación con otros factores como la inclinación, el desplazamiento de la Tierra y los océanos, lo que activa la circulación de las corrientes de aire en el planeta debido al calentamiento disparado en distintas zonas de la superficie y de la atmósfera terrestres.

Estas corrientes se generan ya que el aire que se calienta más, se vuelve más ligero y se desplaza hacia arriba, dejando su lugar a las corrientes de aire frío, estos vientos globales se rigen por los cambios de temperatura y de presión atmosférica, así como la fuerza de Coriolis^{vi}, que hace que, visto desde el Espacio, el viento del hemisferio norte tienda a girar en el sentido de las agujas del reloj cuando se acerca a un área de bajas presiones y el del hemisferio sur lo haga en dirección opuesta.

^{vi} es el efecto que un observador en movimiento de rotación aprecia sobre cualquier cuerpo que se mueve con respecto a él, y que se traduce en una desviación lateral de su trayectoria.

Por otro lado, cerca de la superficie terrestre, soplan otro tipo de vientos, estos son caracterizados por el relieve del terreno y otras variables como la rugosidad o la altura.

- Rugosidad: Esta la podemos definir como la obstrucción que tiene el aire sobre la superficie terrestre. Una superficie muy rugosa como un bosque o un gran grupo de casas, causarán turbulencias y frenará el viento, en este caso se dice que es rugosa, mientras que otra muy lisa como el mar o las pistas de un aeropuerto favorecerá el desplazamiento del aire.
- Altura: Si el terreno es rugoso, se necesitarán aerogeneradores de mayor altura para alcanzar la misma velocidad de viento que en otros emplazamientos más lisos.²²

El aumento de la velocidad del viento en función de la altura, puede evaluarse mediante la expresión:

$$V(h) = V_o * \left(\frac{h}{h_o}\right)^\alpha \dots\dots\dots Ec 3.3.1$$

Donde:

V(h)= velocidad del viento que se desea estimar, a la altura h del suelo

Vo=velocidad del viento conocida a una altura ho

h= altura a la que se quiere estimar la velocidad

ho= altura de referencia

α= valor que depende de la rugosidad existente en el emplazamiento (chechar cuadro)

Cuadro 3.3.1 Valores para α

Estimacion del valor α para distintos terrenos	
Tipo de terreno	α
liso (mar, arena, nieve)	0.10-0.13
rugosidad moderada (hierba cultivo)	0.13-0.20
rugoso(bosques edificaciones)	0.20-0.27
muy rugoso (ciudades)	0.27-0.40

Fuente: Clemente Alvares, Energía eólica, IDEEA, 2006

Por otra parte, la rentabilidad de un aerogenerador está determinada por los costos de generación de corriente eléctrica, la cual puede calcularse según la siguiente ecuación:

$$COE = \left(\frac{IC}{E}\right) * (a + OM) = BIC * b \dots\dots\dots Ec 3.3.2$$

Dónde:

COE= Costo de generación de corriente eléctrica (\$/kWh)

IC= Costos de inversión del aerogenerador (\$).

E= Energía generada anualmente E= P*T (kWh/año).

P= Potencia nominal del aerogenerador (kW).

T= Horas de generación con máxima potencia (T=FC*8760).

FC= Factor de carga.

a= Tasa de anualidad de los costos de capital.

OM= Costos de operación y mantenimiento, se puede calcular como un porcentaje de la inversión IC, variando según el aerogenerador entre 0,5% y 3,5%.

b= Costos anuales de servicio (b=a+OM).

La tasa de anualidad depende del interés y del tiempo de amortización en años, y está definida para diferentes intereses y diferentes tiempos de amortización. Pero sin lugar a dudas las diferencias más grandes resultan de los costos específicos de inversión, $(BIC=IC/E)$, es decir, de los costos totales de inversión y de la energía generada anualmente.

3.3.1 Cuanta energía contiene el viento.

Al crear corrientes de aire debido al calentamiento de la atmosfera, la masa de aire en movimiento es energía cinética que puede ser transformada en energía eléctrica. Esto se puede aprovechar al hacer incidir el viento sobre las palas de una aeroturbina para producir un trabajo mecánico de rotación que mueve a su vez un generador para producir electricidad. La cantidad de energía que contiene el viento antes de pasar por un rotor en movimiento depende de tres parámetros: la velocidad del viento, la densidad del aire y el área barrida por el rotor.

La velocidad a la que el aire incida pase a través de las palas resulta determinante, pues la energía cinética del viento aumenta proporcionalmente al cubo de la velocidad a la que se mueve.

Respecto a la densidad, la energía contenida en el viento aumenta de forma proporcional a la densidad, que en condiciones normales (a nivel del mar, a una presión atmosférica de 1.013 milibares y a una temperatura de 15 °C) es de 1,225 kilogramos por cada metro cúbico. Esto quiere decir que, en otras condiciones ambientales en donde el aire se enfríe y aumente de peso, transferirá más energía al aerogenerador. Y, al contrario, cuando el aire se caliente o cuando incremente en altitud, será menor la energía cinética que llegue a la turbina.

En lo que respecta al área barrida, cuanto más aire sea capaz de capturar un aerogenerador más energía cinética encontrará. Sin embargo, no puede ser extraída toda por los aerogeneradores. Primero porque esto significaría detener por completo el viento, lo que impediría que éste pasara de forma continua a través de las palas de la turbina ya que basándonos en el Límite de Betz, solo

puede ser aprovechada teóricamente un máximo de 59% de la energía que llega al rotor. Y segundo, porque también se pierde parte en el proceso de transformación de la energía en la máquina.

Para cuantificar la cantidad de energía en el viento antes de pasar a través de un rotor utilizamos la siguiente ecuación:

$$P = \frac{1}{2} \rho S V^3$$

Siendo:

P=potencia (W)

ρ = Densidad del aire (Kg/m³)

S= superficie o área de barrido del rotor en m²

V=velocidad del viento m/s

3.3.2 El aerogenerador

Los aerogeneradores actuales de eje horizontal están constituidos por una cimentación de hormigón armado adecuada al terreno y a las cargas del viento, sobre la cual se levanta una torre, comúnmente de acero, de estructura de celosía^{vii}, o bien de tipo tubular de acero u hormigón armado para mejorar su aspecto. Esto se hace con el objeto de evitar las bajas velocidades de viento ya que a mayores alturas las velocidades incrementan, al extremo de dicha torre se fija una góndola giratoria de acero o fibra de vidrio, ver la figura 3.3.1. Ésta se compone de:

^{vii} celosía es una [estructura reticular](#) de barras rectas interconectadas en nudos formando triángulos planos (en celosías planas) o pirámides tridimensionales (en celosías espaciales).

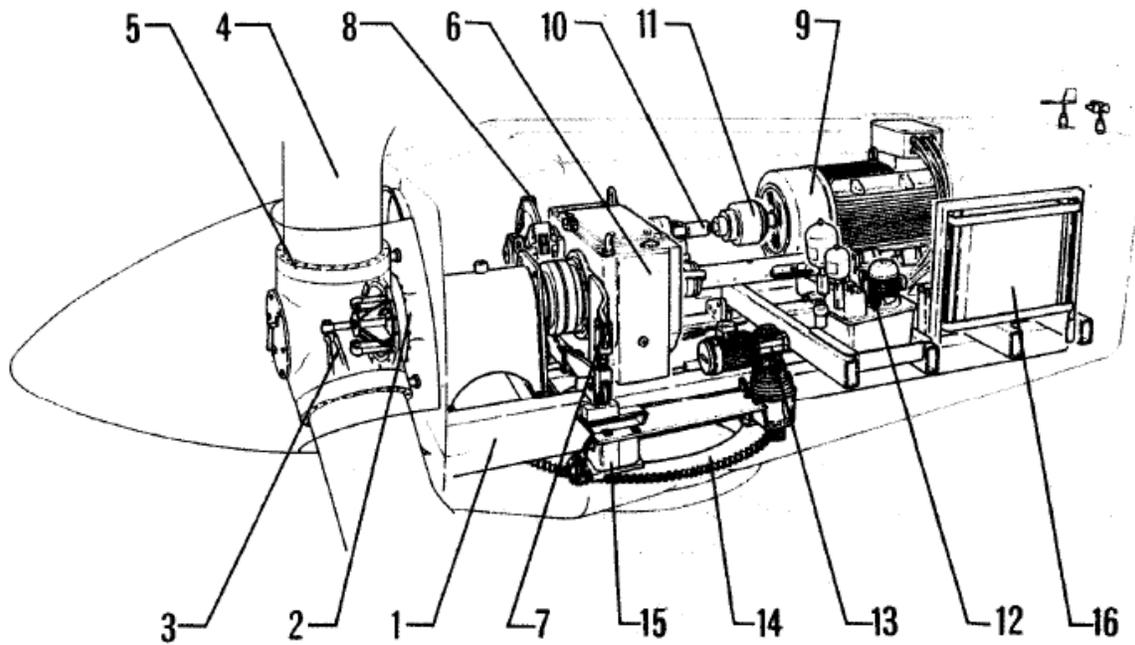
- El tren de potencia [eje del rotor lento, caja multiplicadora (de engranajes planetarios o normal) de régimen de salida hasta unas 1 000 a 1500 r.p.m. y de elevado rendimiento, típicamente un 90% a 95% y el eje rápido].
- La maquinaria eléctrica (generador eléctrico (con un rendimiento del orden del 90%), controles, accionamientos y máquinas auxiliares).
- Mecanismos auxiliares, generalmente hidráulicos (freno de emergencia del rotor, freno de orientación de la góndola, mecanismo de cambio de paso, aerofrenos y sistema de orientación).
- Sistema de control, basado en un microprocesador y encargado de la supervisión de las variables operativas, registro de incidencias y control del funcionamiento (arranque, parada, enganche a la red, protección de embalamiento, orientación y paso de las palas). Suele incluir un módulo de comunicación con una base de control central.

En el exterior encontramos:

- El buje, que une las palas del rotor y que puede incorporar sus articulaciones, como cambio de paso, conicidad, etc.
- Las palas, cuyo eje de giro suele estar inclinado algunos grados sobre la horizontal, con el fin de alejarlas de la torre
- El mecanismo aerodinámico de orientación. Suele ser de veleta de cola o molino de cola para pequeños tamaños. Para tamaños medios y grandes se usa orientación asistida detectando la dirección del viento por medio de un sensor de dirección y orientando la góndola con un motor eléctrico o hidráulico engranado a una corona horizontal.

- Estación meteorológica, con medida de la velocidad y dirección del viento, temperatura y presión atmosférica.²³

Figura 3.3.1 Góndola giratoria.



Fuente: Antonio Lecuona, La energía eólica: principios básicos y tecnología, Leganes, 2002

- | | |
|--------------------------------|----------------------------------|
| 1. Bancada | 11. Fusible de par |
| 2. Eje de baja velocidad | 12. Unidad hidráulica |
| 3. Mecanismo de cambio de paso | 13. Motor de orientación |
| 4. Pala | 14. Corona de orientación |
| 5. Buje | 15. Sensor de orientación |
| 6. Caja multiplicadora | 16. Unidad de control en Góndola |
| 7. Fijación del basculamiento | |
| 8. Freno de disco | |
| 9. Generador | |
| 10. Eje de alta velocidad | |

Dentro de las principales funciones de las partes de un aerogenerador destacan las funciones de:

Góndola: Ya que está en su interior contiene los diferentes dispositivos que van a transformar la energía mecánica del rotor en energía eléctrica. Además, en su exterior cuentan con un anemómetro y una veleta que facilitan información continua a todo el sistema para su control.

La torre: Que es la que soporta la góndola y el rotor. Hoy en día suelen ser tubulares de acero. Las de celosía son más económicas, pero han dejado de usarse por estética y por ser más incómodas e inseguras para los trabajadores

Rotor: Este es el conjunto formado por las palas y el buje que las une. Este sirve para transformar la energía cinética del viento en energía mecánica. Cuanto mayor sea el área barrida del rotor mayor será la producción. Los rotores pueden ser de paso variable (que permiten girar sobre sí mismas a las palas) o de paso fijo (en el que no pueden girar).

Las palas: Las palas de un aerogenerador son muy similares a las alas de un avión. Hoy en día, la mayoría de las turbinas cuentan con tres palas. Y suelen ser de poliéster o resina epóxica reforzada con fibra de vidrio.

Figura 3.3.2 Parque eólico



Fuente: <http://desenchufados.net>

Multiplicador o caja multiplicadora: Esta es la encargada de aumentar la velocidad de giro que llega del rotor para adaptarla a las necesidades del generador. El movimiento de giro de los aerogeneradores suele ser bastante lento, es aquí donde entra en acción la caja multiplicadora, por ejemplo, el rotor de una turbina de 1.500 kW de potencia, suele girar a una velocidad de entre 10 y 20 revoluciones por minuto (r.p.m.) y el multiplicador aumentará esta velocidad hasta las 1.500 r.p.m.

Generador: Este transforma la energía mecánica en energía eléctrica, aunque generando normalmente corriente alterna. .

Controlador electrónico: Este es un ordenador que controla continuamente las condiciones de funcionamiento del aerogenerador mediante el análisis de las señales captadas por múltiples sensores que miden temperaturas, presiones, velocidad y dirección del viento, tensiones e intensidades eléctricas.

Sistemas hidráulicos: Estos son elementos auxiliares que permiten el accionar del giro de las palas sobre su eje, así como el frenado del rotor o el giro y frenado de la góndola.

Sistema de orientación: Los aerogeneradores de igual forma cuentan con un sistema de orientación que, con ayuda de los datos recogidos por la veleta, coloca siempre el rotor de manera perpendicular al viento.

Sistema de almacenamiento: Debido a la necesidad de contar con energía en temporada de viento lento o flojo, es necesario un sistema de almacenamiento estos pueden ser de diverso tipo:

- **Acumulación térmica:** la energía extraída del viento se usa para calentar agua, directamente por medio de un freno hidráulico o por calentamiento de resistencias eléctricas tras la conversión a electricidad. El agua se almacena y el aprovechamiento energético posterior sería solo adecuado si se requiere en forma calorífica.
- **Baterías:** Es el sistema más utilizado actualmente y permite construir sistemas de muy pequeño tamaño, adecuados para balizas, repetidores de señal, estaciones de recolección de datos y puestos de socorro remotos. Su rendimiento es del 60% al 75%, esta forma de almacenamiento requiere de baterías especiales que permitan descargas o reducción de descarga hasta el 60% sin daños. Su vida en estas condiciones es del orden de 5 a 7 años. No es adecuado para tamaños grandes por su elevado costo y dificultades de mantenimiento.²⁴

3.3.3 Tipos de turbinas eólicas

El aerogenerador de eje horizontal con rotor tripala es hoy en día el modelo más utilizado para generar electricidad, sin embargo, existen variaciones en las turbinas.

Aerogenerador Darrieus: Los aerogeneradores más comunes gira sobre un eje horizontal, pero otros modelos lo hacen sobre un eje vertical, perpendicularmente al suelo. La máquina más conocida de este tipo es la turbina Darrieus, este aerogenerador está compuesto por un eje vertical, en el que giran varias palas con forma de C. Algo parecido a un batidor de huevos. La ventaja principal es que no necesita ningún sistema de orientación que lo dirija hacia el viento, pero es menos eficiente que un aerogenerador de eje horizontal y requiere ayuda para arrancar ya que recibe menos viento al estar pegado al suelo.

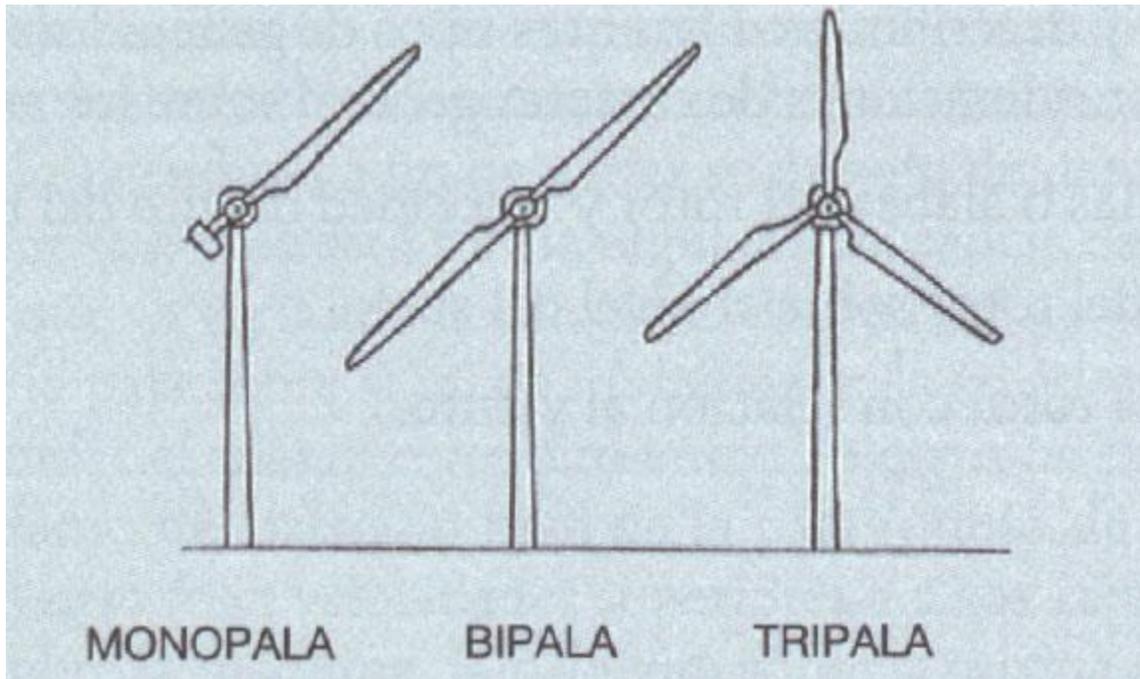
Figura 3.3.3 Aerogenerador Darrieus



Fuente: <http://www.brighthub.com>

Aerogenerador monopala, bipala, tripala o multipala: Una, dos, tres o muchas palas. Los primeros aerogeneradores tenían un gran número de palas, pero con los años se han reducido a tres ya que este es el número menor de palas que proporciona mayor estabilidad, es decir, el número de palas que permite ahorrar más material y peso, sin complicar el sistema.

Figura 3.3.4 Aerogeneradores



Fuente: <http://tipos-de-energia.blogspot.mx>

Algunos modelos utilizan rotores bipala o monopala, que logran un ahorro todavía mayor, pero resultan menos eficientes y deben introducir sistemas de control más complicados para mejorar la estabilidad. El multipala también sigue utilizándose, aunque solo para vientos moderados.

Figura 3.3.5 Generador multipala.



Fuente: <http://www.energias.bienescomunes.org>

Aerogenerador con rotor a sotavento: Normalmente, las turbinas tienen el rotor a barlovento, es decir, delante de la góndola, para que no haya ningún elemento del aerogenerador que pueda frenar el viento o crear turbulencias. Sin embargo, existen también turbinas con rotor a sotavento, en las que las palas se encuentran en la parte trasera de la góndola. En máquinas pequeñas, este sistema puede ser interesante para que la carcasa de la góndola haga de veleta y oriente el aerogenerador en dirección al viento sin necesidad de otros dispositivos²⁵.

3.3.4 Aplicación al parque ecológico Tuzandepétl.

La aplicación de la energía eólica en el parque resulta útil en algunas partes del parque, sin embargo esta tesis se enfocará a la energía solar por lo que se descarta el diseño del sistema eólico.

3.4 Digestor anaerobio.

La digestión anaerobia es un proceso de fermentación, en el que la materia orgánica se descompone en ausencia de oxígeno disuelto, produciendo por un lado, dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y distintos gases en menor proporción, esto es conocido como biogás, por el otro podemos encontrar un efluente rico en nutrientes que generalmente recibe el nombre de biol. La producción de metano es la parte fundamental de este proceso por el alto valor comercial, ya que puede ser utilizado para usos cotidianos como combustibles de cocina, calefacción o iluminación, de igual forma podemos utilizar el producto denominado biol como fertilizante, gracias a su riqueza en nutrientes.

Al ser una energía renovable procedente de la biomasa, se puede decir que esta tecnología se provee de forma autosuficiente y autónoma, haciendo a las comunidades que implementan este tipo de energía, independientes, minimizando de igual forma un posible foco de olores y elementos patógenos en el ambiente, ya que estos residuos son tratados diariamente.

3.4.1 Fases de la digestión anaerobia

La digestión anaerobia está constituida por una serie de etapas llevadas a cabo en forma consecutiva, estas se pueden dividir en cuatro que son:

Hidrolisis: En esta primera fase la materia orgánica compleja es metabolizada por medio de microorganismos, descomponiendo así las cadenas largas en monómeros más sencillos, tales como azúcares, aminoácidos, ácidos grasos volátiles de bajo peso y alcoholes. Así, se permite que las bacterias puedan asimilar la materia orgánica como fuente de nutrientes. El grado de hidrolisis y la cinética del proceso dependen de varios factores, entre los que destacan el pH, la temperatura, la concentración de biomasa hidrolizable y el tipo de materia orgánica.

Acidogenesis y Acetogenesis: Los monómeros obtenidos en la fase anterior o productos intermediarios son degradados durante estas fases a ácidos de cadena corta (de uno a cinco átomos de carbono en su estructura), alcoholes, hidrogeno y dióxido de carbono.

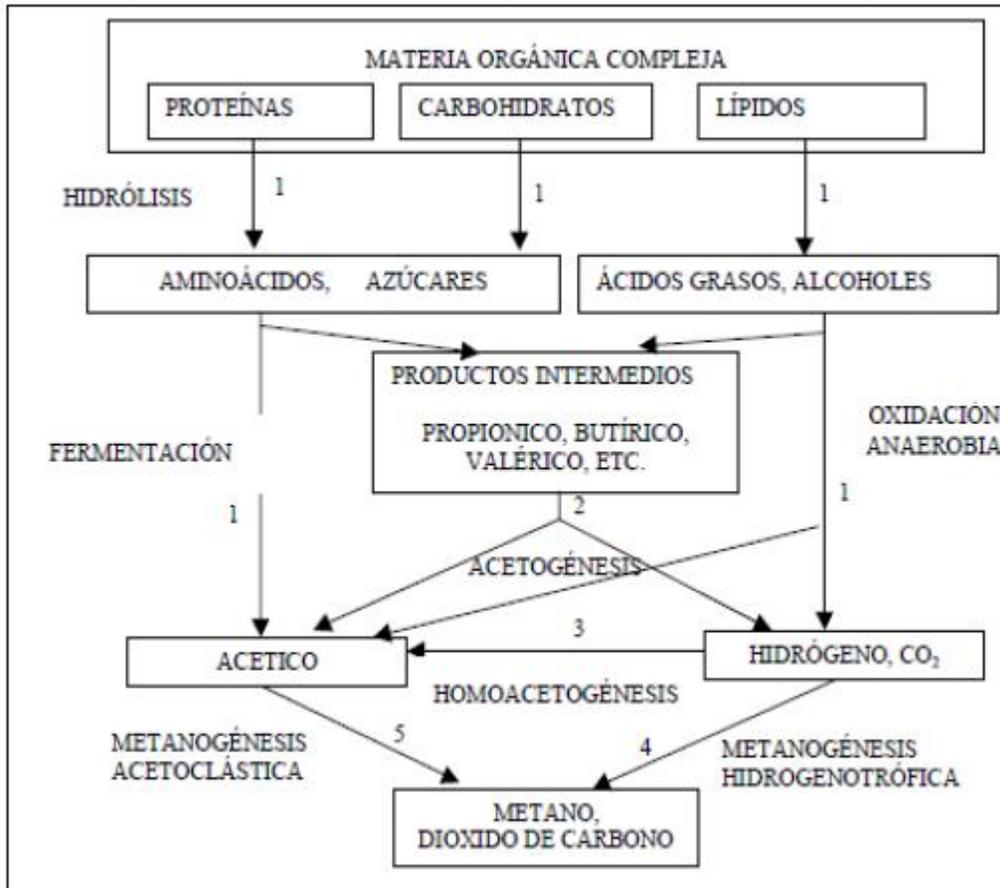
Los principales inhibidores del proceso son el hidrogeno molecular, los ácidos grasos de cadena larga, el valor del pH y el propio ácido acético²⁶

Metanogenesis: En esta etapa los grupos de bacterias convierten los ácidos orgánicos en metano y dióxido de carbono.

En cada una de estas fases intervienen diferentes tipos de microorganismos relacionados entre sí, que son los encargados de la degradación de sustrato^{viii} y que al mismo tiempo necesitan de distintas condiciones en el entorno. Esto implica que cada etapa presentará diferentes velocidades de reacción según la composición del sustrato y que el desarrollo estable del proceso global requerirá de un equilibrio que evite la acumulación de compuestos intermedios inhibidores o la acumulación de ácidos grasos volátiles (AGV), que podría producir pH bajo. En la figura 3.4.1 podemos observar las distintas fases de degradación del sustrato o materia orgánica durante la digestión anaerobia:

^{viii} término genérico para designar, en general, el alimento de los microorganismos.

Figura 3.4.1 Fases de la degradación de materia orgánica



Fuente: Diego Avenidano, UPM, Diseño y construcción de un digester anaerobio

Los números indican la población bacteriana involucrada en el proceso:

1. bacterias fermentativas.
2. bacterias acetogenicas productoras de hidrogeno.
3. bacterias homoacetogenicas.
4. bacterias metanogenicas hidrogenotroficas.
5. bacterias metanogenicas acetoclasticas.

3.4.2 Diseño

Una vez ya estudiado los fenómenos que rigen el proceso ahora tenemos que hablar sobre el diseño del digestor.

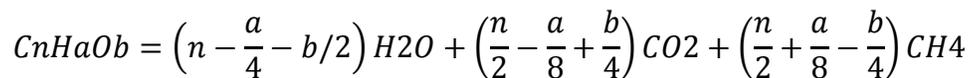
El biodigestor apropiado para la zona donde se aplicara la tecnología tiene que ser una reactor que cubra con las características de los residuos generados en el sitio, observando el grafico 1.1, en el capítulo 1, podemos concluir que será un reactor para tratamiento de residuos sólidos urbanos (RSU).

Parámetros ambientales.

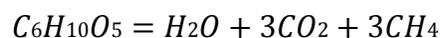
Como pudimos observar los microorganismos de mayor importancia en el proceso de digestión son las bacterias metanogénicas, ya que estas son las encargadas de la producción de metano y son las de mayor sensibilidad al cambio de parámetros, de tal forma que tenemos que establecer y especificar el rango óptimo de los parámetros.

pH

Como se sabe el pH es la medida de acidez o basicidad del medio, este depende en gran parte de las concentraciones de carbono inorgánico (dióxido de carbono, bicarbonato), dichas concentraciones son las encargadas de generar la capacidad amortiguadora o tampón^{ix} de una sustancia. Basándonos en las ecuaciones estequiométricas de buswell, aplicadas al modelo de la fermentación para obtención de metano a partir de cualquier tipo de sustrato, podemos establecer un equilibrio amortiguador ya que:



Donde n, a y b son los números de átomos de carbono, hidrogeno y oxígeno en una molécula de sustrato en cuestión, por ejemplo, una molécula de almidón (C₆H₁₀O₅) se obtendría²⁷:



^{ix} Capacidad de autorregular el pH

Ya que el pH forma un papel importante en el proceso de fermentación se sabe que al verse alterado puede provocar variaciones en el proceso, es por eso que lo recomendable es mantenerlo dentro de un rango poco ácido, ya que de esta forma se ve favorecido el crecimiento de las bacterias metanogénicas, sin afectar a las otras en diferentes fases, así que para poder favorecer al crecimiento de las bacterias metanogénicas sin afectar a las otras, el rango de pH recomendado en el biodigestor se debe de mantener entre los valores de 6.5 y 8.2.²⁸

Para remediar el descenso de pH, ya que los ácidos grasos de cadena corta producidos en exceso durante el proceso suelen reducir el pH en la fase líquida, existen dos métodos, el primero consta de detener la carga del biodigestor y permitir que la población bacteriana metanogénica reduzca la concentración ácida, para que de esta forma incremente el pH. Por otro lado podemos adicionar una sustancia tampón o buffer para elevar el pH sin afectar la carga del digestor, una de las ventajas de utilizar un tampón es el incremento de pH más rápido, para este tipo de digestores suele ser cal o el carbonato de calcio, siendo el segundo más caro pero evita la precipitación de carbonato de calcio²⁹.

