



DOCUMENTO
INFORME FINAL



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

INFORME FINAL PROYECTO PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL

Documento preparado, elaborado y coordinado por	Dr. Aarón Sánchez Juárez Responsable Técnico del Proyecto Instituto de Energías Renovables Universidad Nacional Autónoma de México
Documento realizado para:	INFORME FINAL PROYECTO “PARCELA AGROVOLTAICA SOSTENIBLE EDUCACIONAL “
Institución financiadora:	Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación, SECTEI Ciudad de México

Fecha: Marzo 2024



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y DUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

Contenido

ANTECEDENTES	7
OBJETIVO GENERAL	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
METAS (M)	10
CRONOLOGÍA DE EVENTOS	12
Formalización del Convenio	12
1: Identificación del sitio de implementación y productores beneficiados	12
2: Elaboración de anteproyectos: Adquisición FV y Construcción de Obras Civiles para el CASE	13
Anteproyecto de la Planta de Generación Eléctrica Solar Fotovoltaica	13
3: Nuevo sitio para la Implementación del PASE	14
4: Gestoría para Vo Bo de construcción en la UNAM	16
5: Adjudicación y Construcción de la Estructura Metálica Reticular Elevada	16
Breve descripción de la EMR	16
Cronología de construcción	17
Infraestructura para la Captación de Agua	19
Barrera superficial en los alrededores de la EMR	20
6: Instalación y Puesta en Marcha de la PGESFV-I 39.36 kW	21
Equipos integradores de la PGESFV 39.36 kW	21
Sembrado, Colocación y Soldado de los “SB” sobre la Retícula Metálica	22
Instalación de “durmientes”	22
Puentes de “puesta a tierra”	22
Instalación de Módulos Fotovoltaicos (MFV) e Inversores	23
7. Caseta de Usos Múltiples	25
8. Diseño, Construcción, Instalación, Siembra, Cultivos, Cosecha y Almacenamiento de Agua	26



DOCUMENTO
INFORME FINAL



“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

Cajones-Micro parcelas: Construcción y ubicación	26
Sistema de riego automatizado por goteo	27
Preparación de parcelas y Plan de cultivos	28
Descripción de indicadores de impacto y valor de línea base	29
9. Sistema de Monitoreo	30
Sistema de adquisición de datos	30
Evaluar el funcionamiento de las plantas, tasas de crecimiento, y el rendimiento de los sistemas tradicional y agro voltaico;	31
Crear un sistema de monitoreo de las condiciones físicas y de producción de cultivo en ambas instalaciones agrovoltaicas;	31
Compartir lo más destacado de la investigación (datos, mejores prácticas y recomendaciones de los productores del campo) en español e inglés	32
Traducir las conexiones complejas de un sistema agrovoltaico en actividades de enseñanza-aprendizaje vivenciales para estudiantes y profesores.	32
10. Deshidratadores solares	32
Adquisición de equipo	32
Cursos de capacitación	33
11. Programa de Capacitación	34
12. Programa de Difusión	34
13. Desviaciones	34
RESULTADOS	37
Consolidación del Sitio para el desarrollo del proyecto y población beneficiada	37
Instrumentos jurídicos y acuerdos realizados	38
Proyecto Ejecutivo Fotovoltaico	39
Ubicación y sitio para la construcción de la Estructura Metálica Reticular Elevada	39
Construcción de la Estructura Metálica Reticular Elevada (EMR)	39



DOCUMENTO
INFORME FINAL



“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

Adquisición, Instalación y Puesta en Marcha de la Planta de Generación Eléctrica Solar Fotovoltaica asociada al PASE	40
Diseño, Construcción, Instalación, Siembra, Cultivos, Cosechas y Almacenamiento de Agua	41
Diseño, Ubicación y Construcción de una Caseta de Usos Múltiples	41
Sistema de Monitoreo	42
Deshidratadores solares	43
Programa de Capacitación	43
Divulgación y Difusión	44
Sistema de Captura y Recolección de Agua	44
Sistema de Riego Automatizado por Goteo	45
IMPACTOS DEL PROYECTO	46
Problemas que resolvió este proyecto	46
Beneficios para la ciudad de México	47
VINCULACIONES ESTABLECIDAS DURANTE EL PROYECTO CON DEPENDENCIAS GUBERNAMENTALES DE GOBIERNO, CENTROS DE INVESTIGACIÓN Y EMPRESAS	49
Alcances a corto, mediano y largo plazo	52
CURSOS DE CAPACITACIÓN	54
Curso –Taller de Secado Solar (tres cursos)	56
Curso Introductorio de Sistemas Fotovoltaicos	56
1er Curso Agrovoltaicos: Introducción a Sistemas Agrovoltaicos	57
FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS	58
Servicio Social	58
Residencia Profesional	59
Estancia de Colaboración	60
DIVULGACIÓN Y DIFUSIÓN	61
Actividades de Divulgación	61
Actividades de Difusión	64



DOCUMENTO
INFORME FINAL



“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

MATERIAL DIDÁCTICO Y TÉCNICO	65
PAGINA WEB	68
INDICADORES DEL PROYECTO PASE	70
ENTREGABLES	72
CONCLUSIONES	80
Conclusiones Generales respecto de la infraestructura	80
Logro	81
Conclusiones particulares respecto de los cultivos	81
Lechuga Sangría	82
Lechuga italiana	82
Acelgas	83
Brócoli	83
Col Verde	83
Coliflor	84
Conclusiones respecto de la densidad de cultivos	84
Conclusiones del Efecto de la Cub-FV sobre los cultivos	85
REFLEXIONES	86
CONTINUIDAD DE ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN&CAPACITACIÓN DEL PROYECTO PASE	88
AGRADECIMIENTOS	90
Estudiantes del Tecnológico Nacional de México, Campus Tláhuac III	90
Estudiantes de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco	90
Colaboradores del IER-UNAM	92
Cultivos	92
Colaboradores del CEPIPSA	92
Secretaria de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México	92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

ANTECEDENTES

El Instituto de Energías Renovables (IER) de nuestra Casa de Estudios participó en una convocatoria emitida por la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación, “SECTEI”, de la Ciudad de México (CDMX), en donde se invitaba a proponer propuestas de Proyectos de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Implementación de Tecnologías, cuyos resultados coadyuvaran a incrementar las oportunidades de conocimiento y desarrollo económico de los productores agropecuarios vecinos del llamado “Cinturón Verde” de la CDMX que comprende las Alcaldías de Xochimilco, Tláhuac, Tlalpan y Milpa Alta. El requerimiento principal fue que las propuestas de los proyectos indicaran que estos serían desarrollados en cualquiera de dichas Alcaldías. Es así como el IER-UNAM con la colaboración de la Universidad de Arizona, propuso el proyecto *Chinampa/Parcela Agrovoltaica, Sostenible y Educativa (PASE)*, a desarrollarse en Tlalpan o Xochimilco, el cual fue aprobado por dicha Secretaría.