Podemos resumir que cualquier cambio en el pH, tanto aumento o disminución del valor en el medio, afecta directamente al proceso inhibiendo el proceso biológico y aumentando la presencia de ácidos grasos, trayendo como consecuencia la reducción de la cantidad de gas producida.

Temperatura

Con respecto a la temperatura podemos generalizar que al aumento de esta comúnmente la velocidad de reacción, en reacciones químicas y bioquímicas aumenta, pero al haber un incremento muy alto esta puede causar una declinación en el ritmo metabólico del proceso, esto es porque al aumentarla las enzimas esenciales para la vida celular se degradan. Por esta razón tenemos que manejar rango de temperatura para que el ritmo metabólico no se vea afectado.

De esta forma podemos establecer la región de temperatura recomendada para la vida de las bacterias mesofílicas, que es de los 20 a 45°C.³⁰ En general la digestión en plantas sin calefacción será posible de forma satisfactoria si la temperatura anual promedio sea de 20°C o donde la media diaria sea mínimo de 18°C.

Nutrientes

La presencia de nutrientes como el nitrógeno y fosforo son indispensables, ya que estos son necesarias para el crecimiento de la flora bacteriana. Pero cuando estas cantidades son muy elevadas puede existir un problema de inhibición por formación de amonio, sobre todo si se trabaja a pH alto. Estos son los parámetros inhibidores del crecimiento bacteriano.

3.4.3 Implementación en parque ecológico Tuzandepetl.

El objetivo de la tesis no es la obtención de biogás o metano, por lo que no se diseñara este tipo de sistema, pero es importante saber cómo es el funcionamiento y diseño de este ya que se planea que secciones del parque contaran con este tipo de diseño.

Capítulo 4: Diseño de sistemas fotovoltaicos

A continuación se describen los procesos para el diseño de un sistema fotovoltaico autónomo.

Dimensionamiento de paneles:

El tamaño del generador fotovoltaico debe por lo menos cubrir la energía requerida en el peor mes de radiación, es decir, igualar la demanda por la carga. Así que para dimensionar tanto los módulos como las baterías es necesario conocer las cargas a conectar (televisores, radios, ventilador, etc.), la potencia nominal de cada uno de los aparatos (P), el número de aparatos de cada tipo (n) y las horas diarias a funcionar (t). El consumo diario (Cd), medido en Watt hora/día (Wh/día), se puede calcular de la siguiente forma.

$$Cd = P * n * t \dots\dots\dots \text{Ecuación 4.1}$$

La suma del consumo diario de energía, calculado a partir de la ecuación anterior, establece el consumo energético teórico (Et) dado en Wh, a partir de este valor se debe calcular el consumo energético real, E (Wh), que considera los diversos factores, como por ejemplo, la perdida energética en la instalación, de tal forma que el consumo energético real queda determinado por la siguiente ecuación:

$$E = Et/R \dots\dots\dots \text{Ecuación 4.2}$$

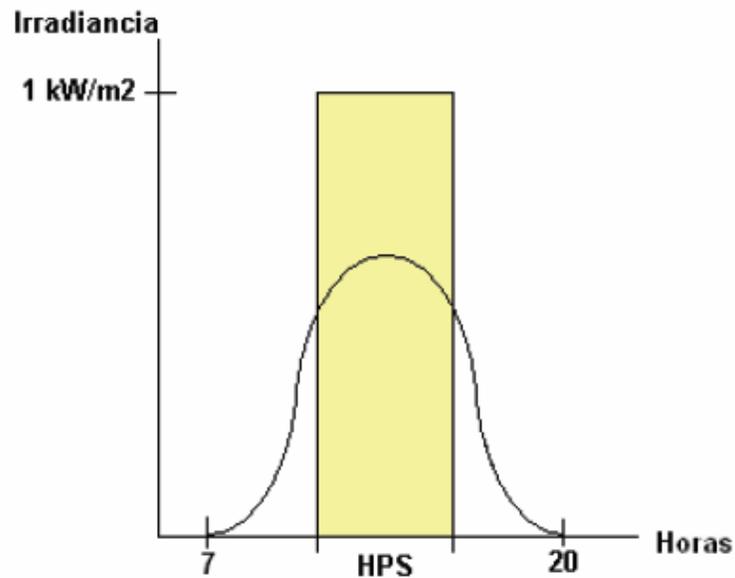
Donde R es el rendimiento global de la instalación:

$$R = (1 - kb - kc - kv) * \left(1 - \frac{ka*N}{Pd}\right) \dots\dots\dots \text{Ecuación 4.3}$$

Donde

- k_b : Coeficiente de pérdidas debidas al rendimiento del acumulador:
0,05 en sistemas que no se producen descargas intensas
0,1 en sistemas con descargas profundas
- k_c : Coeficiente de pérdidas en el inversor:
0,005 para inversores de salida senoidal pura, en condiciones óptimas.
0,1 para condiciones de trabajo lejos de las óptimas
- k_v : Coeficiente de pérdidas varias (transmisión, efecto Joule, etc.)
El intervalo de valores de este parámetro que se toma como referencia es $0,05 < k_v < 0,15$
- k_a : Coeficiente de autodescarga diaria de las baterías, los valores típicos son
0,002 para baterías de baja autodescarga (Ni-Cd)
0,005 para baterías estacionarias de plomo ácido (las más usuales)
0,012 para baterías de alta autodescarga (SLI)
- N : Días de autonomía de la instalación
4-10 días como valores de referencia
- P_d : Profundidad de descarga diaria de la batería:
No deberá exceder el 80% de la capacidad nominal del acumulador³¹

De igual forma es necesario conocer la radiación solar diaria H (KWh/ m²día) para cada mes del año en función de la localización geográfica. De igual forma, un concepto importante para poder realizar el diseño y dimensionamiento del número de paneles solares necesarios en la instalación son las horas pico de radiación o solares (HPS)

Figura 4.1 Definición de las horas pico solares

Fuente: Carlos Roberto Prado Mora, Diseño de un sistema eléctrico fotovoltaico para una comunidad aislada, Universidad de Costa Rica

La irradiación H (kWh/m²), es igual al producto de la irradiación de referencia (I) y las horas pico solares. Como $I=1\text{KW/m}^2$ ^d, se tiene entonces que los valores numéricos de la irradiación y las horas pico solares son iguales:

$$H = I * HPS \dots\dots\dots \text{Ecuación 4.4}$$

La cantidad de energía producida por un panel a lo largo de todo el día, es equivalente a la energía que se produciría en las horas de pico solar si el panel opera a su potencia máxima o nominal (watts pico Wp). Dicha potencia es el principal parámetro que describe el funcionamiento del panel y la especificación más importante en el dimensionamiento del generador FV.

El número de paneles necesario (Np) se debe calcular empleando el número de horas pico solares del peor mes del año y la potencia pico del panel escogido quedando:

$$Np = \frac{E}{0.9 * Wp * HPS} \dots\dots\dots \text{Ecuación 4.5}$$

Dimensionamiento del sistema.

4.1 Comedor para investigadores.

Estimación de radiación.

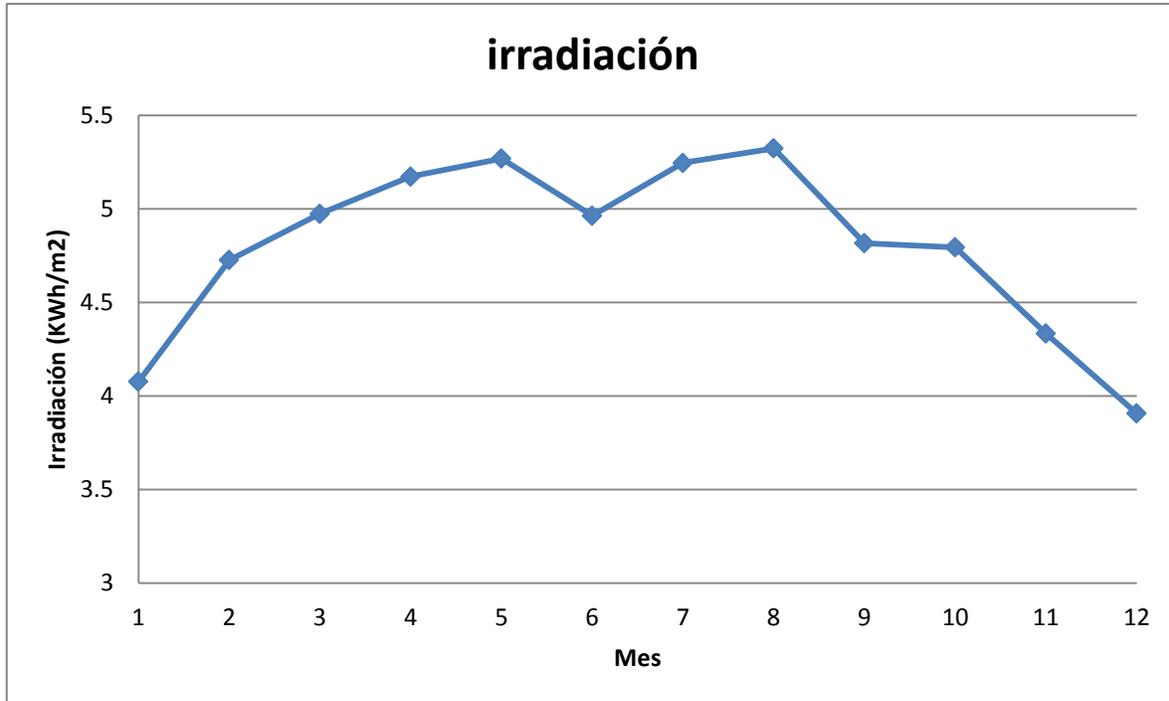
La radiación solar global en México es en promedio de 5 kWh/día/m², pero en algunas regiones del país se llega a valores de 6 kWh/día/m²^x, la siguiente grafica muestra la radiación solar en la zona de Ixhuatlán del Sureste, Tuzandépetl. Esta grafica se considera para el dimensionamiento de la cantidad de paneles solares para satisfacer la necesidad de energía eléctrica, ya que es la radiación más cercana al sitio.

Tabla 4.1.1 Irradiación

Mes	Irradiación (MJ/m2)	Irradiación (KWh/m2)
1 Enero	14.6729	4.07613162
2 Febrero	17.0112	4.72571136
3 Marzo	17.902	4.9731756
4 Abril	18.619	5.1723582
5 Mayo	18.9646	5.26836588
6 Junio	17.8668	4.96339704
7 Julio	18.8814	5.24525292
8 Agosto	19.1626	5.32337028
9 Septiembre	17.3384	4.81660752
10 Octubre	17.2564	4.79382792
11 Noviembre	15.5975	4.3329855
12 Diciembre	14.0609	3.90611802

Datos extraídos de programa rad II

^x <http://www.renovables.gob.mx/portal/Default.aspx?id=1651>

Gráfica: 4.1.1 Irradiación vs Mes

Como podemos observar el nivel de menor radiación se encuentra en Diciembre con 3.9 KWh/m² y el de mayor en agosto con 5.32 KWh/m².

Ahora se procede al cálculo del consumo diario en las edificaciones mencionadas en el capítulo 1, tomando como base los planos en el anexo.

Se logra observar en el plano del comedor para investigadores, el plano está conformado por 6 tipos de habitaciones (comedor central, barra buffet, cocina, patio almacén y baños.), ya que en los edificios del tipo comedor se requieren intensidades de luz desde 540 lux en sitios amplios hasta 50 lux en lugares pequeños como el almacén.³²

A continuación se desglosa, con base en el plano “comedor para investigadores” en el anexo, la cantidad de aparatos o accesorios eléctricos, así como la cantidad para cubrir la demanda de iluminación según el sitio en cuestión, también se desglosa el consumo energético por aparato, para lograr determinar el consumo energético en un día.

Se consideran dentro de los principales instrumentos eléctricos en la cocina debe contar con Refrigerador, cafetera, batidora, Extractor de jugo, licuadora, congelador y microondas³³.

Tabla 4.1.2 Desglose de cálculo de focos según luxes.

habitación	Ancho (m)	Largo (m)	Área (m ²)	focos 100 W	focos 75 W	focos 25W	lámparas ventilador	Lúmenes generados por focos (lm)	luxes generados (lm/m ²)
comedor	8.55	7.7	65.83	18	0	0	6	28080	426.5208
barra buffet	4.5	9.625	43.31	9	0	0	3	14040	324.1558
pasillo	8.55	1.975	16.88	0	0	9	3	2340	138.5742
cocina	5.775	3.85	22.23	4	0	0	0	6240	280.6544
almacén	3.8	1.975	7.505	0	0	2	0	520	69.28714
refrigeración	3.8	1.975	7.505	0	1	0	0	1070	142.5716
baños	3.85	5.775	22.23	0	0	6	0	1560	70.16360
baños	3.85	3.85	14.82	0	0	4	0	1040	70.16360
descarga	2	19.9	39.8	0	5	0	0	5350	134.4221

Dato de lúmenes extraído de catálogo OSRAM 2010.

Tabla 4.1.3 consumo energético.

Comedor para investigadores.							
Cuarto	Carga	Cantidad	Potencia Promedio (W)	Potencia total (W)	Horas diarias de uso	Consumo diario promedio (KWh/dia)	Consumo diario máximo + 30% (KWh/dia)
Comedor central	televisor	2	180	360	7	2.52	3.276
	ventilador	6	70	420	7	2.94	3.822
	foco	18	100	1800	5	9	11.7
Barra buffet	foco	9	100	900	3	2.7	3.51
Cocina	refrigerador	1	575	575	8	4.6	5.98
	microondas	1	1200	1200	1	1.2	1.56
	licuadora	1	350	350	1	0.35	0.455
	cafetera	1	700	700	1	0.7	0.91
	batidora	1	140	140	0.5	0.07	0.091
	extractor	1	250	250	0.5	0.125	0.1625
	foco	4	100	400	5	2	2.6
3 Baños	Focos totales	10	25	250	5	1.25	1.625
Patio	foco	5	75	375	5	1.875	2.4375
otros componentes		4	100	400	0.5	0.2	0.26
			Total	8120		29.53	38.389

La potencia promedio requerida es extraída de

http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/espacio_aparatos

El estimado total del consumo diario de energía toman una consideración del incremento del 30%, esto debido a imprevistos o artefactos no especificados como algún tipo de celular, etc. Las horas de uso diario de los aparatos y focos en todos los diseños son basadas y/o supuestas en una casa promedio.

Las instalaciones generalmente utilizan los voltajes de 12, 24 o 48V, en este caso utilizaremos un sistema de 48 volts.

Consumo eléctrico real.

Para poder calcular el consumo energético real necesitamos utilizar el dato proporcionado en la tabla 4.1.2, en donde se observa que el consumo máximo es de 38.389 KWh/día, este dato lo utilizamos en la ecuación de consumo energético real Ec. 4.2 (E), en donde es necesario conocer el rendimiento Ec. 4.3 (R), para ello consideramos los siguientes parámetros:

- El coeficiente pérdidas en el acumulador (k_b) se toma igual a 0.1 considerando la posibilidad de que se presenten descargas profundas.
- El coeficiente de pérdidas en el inversor (k_c) tendrá un valor promedio de 0.01 tomando en cuenta que las condiciones de operación de los inversores podrían ocasionalmente alejarse de los valores nominales, ya que se buscara instalar equipos de primera calidad.
- El coeficiente de pérdidas varias (k_v) se considera de 0.07 debido a que la energía generada deberá transmitirse hacia el comedor, pero como este se localizara en el techo la longitud será corta, por lo cual la pérdida energética será poca.
- Se considera un coeficiente de autodescarga diaria de las baterías (k_a) igual a 0.005; que corresponde a baterías de plomo ácido, que son las más comunes.
- En el diseño de sistemas FV autónomos se considera usualmente un valor de diseño de 4 días de autonomía. Si se aumenta la cantidad de días de autonomía deben incorporarse una mayor cantidad de baterías al banco y

aumenta el tiempo que necesita el generador para poder recargarlas. En este documento se desarrollara el cálculo considerando los días de autonomía solo como uno ya que no sabemos si tendrá algún tipo de fuente externa que proporcione energía mientras se recargan las baterías.

- Finalmente, la profundidad de descarga diaria de las baterías se escoge de 80% para evitar los daños derivados de las descargas profundas.

Utilizando los valores considerados, obtenemos un valor de:

$$R=81.5\%$$

$$E=47.11 \text{ KWh/día}$$

Selección de paneles solares.

Para poder determinar el número de paneles solares a instalar para satisfacer las necesidades energéticas en esta edificación, es necesario hacer los cálculos basándose en el mes en el cual la irradiación solar es menor, es decir, el mes de diciembre con 3.9 KWh/m^2 . Ahora bien debemos definir la potencia pico del panel solar para poder calcular la cantidad de los paneles utilizando la ecuación 4.5.

Revisando el anexo B podemos observar los precios de algunos paneles solares, como se observa, el precio de estos incrementa dependiendo con la potencia de cada uno, si elegimos uno de baja potencia, el precio es menor pero tenemos que utilizar una gran cantidad de éstos para satisfacer la demanda, en cambio si elegimos uno de gran potencia el costo es elevado, así que elegimos uno promedio, en este caso el panel 235tp/6 de 235 Wp a 30.2 V.

Utilizando el valor de potencia pico podemos calcular la cantidad de paneles, dando un total de 59 paneles. El arreglo de paneles será de uno por soporte para poder generar una tensión como máximo de 37.27 volts.

Soporte

Se emplearan de igual forma 59 soportes con capacidad de soportar 1 panel de 235 Wp.

Reguladores de carga.

Para poder dimensionar el regulador es necesario saber el valor de la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico. En el caso del panel utilizado es de 8.56 Amperes (A), esto significa que tenemos una corriente máxima de generador de aproximadamente 505 A, dado que el los reguladores comerciales no exceden los 60 A (controlador morningstar tristar 45), se tiene que diseñar un arreglo de 9 reguladores para que cada regulador controle una serie de 7 paneles.

Baterías

Basándonos en el consumo real de energía y en la profundidad de descarga del 80% para el voltaje de 48 V con 1 día de autonomía, utilizando la ecuación 4.6 se obtiene que la capacidad (C) necesaria para la batería es de 1226 Ampere hora (Ah), así que seleccionamos del anexo la batería idónea entre precio y capacidad, siendo la batería S12-214 que es de 215 Ah. De tal forma que el banco queda conformado por una serie 5 baterías.

$$C = \frac{E * N}{V * Pd} \dots \dots \dots \text{ecuación 4.6}$$

Inversor

Teniendo en cuenta que la potencia para abastecer al edificio es de 8120 watts podemos conformar un conjunto de 3 inversores OUTBACK FX 3048 T de 3000 W^e.

Aspectos económicos.

De acuerdo con el anexo y el dimensionamiento del sistema se llega a un costo inicial de:

Tabla 4.1.4 Cálculo de inversión

Equipo	#	costo por unidad (dólares)	costo por unidad (pesos)	Costo final pesos
Panel	59	\$ 231.00	\$ 2,875.95	\$ 169,681.05
Soporte	59	\$ 48.75	\$ 606.94	\$ 35,809.31
Regulador	12	\$ 174.00	\$ 2,166.30	\$ 25,995.60
Batería	5	\$ 567.85	\$ 7,069.73	\$ 35,348.66
Inversor	3	\$ 1,947.92	\$ 24,251.60	\$ 72,754.81
			Total	\$ 339,589.4

Precios basados en <http://www.erdm solar.com>

4.2 Granja infantil.

Como podemos observar en el plano de granja infantil, podemos identificar 6 secciones a tratar (2 zonas de resguardo, patio de convivencia, enfermería, almacén y el cuarto de limpieza y recepción), basándonos en la NOM-025-STPS que hace referencia a las condiciones de iluminación en las zonas de trabajo y en el reglamento de construcción para el estado de Veracruz, sabemos que el requerimiento de luxes en estas secciones son:

Tabla 4.2.1 Requerimientos mínimos de luxes.

Almacén	400
Enfermería	300
Recepción y limpieza	100
Resguardo	100
Patio de convivencia	100

Fuente: Datos extraídos de nom-025-stps

A continuación se desglosa, con base en el plano, la cantidad de luces requeridas en las distintas secciones de la granja infantil, ya que solo estas son las requeridas en esta sección.

Tabla 4.2.2 Desglose de cálculo de focos según luxes.

Habitación	Radio (m)	r2 (m2)	área (m2)	focos 150W	focos 100 W	focos 75 W	lúmenes	luxes generados
Almacén	9	81	21.2	4	0	0	9200	433.8
Enfermería	9	81	21.2	0	4	0	6240	294.3
Recepción y limpieza	9	81	21.2	0	0	3	3210	151.4
Resguardo	4.6	21.16	97.3	0	0	12	12840	131.9
Resguardo	2.6	6.76	17.6	0	0	2	2140	121.8
Patio de convivencia	7.5	56.25	421.9	0	30	0	46800	110.9

Dato de lúmenes extraído de catálogo OSRAM 2010.

Tabla 4.2.3 Consumo energético.

Comedor para investigadores.							
Cuarto	Carga	Cantidad	Potencia Promedio (W)	Potencia total (W)	Horas diarias de uso	Consumo diario promedio (KWh/dia)	Consumo diario máximo + 30% (KWh/dia)
Almacén	foco	4	150	600	7	4.2	5.46
Enfermería	foco	4	100	400	3	1.2	1.56
Recepción y limpieza	foco	3	75	225	8	1.8	2.34
resguardo	foco	12	75	900	5	4.5	5.85
resguardo	foco	2	75	150	5	0.75	0.975
patio de convivencia	foco	30	100	3000	0.5	1.5	1.95
otros componentes		5	100	500	3	1.5	1.95
			Total=	5775		15.45	20.085

Dato de lúmenes extraído de catálogo OSRAM 2010.

El estimado total del consumo diario de energía toman una consideración del incremento del 30%, esto debido a imprevistos o artefactos no especificados como algún tipo de celular, etc., el sistema será de 24 volts, ya que no se requerirá de una vasta instrumentación de equipo eléctrico.

Consumo eléctrico real.

Para poder calcular el consumo energético real como en la sección anterior, es necesario utilizar el dato proporcionado en la tabla 4.2.3, en donde se observa que el consumo máximo es de 20.085 KWh/día, este dato lo utilizamos en la ecuación de consumo energético real Ec. 4.2 (E), en donde es necesario conocer el rendimiento Ec. 4.3 (R), para ello consideramos los siguientes parámetros utilizados en la sección anterior dado que son las mismas condiciones. De tal forma que el resultado obtenido es:

$$R=81.5\%$$

$$E=24.64 \text{ KWh/día}$$

Selección de paneles solares.

Para poder determinar el número de paneles solares a instalar para satisfacer las necesidades energéticas de las secciones en cuestión en la granja infantil, debemos tomar en cuenta el mes con menos irradiación solar, es decir, el mes de diciembre con 3.9 KWh/m^2 . Ahora bien debemos definir la potencia pico del panel solar para poder calcular la cantidad de los paneles utilizando la ecuación 4.5.

En base a el anexo B y siguiendo el procedimiento de la elección de panel, llegamos a la conclusión de utilizar el panel de modelo 205tp, ya que como sabemos si elegimos uno de baja potencia, el precio es menor pero tenemos que utilizar una gran cantidad de éstos para satisfacer la demanda, en cambio si elegimos uno de gran potencia el costo es elevado, así que elegimos uno promedio, en este caso el panel de 205tp/6 de 205 Wp a 26 V.

Utilizando el valor de potencia pico podemos calcular la cantidad de paneles, dando un total de 35 paneles. El arreglo de paneles será de uno por soporte para poder generar una tensión como máximo de 33 volts.

Soporte

Se emplearan de igual forma 35 soportes con capacidad de soportar 1 paneles.

Reguladores de carga.

Para poder dimensionar el regulador es necesario saber el valor de la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico. En el caso del panel utilizado es de 8.36 Amperes (A), esto significa que tenemos una corriente máxima de generador de aproximadamente 285 A, dado que el los reguladores comerciales no exceden los 60 A (controlador morningstar tristar 45), se tiene que diseñar un arreglo de 5 reguladores para que cada regulador controle una serie de 7 paneles.

Baterías

Basándonos en el consumo real de energía y en la profundidad de descarga del 80% para el voltaje de 24 V con 1 días de autonomía, utilizando la ecuación 3.6.6 se obtiene que la capacidad (C) necesaria para la batería es de 1282 Ah, así que seleccionamos del anexo la batería idónea entre precio y capacidad, siendo la batería S12-240 que es de 215 Ah. De tal forma que el banco queda conformado por una serie 6 baterías.

Inversor

Teniendo en cuenta que la potencia para abastecer al edificio es de 5775 watts podemos conformar un conjunto de 1 inversores OUTBACK FX 2524 T de 2500W.

Aspectos económicos.

De acuerdo con el anexo y el dimensionamiento del sistema se llega a un costo inicial de:

Tabla 4.2.4 Cálculo de inversión

Equipo	#	costo por unidad (dólares)	costo por unidad (pesos)	Costo final pesos
Panel	35	\$ 194.00	\$ 2,415.30	\$ 84,535.50
Soporte	35	\$ 48.75	\$ 606.94	\$ 21,242.81
Regulador	9	\$ 174.00	\$ 2,166.30	\$ 19,496.70
Batería	6	\$ 567.85	\$ 7,069.73	\$ 42,418.40
Inversor	3	\$ 1,947.92	\$ 24,251.60	\$ 72,754.81
			Total	\$ 240,448.2

4.3 Cocodrilario:

El diseño energético del cocodrilario constara básicamente de la iluminación de un almacén y enfermería. Basándonos en los requerimientos de iluminación de la tabla 4.2.1 pasamos al desglose de cálculos de focos.

Tabla 4.3.1 Desglose de cálculo de focos según luxes.

habitación	Radio [r] (metro)	r ² (m ²)	área (m ²)	focos 150W	focos 100 W	focos 75 W	lúmenes	luxes generados
Almacén	3.92	15.366	12.1	0	3	0	4680	387.8
Enfermería	3.92	15.366	12.1	0	2	1	4190	347.2

Dato de lúmenes extraído de catálogo OSRAM 2010.

El consumo energético dentro de las instalaciones del cocodrilario quedaría de esta forma:

Tabla 4.3.2 Consumo energético.

Cuarto	Carga	Cantidad	Potencia Promedio (W)	Potencia total (W)	Horas diarias de uso	Consumo diario promedio (KWh/día)	Consumo diario máximo + 30% (KWh/día)
Almacén	foco	3	100	300	5	1.5	1.95
Enfermería	foco	2	100	200	5	1	1.3
	foco	1	75	75	5	0.375	0.4875
Otros componentes		4	100	400	6	2.4	3.12
			Total	975		5.275	6.8575

La potencia promedio requerida es extraída de

[http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/espacio aparatos](http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/espacio_aparatos)

Consumo energético real.

Una vez obtenido el consumo diario se calcula R para poder sustituir ambos valores en la ecuación 4.2 para obtener E. Para ello consideramos los parámetros utilizados en el cálculo de E para comedor industrial, dado que son las mismas condiciones. De tal forma que el resultado obtenido es:

R 81%
 E 8.42 KWh/día

Selección de paneles solares.

Para poder determinar el número de paneles solares a instalar para satisfacer las necesidades energéticas de las secciones en cuestión al igual que en el diseño de las demás instalaciones tomamos la radiación de 3.9 KWh/m². Ahora bien debemos definir la potencia pico del panel solar para poder calcular la cantidad de los paneles utilizando la ecuación 4.5.

En base a el anexo B llegamos a la conclusión de utilizar el panel de 215 Wp, en este caso el criterio de selección fue el espacio disponible ya que no se cuenta con gran terreno, si elegimos uno de baja potencia, el área utilizada será mayor, pero el precio es menor, en cambio sí elegimos uno de gran potencia el costo es un poco más elevado, pero menor el área utilizada, en este caso el panel que se va utilizar es el ERDM solar 205tp/6 de 215 Wp a 26.6 V.

Utilizando el valor de potencia pico podemos calcular la cantidad de paneles, dando un total de 12 paneles. El arreglo de paneles será de uno por soporte para poder generar una tensión como máximo de 33.6 volts.

Soporte

Se emplearan de igual forma 12 soportes con capacidad de soportar 1 paneles.

Reguladores de carga.

Para poder dimensionar el regulador es necesario saber el valor de la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico. En el caso del panel utilizado es de 8.48 Amperes (A), esto significa que tenemos una corriente máxima de generador de aproximadamente 102 A, dado que el los reguladores comerciales no exceden los 60 A (Controlador morningstar tristar 45), se tiene que diseñar un arreglo de 2 reguladores para que cada regulador controle una serie de 7 paneles.

Baterías

Basándonos en el consumo real de energía y en la profundidad de descarga del 80% para el voltaje de 24 V con 1 días de autonomía, utilizando la ecuación 4.6 se obtiene que la capacidad (C) necesaria para la batería es de 439 Ah, así que seleccionamos del anexo la batería idónea entre precio y capacidad, siendo la batería S12-128 AGM que es de 115 Ah. De tal forma que el banco queda conformado por una serie 4 baterías.

Inversor

Teniendo en cuenta que la potencia para abastecer al edificio es de 975 watts podemos conformar un conjunto de 1 inversor OUTBACK FX 2524 T de 2500 W, ya que en el mercado cercano a la zona en cuestión, no se cuenta con inversores de menor capacidad con entrada de 24 W.

Aspectos económicos.

De acuerdo con el anexo y el dimensionamiento del sistema se llega a un costo inicial de:

Tabla 4.3.3 Cálculo de inversión.

Equipo	#	costo por unidad (dólares)	costo por unidad (pesos)	Costo final pesos
Panel	12	\$ 204.25	\$ 2,542.91	\$ 30,514.95
Soporte	12	\$ 48.75	\$ 606.94	\$ 7,283.25
Regulador	2	\$ 174.00	\$ 2,166.30	\$ 4,332.60
Batería	4	\$ 307.33	\$ 3,826.26	\$ 15,305.03
Inversor	1	\$ 1,947.92	\$ 24,251.60	\$ 24,251.60
			Total	\$ 81,687.4

4.4 Casa habitación para investigadores tipo 1 y 2:

El plano de la casa habitación para investigadores podemos observar que consta de dos secciones, una planta baja y otra la planta alta, cada una de las plantas muestra el dibujo de 2 departamentos, el diseño a continuación es para solo uno de los departamentos, ya que estos son simétricos y constaran básicamente de lo mismo. Como podemos observar en el plano, podemos identificar 5 secciones a tratar con referencia a las condiciones de iluminación en las zonas de trabajo, así sabemos que el requerimiento de luxes en estas secciones son:

Tabla 4.4.1 Requerimientos mínimos de luxes.

Recamara	60
Estudio	150
Terraza	125-150
Baño	75-100
Circulación	30

Fuente: Reglamento de construcción para el estado de Veracruz de Ignacio de la Llave.

A continuación se desglosa, con base en el plano, la cantidad de luces requeridas en las distintas secciones de la casa habitación.

Tabla 4.4.2 Desglose de cálculo de focos según luxes.

Sección	área (m ²)	lúmenes	luxes generados
Recamara	17.28	1040	60.2
Estudio	9.63	1300	135.0
Terraza	6.75	1040	154.1
Baño	3.78	520	137.6
Circulación	4.68	260	55.6
	3.375	260	77.0

Dato de lúmenes extraído de catálogo OSRAM 2010.

Tabla 4.4.3 Consumo energético.

Casa habitación para investigador tipo 1							
Sección	Carga	Cantidad	Potencia Promedio (W)	Potencia total (W)	Horas diarias de uso	Consumo diario promedio (KWh/día)	Consumo diario máximo + 30% (KWh/día)
Recamara	foco	4	25	100	6	0.6	0.78
	televisión	1	150	150	6	0.9	1.17
	reproductor dvd	1	25	25	2	0.05	0.065
	aire acondicionado	1	2950	2950	5	14.75	19.175
	plancha	1	1200	1200	1	1.2	1.56
Estudio	focos	5	25	125	6	0.75	0.975
	radio	1	75	75	2	0.15	0.195
	computadora	2	150	300	5	1.5	1.95
	refrigerador	1	575	575	8	4.6	5.98
Terraza	focos	4	25	100	8	0.8	1.04
Baño	focos	2	25	50	8	0.4	0.52
Circulación	focos	2	25	50	8	0.4	0.52
otros componentes		4	100	400	5	2	2.6
Total=				3750		28.1	36.53

La potencia promedio requerida es extraída de

http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/espacio_aparatos

Considerando el consumo energético de una casa común, el sistema será de 48 volts, ya que se requerirá una vasta instrumentación de equipo electrónico.

Consumo eléctrico real.

Para poder calcular el consumo energético real en esta como en todas las secciones posteriores, es necesario utilizar el dato del consumo total diario, este es proporcionado en la tabla 4.4.3, en donde se observa que el consumo máximo es de 36.53 KWh/día, este dato lo utilizamos en la ecuación de consumo energético real Ec. 4.2 (E), en donde es necesario conocer el rendimiento Ec. 4.3

(R), para ello consideramos los parámetros utilizados en las secciones anteriores, cabe aclarar que estos parámetros serán utilizados a lo largo del desarrollo del diseño fotovoltaico, ya que las condiciones son las mismas. De tal forma que el resultado obtenido es:

R	0.81
E	44.83

Selección de paneles solares.

Siguiendo el procedimiento descrito en secciones anteriores, llegamos a la elección del panel para poder determinar el número de paneles solares a instalar para satisfacer las necesidades energéticas en la sección en cuestión, de tal forma que el panel elegido es el ERDM305M6 de 305 Wp a 45.5 V (hoja de especificaciones anexa), ahora bien debemos conocer la cantidad de paneles con ayuda de la ecuación 3.6.5., dando un total de 42 paneles, de igual forma se emplearán de igual forma 42 soportes con capacidad de soportar 1 paneles.

Reguladores de carga.

Para poder dimensionar el regulador es necesario saber el valor de la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico. En el caso del panel utilizado es de 8.88 Amperes (A), esto significa que tenemos una corriente máxima de generador de aproximadamente 356 A, dado que los reguladores comerciales no exceden los 60 A (controlador morningstar tristar 45), se tiene que diseñar un arreglo de 6 reguladores para que cada regulador controle una serie de 7 paneles.

Baterías

Basándonos en el consumo real de energía y en la profundidad de descarga del 80% para el voltaje de 48 V con 1 días de autonomía, utilizando la ecuación 4.6 se obtiene que la capacidad (C) necesaria para la batería es de 1167 Ah, así que seleccionamos del anexo la batería idónea entre precio y capacidad, siendo la batería S12-240 que es de 215 Ah. De tal forma que el banco queda conformado por una serie 6 baterías.

Inversor

Teniendo en cuenta que la potencia para abastecer al edificio es de 3750 watts podemos instalar 1 inversor OUTBACK GVFX 3648 LA.

Aspectos económicos.

De acuerdo con el anexo y el dimensionamiento del sistema se llega a un costo inicial de:

Tabla 4.4.4 Cálculo de inversión por casa.

Equipo	#	costo por unidad (dólares)	costo por unidad (pesos)	Costo final pesos
Panel	43	\$ 277.55	\$ 3,455.50	\$ 147,109.56
Soporte	43	\$ 48.75	\$ 606.94	\$ 25,838.92
Regulador	5	\$ 174.00	\$ 2,166.00	\$ 10,830.00
Batería	6	\$ 567.00	\$ 7,059.15	\$ 42,354.90
Inversor	1	\$ 1,808.13	\$ 22,511.22	\$ 22,511.22
			Total	\$ 248,644.6

4.5 Área de investigación.

El plano de área de investigación consta de varias secciones, se pueden identificar: oficina del director, oficina del auxiliar, núcleo de sanitarios, núcleo de regaderas, bodega para vitrinas, laboratorio de disección, bodega para material de campo, sala de juntas y conferencias, sala para especialistas, estufa de secado, bodega de secos, laboratorio de investigación y áreas de circulación. Estas son las áreas a tratar para el diseño de sistemas energéticos, comenzando por la iluminación. En la siguiente tabla se desglosa el requerimiento de luxes para cada una de las zonas.

Tabla 4.5.1 Requerimientos mínimos de luxes.

Oficina del director	300-750
Baño del director	100-200
Oficina del auxiliar	300-750
Núcleo de sanitarios	100-200
Núcleo de regaderas	100-200
Bodega para vitrinas	100-200
Laboratorio de disección	300-750
Bodega para material de campo	100-200
Sala de juntas y conferencias	300-750
Sala para especialistas	300-750
Estufa de secado	300-750
Bodega de secos	100-200
Laboratorio de investigación	300-750
Áreas de circulación	100-200

Fuente: NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS

A continuación se desglosa, con base en las dimensiones del plano, la cantidad de luces requeridas en las distintas secciones.

Tabla 4.5.2 Desglose de cálculo de focos según luxes.

Sección	Area (m2)	focos 150W	focos 100 W	focos 75 W	focos 25W	lúmenes	luxes generados
Oficina del director	12	0	0	6	0	6420	535
Baño del director	3	0	0	0	2	520	173
Oficina del auxiliar	9	0	0	5	0	5350	594
Núcleo de sanitarios	12	0	0	0	6	1560	130
Núcleo de regaderas	12	0	0	0	6	1560	130
Bodega para vitrinas	9	0	1	0	0	1560	173
Laboratorio de disección	15	3	0	0	0	6900	460
Bodega para material de campo	6	0	0	0	4	1040	173
Sala de juntas y conferencias	75	0	30	0	0	46800	624
Sala para especialistas	76	0	24	0	0	37440	493
Estufa de secado	9	0	2	0	0	3120	347
Bodega de secos	9	0	1	0	0	1560	173
Laboratorio de investigación	30	9	0	0	0	20700	690
Áreas de circulación	72	0	0	12	0	12840	178

Dato de lúmenes extraído de catálogo OSRAM 2010.

Tabla 4.5.3 Consumo energético.

Área de investigación							
Sección	Carga	Cantidad	Potencia Promedio (W)	Potencia total (W)	Horas diarias de uso	Consumo diario promedio (KWh/día)	Consumo diario máximo + 30% (KWh/día)
Oficina del director	computadora	1	150	150	8	1.2	1.56
	impresora	1	560	560	1	0.56	0.728
	ventilador	2	100	200	8	1.6	2.08
	Focos	6	75	450	6	2.7	3.51
Baño del director	Focos	2	25	50	6	0.3	0.39
Oficina del auxiliar	computadora	1	150	150	8	1.2	1.56
	impresora	1	560	560	1	0.56	0.728
	ventilador	1	100	100	8	0.8	1.04
	Focos	5	75	375	6	2.25	2.925
Núcleo de sanitarios	Focos	6	25	150	6	0.9	1.17
Núcleo de regaderas	Focos	6	25	150	6	0.9	1.17
Bodega para vitrinas	Focos	1	100	100	6	0.6	0.78
Laboratorio de disección	Focos	3	150	450	6	2.7	3.51
Bodega para material de campo	Focos	4	25	100	6	0.6	0.78
Sala de juntas y conferencias	televisor	1	150	150	2	0.3	0.39
	computadora	1	150	150	3	0.45	0.585
	proyector	1	200	200	3	0.6	0.78
	ventilador	6	100	600	3	1.8	2.34
	Focos	30	100	3000	2	6	7.8

Sala para especialistas	computadora	12	150	1800	3	5.4	7.02
	impresora	1	900	900	2	1.8	2.34
	fotocopiador	1	794	794	2	1.588	2.0644
	ventilador	6	100	600	8	4.8	6.24
	Focos	24	100	2400	6	14.4	18.72
Estufa de secado	Focos	2	100	200	6	1.2	1.56
Bodega de secos	Focos	1	100	100	6	0.6	0.78
Laboratorio de investigación	baño maría	1	2000	2000	2	4	5.2
	campana	1	1400	1400	3	4.2	5.46
	centrifugador	1	120	120	2	0.24	0.312
	Focos	9	150	1350	5	6.75	8.775
	ventilador	3	100	300	8	2.4	3.12
Areas de circulación	Focos	12	75	900	6	5.4	7.02
otros componentes		10	100	1000	5	5	6.5
			Total	3750		83.798	108.9374

La potencia promedio requerida, así como el equipo necesario para laboratorio y oficinas, son extraídos de http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/espacio_aparatos; <http://www.pro-lab.com.mx>; <http://latin.epson.com>

Considerando el consumo energético, el sistema será de 48 volts, ya que será requerida una vasta instrumentación de equipo electrónico.

Consumo eléctrico real.

Tomando en cuenta que el consumo total diario es de aproximadamente 109 KWh/día y tomando los parámetros conocidos para el cálculo de la resistencia R se llega a:

$$R = 0.81$$

$$E = 133.69$$

Selección de paneles solares.

Siguiendo el procedimiento descrito en secciones anteriores, llegamos a la elección del panel ERDM305M6 de 305 Wp a 45.5 V, ahora bien debemos conocer la cantidad de paneles con ayuda de la ecuación 4.5., dando un total de 125 paneles, con un soporte cada uno.

Reguladores de carga.

Para poder dimensionar el regulador es necesario saber el valor de la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico. En el caso del panel utilizado es de 8.88 Amperes (A), esto significa que tenemos una corriente máxima de generador de aproximadamente 1109 A, dado que los reguladores comerciales no exceden los 60 A (controlador morningstar tristar 45), se tiene que diseñar un arreglo de 17 reguladores para que cada regulador controle una serie de 7 paneles y uno más a 6 paneles.

Baterías

Basándonos en el consumo real de energía y en la profundidad de descarga del 80% para el voltaje de 48 V con 1 días de autonomía, utilizando la ecuación 3.6.6 se obtiene que la capacidad (C) necesaria para la batería es de 3481 Ah, así que seleccionamos del anexo la batería idónea entre precio y capacidad, siendo la batería rolls T12-250 de 200Ah. De tal forma que el banco queda conformado por una serie 18 baterías, configuradas en grupos de 4 baterías en serie por 4 en paralelo.

Inversor

Teniendo en cuenta que la potencia para abastecer al edificio es de 3750 watts el sistema queda conformado por 1 inversor OUTBACK GVFX 3648 LA.

Aspectos económicos.

De acuerdo con el anexo y el dimensionamiento del sistema se llega a un costo inicial de:

Tabla 4.5.4 Cálculo de inversión.

Equipo	#	costo por unidad (dólares)	costo por unidad (pesos)	Costo final pesos
Panel	125	\$ 277.55	\$ 3,455.50	\$ 431,508.78
Soporte	125	\$ 48.75	\$ 606.94	\$ 75,791.94
Regulador	17	\$ 174.00	\$ 2,166.30	\$ 36,827.10
Batería	18	\$ 400.00	\$ 4,980.00	\$ 89,640.00
Inversor	1	\$ 1,808.13	\$ 22,511.22	\$ 22,511.22
			Total	\$ 656,279.0

4.6 Casa ecológica.

La casa ecológica es un área de exposición y deberá contar con área de recamara, baño, estancia comedor, cocina, área de composta y área de circulación. En la siguiente tabla se desglosa el requerimiento de iluminación, en base al reglamento de construcción para el estado de Veracruz, para cada una de las áreas contempladas.

Tabla 4.6.1 Requerimientos mínimos de luxes.

Recamara	60
Cocina	200
Estancia comedor	150
Baño	100
Composta	100
Circulación	100

Fuente: reglamento de construcción para el estado de Veracruz de Ignacio de la Llave.

A continuación se desglosa, con base en las dimensiones del plano, la cantidad de luces requeridas en las distintas secciones

Tabla 4.6.2 Desglose de cálculo de focos según luxes.

Sección	área (m ²)	focos 75 W	focos 25 W	lúmenes	luxes generados
Recamara	22	0	5	1300	59
Cocina	11	2	0	2140	202
Estancia comedor	29	4	0	4280	146
Baño	7	0	2	520	77
Circulación	25	0	9	2340	95
Composta	2	0	1	260	121

Dato de lúmenes extraído de catálogo OSRAM 2010.

Ya que la sección en cuestión solo es de exhibición, el diseño abordara equipo electrónico básico, omitiendo algunos aparatos.

Tabla 4.6.3 Consumo energético.

Casa ecológica.							
Sección	Carga	Cantidad	Potencia Promedio (W)	Potencia total (W)	Horas diarias de uso	Consumo diario promedio (KWh/dia)	Consumo diario máximo + 30% (KWh/dia)
Recamara	focos	5	25	125	4	0.5	0.65
	televisor	1	180	180	1	0.18	0.234
	ventilador	1	100	100	6	0.6	0.78
Cocina	focos	2	75	150	4	0.6	0.78
	refrigerador	1	575	575	8	4.6	5.98
	licuadora	1	350	350	0.5	0.175	0.2275
	extractor	1	140	140	0.5	0.07	0.091
Estancia comedor	focos	4	75	300	4	1.2	1.56
	ventilador	2	100	200	6	1.2	1.56
	televisor	1	180	180	1	0.18	0.234
	reproductor DVD	1	25	25	1	0.025	0.0325
	radio	1	75	75	1	0.075	0.0975
Baño	focos	2	25	50	4	0.2	0.26
Circulación	focos	9	25	225	4	0.9	1.17
Composta	focos	1	25	25	1	0.025	0.0325
Otros componentes		3	100	300	1	0.3	0.39
				Total	3000	11.075	14.39

La potencia promedio requerida es extraída de

http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/espacio_aparatos

Considerando el consumo energético, el sistema será de 24 volts, ya que no será requerida una vasta instrumentación de equipo electrónico.

Consumo eléctrico real.

Tomando en cuenta que el consumo total diario es de aproximadamente 14 KWh/día y tomando los parámetros conocidos para el cálculo de la resistencia R se llega a:

$$R= 0.81\%$$

$$E= 17.67 \text{ KWh/día}$$

Selección de paneles solares.

Para satisfacer el requerimiento energético de este sistema es considerado el panel siguiendo el procedimiento descrito en secciones anteriores, llegamos a la elección del panel ERDM235tp6 de 235 Wp a 37.27V, ahora bien debemos conocer la cantidad de paneles con ayuda de la ecuación 4.5., dando un total de 21 paneles, con un soporte cada uno.

Reguladores de carga.

Para poder dimensionar el regulador es necesario saber el valor de la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico. En el caso del panel utilizado es de 8.6 Amperes (A), esto significa que tenemos una corriente máxima de generador de aproximadamente 179 A, dado que el los reguladores comerciales no exceden los 60 A (controlador morningstar tristar 45), se tiene que diseñar un arreglo de 3 reguladores para que cada regulador controle una serie de 7 paneles.

Baterías

Basándonos en el consumo real de energía y en la profundidad de descarga del 80% para el voltaje de 24 V con 1 días de autonomía, utilizando la ecuación 4.6 se obtiene que la capacidad (C) necesaria para la batería es de 895 Ah, así que seleccionamos del anexo la batería idónea entre precio y capacidad, siendo la

batería rolls T12-250 de 200 Ah. De tal forma que el banco queda conformado por una serie 4 baterías, configuradas en grupos de 2 baterías en serie por 2 en paralelo.

Inversor

Teniendo en cuenta que la potencia para abastecer al edificio es de 3000 watts podemos conformar un conjunto de 1 inversor IG 3000 NEG.

Aspectos económicos.

De acuerdo con el anexo y el dimensionamiento del sistema se llega a un costo inicial de:

Tabla 4.6.4 Cálculo de inversión.

Equipo	#	costo por unidad (dólares)	costo por unidad (pesos)	Costo final pesos
Panel	21	\$ 223.25	\$ 2,779.46	\$ 57,923.59
Soporte	21	\$ 48.75	\$ 606.94	\$ 12,648.49
Regulador	3	\$ 174.00	\$ 2,166.30	\$ 6,498.90
Batería	4	\$ 400.00	\$ 4,980.00	\$ 19,920.00
Inversor	1	\$ 2,159.34	\$ 26,883.78	\$ 26,883.78
			Total	\$ 123,874.8

Capítulo 5: Diseño de sistemas fototermicos.

A continuación se describen los procesos para el diseño de un sistema fototermico autónomo.

Dimensionamiento de colector solar:

El tamaño del colector solar es dependiente de la cantidad de agua a calentar, es decir, del consumo de energía requerida para satisfacer la demanda de agua caliente en el sitio, o en otras palabras el consumo per cápita de agua caliente. Tomando en cuenta que normalmente se considera 50 litros/día por persona, podemos calcular el caudal de agua diario en las instalaciones del parque con la siguiente forma:

$$Cd = (50\text{Litro/día}) * \text{número de personas}$$

Teniendo esto en cuenta se tiene que fijar las temperaturas t_s y t_e , las cuales son fijadas en 50°C y 15°C respectivamente, para poder así desarrollar el cálculo de la cantidad de calor necesaria utilizando la ecuación 3.1.3, para, al fin, poder calcular la superficie de nuestro colector solar. Se debe de tener en cuenta que tenemos que elegir el dato de I_t del mes con menor radiación solar en el año, y tomar la eficiencia de entre 70 a 80 % para poder utilizar la ecuación 3.1.2.

Cabe aclarar que no en todas las áreas del parque se contara con agua caliente ya que esta no es requerida, solo se diseñara para las secciones de:

- Comedor Industrial
- Casa habitación para investigadores tipo 1 y 2 ya que cuentan con las mismas dimensiones
- Área de investigación
- Casa ecológica

5.1 Comedor para investigadores.

El primer aspecto a considerar es la cantidad de personas con acceso al agua caliente, tomando en cuenta solo a las personas que laboran en el comedor, el número de personas es de 10 aproximadamente

Tabla 5.1.1 personal de comedor básico.

Puesto	Cantidad de personas
Jefe de cocina	1
Cocinero	3
Ayudante de cocina	3
Encargado de bodega y compras	2
Fregadores	1

De tal forma que el caudal para el comedor para investigadores resulta de 500 litros; una vez teniendo el caudal pasamos a calcular la cantidad de calor necesaria con la aplicación de la ecuación 3.1.3 dando como resultado:

$$Q_d = 70 \text{ MJ}$$

Ahora bien para calcular la cantidad de calor necesaria debemos de tomar la radiación del mes de diciembre con 14 MJ/m^2 y así utilizar la ecuación 3.1.2, dando como resultado:

$$S = 6.2 \text{ m}^2$$

La elección de colector se hace en base al catálogo (anexo C), siendo el calentador residencial de 100 litros el elegido, quedando conformado por 5 colectores.

Tabla 5.1.2 Costo de inversión en la instalación.

Colectores	Costo unitario	Costo total
100 L	Pesos	Pesos
5	\$ 7,950	\$ 39,750

Costos no incluyen IVA. Datos extraídos catalogo Saecsa.

5.2 Casa habitación para investigador tipo 1 y 2

La casa habitación está diseñada para albergar a dos personas así que el caudal es de 100 litro al día, con una cantidad de calor igual a 14 MJ y una superficie de 1.2 m². Siendo el colector de 100 litros el idóneo para cada casa.

El costo va a depender del número de casas a construir, el costo de colector por casa es de \$ 7,950 + IVA.

5.3 Área de investigación.

El área de investigación, guiados por el plano, contara con el siguiente personal:

Tabla 5.3.1 Personas en área de investigación.

Puesto	Personas
Director	1
Auxiliar	1
Laboratorista	12
Especialistas	12
Total	26

De tal forma que el caudal que el caudal quedaría de 1300 litros al día de tal forma se consumirá una cantidad de calor igual a 182 MJ y se requiere una superficie de 16.2 m². Como resultado seleccionamos el colector de 200 litros, quedando conformado el sistema por 7 colectores.

Tabla 5.3.2 Costo de inversión en la instalación.

Colectores 200 L	Costo unitario Pesos	Costo total Pesos
7	\$ 11,650	\$ 81,550

Costos no incluyen IVA. Datos extraídos catalogo Saecsa.

5.3 Casa ecológica.

Ya que la sección del parque donde se construirá la casa ecológica es solo de exhibición y no será habitada, a consideración solo será necesario instalar un colector como muestra del tipo de energía renovable. Siendo el colector de 100 litro el idóneo. El costo de colector por casa es de \$ 7,950 + IVA.

Capítulo 6: Conclusiones y Recomendaciones.

A lo largo de estos capítulos se ha estudiado los diferentes tipos de energía sustentables, de igual forma se ha aprendido sobre el diseño de los sistemas energéticos solares y de su implementación en el parque ecológico Tuzandepétl (PET).

Se prefirió el uso de la energía solar debido a que se ha visto popularizada a través de los últimos años en México, y a que es accesible su transformación. Aunque este trabajo no consideró la energía eólica se tienen datos de velocidad de viento que indican su viabilidad técnica.

Una vez colocados los paneles solares se recomienda utilizar de manera complementaria un sistema de suministro energético externo ya que los diseños mencionados en la presente tesis consideran un suministro de 24 horas de energía, sin intervención de fuentes externas, por tal razón y debido a la fluctuación e intermitencia del sol y a la ubicación geográfica del PET, se recomienda el uso de plantas de luz que funcione mediante el uso de combustible a manera de respaldo. De igual forma es recomendable instalar calentadores de agua que funcionen a base de gas, para las situaciones en las que la radiación sea insuficiente.

La viabilidad económica de los dispositivos solares propuestos es positiva, según se concluye de los datos mostrados en las siguientes tablas. Se tomará el costo de la energía eléctrica proporcionada por la CFE en uso de servicios públicos de 3.14 pesos/kWh, el poder calorífico del gas igual a 39.9 MJ/kg y mientras el costo promedio del gas en el estado de Veracruz en el año 2013 de 12.79 pesos/kg.

Tabla 6.1 Resumen económico para la energía fotovoltaica.

Área en cuestión	Consumo Energético KWh/día	Ahorro MXN/año	Costo de Inversión MXN
Área de investigación	133.69	\$ 151,123.18	\$ 656,279.00
Casa ecológica	17.67	\$ 19,974.17	\$ 123,874.80
Casa para investigadores tipo 1 y 2	44.83	\$ 50,675.83	\$ 248,644.60
Cocodrilarío	8.42	\$ 9,517.97	\$ 81,687.40
Comedor para investigadores	47.11	\$ 53,253.14	\$ 339,589.40
Granja infantil	24.64	\$ 27,853.06	\$ 240,448.20
Total	276.36	\$ 312,397.35	\$ 1,690,523.40

Tabla 6.2 Resumen económico para la energía fototérmica.

Área en cuestión	Consumo energético MJ	Ahorro MXN/año	Costo de inversion MXN
Comedor para Investigadores	182	\$21,002.53	\$ 39,750.00
Casa para investigadores	14	\$1,615.58	\$ 7,950.00
Área de investigación	70	\$8,077.89	\$ 81,550.00
Casa ecológica			\$ 7,950.00
Total	266	\$30,696.00	\$ 137,200.00

Nota: el costo de la casa para investigador es por unidad, la casa ecológica no se toma en consideración para el consumo energético ya que solo es exhibición.

Como se puede observar para la energía fotovoltaica se obtiene un ahorro de 312,397.35 pesos anualmente, esto nos indica una tasa de retorno de inversión de aproximadamente 6 años, mientras que para la energía fototérmica una de 5 años aproximadamente. Por tal razón, y ya que la durabilidad de cada uno de los equipos es de alrededor de 20 años, podemos concluir que el uso y aplicación de este tipo de energía es totalmente viable en las instalaciones del PET.

Finalmente, para terminar es recomendable analizar otros tipos de energía sustentable para complementar el diseño del parque o bien sustituir algún otro tipo de energía. Por ejemplo, se puede considerar a la energía eólica para evitar el uso

de las plantas de luz; otra forma energía es el biogás obtenido de biodigestores los cuales podrían proveer de gas a ciertas instalaciones, como por ejemplo el comedor para investigadores, o bien dar abasto a sistemas de apoyo en casos de emergencia, a las plantas eléctricas o calentadores de gas. Por ultimo podría ser posible instalar alguna planta de tratamiento al agua y reutilizarla para uso del baño. Todo lo anterior requeriría de la realización de un estudio de viabilidad económica.

Bibliografía y referencias electrónicas.