La conceptualización de nuestro proyecto se basó en el hecho de la posibilidad del uso dual del terreno tanto para generar electricidad con un Sistema Fotovoltaico y para el crecimiento de cultivos debajo del Arreglo o Cubierta Fotovoltaica (**AFV** o **Cub-FV**). Este concepto tecnológico, Agrovoltaico (**AFV**), ha demostrado ser una solución real en las zonas de producción agrícola o pecuaria en donde se requiere electricidad para los fines propios del proyecto productivo pero sin impactar las áreas de cultivo [1-6].

Además, los numerosos estudios realizados a la fecha [7-12], nos motivó a considerar que la técnica Agro-FV ofrece un gran potencial como fuente renovable eficiente de energía y co-productiva en regiones con poblaciones densas o limitadas de área terrestre como lo son las zonas periurbanas y densamente pobladas de la Ciudad de México, tales como las Alcaldías que conforman el llamado *Cinturón Verde*, entre las cuales destacan Tláhuac, Tlalpan, Milpalta y Xochimilco. En dichas entidades se pueden establecer proyectos basados en tecnologías sostenibles y amigables con el medio ambiente, como lo son los Sistemas AFV, que pueden llevar a mejorar la calidad de vida de la población dedicada a las actividades agropecuarias en la región, a la conservación de sus tierras cultivables, y a la preservación del suelo de conservación.

Todas las alcaldías antes mencionadas presentan características únicas que las hacen candidatas muy viables para que se implementen Sistemas AFV en sus comunidades como el que se describe más adelante. Son zonas de la Ciudad de México (CDMX) que basan su economía principalmente en el cultivo de hortalizas, legumbres, flores y maíz entre otros cultivos, actividad que se realiza mediante el uso de agricultura tradicional, en baja escala, como es el caso de la Alcaldía de Xochimilco con las “chinampas”, las cuales son susceptibles de convertirse en “chinampas fotovoltaicas” obteniéndose los beneficios de energía en las mismas áreas de cultivo; y para el caso de las otras alcaldías, mediante parcelas en predios de cultivos con superficie grandes (mayor de 1.0 hectárea).



DOCUMENTO INFORME FINAL



“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL” “PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

La posibilidad de tener una “Chinampa Agrovoltaica” ha sido emocionante y motivador; tan es así que el proyecto que aquí se reporta, fue concebido para implementarse en la zona chinampera de San Gregorio Atlapulco, Xochimilco; sin embargo, al formar parte del Área Natural Protegida con categoría de Zona Sujeta a Conservación Ecológica, la normatividad gubernamental existente exigió la gestión de ciertos permisos que, al ser largos y tediosos, hubieran demorado en exceso el inicio del proyecto.

Por tal motivo, considerando las características que tienen las zonas comprendidas en el llamado “Cinturón Verde” y las problemáticas para la implementación del proyecto en la zona chinampera, el presente Proyecto Demostrativo con el nombre de **Parcela Agrovoltaica, Sostenible y Educativa (PASE)**, fue implementado en el poblado de San Miguel Topilejo, Alcaldía de Talalpan CDMX, en el Centro de Enseñanza Práctica e Investigación en Salud y Producción Animal (**CEPIPSA**), de la Facultad de Medicina, Veterinaria y Zootecnia (**FMVZ**) de la Universidad Nacional Autónoma de México (**INFORME FINAL/EVIDENCIAS/METAS/MB-Doc-Jur**).

Los atributos del **CEPIPSA** que nos permitieron seleccionarlo como el sitio adecuado para desarrollar el proyecto **PASE** se presentan en **PROTOCOLO DEFINITIVO (Sección: JUSTIFICACIÓN)**

Con la energía eléctrica que actualmente produce el Generador Eléctrico Fotovoltaico del proyecto **PASE**, se ha reducido el consumo de la red pública y se tiene una disminución en el monto de la facturación del **CEPIPSA** hasta en un 80%, **beneficiando** al Gobierno de la CDMX, que es la entidad que cubre el gasto de la energía eléctrica consumida por dicho centro.

Por otra parte, el Sr. Víctor Rodríguez Padilla, agricultor vecino de Topilejo y representante de una cooperativa agrícola familiar se mostró gustoso de participar junto con sus integrantes en el desarrollo del proyecto **PASE** en todo su componente agrícola, actividad que lo ha venido haciendo de manera excepcional. Esta cooperativa se especializa en la producción agroecológica y tiene vasta experiencia cultivando en la zona de Topilejo. Se ha acordado que el producto de la venta de los productos cultivados se destinará a beneficiar a los agricultores integrantes de la cooperativa.

Por lo anterior, el desarrollo del proyecto **PASE** en el CEPIPSA-FMVZ-UNAM ha tenido como beneficiarios a los agricultores vecinos de Topilejo que han estado participando en el proyecto, a los estudiantes universitarios que han realizado sus prácticas de Servicio Social y Residencia Profesional; a los profesores y estudiantes de todos los niveles que han sido invitados a través de las actividades propias del proyecto. Se incluye además, la participación de técnicos de la Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural (**CORENADR**) que han coordinado la visita de productores. Además, el Gobierno de la CDMX tendrá un ahorro significativo en la facturación de energía, y el CEPIPSA tendrá oportunidad de investigar cultivos forrajeros y el uso de abono en un sistema agrovoltaico.

Considerando que la zona de Topilejo carece del servicio de suministro domiciliario de agua y no está permitido la perforación de pozos, el diseño del **PASE** consideró en su infraestructura civil la instalación



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

de canales y la construcción de un Tanque de Almacenamiento de Agua (TAA) con una capacidad de 140 m³ para captar y recolectar el agua de lluvia.

Además de la problemática del agua, los productores agrícolas tienen una cadena de comercialización débil con productos de bajo valor agregado que conlleva a tener grandes pérdidas y mermas de sus cultivos. Para mitigar eso, el proyecto **PASE** consideró la inclusión de procesos que incrementen el valor agregado de sus productos, por ejemplo, el lavado y presentación (o apariencia visual) de ellos; y los productos sobrantes, los que no se venden y que presentarán mermas, podrán someterse a técnicas de secado o deshidratado, lo que les dará un mayor valor agregado y les permitirá ofrecer productos de mejor calidad que pueden tener un alto valor comercial, tal y como se ha venido realizando para varios productos agrícolas, entre ellos frutas y algunos vegetales. Por tal motivo y en aras de propiciar una economía circular, nos llevó a incluir dentro de las actividades del proyecto una componente tecnológica de secado o deshidratado solar para el producto agrícola. Esta es la razón de que se haya considerado un subproyecto que conlleve a la capacitación y uso de tecnologías solares para la deshidratación de productos agropecuarios.

Además, dada la existencia de escuelas e instituciones de educación media superior y superior en los alrededores, el PASE, en sus escasos seis meses de existencia, ha sido para los estudiantes un laboratorio de experimentación en donde han realizado estancias de colaboración, el servicio social, prácticas profesionales y residencias profesionales, coadyuvando con esto a su formación integral.