Referencias:

1. PEMEX, Anuario estadístico 2011, pp. 66-69
2. PEMEX, Informe anual 2011, pp. 163-165
3. Yolanda Nave e Irma, El Parque ecológico Jaguarundi, secretaria de medio ambiente y recursos naturales, 2008, pp. 11-22
4. PEMEX, Manifestación de impacto ambiental modalidad particular, 2008, pp 3-4
5. Llamas, Fuentes, Pérez. Almacenamiento de biomasa para su aprovechamiento regional mediante la producción de biogás. pp. 17-20, 2009
6. Sims Ralph, Bioenergy options for cleaner enviroment in developed end developny countries, pp. 25-28
7. Becerra Perez L. A. La industria del etanol en Mexico, 2008, pp 82-83
8. Islas j. Manzini, CO₂ Mitigation costs for new energy capacity in the Mexican Electicity sector, 2004. 499-507
9. Instituto de Investigación Legislativa del Senado de la Electrónicas República, Nuevas energías renovables. 2004, cap 1-2.
10. Mercado Sergio, Arellano Víctor y Barragán Rosa, Medio ambiente, geotermia y toma de conciencia, 2008, pp1-5.
11. Instituto de Investigaciones Eléctricas, Estimación del recurso y prospectiva tecnológica de la geotermia en México, 2005, pp3.
12. Instituto de Investigaciones Eléctricas, Estimación del recurso y prospectiva tecnológica de la geotermia en México, 2005, pp11-23
13. Oscar Alejandro Vázquez, Beatriz Del Valle Cárdenas, et al., Manual de instalaciones para el calentamiento del agua mediante el aprovechamiento de la energía solar, Secretaria de medio ambiente, 2008, pp12
14. José Manuel López Cózar, Energía solar térmica, IDEA, 2006, pp36-40
15. ibídem, pp44-45
16. Nestor quadri energía solar, alsilna 3a edición, 2007, pp 48,49

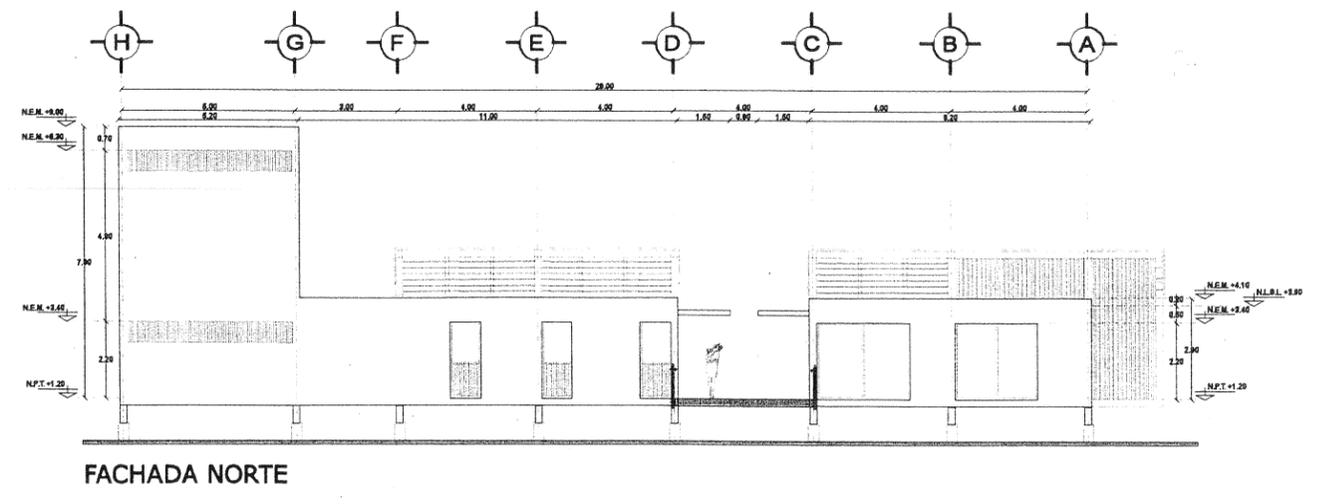
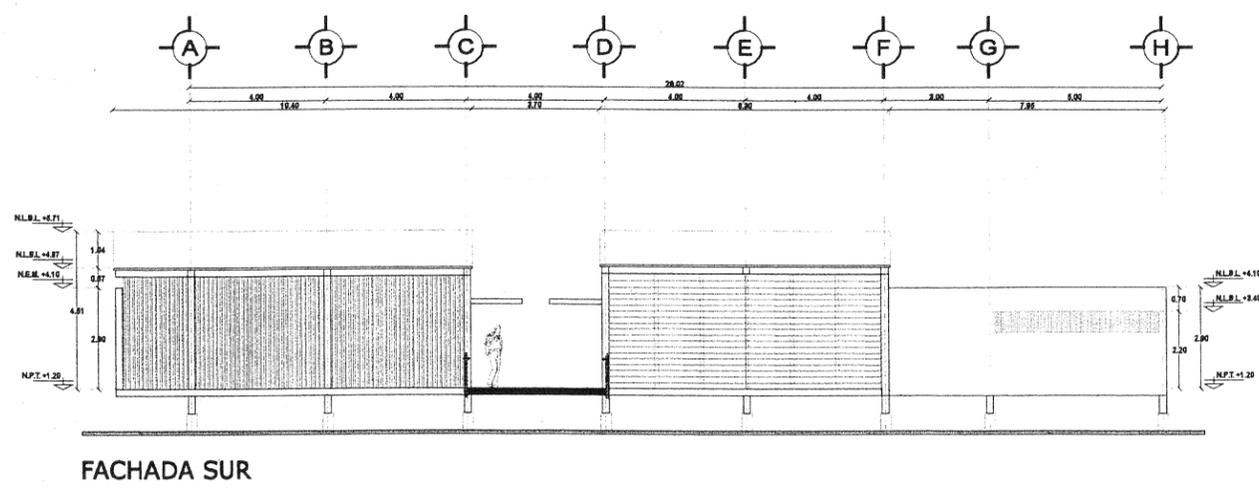
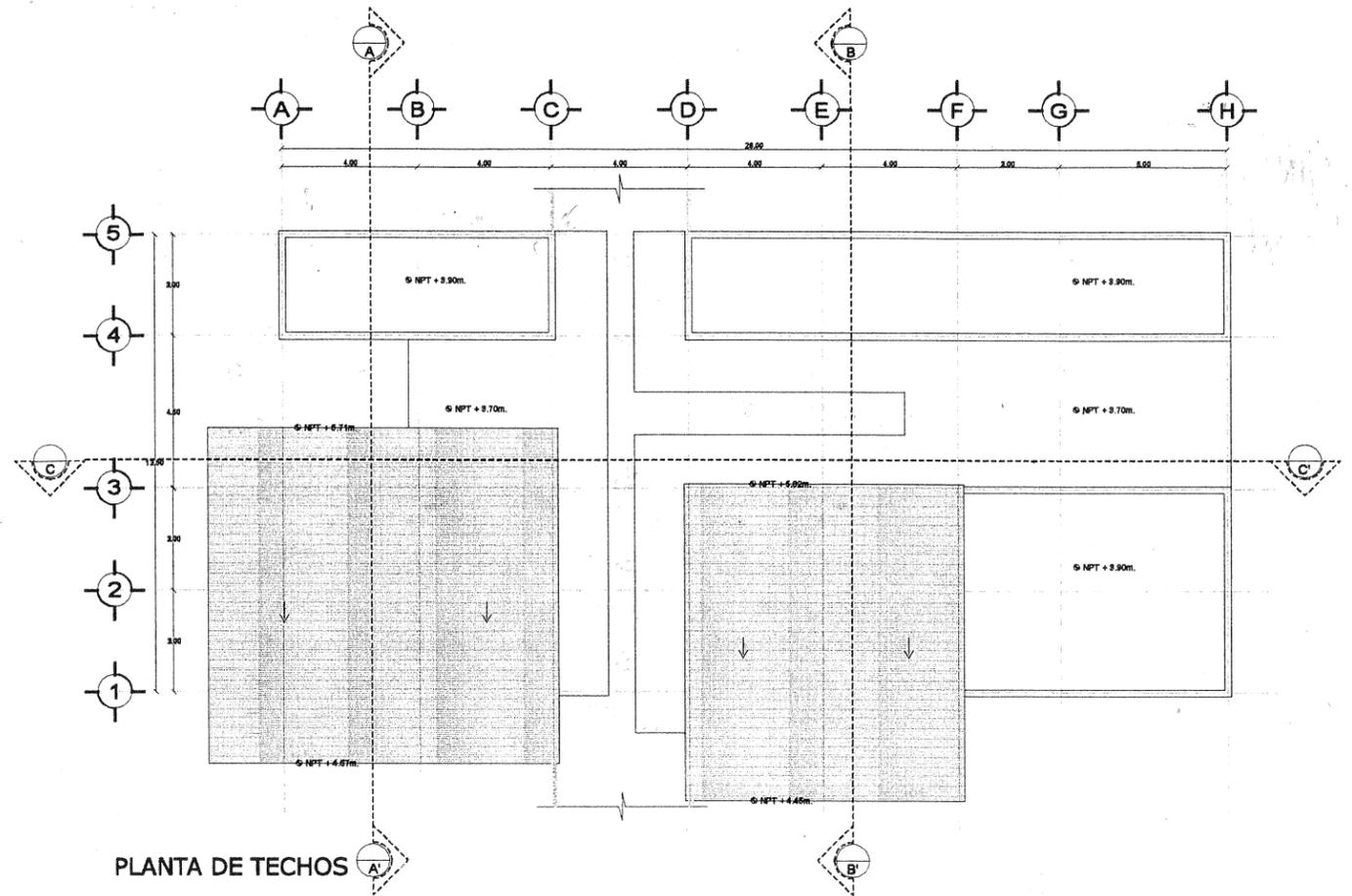
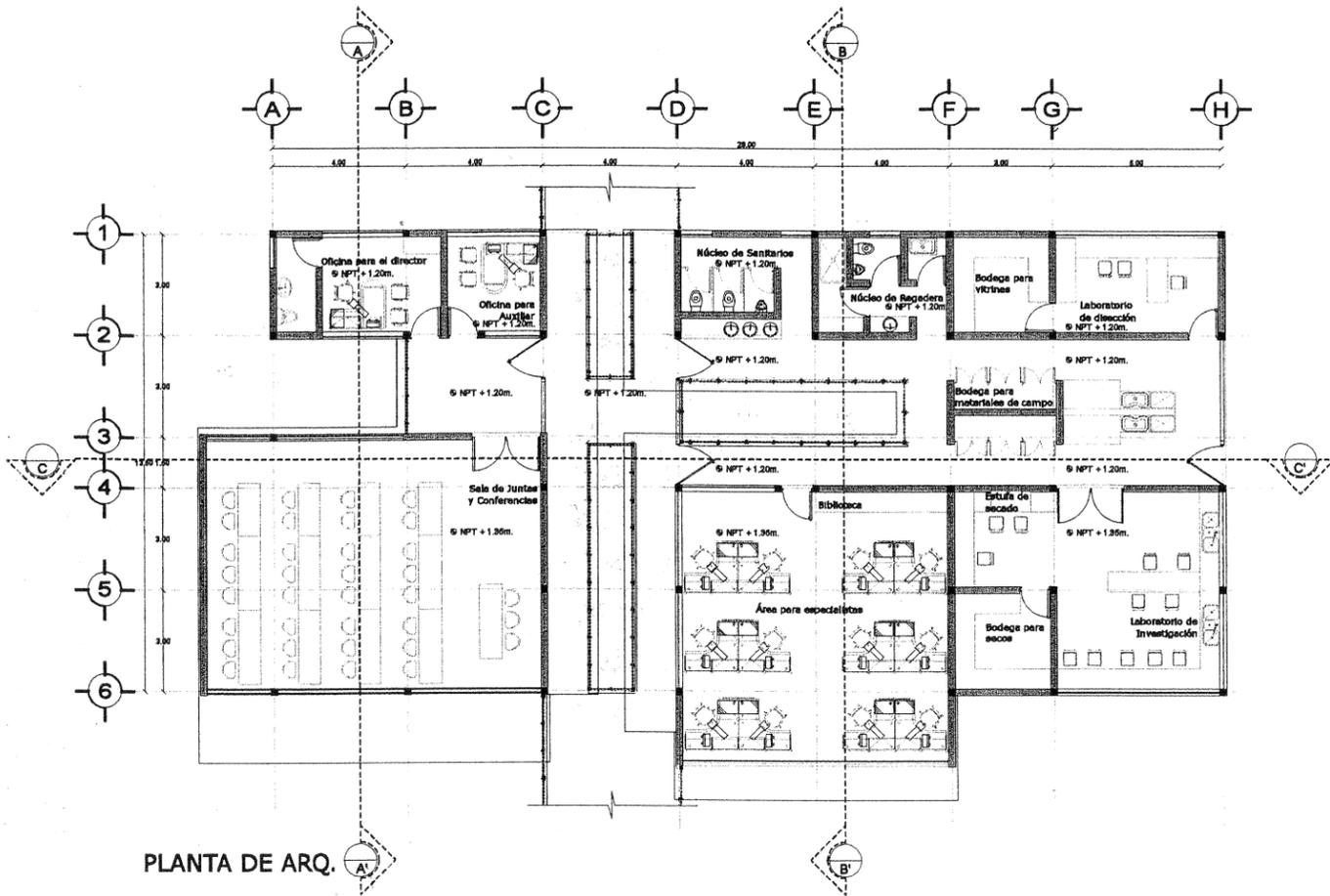
17. ibídem, pp56,57
18. ibídem, pp43,44
19. Carlos Roberto Prado, Diseño de un sistema eléctrico fotovoltaico para una comunidad aislada, Universidad de Costa Rica Facultad de Ingeniería, 2008, pp7-11
20. ibídem, pp15-18
21. Nestor quadri energía solar, alsilna 3a edición, 2007 pp 77,82
22. Antonio Lecuona, La energía eolica: principios básicos y tecnología, Leganes, 2002, pp 24, 35
23. Clemente Alvares, Energía eolica, instituto para la diversificacion y ahorro de la energía (IDEA), 2006, pp 26,31
24. Antonio Lecuona, La energía eolica: principios básicos y tecnología, Leganes, 2002, pp 24, 35
25. Antonio Lecuona, La energía eolica: principios básicos y tecnología, Leganes, 2002, pp 17-19
26. Diego Avendaño, Diseño y construcción de un digestor anaerobio de flujo pistón que trate los residuos generados en una explotación ganadera, upn (universidad politécnica de Madrid), 2010, pp 49-51
27. Roberto Sosa, Biodigestores, Instituto de investigaciones porcinas (La Habana), 2007, pp3
28. Jorge del Real, Evaluación y modelado de la cinética de depuración anaerobia de vinazas de la industria alcoholera, UAEH (Universidad Autónoma de Hidalgo), 2007, pp44,45
29. Roberto Sosa, Biodigestores, Instituto de investigaciones porcinas (La Habana), 2007, pp3
30. Fco Javier Ocaña, biodigestores anaerobios de laboratorio, Universidad Carlos III de Madrid, 2011, pp 23
31. Carlos Roberto Prado, Diseño de un sistema eléctrico fotovoltaico para una comunidad aislada, Universidad de Costa Rica Facultad de Ingeniería, 2008, pp. 22-25

32. Hernández Nélida, Cedillo Norma, Implementación básica de un comedor industrial, Universidad Popular Autónoma del estado de Puebla (UPAEP), 2001, pp. 17
33. ibídem, pp. 25,26

Referencias Electrónicas:

- a) <http://www.veracruz.gob.mx>
- b) www.unorg=esa=dsc=agenda21=index.shtml
- c) <http://vmwl1.iie.org.mx/sitiollE/sitio/indice.php>
- d) http://www.geofisica.unam.mx/ors/energia_solar1.pdf
- e) <http://www.erdmsolar.com>

Anexo A



CP	FECHA	MCA	REVISIONES DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	VO.BO.	NUM.	DIBUJOS DE REFERENCIA	APROBADO POR
									ESPECIALISTA
									SUBGERENCIA
									GERENCIA

Büro Verd 3
arquitectos

José Luis Pérez Meléndez
Javier I. Jiménez Trigos
Francisco J. Luna Ugarte

PARQUE ECOLÓGICO TUZANDEPETL
ÁREA DE INVESTIGACIÓN
ARQUITECTÓNICO

NO. PROY. _____

LUGAR IXHUATLÁN DEL SURESTE, VER.

DB. ELAB. EN: MÉXICO, D.F.

AGOSTO 2012

ESB: 1:100

ACOT EN: MTS.

DIBUJÓ: AERA

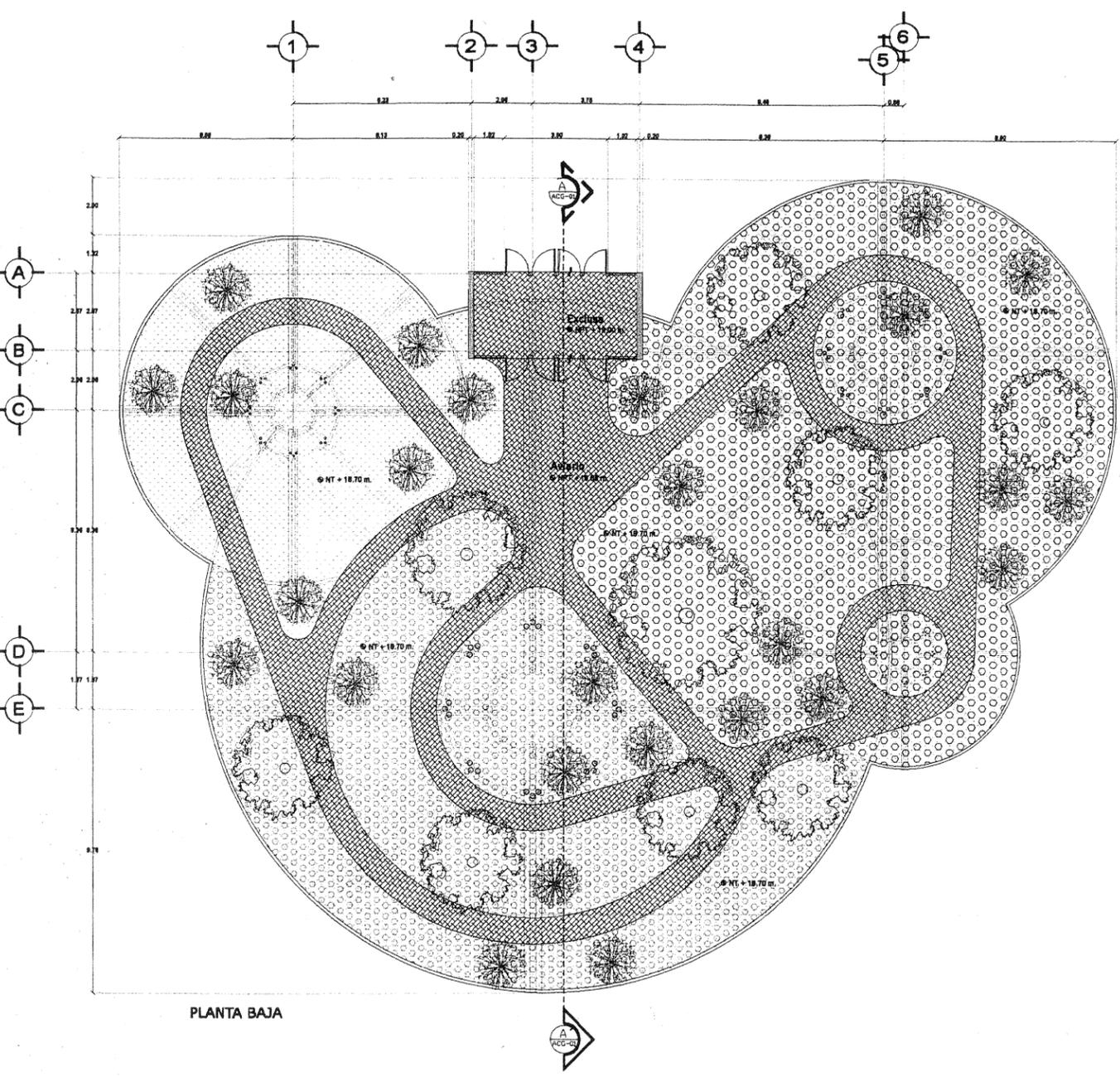
PROY.: F.J.U

REVISÓ: RFG

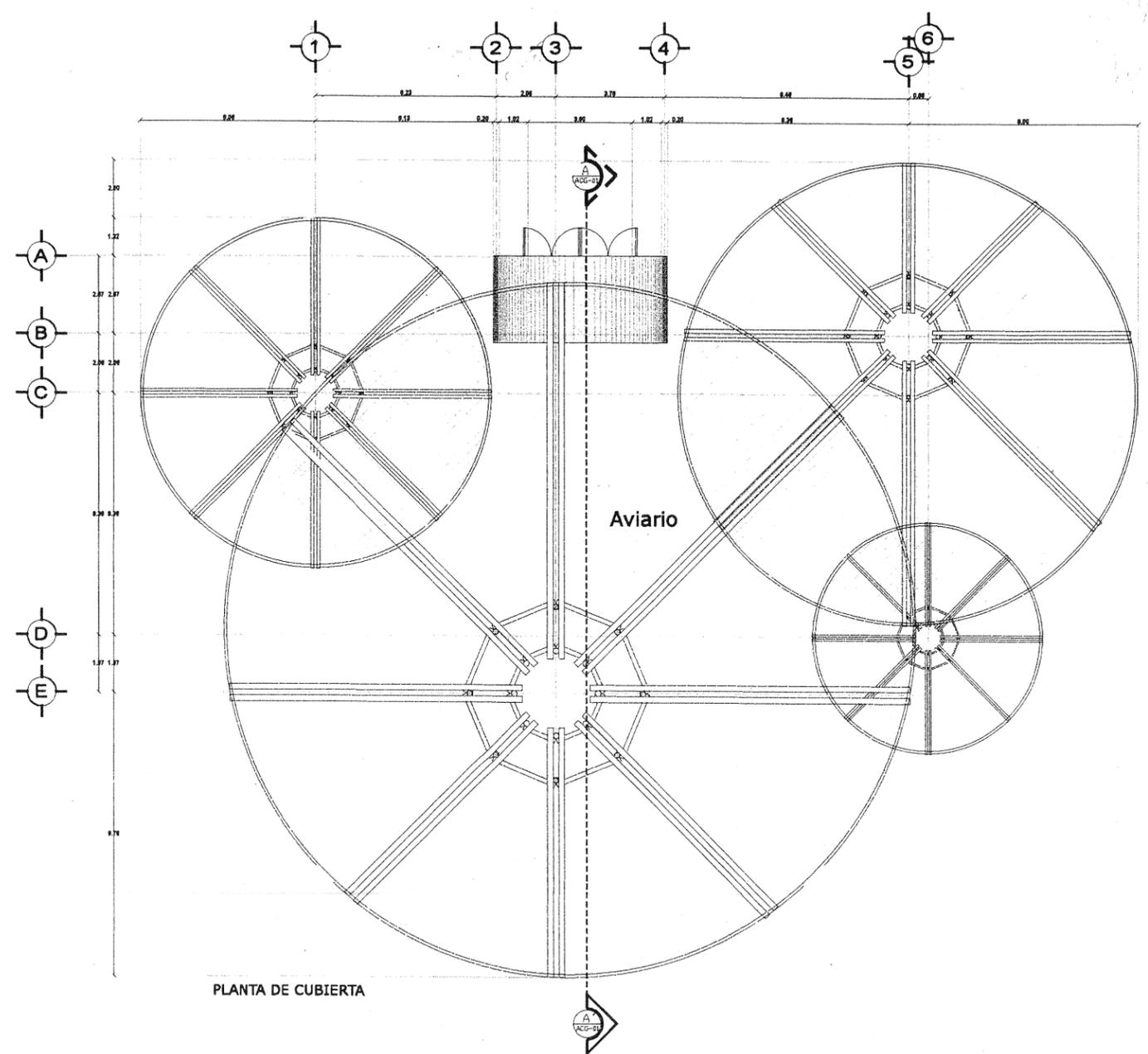
COORD.: _____

D-100

REV. 0



PLANTA BAJA



PLANTA DE CUBIERTA

FECHA	MCA	REVISIONES DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	VO.BO.	NUM.	DIBUJOS DE REFERENCIA	APROBADO POR
								ESPECIALISTA
								SUBGERENCIA

Büro Verd 3
arquitectos

José Luis Pérez Maldonado
Javier I. Jiménez Trigos
Francisco J. Luna Ugarte

DIBUJÓ	VRA	
PROY.	F.L.U.	
REVISÓ	F.L.U.	
COORD.		