En el presente documento INFORME FINAL del proyecto “PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”, se presentan Los Objetivos y las Metas establecidas en el Protocolo Final, una cronología de eventos, la infraestructura adquirida, y los Resultados obtenidos y las conclusiones logradas.



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y DUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

OBJETIVO GENERAL

Contribuir a la preservación del suelo de conservación de la CDMX y a la mejora en la calidad de vida de los productores del campo en la región.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Desarrollar e Implantar una Planta Piloto demostrativa Agro-FV con una superficie aproximada de 312 m² para el estudio del crecimiento de cultivos específicos sembrados tanto al aire libre como debajo de una cubierta fotovoltaica con varias densidades del área de cultivo y analizar en ellos el rendimiento energético, la producción agrícola, la eficiencia espacial, el ahorro de agua, el uso de la electricidad para remediación del agua de riego, y la remediación de tierras de cultivo.

- 1) Establecer un sistema de monitoreo en tiempo real de las variables climáticas, el crecimiento de los cultivos y la calidad del producto agrícola.
- 2) Elaborar un estudio comparando las condiciones climáticas de Topilejo-CDMX y de otras partes del mundo, para dimensionar el potencial para instalaciones agrovoltaicas en México.
- 3) Ofrecer orientación de actividades de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM por sus siglas en inglés) relacionadas con agrovoltaicos, para fortalecer las capacidades de enseñanza aprendizaje en las escuelas de la región.
- 4) Desarrollar e Implantar una planta de deshidratado solar tipo gabinete-invernadero-túnel hasta de 100 kg para el deshidratado de los productos seleccionados y conferirles así valor agregado
- 5) Impulsar la inserción de grupos de productores agrícolas en la participación del proyecto llevando a cabo las acciones que conlleven a la solución de la problemática y mejora de sus cultivos
- 6) Promover los beneficios de la técnica Agro-FV tanto con productores vecinos como en instituciones educativas de la región.

METAS (M)

MA: Determinación de la población beneficiaria y los productores participantes en el proyecto

MB: Consolidar jurídicamente la participación de las partes involucradas en el proyecto; tanto del agente financiador, que en este caso es la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación (SECTEI) de la CDMX como de la Institución Proponente, Instituto de Investigaciones de la UNAM (IER-UNAM); y la dependencia universitaria que recibirá a resguardo la infraestructura del proyecto.

Página 10 de 94

- > Documento Confidencial para uso informativo del Cuerpo Académico de Evaluación del proyecto
- > Prohibida su reproducción parcial o total para fines distintos a los especificados. Para otros fines, solicitar la reproducción al Dr. Aarón Sánchez Juárez, Autor del Documento, Responsable Técnico del Proyecto “PASE”.



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

MC: Tener un Proyecto Ejecutivo que permita realizar una licitación por invitación para la proveeduría "llave en mano" del SFV

MD: En concordancia con las autoridades del CEPIPSA, seleccionar el terreno o la zona idónea y adecuar la superficie en donde se instalará la estructura que soportará la instalación del arreglo FV para crear la cubierta FV.

ME: Contar con una estructura elevada resiliente a las condiciones climáticas y del terreno que soporte el peso del arreglo fotovoltaico de la PESFV-I, la carga por viento de la región y que sirva para recolección de agua de lluvia.

MF: Con base en el Proyecto Ejecutivo para la adquisición de la PESFV-I, se licitará, seleccionará al proveedor, se comprará el equipo; y se realizará la supervisión de la instalación, pruebas de desempeño y operación de la PESFV-I

MG: Contar con 10 parcelas, cada una del mismo tamaño, 5 al aire libre y 5 debajo de la cubierta FV, para el estudio y comparación del crecimiento y necesidad de agua de 5 especies diferentes de vegetales

MH: Contar con una aula didáctica abierta de 40 m² de superficie para las actividades de capacitación y usos múltiples; y adicionalmente contar con una área cubierta de 40 m², tipo almacén para confinamiento del equipo de cultivo y espacio para una oficina y confinamiento del sistema de monitoreo. Debe contar con pasillos de servicio y lavado de producto agrícola.

MI: Sistema de Monitoreo

MI-1: Crear un programa de monitoreo remoto e in-situ, basado en sensores que capturan datos relacionados con todos los aspectos físicos del sistema de Parcela Agrovoltaica.

MI-2: Evaluar el funcionamiento de las plantas, tasas de crecimiento, y el rendimiento de los sistemas tradicional y agro voltaico.

MI-3: Crear un sistema de monitoreo de las condiciones físicas y de producción de cultivo en ambas instalaciones agrovoltaicas.

MI-4: Compartir lo más destacado de la investigación (datos, mejores prácticas y recomendaciones de los productores del campo) en español e inglés

MI-5: Traducir las conexiones complejas de un sistema agrovoltaico en actividades de enseñanza-aprendizaje vivenciales para estudiantes y profesores.

MJ: Instalar y poner en operación deshidratadores solares del tipo gabinete con una capacidad de 0.5 a 1.0 kg; túnel o invernadero con una capacidad hasta de 100 kg, determinando la calidad nutricional



DOCUMENTO INFORME FINAL



“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

de los productos deshidratados; e implementar un programa de capacitación en temas de deshidratado solar.

MK: Contar con un programa de capacitación que incluya: el crecimiento y estudio de cultivos bajo cubiertas fotovoltaicas; diseño, operación y seguimiento de sistemas de monitoreo asociados a la producción agrícola; diseño, operación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos autónomos; todos ellos con perspectiva de género e inclusión, en el marco de desarrollo sustentable.

ML: Contar con un programa de difusión de la Parcela Agro-FV

CRONOLOGÍA DE EVENTOS

Formalización del Convenio

El proyecto presentado a la SECTEI con el nombre de “Chinampa Agrovoltaica, Sostenible y Educativa” se formaliza con la firma del Convenio de Asignación de Recursos SECTEI-UNAM-IER el día 15 de octubre de 2021 con vigencia al 15 de noviembre de 2022. (Ver Anexo 1-Conv-SECTEI-UNAM [CP-220-2021.pdf](#))

1: Identificación del sitio de implementación y productores beneficiados

Inicialmente el proyecto estaba concebido para su implementación en la zona chinampera de la Alcaldía de Xochimilco con la idea de que la energía generada por el Sistema Fotovoltaico elevado abasteciera de energía a Plantas de Tratamiento de Agua (PTA) y bombas para riego que los productores chinamperos poseen. Se visitaron varios sitios y se eligió el Paraje Tecaltitla de San Gregorio Atlapulco ya que en dicho lugar hay dos productores, vecinos, que tienen cada uno de ellos, una PTA.

Se identificaron a los productores y colaboradores así como los beneficiarios para el proyecto y se elaboraron los anteproyectos de construcción para la infraestructura asociada a nuestro proyecto original “Chinampa Agrovoltaica, Sostenible y Educativa”, “CASE”.

La evidencia se presenta en los siguientes archivos: Población beneficiaria [Anexo-1](#), [Anexo-1A](#) y [Anexo-2](#).

Al pertenecer dichos parajes a la zona protegida de la CDMX cuyas actividades agro-productivas están reguladas por la Dirección General del Sistema de Áreas Naturales Protegidas y Áreas de Valor Ambiental organismo perteneciente a la Secretaría del Medio Ambiente de la CDMX, fue necesario realizar actividades de Gestoría ante los tomadores de decisión de dicha dirección para contar con el Vo Bo correspondiente. La evidencia se presenta en el [Anexo 3](#), [Anexo 3-A](#) y [Anexo 3-B](#).

Sin embargo, el proyecto no pudo desarrollarse en dicho lugar; los tomadores de decisión respectivos a dichas dependencias del gobierno de la CDMX, al conocer que el proyecto generará electricidad en el sitio,



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

con una tecnología cuyo costo es relativamente bajo, lo consideraron un riesgo ya que podría fomentar la extensión de la mancha urbana hacia la zona protegida, y externaron su objeción a la implementación del mismo.

Esta gestoría nos llevó prácticamente 4 meses, desde mediados del mes de noviembre 2021 hasta mediados del mes de marzo del 2022

2: Elaboración de anteproyectos: Adquisición FV y Construcción de Obras Civiles para el CASE

Durante el periodo de gestoría para implementar el proyecto en Xochimilco (5 meses), se realizaron varias actividades relacionadas con el sistema fotovoltaico a adquirir y la infraestructura civil a construir; a saber:

Anteproyecto de la Planta de Generación Eléctrica Solar Fotovoltaica

Documento elaborado partiendo de datos energéticos asociados al consumo eléctrico de las Plantas de Tratamiento de Agua (PTA) con base en los requerimientos de los agricultores y de la climatología y Recurso Solar de la localidad. Se determinó la potencia pico fotovoltaica, la capacidad de almacenamiento electroquímico; se seleccionó el módulo fotovoltaico (MFV) óptimo, se cuantificó la cantidad de MFV para el arreglo FV, se realizó una simulación de “sembrado óptimo” óptimo de los MFV para maximizar la energía producida anualmente; se seleccionó el tipo y cantidad de baterías; se seleccionó el tipo de Inversor y cantidad, y se determinó el tipo de estructura para instalar los MFV.

Con los requerimientos identificados se elaboró el documento *Anteproyecto Planta de Generación Eléctrica Solar Fotovoltaica para el Sistema Chinampa Agrovoltaica Sostenible y Educativa* el cual se puede consultar en el archivo [Caso 1 -Ante Proyecto.-](#)

Con el sembrado de los MFV se determinó y se propuso un documento del anteproyecto arquitectónico para la construcción de la ERD. El documento llamado “Especificaciones Generales de las Obras” incluye con esquemas la concepción artística y estructural tanto para la ERD como para la CUM en el proyecto **CASE**. Este documento sirvió de base para la solicitud de elaboración de los proyectos ejecutivos para la construcción de las dos obras consideradas. Además, con estas propuestas constructivas se seleccionaron los lugares en donde estarían ubicadas las construcciones ERD y CUM, dentro de los predios de los agricultores participantes.

Los requerimientos contemplados en tal documento fueron la base para que el Ing. Civil contratado, experto en estructuras, realizara la propuesta arquitectónica y cálculos estructurales para la ERD considerando la carga estática que proporcionarán los pesos de los MFV, Inversores y baterías; así como las cargas dinámicas asociadas a la velocidad máxima del viento identificada para la citada localidad. Es así como se genera el primer anteproyecto constructivo para la ERD.

Página 13 de 94

- > Documento Confidencial para uso informativo del Cuerpo Académico de Evaluación del proyecto
- > Prohibida su reproducción parcial o total para fines distintos a los especificados. Para otros fines, solicitar la reproducción al Dr. Aarón Sánchez Juárez, Autor del Documento, Responsable Técnico del Proyecto “PASE”.



DOCUMENTO INFORME FINAL



“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

Sin embargo, a la par, se supo de la objeción de implementar el proyecto en Xochimilco y que ahora se tendría que considerar el cambio hacia el predio del CEPIPSA en Topilejo.

Teniendo la aprobación del cambio de sitio para el desarrollo del proyecto, se solicitó al Ing. Civil que realizará las modificaciones pertinentes a la propuesta original y es así como se generan los documentos planos arquitectónicos, los de construcción, la Memoria de Cálculo, el catálogo de conceptos, Evidencias fotográficas de la construcción; que se integran en el archivo [Construcción](#).

- a) **Anteproyecto de la Caseta de Usos Múltiples (CUM).**- El proyecto primogénito consideraba dos casetas para los usos propios del proyecto. Por cuestiones de espacio y recursos, se propuso una desviación en el proyecto primogénito que contempla la construcción de una sola unidad en lugar de dos y que sirviera de usos múltiples. Es así como se concibió y se propuso un Anteproyecto de construcción para una Caseta de Usos Múltiples (**CUM**) que contempla dos cuartos (oficinas y espacios para confinación y resguardo de equipos), un área libre que sirva como aula abierta y pasillos de servicio para el manejo y lavado del producto agrícola cosechado. En el archivo [Diseño&Construcción](#) se integran los siguientes documentos relacionados con la construcción de dicha obra: Especificaciones Generales para la construcción de la **CUM**; Descripción del Anteproyecto; Memoria de Cálculo; Planos de Construcción; Catálogo de conceptos; Evidencias fotográficas de la construcción

3: Nuevo sitio para la Implementación del PASE

Posterior a la objeción, se visitaron varios sitios en las regiones de Parres, Topilejo y Xochimilco en las instalaciones de la CORENADR. Los predios en Parres eran muy propicios desde el punto de vista agrícola, pero no contaban con las condiciones necesarias para garantizar la integridad y seguridad del equipo agrovoltaico. Para el caso de la CORENADR, su ubicación y el acceso diario para el personal del IER-UNAM representa una problemática que implicaba más gastos de traslados y viáticos que aquellos considerados en el Anexo Técnico respectivo.

Por el motivo anterior y considerando que al inicio de la búsqueda de agricultores que pudieran colaborar en el desarrollo del proyecto Agrovoltaico se había visitado la zona de Topilejo, en donde se identificó a un agricultor, Sr. Víctor Rodríguez Padilla, que administra una cooperativa familiar que produce productos agroecológicos, consideramos que dicha zona pudiera ser adecuada para el desarrollo de la presente propuesta; por tal motivo se decidió que la mejor alternativa fuera buscar un sitio en los alrededores de San Miguel Topilejo, más cercano al IER-UNAM y con facilidad de acceso.

Así que, con el proyecto aprobado y sin sitio en donde implementarlo, y conociendo que la Facultad de Medicina, Veterinaria y Zootecnia de nuestra Casa de Estudios tiene Centros de Enseñanza foráneos,

Página 14 de 94

- > Documento Confidencial para uso informativo del Cuerpo Académico de Evaluación del proyecto
- > Prohibida su reproducción parcial o total para fines distintos a los especificados. Para otros fines, solicitar la reproducción al Dr. Aarón Sánchez Juárez, Autor del Documento, Responsable Técnico del Proyecto “PASE”.