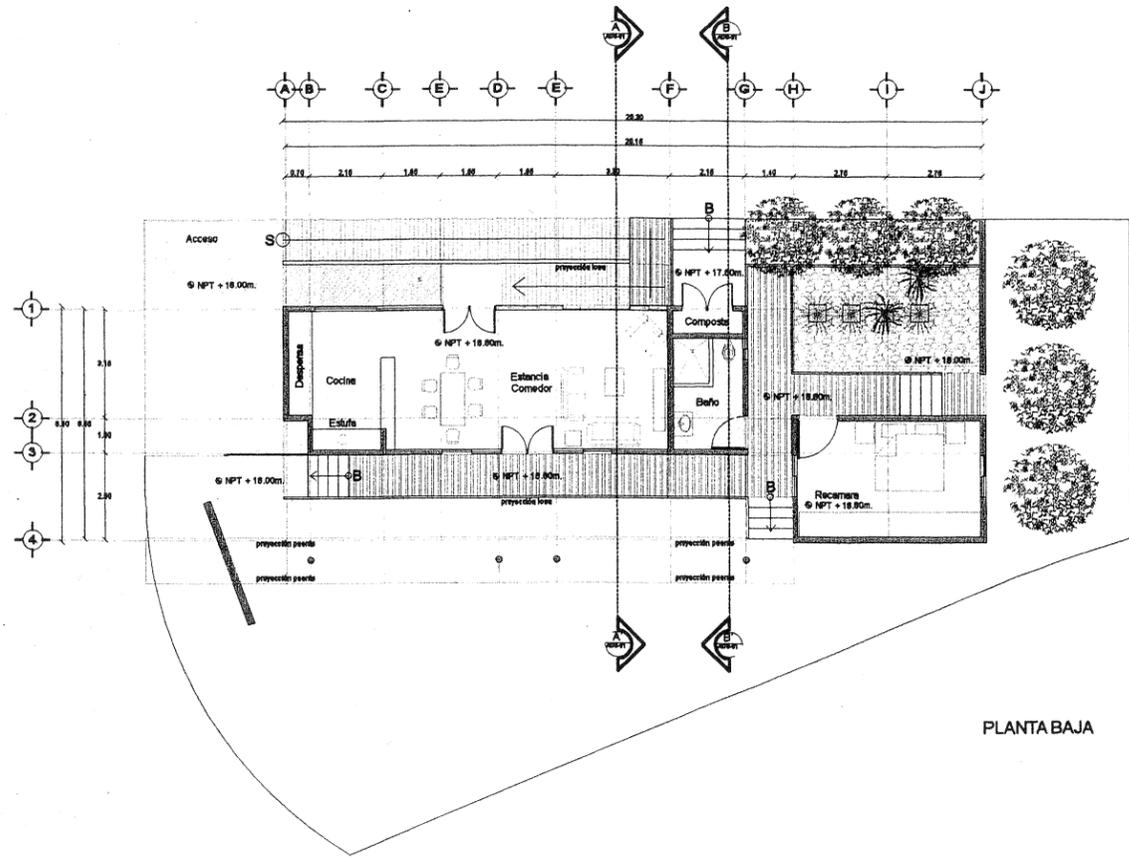
PARQUE ECOLÓGICO TUZANDEPETL
EXPOSICIONES
AVIARIO
ARQUITECTÓNICOS

NO. PROY. 111248 IVI IATI AN DEL SURESTE VEO

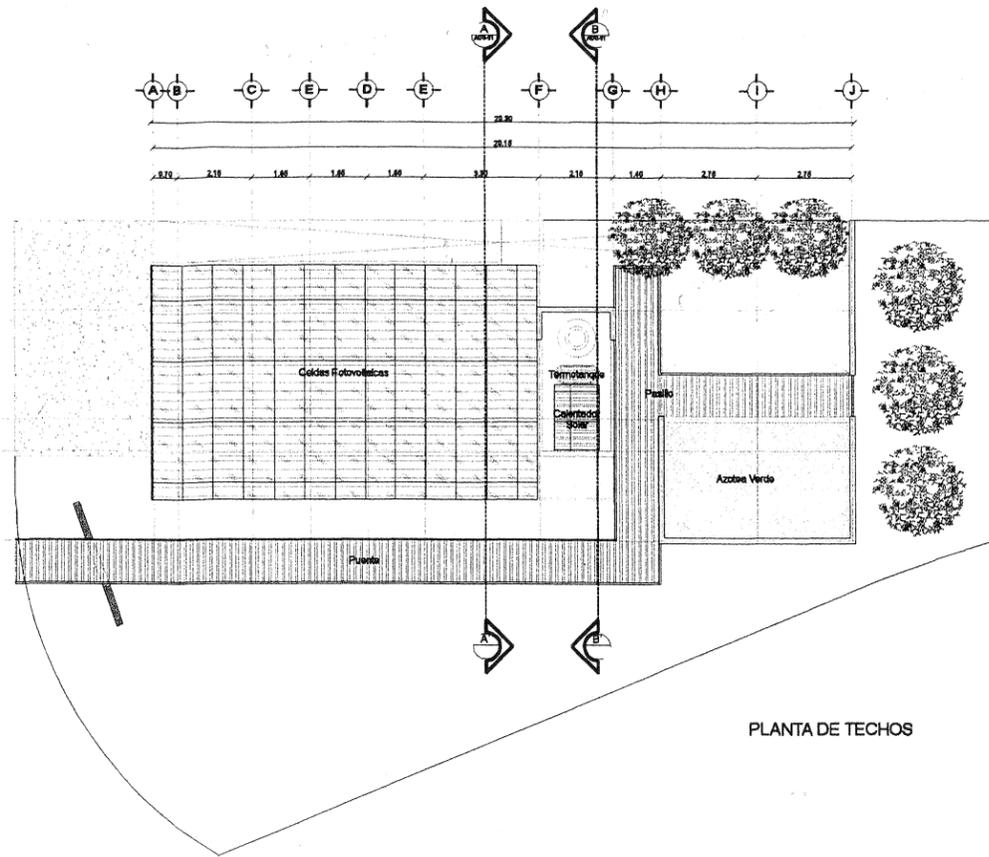
D-690

REV. 0

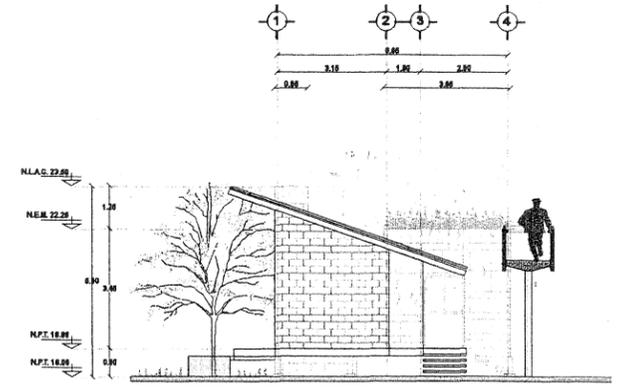
EV. 0



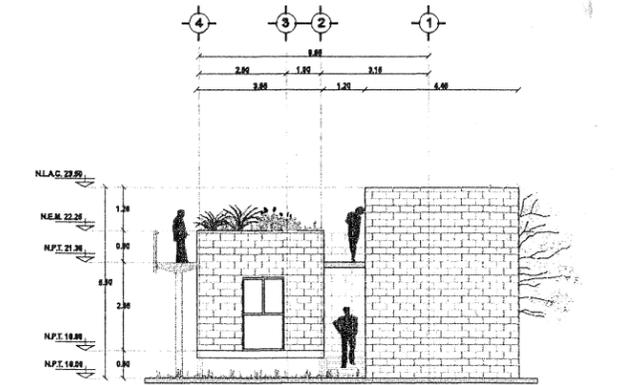
PLANTABAJA



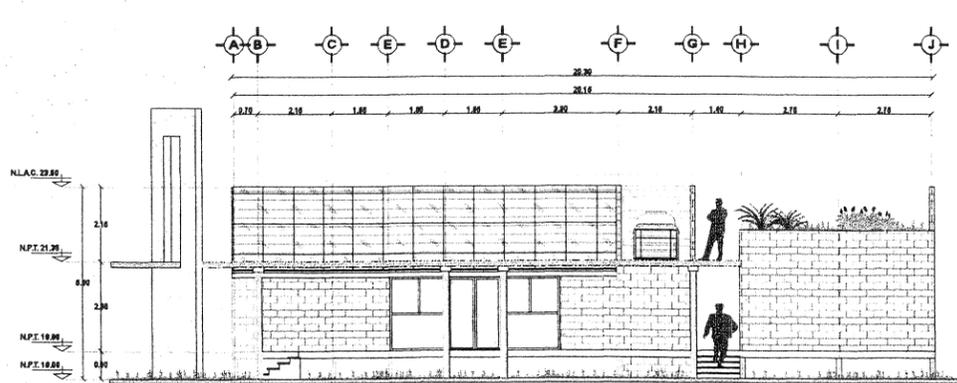
PLANTA DE TECHOS



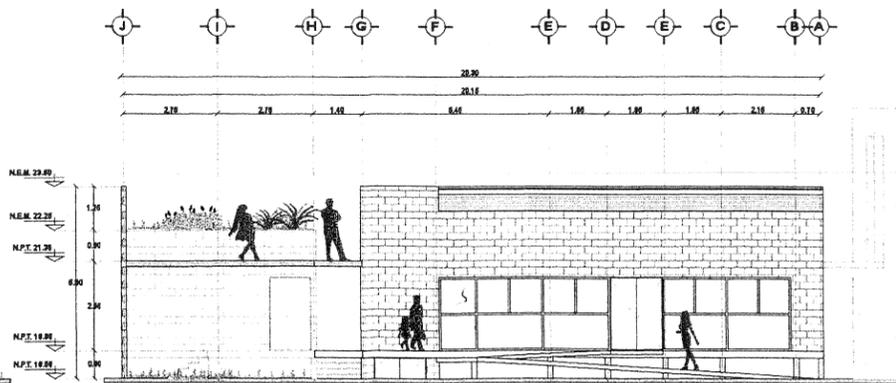
FACHADA PONIENTE



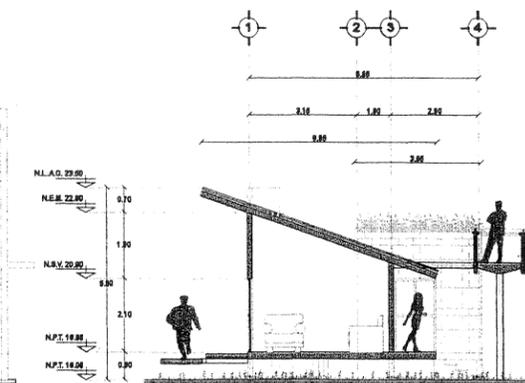
FACHADA ORIENTE



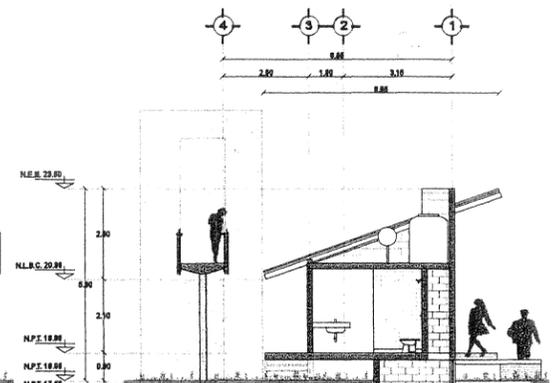
FACHADA SUR



FACHADA NORTE



CORTE A-A



CORTE B-B

CP	FECHA	REVISIONES	FECHA	FOR	VO.BO.	NUM.	DESIJNOS DE REFERENCIA	APROBADO POR
		DESCRIPCION						
								ESPECIALISTA
								SUBGERENCIA
								GERENCIA

Büro Verd 3
arquitectos

José Luis Pérez Maldonado
Javier I. Jiménez Trigos
Francisco J. Luna Ugarte

DIB. ELAB. EN: MÉXICO, D.F.

AGOSTO 2012

DIBUJÓ: VRA
PROY.: F.J.U.
REVISÓ: F.J.U.
COORD.:

EBC: 1:100

ACOT EN: MTS.

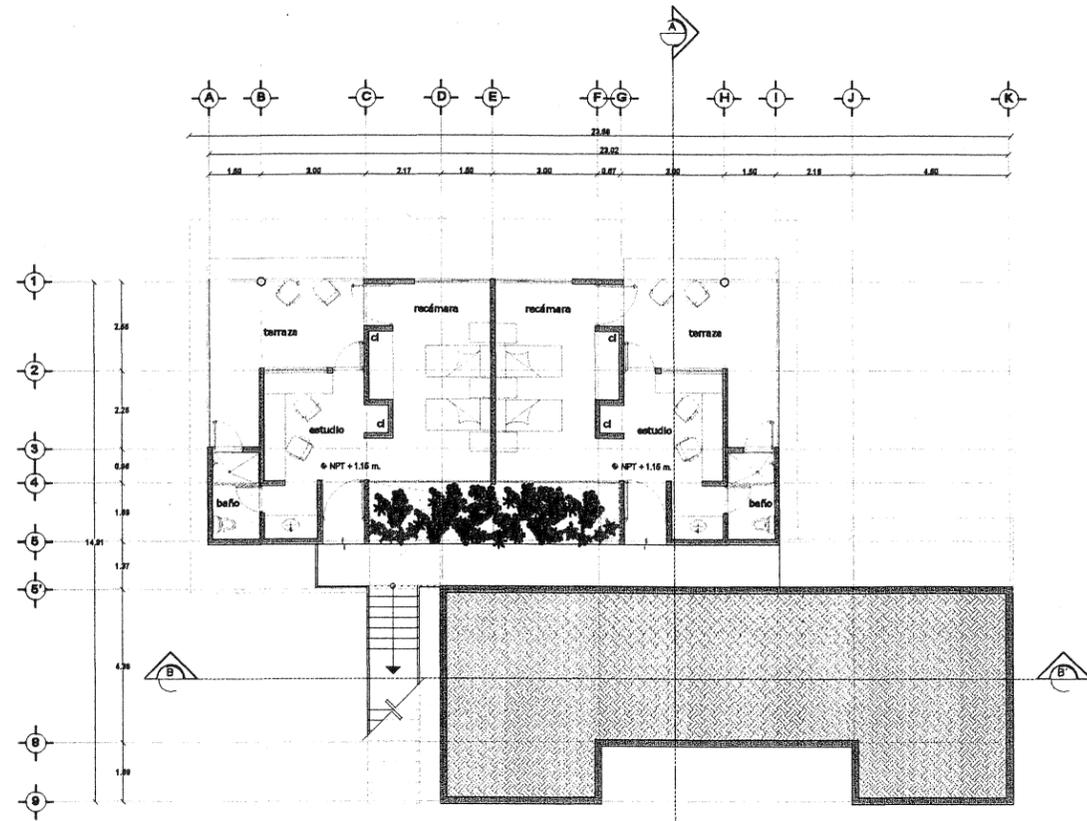
PARQUE ECOLÓGICO TUZANDEPETL
EXPOSICIONES
CASA ECOLÓGICA
ARQUITECTÓNICOS

NO. PROY. LUGAR: IXHUATLÁN DEL SURESTE, VER.

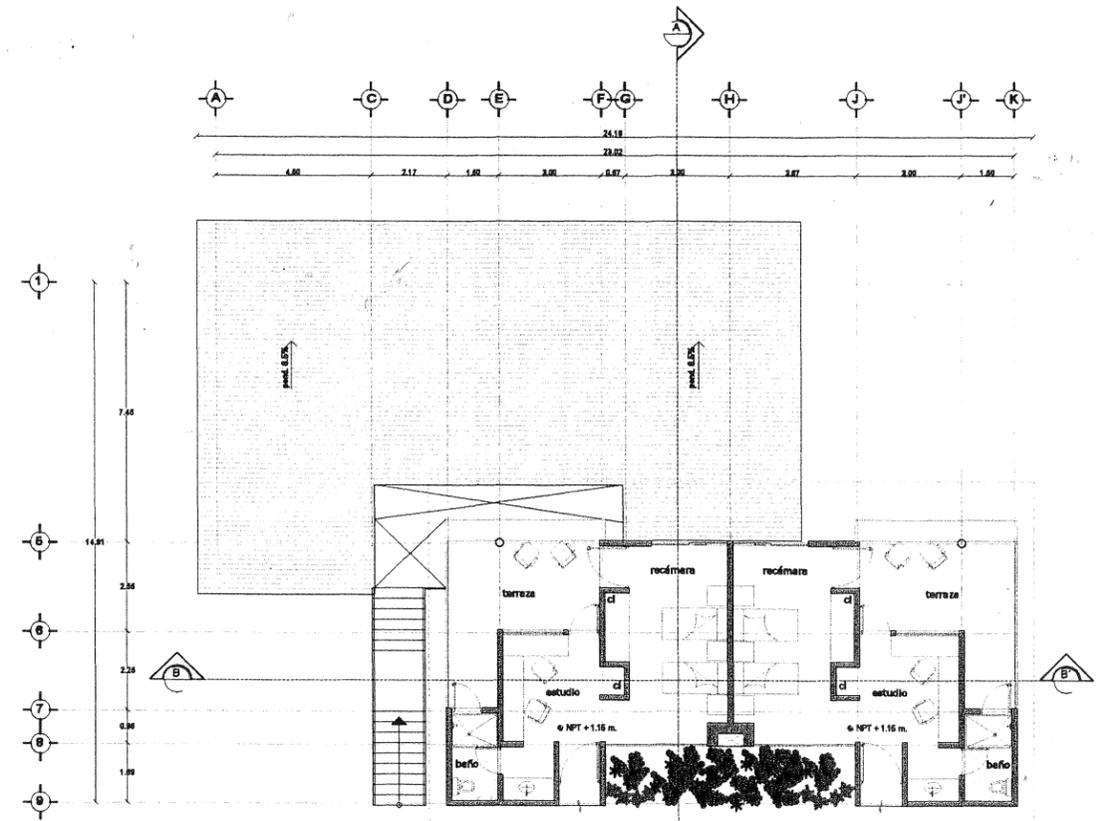
D-660

REV.

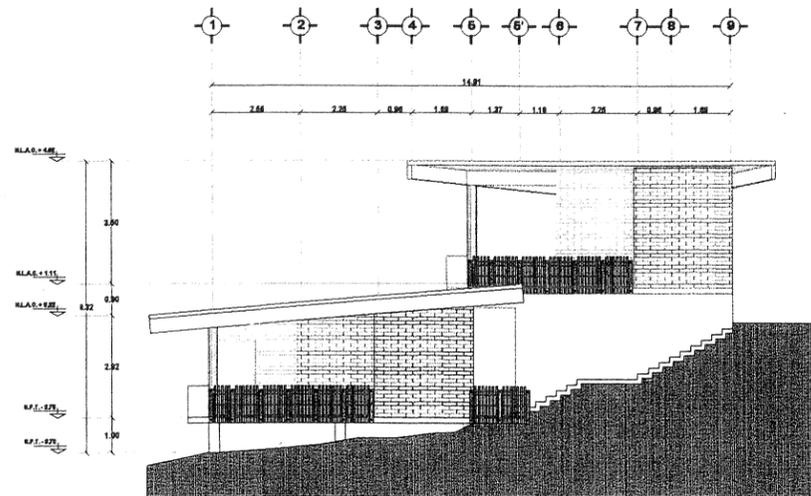
0



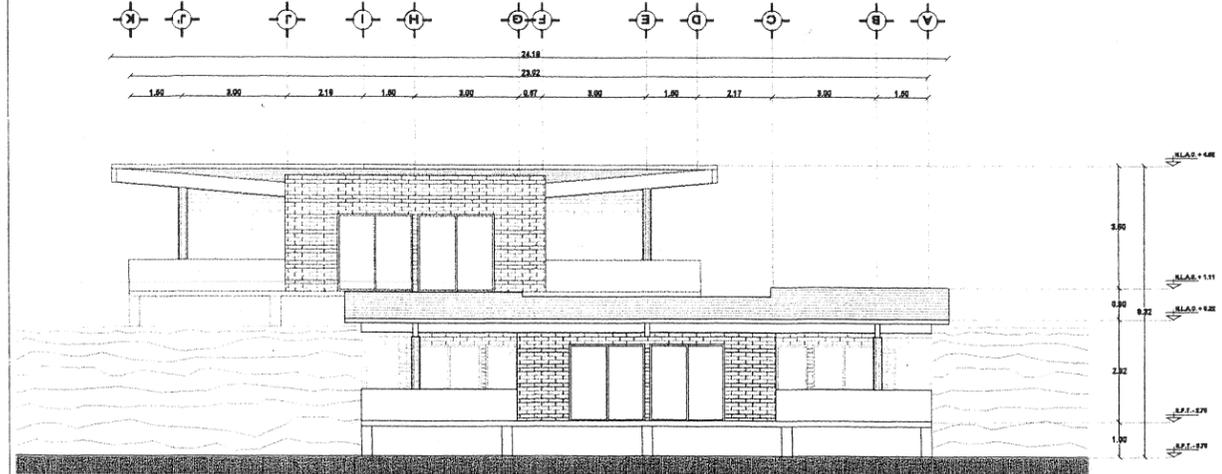
Casa Habitación para investigadores
Planta baja



Casa Habitación para investigadores
Planta alta



Fachada Poniente



Fachada Norte

CP	FECHA	REVISIONES	FECHA	POR	VO.BO.	NUM.	DIBUJOS DE REFERENCIA	APROBADO POR
		DESCRIPCIÓN						
								ESPECIALISTA
								SUBGERENCIA
								GERENCIA

Büro Verd 3
arquitectos

José Luis Pérez Maldonado
Javier I. Jiménez Trigos
Francisco J. Luna Ugarte

PARQUE ECOLÓGICO TUZANDEPETL

CASA HABITACION PARA INVESTIGADORES TIPO 1

NO. PROY. _____

LUGAR IXHUATLÁN DEL SURESTE, VER.

DB. ELAB. EN: MÉXICO, D.F.

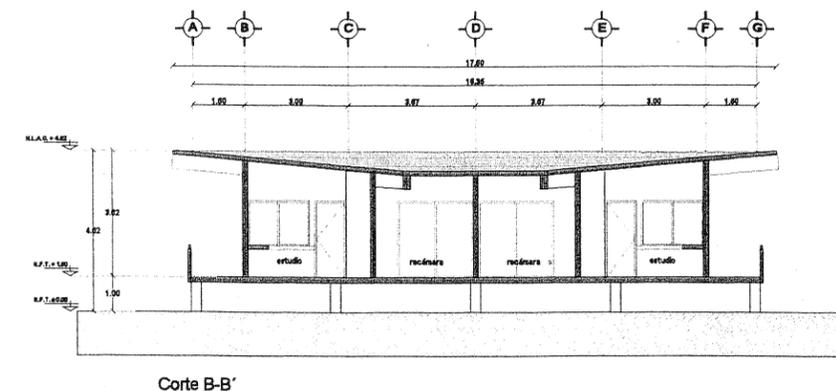
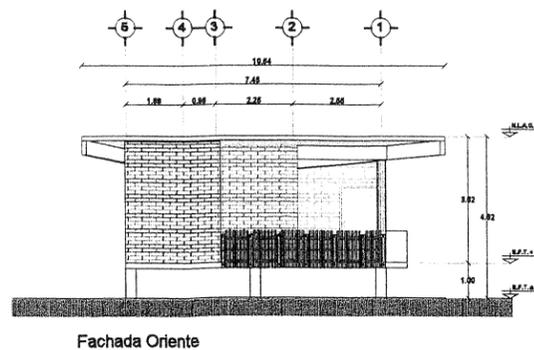
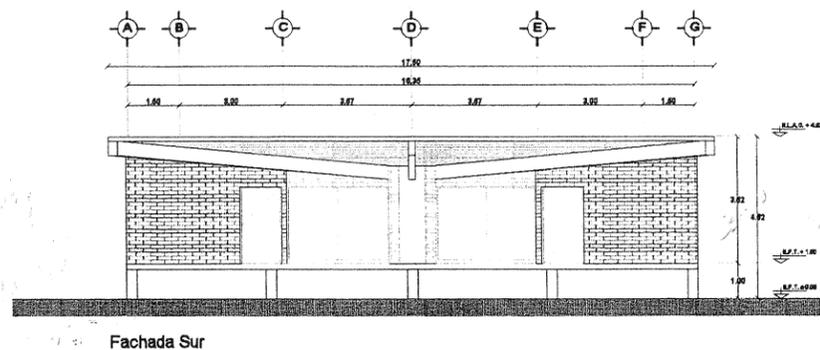
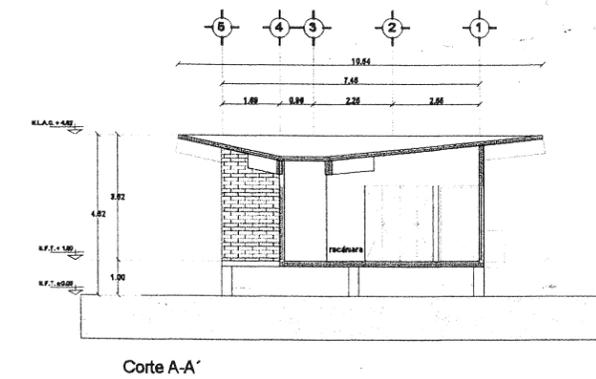
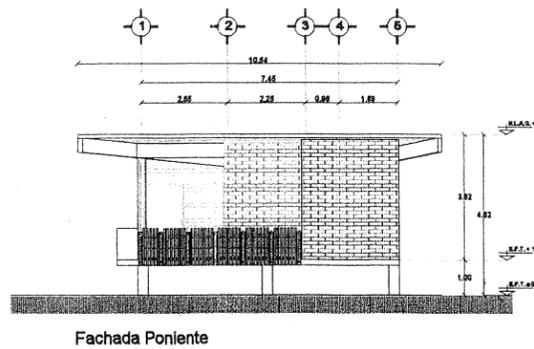
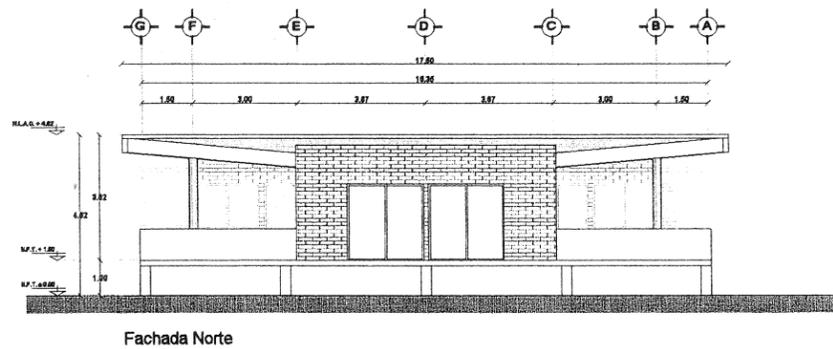
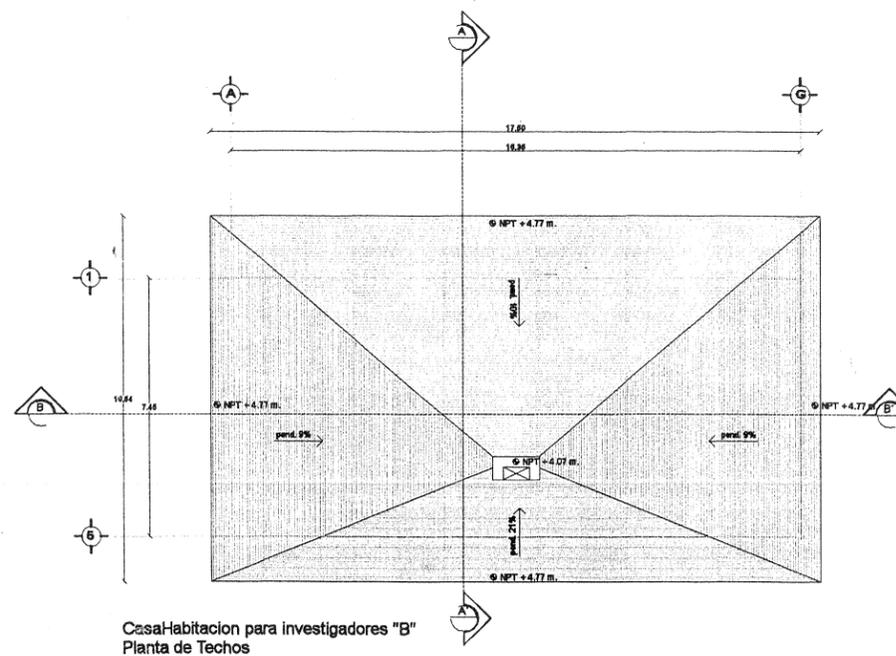
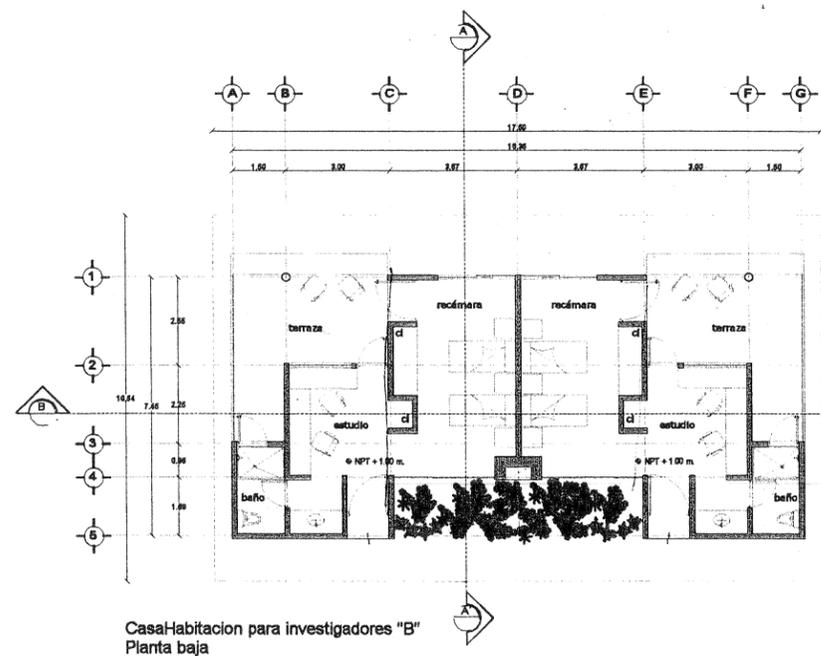
AGOSTO 2012

ESCALA: 1:100

ACOT EN: MTS.

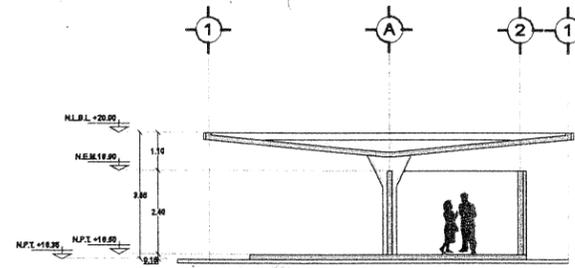
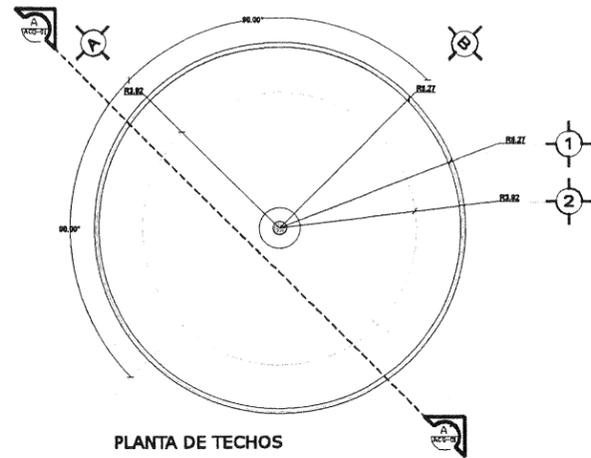
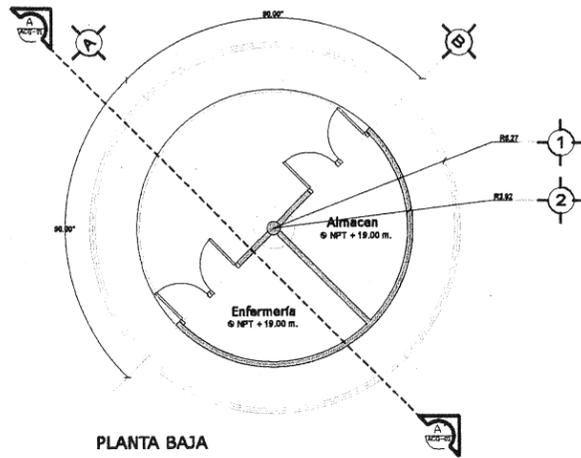
REV. 0

D-600

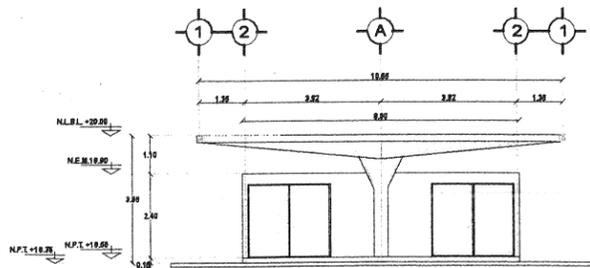


CP	FECHA	REVISIONES	FECHA	POR	VO.BO.	NUM.	DIBUJOS DE REFERENCIA	APROBADO POR
		DESCRIPCIÓN						
								ESPECIALISTA
								SUBGERENCIA
								GERENCIA

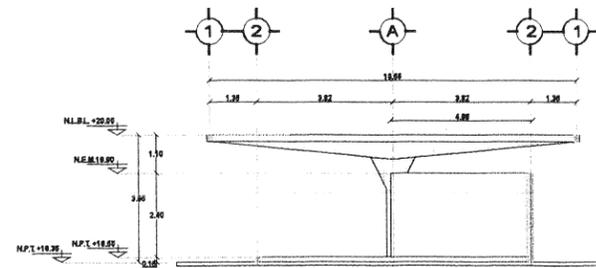
Büro Verd 3 arquitectos José Luis Pérez Maldonado Javier I. Jiménez Trigos Francisco J. Luna Ugarte	DIBUJO	AERA	PARQUE ECOLÓGICO TUZANDEPETL CASA HABITACION PARA INVESTIGADORES TIPO 2 NO. PROY.	D-602	REV. 0
	PROY.	F.JULU			
	REVISO	RPG	LUGAR	IXHUATLÁN DEL SURESTE, VER.	
	COORD.				
DB. ELAB. EN: MÉXICO, D.F.	AGOSTO 2012	ESC: 1/100	ACOT EN: HTS		



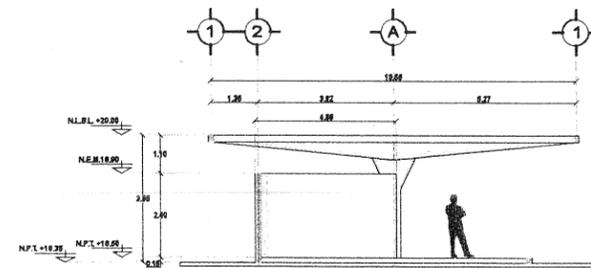
CORTE A-A'



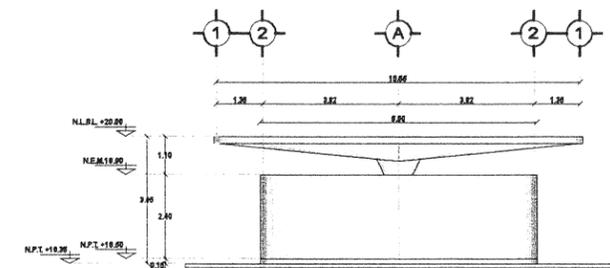
FACHADA NOR-PONIENTE



FACHADA SUR-PONIENTE



FACHADA NOR-ORIENTE



FACHADA SUR-ORIENTE

CP	FECHA	MCA	REVISIONES	FECHA	FOR	VO.BO.	NUM.	DIBUJOS DE REFERENCIA	APROBADO POR
			DESCRIPCIÓN						ESPECIALISTA
									SUBGERENCIA
									REVISOR

AGOSTO 2012

PARQUE ECOLÓGICO TUZANDEPETL
EXPOSICIONES
COCODRILARIO
ARQUITECTÓNICOS

NO. PROY. _____

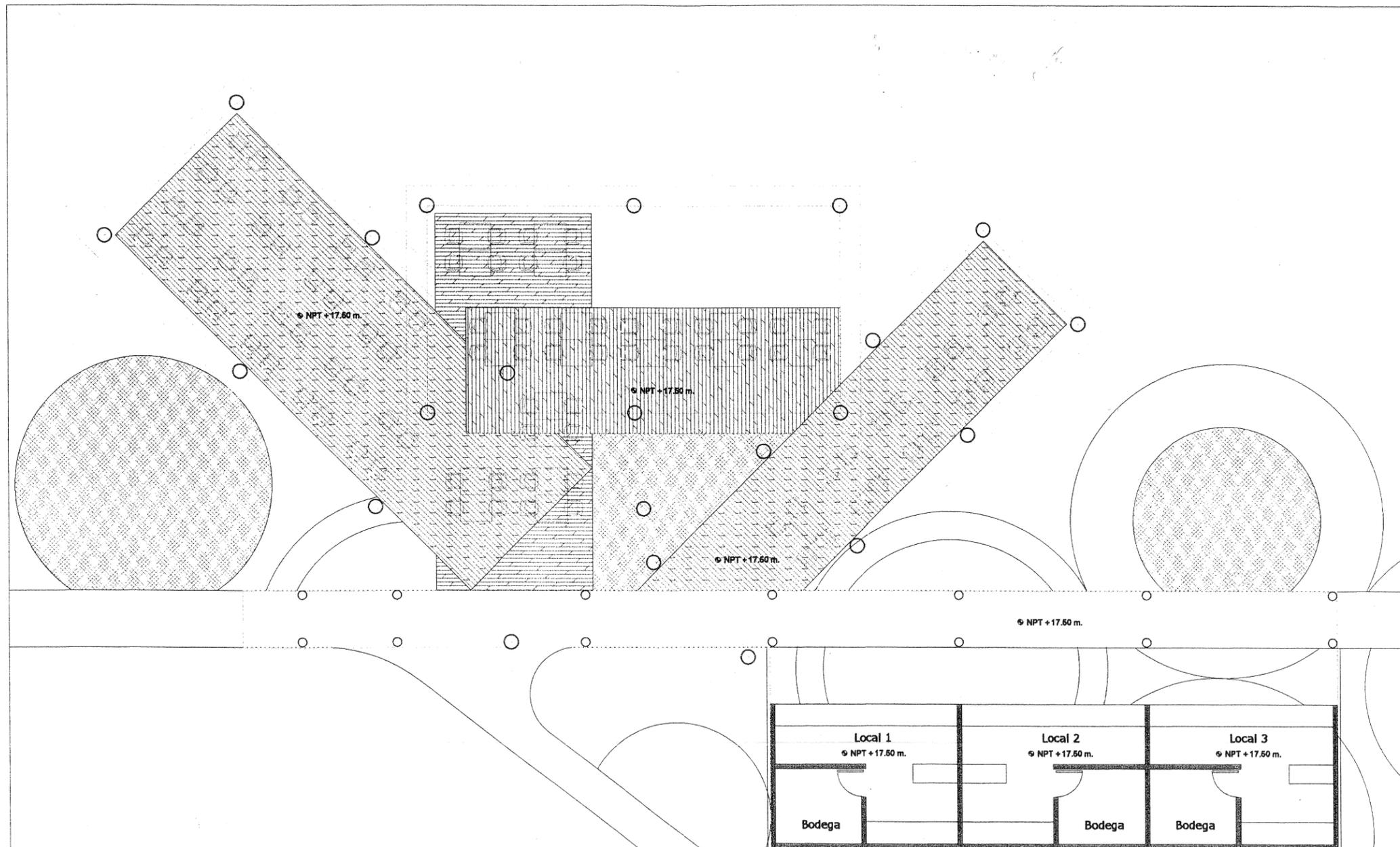
LUGAR: IXHUATLÁN DEL SURESTE, VER.

DBL. ELAB. EN: MÉXICO, D.F.

ESB: 1:100

ACOT EN: MTS

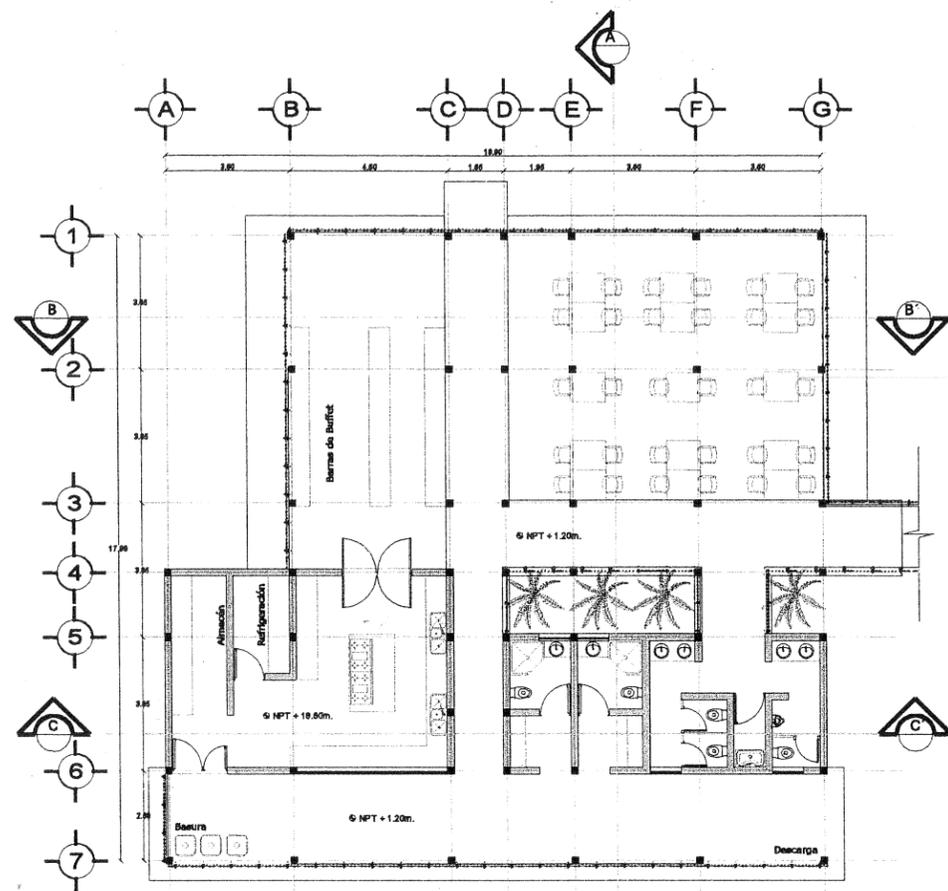
D-692



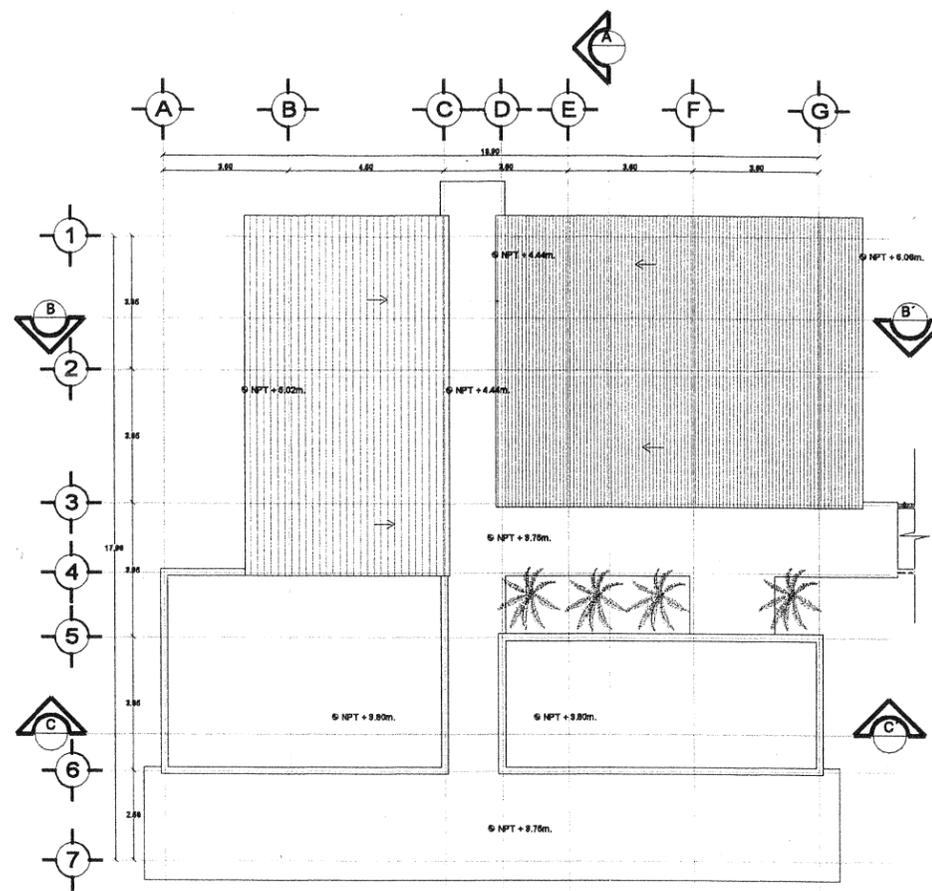
Area de comida rápida
Planta baja

CP	FECHA	REVISIONES			NUM.	DIBUJOS DE REFERENCIA	APROBADO POR	
	MCA	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	VO.BO.		ESPECIALISTA	
							SUBGERENCIA	

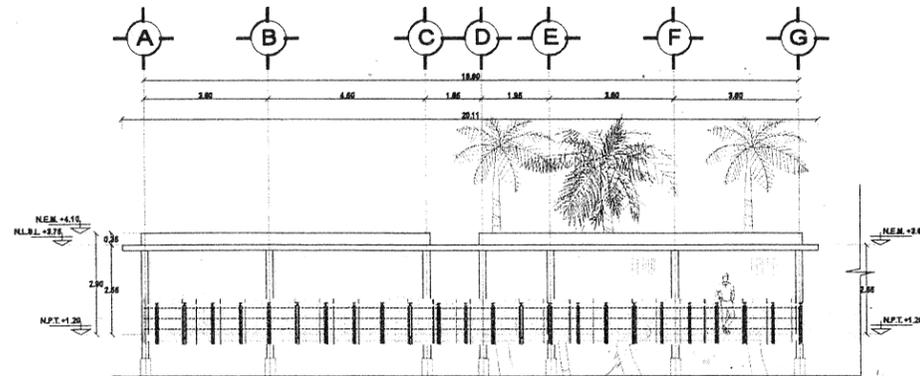
Büro Verd 3 arquitectos José Luis Pérez Maldonado Javier I. Jiménez Trigos Francisco J. Luna Ugarte		DIBUJO AERA PROY. F.JLU REVISO RPG COORD.	PARQUE ECOLÓGICO TUZANDEPETL COMEDOR DE COMIDA RAPIDA CONJUNTO NO. PROY. LUGAR IXHUATLÁN DEL SURESTE, VER.	DIB. ELAB. EN: MEXICO, D.F. AGOSTO 2012 ESC: 1:75 ACDY EN: MTS	D-630 0
--	--	--	--	---	-------------------



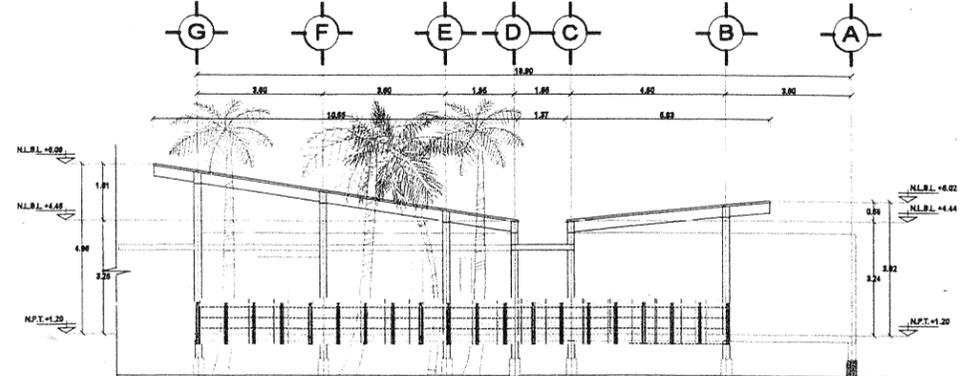
PLANTA DE ARQ.



PLANTA DE TECHOS



ALZADO SUR



ALZADO NORTE

CP	FECHA	NCA	REVISIONES	FECHA	POR	VO.BO.	NUM.	DIBUJOS DE REFERENCIA	APROBADO POR
			DESCRIPCIÓN						ESPECIALISTA
									SUBGERENCIA
									GERENCIA

Büro Verd
arquitectos

José Luis Pérez Meléndez
Javier I. Jiménez Trigos
Francisco J. Luna Ugeux

AGOSTO 2012

DIBUJÓ: AERA
PROY.: FLU
REVISÓ: RFG
COORD.: []

ES: 1:100 | ACOT EN: MTS.

PARQUE ECOLÓGICO TUZANDEPETL
COMEDOR PARA INVESTIGADORES
ARQUITECTÓNICO

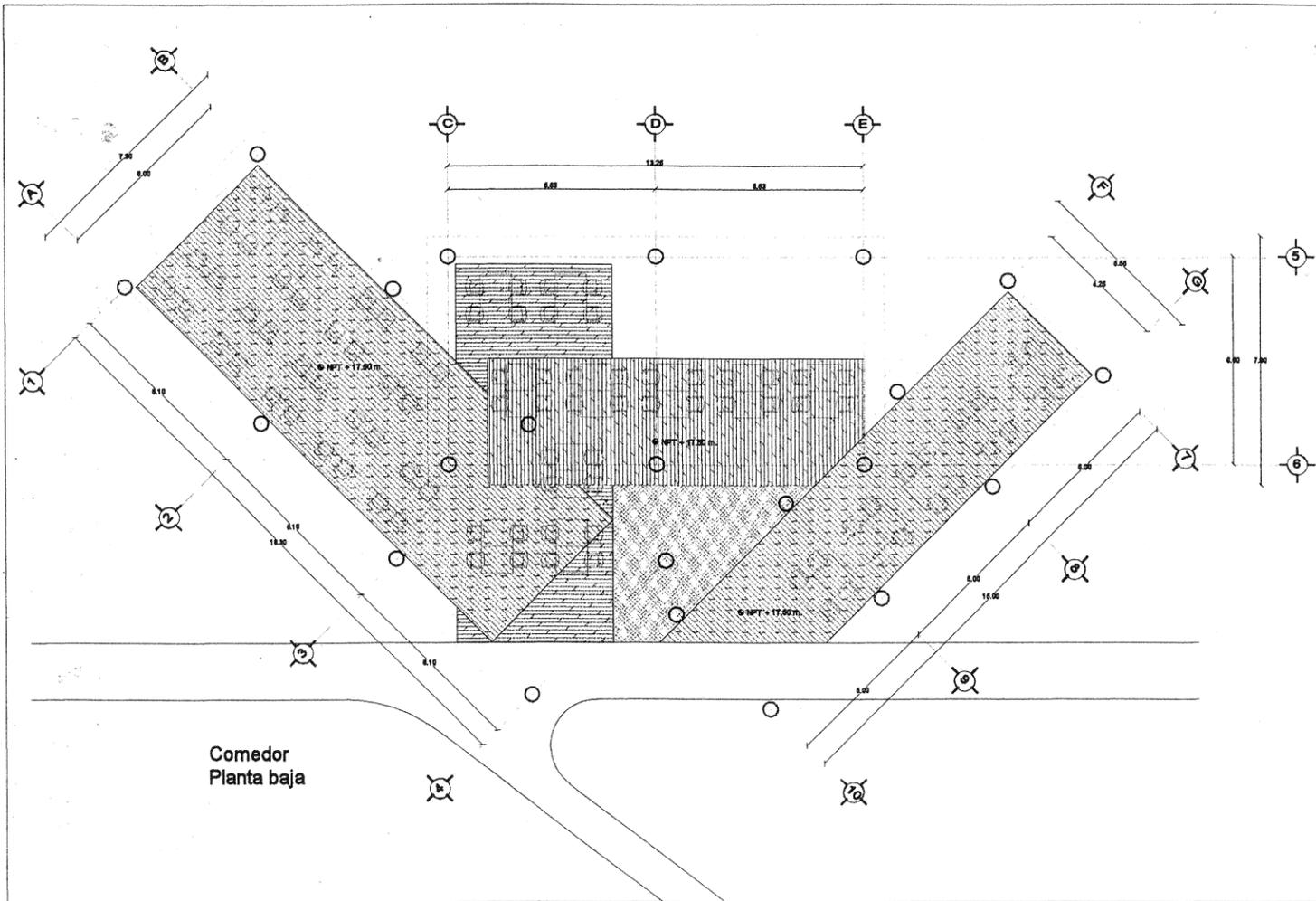
NO. PROY. []

LUGAR: IXHUATLÁN DEL SURESTE, VER.

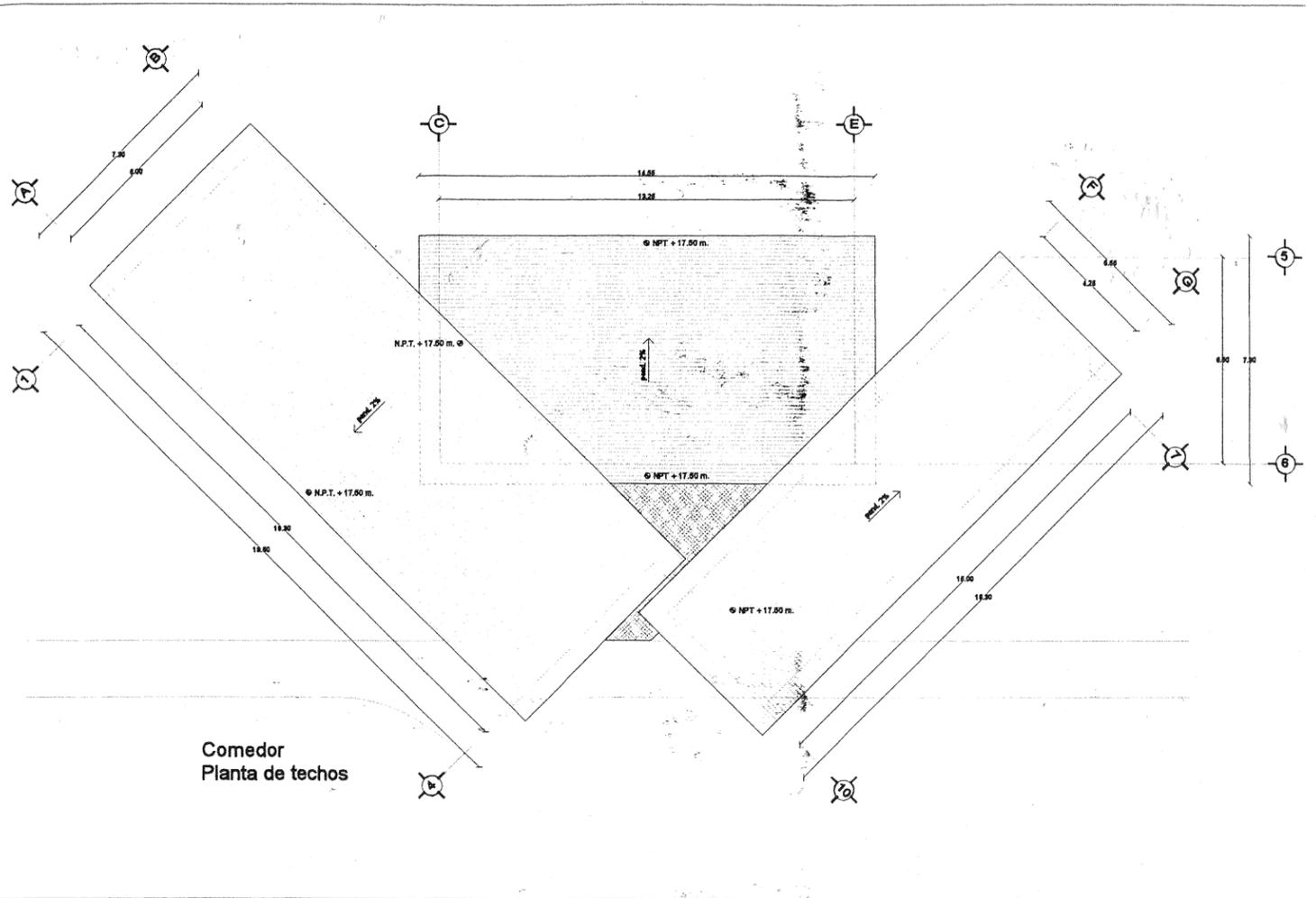
D-640

REV. 0

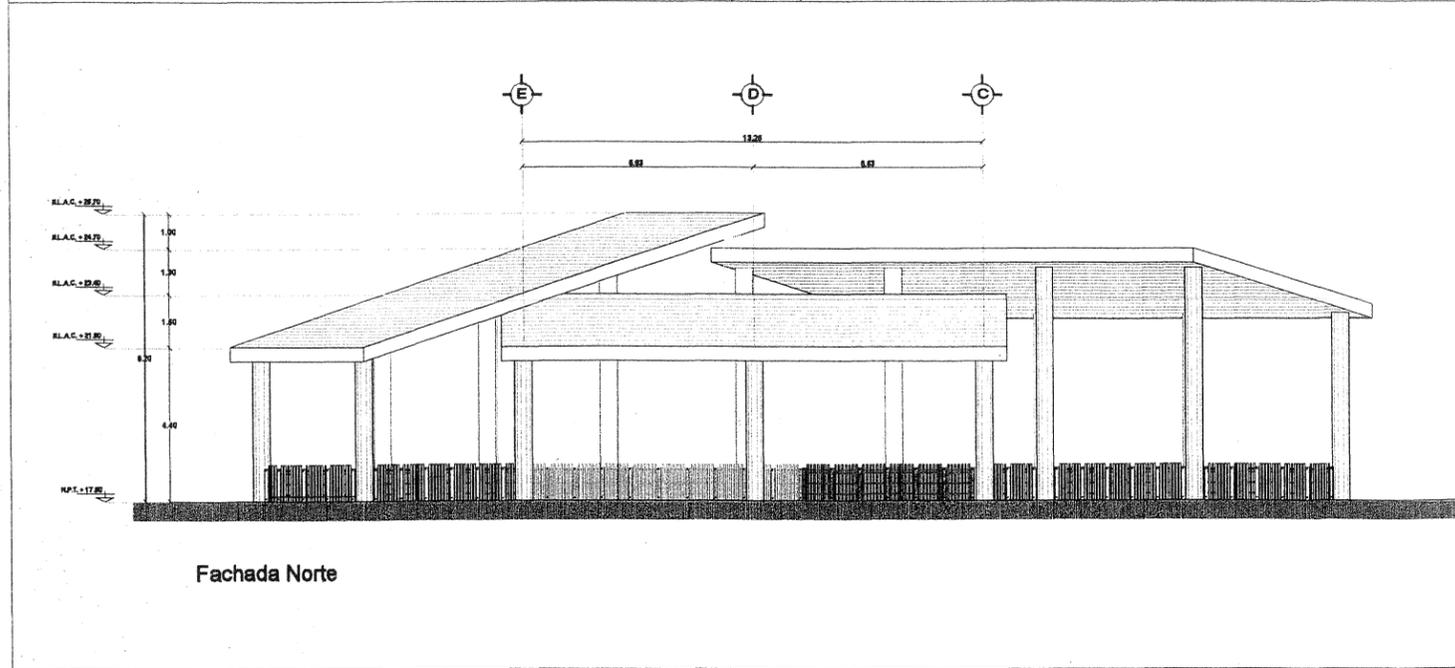
DB. ELAB. EN: MÉXICO, D.F.