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

decidimos plantearles a las autoridades de dicha institución la posibilidad de usar alguno de ellos, el de Tláhuac o el de Topilejo, con el objeto de que hospedaran al proyecto PASE para su implementación, instalación y desarrollo en uno de los dos sitios.

Conociendo que el Centro de Enseñanza Práctica y de Investigación en Producción y Salud Animal (**CEPIPSA**) ubicado en el poblado de San Miguel Topilejo, Tlalpan, cuenta con una pradera grande, que ocasionalmente usa como área de pastoreo para el ganado vacuno que estudian, se invitó a sus directivos a colaborar en el desarrollo de nuestro proyecto, invitación que fue aceptada con agrado ya que, a cambio de permitirnos el uso de la infraestructura del **CEPIPSA**, ellos recibirán y consumirán la energía que producirá el proyecto, significando un ahorro institucional en el consumo de energía eléctrica

Para formalizar lo anterior, primero se solicitó a la SECTEI un prorroga a la vigencia del proyecto primogénito y un cambio de nombre al proyecto, de “Chinampa” a “Parcela”. La solicitud fue aprobada y se llevó a cabo la formalización SECTEI-UNAM/IER el 12 de agosto de 2022 con una vigencia hasta el 15 de julio de 2023 (Ver [1er CM-086-2022](#))

Se invitó al Sr. Víctor Rodríguez Padilla, agricultor vecino de Topilejo, a participar junto con los integrantes de su cooperativa en el desarrollo del proyecto realizando actividades tales como la selección de los productos a sembrar y coordinación en el monitoreo de crecimiento, entre otras.

Se consolidó la colaboración IER-FMVZ/CEPIPSA mediante un Convenio interinstitucional en donde se han pactados los derechos y obligaciones de las partes para que el IER-UNAM implemente, desarrolle y coordine todas las actividades inherentes al proyecto “PASE” dentro de las instalaciones del CEPISA con el apoyo institucional requerido para el buen desempeño y éxito de nuestro proyecto agrovoltaico. Es así como el Instituto de Energías Renovables y la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, ambas dependencias de la Universidad Nacional Autónoma de México acuerdan el instrumento jurídico llamado “Bases de Colaboración” entre el IER-UNAM y FMVZ-UNAM, y lo firman el 18 de noviembre de 2022 con una vigencia de 12 meses y/o hasta que la SECTEI emita la Constancia de Conclusión del proyecto “**PASE**” (Ver documento [Bases&Ceremonia](#)). Y es así como se consolidó tanto el sitio de implementación del proyecto como a los agricultores beneficiados.

Se determinó dentro del predio que ocupa el CEPIPSA, la ubicación precisa para la infraestructura civil del proyecto **PASE**; la cual, consta de una Estructura Metálica Reticular Elevada (EMR) ocupando una superficie de 12.72 m de ancho por 19.04 m de largo (descripción en 2-b); una Caseta de Usos Múltiples (CUM), a dos aguas, con un desplante en el terreno de 8.40 m de frente por 10.6 m de fondo; con una altura de trabajo de 2.50 m y en la cúspide 3.23 m (descripción 2-c); más aparte, 1,200 m² que incluye la superficie que ocupará el Tanque de Almacenamiento de agua, la zona de cultivos al aire libre, la zona de recolección y clasificación de productos los accesos y pasillos de servicio; y la zona destinada a los deshidratadores solares.



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

En el documento “Componentes y Ubicación de la Infraestructura del Proyecto PASE en predios del CEPIPSA-FMVZ-UNAM” (Ver [Comp-InfraPASE](#)).

Por lo anterior, el desarrollo del proyecto **PASE** ha tenido como beneficiarios a los agricultores vecinos de Topilejo que participen en el proyecto; a los estudiantes universitarios que realizan sus prácticas en el centro cotidianamente; a los profesores y estudiantes universitarios; y a técnicos de la CORENADR, que han sido invitados a través de las actividades propias del proyecto.

4: Gestoría para Vo Bo de construcción en la UNAM

Dado que el proyecto “**PASE**” contempla para su desarrollo la construcción de dos obras dentro de los predios de la UNAM, a saber, una Estructura Metálica Reticular Elevada (**EMR**) y una Caseta de Usos Múltiples (**CUM**), las cuales se diseñaron y fueron calculadas con base en nuestras especificaciones, los Proyectos Ejecutivos para ambas fueron enviados a la Dirección General de Obras y Construcción para su respectivo análisis y Visto Bueno respecto del cumplimiento normativo sobre los cálculos estructurales. Posterior a su revisión y solicitud de correcciones, fueron aprobados en lo general el 8 de diciembre de 2022.

Considerando lo anterior, los planos de los proyectos fueron enviados con fecha 13 de diciembre 2022, al **Comité de Análisis para las Intervenciones Urbanas, Arquitectónicas y de las Ingenierías, UNAM**, para su respectivo análisis y Vo Bo. Se atravesó el periodo vacacional y el día 8 de enero de 2023 se nos solicitó la información técnica y económica de los Proyectos Ejecutivos de cada una de las obras, incluyendo: Planos Arquitectónicos, Planos Estructurales Generales, Memorias de Cálculo, Catálogo de Conceptos, Presupuesto Económico con su Resumen respectivo. Los documentos respectivos fueron enviados el día 12 de enero y hasta el 21 de febrero 2023 se tuvo el dictamen positivo. Con ello, dimos inicio a los procedimientos administrativos para la adjudicación de construcción para la obra civil “Estructura Metálica Reticular Elevada” (Ver [Descrip Obras PASE](#)).

5: Adjudicación y Construcción de la Estructura Metálica Reticular Elevada

Breve descripción de la EMR

La EMR está compuesta por 25 columnas cuadradas y vigas tipo IPS, ambas de acero al carbón, para formar una retícula estructural compuesta por 24 rectángulos de 2.12 m por 3.17 m. Las columnas están mecánicamente fijadas a 4 anclas de acero al carbón que están embebidas en dados de concreto armado.



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y DUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

Se tiene 25 zapatas, cada una formada con un dado cuadrado de concreto armado de 40 cm de lado por 65 cm de altura, que se integran a dos tipos de base cuadrada de concreto armado, a saber: las periféricas que son 18 excepto las dos centrales, tienen una base cuadrada de concreto armado de 125 cm de lado con un espesor de 15 cm; mientras que las centrales, que son 7, tienen una base cuadrada de concreto armado de 145 cm de lado con un espesor de 15 cm. En el “dado” están embebidas 4 anclas de acero al carbón de 19 mm de diámetro, roscadas, tipo “L” de 55 cm de longitud con 10 cm de patín.

Sobre los dados descansan las columnas cuadradas de acero al carbón, con 3.0 m de longitud, 15.2 cm de lado y calibre 14, las que se integran con una base metálica cuadrada, soldada a la columna, de 19 mm de espesor y 40 cm de lado. Dicha base tiene 4 agujeros de 22 mm de diámetro para atornillarse a las anclas.

Los extremos superiores de las 25 columnas se cierran con vigas tipo IPS, de acero al carbón, de 10.2 cm de peralte y 10.0 cm de patín, para crear una retícula estructural formada por 24 rectángulos de aproximadamente 2.12 m x 3.17 m. Las medidas exteriores de la retícula estructural son, aproximadamente 12.72 m por 19.04 m.

Cronología de construcción

El 21 de febrero 2023, el Comité de Análisis para las Intervenciones Urbanas, Arquitectónicas y de las Ingenierías en el Campus CU y los CAMPI de la UNAM, dio su visto bueno para la construcción tanto de la Estructura Metálica Reticular (EMR) como para la Caseta de Usos Múltiples (CUM)

El 27 de febrero se procedió a limpiar el terreno usando una máquina moto conformadora para dejarlo listo para el trazado de las zapatas que forman a parte integral de la cimentación de la EMR.

El 15 de marzo, la Dirección General de Estudios Legislativos de la UNAM, a través del Abogado General, dió la aprobación del Contrato de Obra con la Constructora Bethna SA. de CV para la construcción de la Estructura Metálica Reticular.

Con fecha 24 de marzo 2023, el IER-UNAM y el Representante Legal de la empresa Bethma, Arq. Oscar Gómez, firmaron el contrato de asignación de obra.

El 17 de abril se le entrega al contratista el anticipo comprometido y a partir del 19 del mismo mes inicia la construcción de la EMR con el trazado de niveles y ubicación de las zapatas.

Se emparejó el terreno con un tractor del CEPIPSA para que la empresa pudiera comenzar con el trazado y ubicación de las 25 zapatas de cimentación que integran a la Estructura Metálica Reticular.

Hubo varios problemas que resolver durante el proceso de construcción, sobre todo, que el terreno presentaba un desnivel de más de 90 cm, y en consecuencia, para que todos los dados estuvieran al mismo



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y DUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

nivel, creando una superficie horizontal, hubo necesidad de rellenar y emparejar el terreno, lo cual se realizó con la misma tierra que fue extraída para cimentar las zapatas.

La nivelación, excavación para zapatas y el armado estructural con el cimbrado para las 25 unidades se realizó durante el mes de mayo. El colado de concreto para construir las zapatas así como el descimbrado y relleno se realizó durante las dos primeras semanas de junio.

Dado las diferencias de nivel en los extremos Este, Norte y Oeste, se determinó colocar un muro de concreto armado que sirviera de contención de tierra para evitar el deslave, durante la temporada de lluvia, del terreno ubicado entre las hileras de zapatas que será la zona de cultivo debajo de la cubierta fotovoltaica. El muro construido es de forma rectangular y tiene 60 cm de profundidad por 20 cm de ancho y se colocó en el ala Este, Norte y Oeste.

La colocación de las 25 columnas inicio a partir del 15 de junio y se terminó de instalarse el día 30 del mismo mes.

El día 30 de junio se inicia la colocación de las traveses de cerramiento, que son vigas tipo IPS, teniéndose un avance del 50% hasta el día 15 de julio.

Durante las dos últimas semanas del mes de julio, el contratista realizó las siguientes actividades:

- a) El Contratista terminó de colocar las vigas de acero tipo IPS que trabajan como traveses de cerramiento formando la Red Metálica Estructural (**RME**), que en la dirección Sur-Norte, sirven como soporte para los elementos metálicos en donde se colocarán los módulos fotovoltaicos (**MFV**);
- b) El Contratista llevo a cabo, posteriormente, en todos los elementos metálicos, columnas y traveses, la protección anticorrosiva colocando primero un recubrimiento primario para después aplicar dos “manos” de pintura anticorrosiva.

Por otra parte, considerando que el diseño de “sembrado” para los 72 MFV’s que forman la “cubierta fotovoltaica” fue determinado en 6 hileras de 12 módulos cada una, y que estos requieren para su instalación una estructura metálica que proporcione la inclinación de los módulos al ángulo de diseño y provea del medio de fijación mecánica, se diseñó con base en el requerimiento antes dicho, la una “Unidad Básica Mecánica, **UBM**”.

Cada “**UBM**” se integró por dos líneas de perfiles estructurales de aluminio que actúan como “**durmientes**” y 7 **Soportes Base “SB”**; a saber:

- a) Cada línea, se compone de 4 rieles comerciales del tipo PLP8 con una longitud de 4.66 m que se unen mecánicamente con un ángulo de aluminio de 3/16” de espesor, un perfil cuadrado de 1.5” y una longitud de 20 cm, fijando a los rieles contiguos con tornillos de acero inoxidable; de esta



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

manera, cada línea de perfil estructural tiene una longitud de 13.98 m. En total se requirieron 48 perfiles PLP8 de 4.66 m.

- b) Los **“SB”** los diseñamos para que provean la inclinación de los módulos. Así que **adquirimos los perfiles mecánicos estructurales considerados en el diseño y mandamos a construir**, en el Taller mecánico del IER-UNAM, los elementos mecánicos que llamamos **“Soportes Base, SB”** que forma parte integral de la **UBM**.

Los **“SB”** se fabricaron con perfil metálico PTR de acero al carbón. Cada **“SB”** se soldó, con soldadura eléctrica, sobre las vigas IPS de la **RME** considerando su ubicación de acuerdo al **“sembrado”** de los módulos fotovoltaicos.

Los **SB** incluyen dos **“orejas”** de acero al carbón (ángulo cuadrado de 1.5” por lado con una longitud de 1.5”) con un orificio 3/8”, soldada, que permite fijar, mediante opresión mecánica con tornillos de acero inoxidable, los perfiles **“durmientes”** sobre los cuales descansarán los MFV’s. La separación entre las dos **“orejas”** que proporciona la separación entre los dos **“durmientes”**, está regida por la especificación del fabricante de los MFV’s.

Dado que en el diseño de **“sembrado”** considera 6 hileras, se construyeron 42 **“SB”**

El diseño de cada **“UBM”** permite que, sobre los **“SB”**, 7 en cada hilera, descansan los dos perfiles estructurales de aluminio que actúan como **“durmientes”** para los MFV. Estos, **“SB”** y **“durmientes”**, se fijan mecánicamente entre sí con tornillos de acero inoxidable.

Los MFV’s se fijan a los perfiles **“durmientes”** mediante fijación mecánica por opresión con tornillos de acero inoxidable.

Los **SB** se le proporcionaron al constructor para que los fijara sobre las vigas IPS de la Retícula estructural con base en el Plano respectivo proporcionado.

Infraestructura para la Captación de Agua

Como el diseño del proyecto incluye la captación de agua, el contratista mandó a fabricar los canales metálicos necesarios para tal proceso. Estos canales se elaboraron con lámina galvanizada calibre 22 con un ancho de 15 cm y una altura de 20 cm, teniendo dos dobleces de 5.0 cm de ancho para propósitos de fijación. Para fijar los canales se usó una soportaría de acero al carbón, integrada por ángulos de 1/8” de grueso por 1”, y solera de 1/8 de grueso por 1” de ancho, la cual, se soldó a las patas delanteras del **“SB”**.