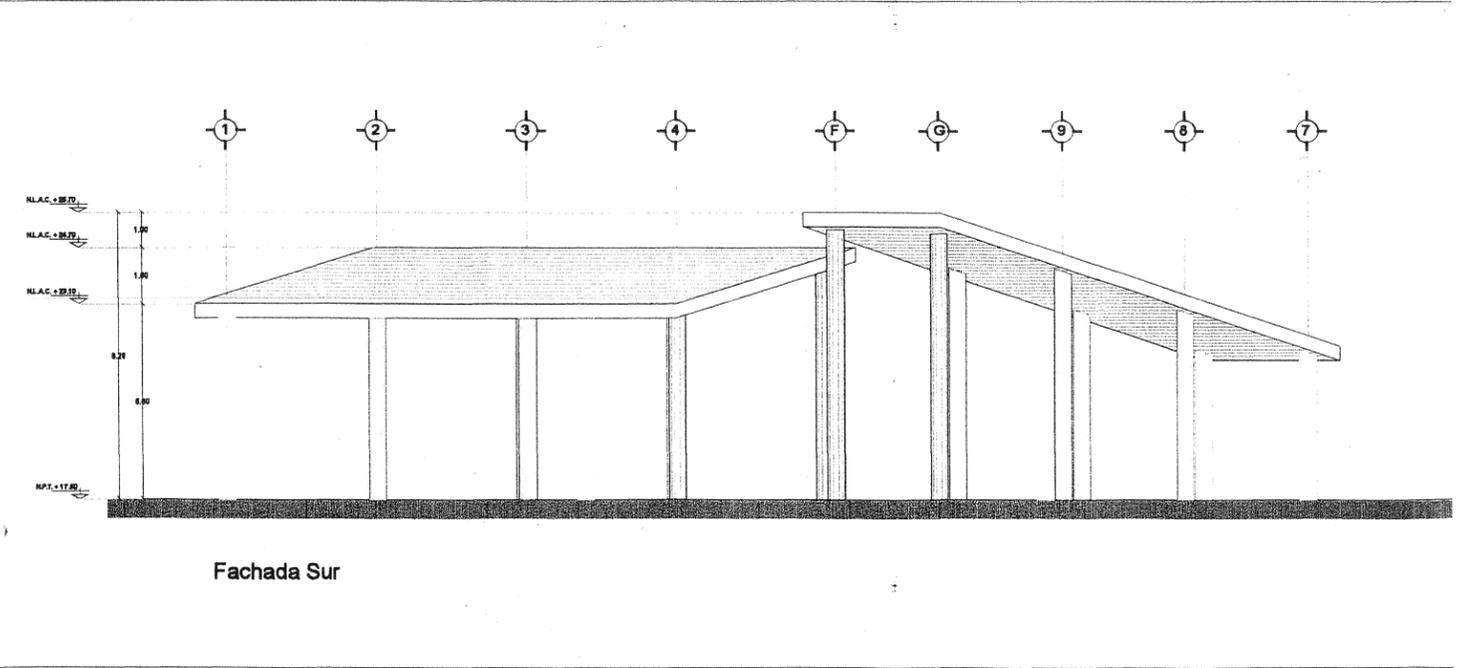
Comedor
Planta baja



Comedor
Planta de techos



Fachada Norte



Fachada Sur

CP	FECHA	REVISIONES			FECHA	POR	VO.BO.	NUM.	DIBUJOS DE REFERENCIA	APROBADO POR	
		FECHA	DESCRIPCIÓN	FECHA						ESPECIALISTA	

Büro Verd 3
arquitectos

José Luis Pérez Maldonado
Javier I. Jiménez Trigos
Francisco J. Luna Ugarita

DIBUJÓ	AERA
PROY.	FJLU
REVISÓ	RPQ
COORD.	

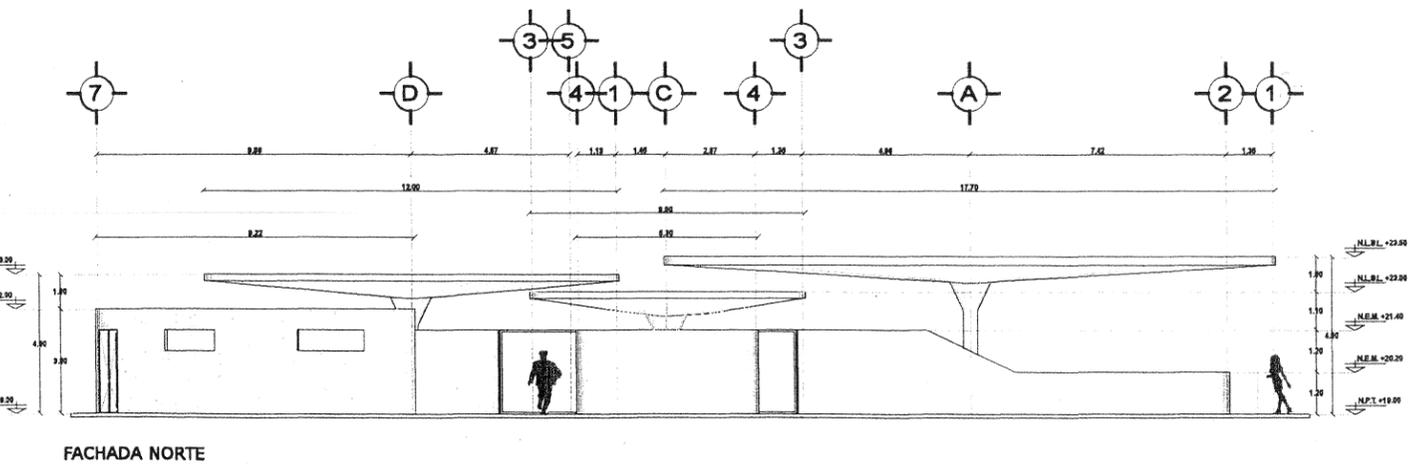
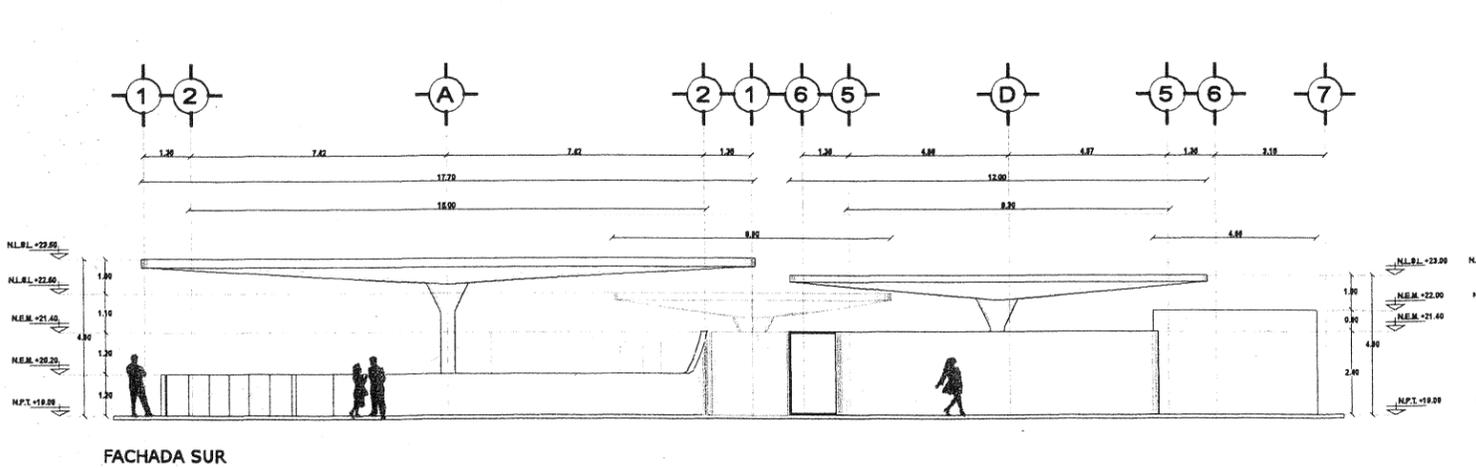
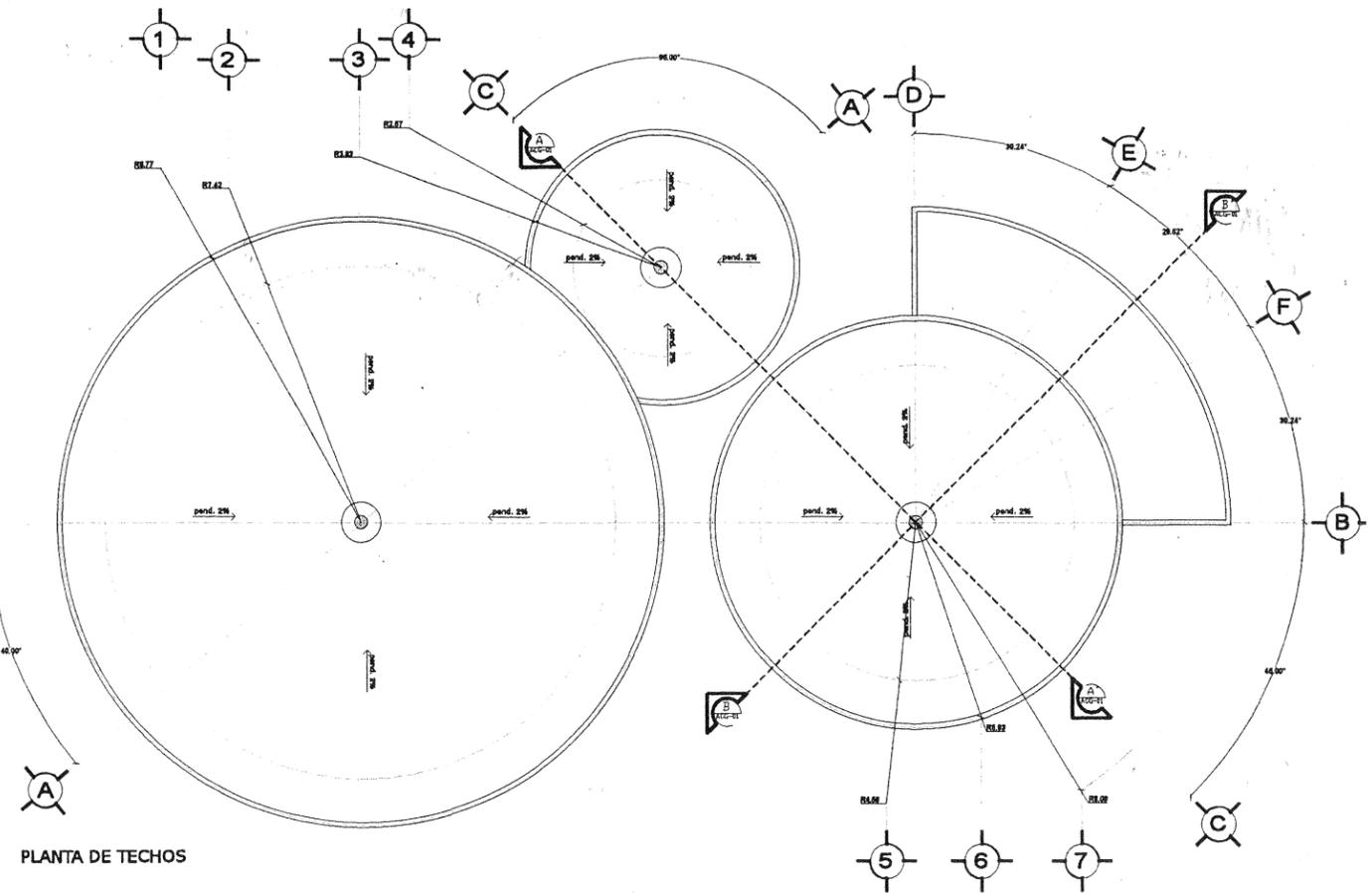
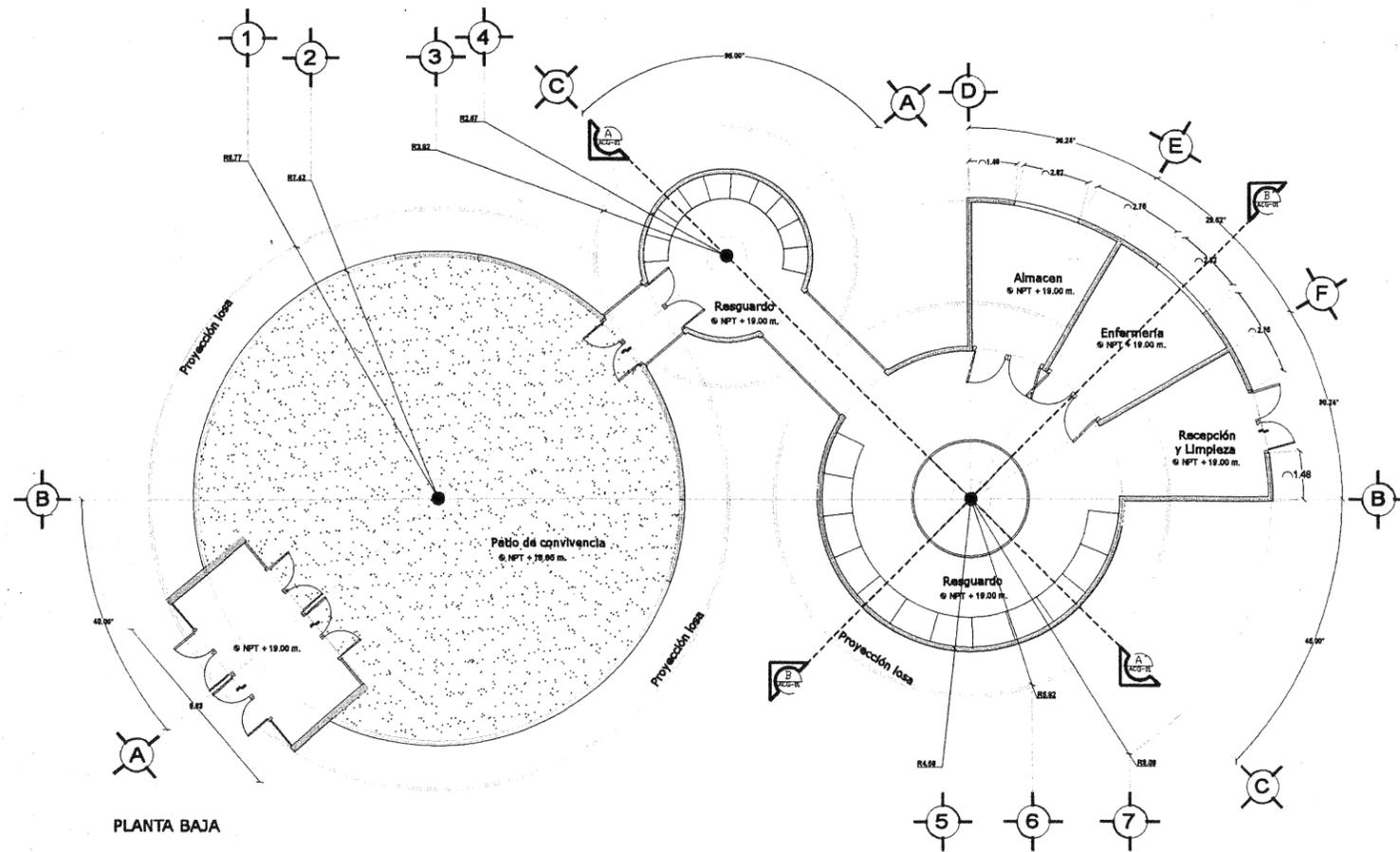
PARQUE ECOLÓGICO TUZANDEPETL

**COMEDOR DE COMIDA RAPIDA
PLANTAS Y FACHADAS**

NO. PROY. _____

LUGAR IXHUATLÁN DEL SURESTE, VER. **D-631**

DIB. ELAB. EN: MEXICO, D.F. AGOSTO 2012 ESC: 1:100 ACOT EN: MTS: REV. 0



CP	FECHA	REVISIONES	NUM.	DIBUJOS DE REFERENCIA	APROBADO POR
	NCA	DESCRIPCIÓN			
					ESPECIALISTA
					SUBGERENCIA

Büro Verd 3
arquitectos

José Luis Pérez Maldonado
Javier I. Jiménez Triguero
Francisco J. Luna Ugarte

PARQUE ECOLÓGICO TUZANDEPETL
EXPOSICIONES
GRANJA INFANTIL
ARQUITECTÓNICOS

NO. PROY. _____

LUGAR: XHUATLÁN DEL SURESTE, VER.

REV. _____

D-693

DIB. ELAB. EN: MÉXICO, D.F. | AGOSTO 2012 | ESC: 1:100 | ACOT EN: MTS.

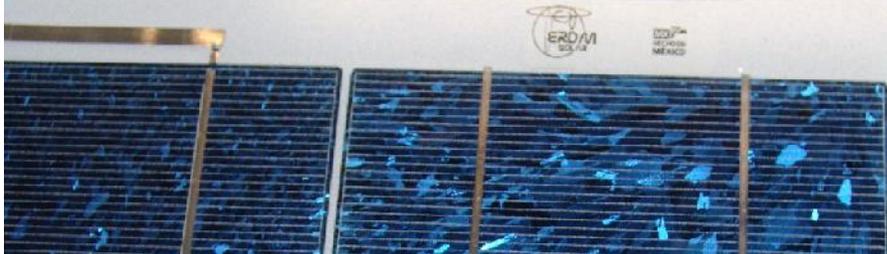
Anexo B



Lista de Precios 06.05.2013

Página 1.....	Paneles Solares TOPLINE ERDM SOLAR
Página 2.....	Inversores FRONIUS
Página 3.....	Inversores SMA SB US
Página 4.....	Inversores SMA ST US
Página 5.....	Inversores SMA SB Y ST EU
Página 6.....	Controladores STECA
Página 7.....	Inversores STECA
Página 8.....	Inversores STECA
Página 9.....	Inversores OUTBACK
Página 10.....	Controladores OUTBACK
Página 11.....	FLEXware y Partes de OUTBACK
Página 12.....	FLEXware y Partes de OUTBACK
Página 13.....	FLEXware y Partes de OUTBACK
Página 14.....	Refracciones y Partes de OUTBACK
Página 15.....	Inversores y Controladores MORNINGSTAR
Página 16.....	Controladores MORNINGSTAR
Página 17.....	Controladores MORNINGSTAR
Página 18.....	Baterías Series 4000 SURRETTE/ROLLS
Página 19.....	Baterías Series 5000 SURRETTE/ROLLS
Página 20.....	Baterías Series 4000 AGM SURRETTE
Página 21.....	Baterías Mombat
Página 22.....	Baterías Optima
Página 24.....	Cables y Conectores LAPP KABEL/EPIC
Página 25.....	Cables y Conectores LAPP KABEL/EPIC
Página 26.....	Estructuras Mono y Dual ERDM SOLAR/AUTOTEK
Página 27.....	Partes de Estructuras ERDM SOLAR/AUTOTEK

**Precios en US\$ no incluye I.V.A.
Estos precios no incluyen costo por flete.
Precios sujetos a cambio sin previo aviso.**



MODULOS ERDM SOLAR TOPLINE

						Precio por W/p	\$0.95	Poli
						Precio por W/p	\$1.00	Mono
Nombre	W/p	# Celulas	Matrix	Cell				
ERDM SOLAR	65TP6C	65	36	9x4	5 cut	\$61.75		
ERDM SOLAR	145TP6	145	36	9x4	6	\$137.75		
ERDM SOLAR	205TP6	205	54	9x6	6	\$194.75		
ERDM SOLAR	215TP6	215	54	9x6	6	\$204.25		
ERDM SOLAR	225TP6	225	60	10x6	6	\$213.75		
ERDM SOLAR	230TP6	230	60	10x6	6	\$218.50		
ERDM SOLAR	235TP6	235	60	10x6	6	\$223.25		
ERDM SOLAR	240TP6	240	60	10x6	5	\$228.00		
ERDM SOLAR	245TP6	245	60	10x6	5	\$232.75		
ERDM SOLAR	250TP6	250	60	10x6	5	\$237.50		
ERDM SOLAR	95TM5	95	36	9x4	5	\$95.00		
ERDM SOLAR	100TM5	100	36	9x4	5	\$100.00		
ERDM SOLAR	195TM5	195	72	9x4	5	\$195.00		
ERDM SOLAR	200TM5	200	72	12x6	5	\$200.00		
ERDM SOLAR	205TM5	205	72	12x6	5	\$205.00		



IG 2000 NEG
IG 3000 NEG

\$1,749.46
\$2,159.34



IG 4000 NEG
IG 5100 NEG

\$2,984.22
\$3,320.82



IG PLUS V 3.0-1 UNI
IG PLUS V 3.8-1 UNI

\$1,965.95
\$2,326.52



IG PLUS V 5.0-1 UNI
IG PLUS V 6.0-1 UNI
IG PLUS V 7.5-1 UNI

\$3,204.29
\$3,470.31
\$3,941.18



IG PLUS V 10.0-1 UNI
IG PLUS V 11.4-1 UNI
IG PLUS V 11.4-3 DELTA
IG PLUS V 12.0-3 WYE 277

\$5,134.10
\$5,712.48
\$5,712.48
\$5,726.39



SMA Solar Technology AG



US Version

Sunny Boy
Inverter - UL listed



SB 700 US	\$1,154.13
SB 2000 HFUS-30	\$1,956.15
SB 2500 HFUS-30	\$2,053.96
SB 3000 HFUS-30	\$2,151.77
SB 3000 US	\$2,053.90
SB 3800 US-10	\$2,543.00
SB 4000 US	\$2,543.00
SB 5000 US	\$3,325.46
SB 6000 US	\$3,545.52
SB 7000 US	\$3,863.39
SB 8000 US	\$4,205.72
Bluetooth Interface	\$139.86
R 485 Interface	\$139.86



SMA Solar Technology AG



USA Version



Sunny
Tower

SUNNY TOWER ST 36	\$25,185.43
SUNNY TOWER ST 42	\$27,092.68
SUNNY TOWER ST 48	\$29,146.64





SMA Solar Technology AG

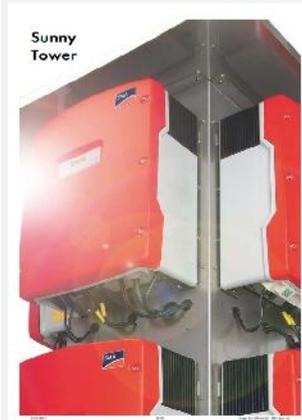


Inverters with transformer

EUROPA Version

SB 1100/1200	\$1,188.36
SB 1700	\$1,411.51
SB 2000 HF-30	\$1,848.57
SB 2500	\$1,860.45
SB 2500 HF-30	\$1,980.60
SB 3000	\$2,020.22
SB 3000 HF-30	\$2,112.64
SB 3300	\$2,284.29
SB 3800	\$2,350.31
SMC 4600 A	\$3,446.67
SMC 5000 A	\$3,446.67
SMC 6000 A	\$3,474.54
SMC 7000 HV-11	\$3,829.17

RS 485 Interface	\$139.86
Bluetooth Interface	\$139.86



Sunny Tower

Mounting rack for 3 or 6 SMC x000TL or SMC x000A per row, incl. AC distribution with 1 x 50 A circuit breaker per device, incl. base plate

\$3,948.00



teca



TECA 8.8 F
TECA 10.10

\$24.81
\$39.00



TECA PRS 1010
TECA PRS 1515
TECA PRS 2020
TECA PRS 3030

\$53.76
\$57.90
\$64.10
\$84.78



TECA SOLARIX MPPT 20A

\$227.45



TECA SOLARIX 2401
TECA SOLARIX 4401

\$170.59
\$196.44



TECA PR 0505

\$32.05



PR 0606 N
PR 1010 N

\$81.68
\$113.73
\$134.40



TECA PR 1010
TECA PR 2020
TECA PR 3030



TECA PR 2020 IP

\$134.40



	STECA TAROM 235	\$202.64
	STECA TAROM 245	\$233.66
	STECA TAROM 440	\$268.81
	STECA PROGRAMADOR PA RC 100	\$187.98
	STECA SOLARIX PI 550 12Vdc	\$453.97
	STECA SOLARIX PI 1100 24Vdc	\$702.57
	STECA SOLARIX SINUS 550I-L60	\$508.01
	Steca PLI-300 - 12V, 230V / 50 Hz, 300W	\$178.35
	Steca PLI-300-L60-12V,115V/60 Hz,300W	\$189.16
	StecaGrid 2020	\$1,463.79



StecaGrid 4200

\$1,610.41



STECA AJ 1000-12

\$1,019.27



	STECA GRID 2000 + MASTER	\$1,576.20
	STECA GRID 2000 = SLAVE	\$1,154.66
	Steca Fridge PF 166	\$976.83
	Steca Fridge PF 240	\$1,554.05



Off Grid

OUTBACK FX 2012 T	\$1,947.92
OUTBACK FX 2524 T	\$1,947.92
OUTBACK FX 3048 T	\$1,947.92
OUTBACK VFX 3524	\$2,112.37
OUTBACK VFX 3648	\$2,112.37



Grid Interactive

OUTBACK GTFX 2524 LA	\$1,947.91
OUTBACK GTFX 3048 LA	\$1,947.91
OUTBACK GVFX 3524 LA	\$1,808.13
OUTBACK GVFX 3648 LA	\$1,808.13



OUTBACK FLEXMAX 60

\$558.31



OUTBACK FLEXMAX 80

\$615.87



**OUTBACK HUB 4
OUTBACK HUB 10**

**\$160.33
\$308.34**



OUTBACK MATE

\$242.56



OUTBACK MATE 2

\$242.56



OUTBACK PSX 240

\$574.75

OUTBACK FW-X 240



\$426.75



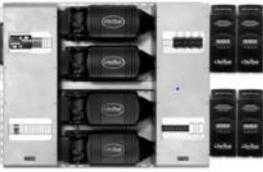
OUTBACK FLEXware 250 A/C
OUTBACK FLEXware 250 D/C

\$106.07
\$106.07



OUTBACK FLEXware 500 A/C
OUTBACK FLEXware 500 D/C

\$254.07
\$254.07



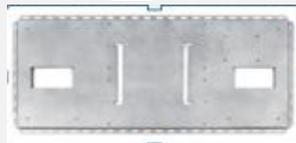
OUTBACK FLEXware 1000 A/C
OUTBACK FLEXware 1000 D/C

\$418.53
\$418.53



OUTBACK Conduit Adapter

\$37.00



FLEXware Mounting Plate

\$163.63



	FW Shunt 250	\$49.34
	FW Shunt 500	\$41.11
	FLEXware surge Protector	\$138.96
	Remote Temperatur Sensor RTS	\$23.85
	Terminal Bus Bars	\$15.62
	OBB-100-125VDC-PNL	\$44.40
	OBB-125-125VDC-PNL	\$44.40
	OBB-175-125VDC-PNL	\$89.63
	OBB-250-125VDC-PNL	\$89.63
	PWPV-8	\$106.07
	PWPV-12	\$147.18



	FW-Cable 175-36R	\$57.56
	FW-Cable 175-36W	\$57.56
	OBF-6-600Vdc	\$15.62
	OBF-10-600Vdc	\$15.62
	OBF-15-600Vdc	\$15.62
	OBB-5-150Vdc-DIN	\$13.16
	OBB-6-150Vdc-DIN	\$13.16
	OBB-8-150Vdc-DIN	\$13.16
	OBB-9-150Vdc-DIN	\$13.16
	OBB-10-150Vdc-DIN	\$13.16
	OBB-15-150Vdc-DIN	\$13.16
	OBB-20-125Vdc-DIN	\$13.16
	OBB-30-125Vdc-DIN	\$13.16
	OBB-50-125Vdc-DIN	\$13.16
	OBB-60-125Vdc-DIN	\$13.16
	OBB-10-150Vdc 120Vac PNL	\$16.45
	OBB-15-150Vdc 120Vac PNL	\$16.45
	OBB-20-150Vdc 120Vac PNL	\$16.45
	OBB-30-150Vdc 120Vac PNL	\$16.45
	OBB-30-250Vac PNL	\$16.45
	OBB-40-150Vdc 120Vac PNL	\$16.45
	OBB-50-150Vdc 120Vac PNL	\$16.45
	OBB-60-150Vdc 120Vac PNL	\$16.45
	OBB-80-150Vdc PNL	\$16.45



FX Control Board

\$246.68



AC Board

\$246.68



FET (Field Effect Transistor) Board

\$493.35



FW-CCB
FW-CCB2
FW-CCB2-T
FW-MB1
FW-EC-DIN

\$32.07
\$56.74
\$48.51
\$32.07
\$32.07



**Multichannel Advanced
System Monitor**

\$311.63



Sure Sine 300W (115Vac-60Hz) **\$272.09**
Sure Sine 300W (220Vac-50Hz) **\$251.16**



TS-MPPT-45 **\$497.84**
TS-MPPT-60 **\$627.90**



SUNSAVER MPPT **\$260.13**



Tristar TS 45 **\$174.92**
Tristar TS 60 **\$231.73**



Prostar PS 15 **\$98.67**
Prostar PS 15 M **\$158.47**
Prostar PS 15 M 48 **\$197.34**
Prostar PS 30 **\$136.05**
Prostar PS 30 M **\$195.85**



SunSaver SS-6L-12 **\$55.32**
SunSaver SS-6-12 **\$44.85**
SunSaver SS-10-12 **\$52.33**
SunSaver SS-10L-12 **\$67.28**
SunSaver SS-10L-24 **\$71.76**
SunSaver SS-20L-12 **\$91.20**
SunSaver SS-20L-24 **\$95.68**



SunLight SL20

\$130.07



SunKeeper

\$76.25



SunGuard

\$29.90



TriStar Remote Meter 2 TS-RM-2

\$130.07

TriStar Digital Meter 2 TS-M-2

\$97.18

TriStar Remote Meter TS-RM

\$128.57



SHS-6A-12V
SHS-10A-12V

SHS-6
SHS-10

\$29.15
\$39.24



SHS Night Light 6-12V
SHS Night Light 10-12V

SHS NL-6
SHS NL-10

\$35.13
\$47.09



Surette

CAUTION
ONE MEAN BATTERY

	S1590	Series 4000	2V	\$408.96
	S1725	Series 4000	2V	\$466.21
	S460	Series 4000	6V	\$300.00
	S530	Series 4000	6V	\$354.35
	S600	Series 4000	6V	\$413.25
	6HHG31P	Series 4000	6V	\$494.20
	6EHG31P	Series 4000	6V	\$552.77
	8HHG31P	Series 4000	8V	\$657.29
	8EHG31P	Series 4000	8V	\$715.36
	27HT80	Series 4000	12V	\$159.92
	27HT90	Series 4000	12V	\$180.21
	27HT105	Series 4000	12V	\$226.55
	T12-136	Series 4000	12V	\$302.51
	T12-250	Series 4000	12V	\$400.00
	Watermiser Vent Cap			\$6.11
	Monitor Nivel de Acido 4000 y 5000			\$6.50



Surrette

CAUTION
ONE MEAN BATTERY



2KS33P	Series 5000	2V	\$865.75
2YS31P	Series 5000	2V	\$1,206.96



4CS17P	Series 5000	4V	\$621.52
4KS21P	Series 5000	4V	\$1,083.56
4KS25P	Series 5000	4V	\$1,357.51



6CS17P	Series 5000	6V	\$883.83
6CS21P	Series 5000	6V	\$1,056.03
6CS25P	Series 5000	6V	\$1,217.34



8CS17P	Series 5000	8V	\$1,170.04
8CS25P	Series 5000	8V	\$1,617.03



12CS11P	Series 5000	12V	\$1,083.19
---------	-------------	-----	------------



Surrette

CAUTION
ONE MEAN BATTERY



S2-1275 AGM	2V	\$551.48
S-275 AGM	6V	\$325.13
S-2-370 AGM	6V	\$454.29
S-460 AGM	6V	\$533.03



S12-95 AGM	12V	\$240.51
S12-128 AGM	12V	\$307.33
S12-160 AGM	12V	\$415.31
S12-230 AGM	12V	\$554.51
S12-240 AGM	12V	\$567.85
S12-290 AGM	12V	\$712.63



S2-590	2V	\$393.00
S2-945	2V	\$642.62
S2-1180	2V	\$786.69
S2-1895	2V	\$1,270.00
S2-2375	2V	\$1,598.60
S2-3560	2V	\$2,334.10

ERDM-SOLAR .COM
INVERSIÓN INTELIGENTE

LA ENERGÍA DEL SOL ES
7000 VECES MAYOR QUE LA
DEMANDA ENERGÉTICA DE LA HUMANIDAD.
¡NOSOTROS EXPLOTAMOS ESTA FUENTE
INAGOTABLE.



MONBAT®
THE SOURCE OF POWER®



ML 1200 C AGM 12 V **\$259.34**



ML 140 A AGM 12 V **\$289.27**



O/P/T/I/M/A BATTERIES



75/25 Roja Arranque 160.77



35 Roja Arranque 167.88



34/78 Roja Arranque 199.26



78 Roja Arranque 199.26



6V Roja Arranque 168.55



D51R Amarilla Ciclado Profundo 166.02



D75/25 Amarilla Ciclado Profundo

206.91



D34/78 Amarilla Ciclado Profundo

247.67



D31T Amarilla Ciclado Profundo

274.2



34M Azul Marina Arranque

199.26



D34M Azul Marina Ciclado Profundo

247.67



D27M Azul Marina Ciclado Profundo

254.18

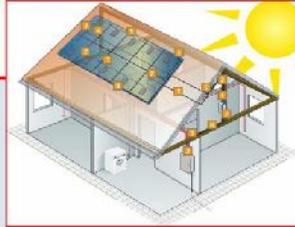


D31M Azul Marina Ciclado Profundo

274.20



LAPP KABEL



LAPPTHERM SOLAR XL/XLS	4mm ²	\$1.20
LAPPTHERM SOLAR XL/XLS	6mm ²	\$1.60
LAPPTHERM SOLAR XL/XLS	10mm ²	\$2.43
LAPPTHERM SOLAR XL/XLS	16mm ²	\$3.30

LAPPTHERM SOLAR XLV	35mm ²	\$12.70
LAPPTHERM SOLAR XLV	70mm ²	\$21.80
LAPPTHERM SOLAR XLV	105mm ²	\$34.66



Conector Solar MULTI CONTACT MC4 Hembra \$2.60



Conector Solar compatible con MC4 Hembra \$1.96



Conector Solar MULTI CONTACT MC4 Macho \$2.60



Conector Solar compatible con MC4 Macho \$1.96



Conector compatible con MC4 MMH \$11.80



Conector compatible con MC4 HHM \$11.80



LAPP KABEL



EPIC® SOLAR Crimptool



Pinzas EPIC

\$529.09



Separador Aluminio

\$1.27



- RACK SENCILLO CON PANEL 545 (2X)
- RACK SENCILLO CON PANEL 670
- RACK SENCILLO CON PANEL 805
- RACK SENCILLO CON PANEL 990

- Extension para 1 modulo 545
- Extension para 1 modulo 670
- Extension para 1 modulo 805
- Extension para 1 modulo 990



- RACK 2x2 con panel de 545.
- RACK 2x2 con panel de 670
- RACK 2x2 con panel de 805
- RACK 2x2 con panel de 990

- Extension 2 Modulos 545
- Extension 2 Modulos 670
- Extension 2 Modulos 805
- Extension 2 Modulos 990

Vel Viento		
200km/h		\$70.28
200km/h		\$68.48
200km/h		\$69.01
200km/h		\$69.98
		\$47.94
		\$48.75
		\$49.29
		\$50.26
Vel Viento		
200km/h		\$175.75
200km/h		\$176.96
200km/h		\$177.65
200km/h		\$178.99
		\$70.93
		\$71.42
		\$71.75
		\$72.42



	Sub Asamble c/u		\$38.02
	Sub Asamble c/u		\$20.38
	X Member	483mm	\$8.57
	X Member	608mm	\$9.07
	X Member	743mm	\$9.27
	X Member	928mm	\$9.78
	Bracket Ext.		\$1.01
	Bracket Int.		\$0.97
	Diagonal Strap	545	\$3.37
	Diagonal Strap	670	\$3.47
	Diagonal Strap	805	\$3.62
	Diagonal Strap	990	\$3.78
	Diagonal Strap	545 Single	\$3.15
	Diagonal Strap	670 Single	\$3.30
	Diagonal Strap	805 Single	\$3.47
	Diagonal Strap	990 Single	\$3.70
	J Nut		\$0.24
	Nut M8x1.25x1		\$0.01
	Rivet		\$0.55
	Washer M8		\$0.01
	Bolt M8x1,25x16		\$0.07
	Bolt M8x1,25x65		\$0.44

Anexo C



CALENTADORES Solares CATÁLOGO



SAECSA Energía Solar es una empresa orgullosamente mexicana dedicada al desarrollo, producción y comercialización de tecnología solar a través de su marca SAECSA Energía Solar. Somos pioneros en el ramo de las Energías Renovables en México, con equipos y servicios que implementan lo último en tecnología solar y permiten el suministro de energía eléctrica y el calentamiento de fluidos tanto para usuarios residenciales como industriales.

Desde hace más de 15 años, ofrecemos servicios de asesoría profesional para la aplicación de sistemas ecotécnicos en la construcción de casas autosuficientes, el desarrollo de proyectos estratégicos para procurar la aplicación de tecnología solar en procesos industriales. SAECSA es considerada como líder en la venta e instalación de equipos solares, gracias a la calidad de nuestros equipos, se nos han otorgado diversos premios a nivel nacional e internacional.

Nuestra experiencia se basa principalmente en cubrir las necesidades reales de usuarios que buscan reducir el consumo de energéticos convencionales, a través de la aplicación de sistemas ecotécnicos, dirigido tanto al usuario común en su casa-habitación, hasta en áreas industriales.

pág. **1**

RESIDENCIALES

Baño
Cocina
Lavadoras automáticas
Tinas de hidromasaje
Calefacción.

pág. **4**

DCO

Fraccionamientos
Edificios en procesos de obra

pág. **6**

ALBERCAS

Residenciales
Semi-olímpicas
Olímpicas
Escuelas de natación

pág. **8**

MACRO

Hoteles
Clínicas y Hospitales
Club deportivo
Baños públicos
Restaurantes

pág. **11**

INDUSTRIAL

Precalentamiento a caldera
Generación de vapor
Calentamiento de fluidos de hasta 90°C
Co-generación Termo-Solar
Recuperación calórica desperdiciada
Techos termosolares

CAMPOS DE APLICACIÓN



MR

Nuestros calentadores solares SAECSA MODELO RESIDENCIAL, han obtenido el más alto puntaje de certificación ONNCE (DIT/246/11), por lo que podrá estar plenamente seguro de su alta eficiencia, durabilidad y bajo costo.



•El sistema de nuestros calentadores solares SAECSA son capaces de ahorrarle entre el 70% y el 100% del consumo de combustible tradicional, entregando agua a una temperatura promedio anual de 45°C a 60°C [dependiendo del modelo).

SAECSA

•La instalación en cualquier modelo la podrá realizar sin problema su plomero de confianza por medio del manual que integramos.

•Los consumos de agua aproximados se consideran de 30 litros. por persona.

•El equipo se instala preferentemente en la azotea, libre de sombras y con una orientación al sur, los termotanques en el modelo macro, pueden instalarse en cualquier lugar.

Solares.

•La diferencia básica entre cada modelo consiste en la máxima temperatura que alcance.

•Usted podrá pagar el envío cuando reciba en su ciudad el equipo, con la empresa de transporte contratada .

•Mecanismos de pago solo para ciudades de la República Mexicana.

CALENTADOR SOLAR RESIDENCIAL

100 lts

\$7'950.°° + IVA



- En el modelo Calentador Solar 100 litros se **integra un colector solar de 1.3 m² de área de captación**, apto para áreas extremas de sol o nublados y aún donde existe riesgo de congelamiento.

- Deberá **considerar tener un área en su azotea de 1.5 m de ancho por 1.5 m de largo con orientación hacia el sur libre de sombras** (termotanque y colector llenos de agua con un peso aproximado de 150 Kg. carga despreciable para la techumbre de una casa convencional).

- Este modelo **entrega temperaturas promedio anual de 50°C, abastece el baño diario de hasta 3 personas**, y está diseñado para ser alimentado por tinaco o hidroneumático.

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

- **Colectores:** 1
- **Área de captación:** 1.3 m²
- **Termotanque:** Modelo Básico 100 lts con base metálica.
- **Área de instalación:** Ancho 1.5m, largo 1.5m.
- **Orientación:** Hacia el sur, libre de sombras.
- **Peso máximo:** Equipo lleno de agua 150 Kg.
- **Temperatura promedio anual:** 50°C
- **Número de usuarios:** 3**
- **Alimentación:** Tinaco o hidroneumático de hasta 3 kg /cm² de presión.

* Precios sujetos a cambios sin previo aviso.

** Los consumos de agua aproximados se consideran de 30 lts. por persona.

INCLUYE

- Un termotanque de 100 lts de capacidad.
- Un colector solar SAECSA modelo residencial certificado.
- Una base metálica soporte para termo y colector.

5 años
de garantía
CONTRA DEFECTOS DE
FABRICACIÓN

CALENTADOR SOLAR RESIDENCIAL

200 lts

\$11'650.°° + IVA

• Integra dos colectores solares con doble cámara de aire, de 1.3 m² de área de captación de cada colector lo que nos da un total de 2.6m², apto para áreas extremas de sol o nublados, soporta riesgos de congelamiento de tubería, se integra un termotanque modelo Plus de 200 lts. con base metálica.

• Deberá considerar tener un área en su azotea de 3 m de ancho por 1.5 m de largo con orientación hacia el sur libre de sombras (termotanque y colector llenos de agua tienen un peso aproximado de 320 Kg., carga despreciable para la techumbre de una casa convencional).

• Este modelo entrega temperaturas promedio anual de 60°C, abastece para el baño diario de hasta 6 personas, diseñado para ser alimentados por tinaco o por hidroneumático, soporta presiones altas, cuenta con protección y garantía contra riesgo de congelamiento.



20 años

de vida útil del equipo

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

- **Colectores:** 2 [0.98 x 1.35 mt] ó 1 [0.98 x 2.8mt]
- **Área de Captación:** 2.6 m²
- **Termotanque:** Modelo Plus [200 L] con base metálica.
- **Área de instalación:** ancho 3m, largo 1.5m.
- **Orientación:** Hacia el sur libre de sombras.
- **Peso máximo:** equipo lleno de agua 320 Kg.
- **Temperatura promedio anual:** 50°C
- **Número de usuarios:** 6**
- **Alimentación:** Tinaco o Hidroneumático de hasta 3 kg /cm² de presión.
- **Garantía:** 5 años contra defectos de fabricación.

* Precios sujetos a cambios sin previo aviso.

** Los consumos de agua aproximados se consideran de 30 lts. por persona.

300 lts

CALENTADOR SOLAR RESIDENCIAL

\$18'950.°° + IVA

INCLUYE

- Un termostanque de 300 lts de capacidad.
- Dos colectores solares SAECSA modelo residencial certificado.
- Una soporte metálico para termostanque y colector.
- De acuerdo al ahorro de agua caliente, el equipo le puede dar el servicio de baño diario de hasta 9 personas.

5 años
de garantía
CONTRA DEFECTOS DE
FABRICACIÓN



CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

- **Colectores:** 2 (0.98 x 2.8 mts)
- **Área de Captación:** 5.2 m²
- **Termostanque:** modelo Ultra 300 lts con base metálica.
- **Área de instalación:** ancho 3m, largo 4m.
- **Orientación:** Hacia el sur libre de sombras.

- **Peso máximo:** equipo lleno de agua 470 kg.
- **Temperatura promedio anual:** 60°C
- **Número de usuarios:** 9**
- **Alimentación:** Tinaco o Hidroneumático de hasta 3 kg /cm² de presión.

* Precios sujetos a cambios sin previo aviso.

** Los consumos de agua aproximados se consideran de 30 lts. por persona.



DCO

DISEÑADO Y CONSTRUIDO EN OBRA

\$4'950.°° + IVA



El calentador solar modelo DCO es un sistema diseñado para proporcionar agua caliente a una temperatura promedio de 50°C, siendo enfocado principalmente para viviendas de interés social y desarrollos inmobiliarios. Este modelo es especialmente diseñado y construido en obra, recomendado ampliamente para ser integrado en la ejecución de conjuntos y desarrollos habitacionales en serie.

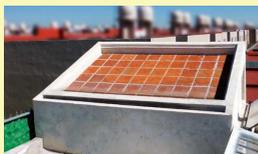
La implementación de este sistema no supone un costo considerable, ya que aprovecha la inercia de la construcción y solo se requiere la ejecución de la carcasa contenedora del colector solar, garantizando un periodo de vida más largo con respecto a los colectores solares tradicionales.

EL SISTEMA INCLUYE

- Doble cubierta de cristal.
- Carcasa contenedora [puede fabricarse en obra con pretil de tabique o marco de perfil metálico].
- Placa captadora de radiación solar [serpentín de cobre y placa de aluminio].
- Aislante térmico.
- Losa de concreto con recubrimiento de barro.
- Termotanque 150 L.



05 | Línea Termosolar



Este modelo, al ser realizado en obra, tiene la ventaja de ser versátil en cuanto al diseño final y adaptarse a lo existente sin problema. Es importante que, si se va a integrar desde origen del proyecto, se considere la base con orientación sur como la más adecuada para el funcionamiento de este sistema.



El colector solar sirve para capturar la radiación solar, convirtiéndola en calor [conversión fototérmica]. Esta energía es enviada a un fluido portador del calor que alcanza temperaturas hasta de 80°C. Cerca del colector solar se coloca el termotanque [depósito de acumulación del agua caliente] donde se realiza el intercambio de calor entre el fluido portador del calor y el agua contenida en el termotanque, el cual tiene una capacidad de 150 L, ideal para el servicio de regaderas de hasta máximo 5 personas.

La recirculación para este sistema se realiza mediante una pequeña bomba de bajo consumo [5.5 W] la cual es alimentada por el suministro convencional de red eléctrica o por un pequeño panel fotovoltaico.

La empresa constructora fabrica dicha base contenedora y SAECSA suministra e instala el sistema de captación solar, el termotanque y la bomba recirculadora, recordando que la asesoría para la construcción de este modelo es personalizada y se adapta a los requerimientos de diseño.



VENTAJAS

- Se integra a la residencia con apariencia de un domo de cristal.
- Precio inferior a los modelos convencionales de colectores solares.
- Elimina el tinaco en azotea ya que el sistema no es alimentado por gravedad.
- Nulo riesgo de congelamiento en zonas de heladas.



CALENTADOR SOLAR PARA **ALBERCAS** Costo en base a proyecto

Permítenos realizar el Proyecto adecuado para la instalación de tu Calentador Solar SAECSA Sistema Albercas.

La problemática de las calderas especiales, la contaminación y el enorme costo para el calentamiento del agua de albercas, actualmente motiva a los propietarios a instalar un sistema amigable con el medio ambiente y disfrutar del confort y exclusividad con cero costo de energía.

BENEFICIOS

- **Alto rendimiento.** El sistema de calentadores solares para Alberca consta de varios colectores solares SAECSA interconectados entre sí, instalados normalmente en áreas muertas [usualmente en azoteas].
- **Amortización menor a un año.** Los colectores funcionan como una trampa de calor, en cuya cámara se alcanzan temperaturas de hasta 150°C. El agua en la alberca alcanza una temperatura promedio anual de 25 a 30°C.
- **Sistema confortable y estético.** Con un adecuado sistema de interconexiones, todo el potencial de calorías entregado por los Colectores Solares SAECSA, puede enfocarse también en su jacuzzi y así disfrutar

de una mayor temperatura relajante.

• **Ecotécnico [tecnología amigable con el medio ambiente).**

No necesita un equipo adicional para enviar el agua a los colectores, al contrario, se elimina la caldera y se conecta a la bomba y filtro existentes.

Como no tiene partes mecánicas que se desgasten, no requiere de ningún tipo de refacción o mantenimiento especializado, únicamente limpiar con agua y jabón la cubierta de cristal.

El Calentador Solar Sistema Alberca que fabrica SAECSA es la solución más económica, rentable y en comunión con el medio ambiente.



PREGUNTAS FRECUENTES SOBRE LA EFICIENCIA DEL CALENTADOR SOLAR SISTEMA ALBERCAS

¿CÓMO FUNCIONA EL SISTEMA?

Por la radiación solar, los colectores funcionan como una trampa de calor, en cuya cámara se alcanzan temperaturas de hasta 150°C. Al circular agua por sus tuberías de cobre y con apoyo de la placa captadora, es calentada y depositada en la alberca hasta alcanzar una temperatura promedio anual de 25°C a 30°C en el sistema residencial.

¿FUNCIONA EN DÍAS NUBLADOS?

El Calentador Solar SAECSA Sistema Alberca, por medio de un heliotérmico, controlará automáticamente el encendido y apagado, para así aprovechar la mayor cantidad de insolación generada en el día, por lo que en nublados sumamente extremos, el sistema no encenderá, pero el agua de la alberca no se enfriará inmediatamente por la gran cantidad de agua y el respaldo de su cubierta térmica.

¿ADEMÁS DEL CALENTADOR SOLAR, TENGO QUE ADQUIRIR UN EQUIPO ADICIONAL, PARA ENVIAR EL AGUA A LOS COLECTORES?

No, al contrario, eliminamos la caldera (en alberca residencial) y nos conectamos a la bomba y filtro existentes.



¿EL CONSUMO DE ELECTRICIDAD SE INCREMENTA POR EL TRABAJO EXTRA DE LA BOMBA?

No, el Calentador Solar SAECSA aprovecha el filtrado normal diario que toda alberca debe tener, bombeando al mismo tiempo el agua los colectores.

¿DE QUÉ CONSTA EL SISTEMA?

El sistema consta de varios Colectores Solares SAECSA interconectados entre sí, instalados normalmente en áreas muertas [usualmente en azoteas].

¿CUÁNTO AHORRA EL SISTEMA?

El sistema es capaz de ahorrarle el 100 % del consumo de combustible tradicional, entregando agua a una temperatura promedio anual de 25°C a 30°C.

CALENTADOR SOLAR REGADERAS

MACRO

Costo en base a proyecto



Línea Termosolar | 08

El Sistema Regaderas Macro es ideal para proyectos donde se requiera calefactar más de 1500 lts apto para hoteles, clubes deportivos, industrias, hospitales, etc.

El sistema consta de varios Colectores Solares SAECSA interconectados entre sí y que entregan agua caliente a los termotanques a través de circulación forzada; con la finalidad de que los termotanques no estén en la azotea por el posible riesgo que puede ocasionar su peso, es conveniente se coloquen en un lugar estratégico; el acomodo de estos tanques no permite desarrollar el efecto de termosifón [bombeo natural por convección], por lo que la recirculación entre colectores se realiza con motobomba, siendo relativamente despreciable el consumo eléctrico de la misma.

El Calentador Solar SAECSA Sistema Regaderas, aún en días nublados es capaz de entregar temperaturas confortables para el baño, únicamente en caso de nublados sumamente extremos es recomendable interconectar el calentador solar a su caldera o boiler convencional, el cual normalmente estará apagado y solo lo encenderá cuando así lo requiera.



PREGUNTAS FRECUENTES SOBRE LA EFICIENCIA DEL CALENTADOR SOLAR SISTEMA REGADERAS MACRO

¿CÓMO FUNCIONA EL SISTEMA PARA REGADERAS MACRO?

Por la radiación solar, los colectores solares funcionan como una trampa de calor, en cuya cámara se alcanzan temperaturas de hasta 180°C. Al circular agua, por tuberías de cobre, a través de esta cámara, el agua es calentada y depositada en el termostanque, para ser utilizada en cualquier hora del día o de la noche.

¿EN QUÉ CONSISTE EL SISTEMA?

El sistema consta de uno o varios colectores fototérmicos y uno o varios termostanques, dependiendo del volumen de agua solicitado.

¿QUÉ TEMPERATURA ALCANZA EL AGUA EN UN CALENTADOR SOLAR SAECSA?

En un día soleado, el calentador es capaz de entregar agua a una temperatura de hasta 65°C, dependiendo del modelo del equipo.

¿EN CUÁNTO TIEMPO SE VUELVE A CALENTAR EL AGUA?

Con un día soleado, bastarán 2 horas para volver a tener agua caliente; para obtener el 100% de la capacidad instalada, será necesaria una insolación de 5 ó 6 horas.
saecsa.com

¿CUÁNTO AHORRA EL SISTEMA?

El sistema es capaz de ahorrarle desde un 80 hasta el 100% del consumo de gas por uso en regaderas, normalmente en promedio 300 días del año utilizará su calentador solar y en el resto podrá utilizar su caldera convencional, la cuál estará interconectada en serie con el sistema y, en caso de requerir una mayor temperatura, servirá de respaldo.

¿CUÁNTO TIEMPO DURA EL EQUIPO?

El equipo tiene una vida útil superior a los 20 años, SAECSA garantiza sus colectores por 5 años contra defectos de fabricación en cualquiera de los modelos que comercializa.

¿QUÉ MANTENIMIENTO REQUIERE EL CALENTADOR SOLAR SAECSA?

Como no tiene partes mecánicas ni eléctricas que se desgasten, no requiere de ningún tipo de refacciones o mantenimiento especializado, sólo limpiar la cubierta de cristal cuándo lo requiera.

¿EL EQUIPO FUNCIONA EN DÍAS NUBLADOS?

El calentador solar en días poco nublados podrá proporcionar agua templada de 35 a 45°C, dependiendo del modelo, temperatura aún confortable para el baño, si requiere de mayor temperatura o volumen en litros, el juego de válvulas instaladas permitirá la utilización de su caldera de gas, logrando con ello que su equipo solar se recupere hasta alcanzar la temperatura deseada.

¿QUÉ CALENTADOR SOLAR ES EL QUE NECESITO?

Una persona requiere aproximadamente de 40 a 70 litros de agua caliente, por lo tanto basta con multiplicar esta cantidad por el número de usuarios que requieren el servicio.

¿QUIÉN INSTALARÁ EL CALENTADOR SOLAR SAECSA?

La instalación del equipo en los Sistemas Macro, por seguridad y garantía, son instalados únicamente por personal técnico especializado de SAECSA, lo que le permitirá eliminar cualquier problema operativo.

¿QUÉ SEGURIDAD TENGO DE QUE EL EQUIPO REALMENTE FUNCIONARÁ?

SAECSA Energía Solar es una empresa con marca y patente registradas, cuya finalidad es la de generar confianza y prestigio a través de su alta calidad de fabricación, por lo que no permitiríamos arriesgar estas estas cualidades por un mal servicio.



CALENTADOR SOLAR PARA LA **INDUSTRIA**

Costo en base a proyecto



En SAECA Energía Solar, además de abordar los rubros residencial, deportivo y de equipamiento urbano, también ejecutamos proyectos de tipo Industrial donde se requieran temperaturas de hasta 80°C, en empresas que demanden procesos de calentamiento de fluidos, desengrase, teñidos, generación de vapor, entre otros.

La energía es y seguirá siendo, una base económica esencial del mundo industrializado y del sector manufacturero, por lo tanto les ofrecemos la oportunidad de reducir su consumo de energías no renovables y los costes que de ellas resultan, sin sufrir pérdidas de productividad.

En este contexto, los períodos de amortización se encuentran por debajo de los dos años en la mayoría de los casos, mientras que el rendimiento del capital se sitúa por encima del 25%. Por estos motivos, las medidas destinadas a aumentar la eficiencia energética son sumamente atractivas para las empresas desde el punto de vista económico.



CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA.

El sistema consta de varios colectores solares con doble cubierta de cristal templado, conectados entre sí, que entregan agua caliente a los termotanques a través de circulación forzada.



El total de colectores se instala preferentemente en la azotea, libre de sombras y con orientación al sur, sin embargo tiene la capacidad de adaptarse igualmente en cualquier área en planta baja, siempre y cuando tenga las condiciones de asoleamiento durante la mayor parte del día.

La ubicación de los termotanques puede colocarse en planta baja, en el cuarto de máquinas o bien en un área de jardín o explanada; ésta situación no permite desarrollar el efecto de termosifón [bombeo natural por convección], por lo que la recirculación entre colectores se realiza con una motobomba de bajo consumo o en su defecto alimentada por panel fotovoltaico para generar un sistema totalmente ecotécnico.



VENTAJAS.

El calentador Solar Industrial SAECSA, genera en su interior rangos de temperatura de 150°C y, aún en días nublados, entrega temperaturas promedio de 80°C; sólo en caso de nublados extremos se recomienda interconectar el calentador solar industrial a su caldera, la cual en condiciones normales estará apagada y solo la encenderá cuando así lo requiera.

El costo del proyecto es de acuerdo al volumen requerido de agua y es de suma importancia considerar fuentes alternativas de energía existentes en el lugar, para integrarlas en nuestro sistema y garantizar una propuesta técnica, lógica y costeable.



www.saecea.com

13 sur 505, Piso 8-B, Col. Centro C.P. 72000, Puebla, Puebla, México.
Tel. (+52) 222.755.62.53 con 10 líneas