Se construyeron e instalaron 7 canales, a saber: 6 pzas de 14.0 m de largo, que corren de Este a Oeste, colocados e instalados en cada hilera en la parte más baja de los **“SB”**; y uno que corre de Sur a Norte, que colecta el agua de los otros 6, con una longitud de 19.5 m, en cuyo extremo Norte, tiene el desagüe hacia el Tanque de Almacenamiento de Agua.



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

Con el objeto de reducir los sólidos en suspensión que tendrá el agua captada por la cubierta FV debido al polvo que se deposita sobre los módulos fotovoltaicos, se instalará un filtro de sedimentos antes de enviar el agua al Tanque de Almacenamiento. **Se ha solicitado al proveedor del tanque el suministro e instalación del mismo.** Se espera que en el próximo trimestre dicho filtro se instale.

Por otra parte, para aumentar la captación de agua, es necesario cubrir los espacios entre las hileras de módulos fotovoltaicos. Esto se hará con lámina acanalada transparente y se realizará durante el próximo periodo del proyecto PASE 2024-2025.

Barrera superficial en los alrededores de la EMR

Considerando que la meta del proyecto es implementar una zona de cultivo controlada, tanto debajo de la cubierta fotovoltaica como en los cultivos a cielo abierto, fue necesario crear una barrera que impida o mitigue el crecimiento de las especies vegetales silvestres o matorrales y también, para especies de insectos que son considerados como plagas para los cultivos.

Para ello, se decidió acondicionar el entorno al sitio del proyecto colocando una “cama” de piedra triturada o “balastro” tanto alrededor de toda la zona de cultivo como entre los pasillos del micro-parcela debajo de la cubierta fotovoltaica.

La gestión realizada en la comunidad nos permitió que la asociación comunal del pueblo de San Miguel Topilejo nos regalase **48 m³ de piedra triturada** y solo se tuvo que pagar el acarreo.

Además, en el pasillo de la zona de cultivo, se esparció tezontle encima de la cama de piedra triturada para tener un camino adecuado para los fines propios de siembra, mantenimiento y cultivo de los vegetales que se estudiarán. Para esto, se adquirió 9.0 m³ de dicho material.

La piedra triturada, así como el tezontle dentro de la zona de cultivo, fue esparcida manualmente por los estudiantes colaboradores del proyecto provenientes del Tecnológico de México Campus Tláhuac; mientras que, en los alrededores, fue esparcida por el contratista de la obra EMR.

En el **Anexo 3 Acondicionamiento del entorno**, se muestran evidencias fotográficas del suministro y la colocación de la piedra triturada en los sitios respectivos

Habiendo terminado la obra y después de que el Responsable Técnico del Proyecto PASE y el Secretario Técnico del IER-UNAM hicieran un recorrido e inspección para constatar el cumplimiento de los términos de referencia del contrato, **el 28 de septiembre se realizó el acto protocolario de Entrega Recepción de la obra Estructura Metálica Reticular estando presentes las personas involucradas en la firma del contrato.**

Evidencias fotográficas del proceso constructivo de la EMR (Ver [Construcción](#)).



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

6: Instalación y Puesta en Marcha de la PGESFV-I 39.36 kW

Considerando que se realizó el cambio del sitio para la implementación del **PASE**, también hubo necesidad de cambiar el anteproyecto fotovoltaico mencionado en la sección 2-a. En el documento [ProyEjecPGESFV39.36](#), se proporciona la información necesaria para licitar o adquirir la PGESFV.

Equipos integradores de la PGESFV 39.36 kW

NOTA: Los Anexos que se indican en el texto se encuentran dentro del documento [Instalación&Evidencias](#).

El proyecto agrovoltaico “PASE” incluye la instalación y puesta en marcha de una Planta de Generación de Electricidad Fotovoltaica cuyo tamaño en potencia pico eléctrica se ha limitado a la cantidad de módulos que pueden instalarse sobre la Estructura Metálica Reticular Elevada. Como se ha especificado anteriormente, la **EMR** provee de una superficie reticular que da cabida a 6 hileras, cada una con 12 MFV’s con dimensiones de 113.4 cm x 227.8 cm. Un corte transversal de la EMR, la ubicación de los MFV’s sobre la Retícula Estructural, así como el sembrado de los mismos se presenta en el **Anexo 4: Ubicación MFV’s sobre EMR**

Considerando lo anterior y con el objeto de estudiar el desempeño eléctrico de los MFV’s que integran la Planta Electrica Solar Fotovoltaica bajo las condiciones agrovoltaicas se eligió dos diferentes tipos de tecnologías fotovoltaicas basadas en celdas solares de silicio monocristalino: monofaciales y bifaciales; y dos tipos de inversores. Así, se adquirieron los siguientes equipos:

24 Pzas, MFV ensamblado con celdas monofaciales tipo PERC; 144 “media celda”; $P_p(\text{MFV})=555 \text{ W}$;

24 Pzas, MFV ensamblado con celdas monofaciales tipo PERC; 144 “media celda”; $P_p(\text{MFV})=545 \text{ W}$;

12 Pzas, MFV ensamblado con celdas monofaciales tipo PERC; 144 “media celda”; $P_p(\text{MFV})=550 \text{ W}$;

12 Pzas, MFV ensamblado con celdas Bi-faciales tipo PERC; 144 “media celda”; $P_p(\text{MFV})=530 \text{ W}$;

2 Pzas, Inversores CD/CA con una $P_N=15.0 \text{ kW}$

6 Pzas, Inversores CD/CA, tipo microinversor con una $P_N=2.0 \text{ kW}$, para 4 MFV’s de 500.0 W

Habiendo terminado de construirse la Estructura Metálica Reticular Elevada, se procedió a la instalación de la infraestructura de soportes para la instalación de los MFV’s e Inversores.



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

Sembrado, Colocación y Soldado de los “SB” sobre la Retícula Metálica

El 31 de julio se nos avisó, por parte del Contratista, que ya había terminado de soldar las vigas IPS que integran la Retícula Metálica en la cual descansarán los “SB”. A partir de ese día se procedió a corroborar, con las dimensiones reales, el sembrado de los “SB” para su posterior colocación y fijación.

La labor de colocación y soldado de los “SB” sobre la Retícula Metálica, fue concluido el día 4 de agosto, y a partir de ese día, iniciamos con las actividades de instalación de la Planta Eléctrica Solar Fotovoltaica.

En el **Anexo 5 Instalación de los “SB”** se muestra las evidencias fotográficas del procedimiento de instalación de los “SB”: sembrado, colocación y soldado

Instalación de “durmientes”

Ya que cada “SB” se integran con dos “orejas” que sirven como soporte para los perfiles estructurales de aluminio PLP8, se procedió a colocarlos y fijarlos mecánicamente en éstas, con tornillos especiales “cabeza de martillo” de acero inoxidable de 3/16” de diámetro. Los rieles PLP8 fueron unidos entre sí, tal y como fue descrito anteriormente

Por lo anterior, cada una de las **UBM, 6 en total**, está compuesta por dos hileras de “durmientes”, una inferior y la otra superior, que albergará a 12 módulos fotovoltaicos colocados en posición de “retrato”.

Puentes de “puesta a tierra”

Al mismo tiempo que se estaban colocando los rieles “durmientes”, se procedió a crear “puentes” eléctricos entre ellos y los “SB” para proveer de un camino de conducción eléctrica a tierra; es decir, la Puesta a Tierra de los elementos metálicos. Esto se realizó con un cable conductor de cobre, calibre #10 AWG en cuyos extremos se instaló una terminal de puesta a tierra, tipo ojillo, la cual se fijó a las “patas” del “SB”, mediante opresión mecánica, con un tornillo de acero inoxidable tipo punta de broca. El otro extremo se conectó, por opresión mecánica mediante un tornillo, a una “zapata metálica” para Puesta a Tierra, de cobre estañada, que se fija, por opresión mecánica con tornillo, al elemento metálico “durmiente”. Dicha “zapata” está diseñada y aprobada para hacer contacto íntimo eléctrico con el “durmiente”

En el **Anexo 6 Instalación de los “durmientes” y “puente unión eléctrico”** se muestra las evidencias fotográficas de la ubicación de los durmientes y de los “puentes unión eléctrica”.



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

Instalación de Módulos Fotovoltaicos (MFV) e Inversores

El proceso de instalación de los módulos fotovoltaicos fue realizado por el equipo de trabajo del IER-UNAM apoyados por los 12 estudiantes del Tecnológico Nacional de México, campus Tláhuac III, que se integraron al proyecto para realizar su Residencia Profesional.

Antes de instalar los MFV's, estos fueron medidos bajo condiciones experimentales para determinar la Potencia Pico de cada uno de ellos. Para ello, se capacitó a los 12 estudiantes del Tecnológico sobre el procedimiento y protocolo de medición. Se usó una estructura especial de medición, el trazador de curvas y celdas solares de referencia. En el **Anexo 7 Instalación de módulos fotovoltaicos e Inversores**, se muestra evidencias fotográficas de las actividades mencionadas.

Estando colocados los 48 rieles PLP8, “**durmientes**”, se procedió a instalar los 72 MFV. Son 6 hileras y en cada hilera se instalaron 12 módulos, los que están atornillados a los rieles durmientes mediante “clamps o sujetadores” especiales a saber:

- a) El que sujeta el marco de los módulos extremos (módulo inicial o final) llamado “end clamp” integrado por una placa en forma de “L”, un tornillo “cabeza de martillo de ¼” de diámetro y una tuerca; y
- b) El clamp que sujeta los marcos de dos módulos contiguos, llamado “mid clamp” formado por una placa que abraza ambos marcos, un tornillo “cabeza de martillo de ¼” de diámetro y una tuerca.

Dichas piezas son de acero inoxidable. Cuando la tuerca aprieta la placa contra los marcos de los módulos fotovoltaicos, a la torca recomendada, la placa hace que el marco del módulo y el riel “durmiente” entren en contacto eléctrico óhmico. Una fotografía de los “clamps” mencionados, así como la ubicación de los MFV's instalados sobre la Estructura Metálica Reticular elevada se presenta en el **Anexo 7 Instalación de módulos fotovoltaicos e Inversores**.

En total, para cada hilera de 12 MFV se requirió: 4 “end clamp” y 22 “mid clamp”; para totalizar 24 pzas “end clamp” y 132 Pzas “mid clamp”.

Por otra parte, para proveer de una “Tierra Eléctrica” que presente una impedancia a tierra menor de 5 Ohm, se adquirió un “Electrodo de Puesta a Tierra, EPT” para sistema de cómputo, el cual, fue enterrado a 80 cm de profundidad a escasos 50 cm de la columna que se encuentra en la esquina SUR-Este. Este electrodo se conectó, mecánicamente, a una placa de cobre que fue soldada a la base de dicha columna. Las evidencias fotográficas de la instalación se muestran en el **Anexo 7 Instalación de módulos fotovoltaicos e Inversores**.

Con el objeto de identificar esquemáticamente la ubicación de las 6 hileras, éstas se numeraron, de Sur a Norte, de la hilera 1 a la hilera 6. En la hilera No. 1 y No. 2 se instalaron los MFV's de 555 W; en la hilera 3



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

e hilera 4, se instalaron los MNFV's de 545 W; en la hilera No. 5, se instalaron los MFV de 550 W; y en la hilera 6, se instalaron los MFV bifaciales de 530 W.

Una fotografía de la ubicación de los MFV's e hileras se presenta en el **Anexo 7 Instalación de módulos fotovoltaicos e Inversores**. Ahí mismo se indica la potencia pico de módulos y cadenas fotovoltaicas y se incluye la Potencia de los Sub Sistemas Fotovoltaicos incluyendo la potencia nominal de los inversores considerados.

Dado que todos los inversores no tienen transformador, la topología eléctrica de la PGESFV será en flotación: ninguno de los conductores de la fuente fotovoltaica, ni el positivo, ni el negativo, se conectarán intencionalmente a Tierra. El diseño eléctrico considerado es tal que la PESFV se compone de 4 Sistemas Fotovoltaicos Interconectados (SFV-I) a la Red Eléctrica Local del CEPIPSA-FMVZ-UNAM a una tensión de 220 V&60Hz, trifásica, cuya descripción técnica es la siguiente:

- Sistema FV 1: Se integra por un Arreglo Fotovoltaico de 24 módulos PERC con una $P_p=13.32$ kW acoplado a un Inversor con una potencia nominal de 15.0 kW.
- Sistema FV 2: Se integra por un Arreglo Fotovoltaico de 24 módulos PERC con una $P_p=13.08$ kW acoplado a un Inversor con una potencia nominal de 15.0 kW
- Sistemas FV 3: Son 3 SFV, cada uno integrado por 4 módulos PERL que se acoplan a un Micro-inversor cuya potencia nominal es de 2.0 kW. La suma de la Potencia pico de los tres arreglos es de 6.6 kW
- Sistema FV 4: Son 3 SFV, cada uno integrado por 4 módulos bifaciales que se acoplan a un Micro-inversor cuya potencia nominal es de 2.0 kW. La suma de la Potencia pico de los tres arreglos es de 6.36 kW

El diagrama eléctrico bifilar/unifilar para la Planta Eléctrica Solar Fotovoltaica se presenta en el **Anexo 8 Diseño Eléctrico Fotovoltaico**.

El diseño eléctrico de cada uno de los Sistemas Fotovoltaicos que integran a la PGESFV fue diseñado con base en los requerimientos normativos y regulaciones gubernamentales, como lo son:

- a) La Norma Eléctrica Mexicana NOM 001 SEDE 2012 -Instalaciones Eléctricas
- b) DOF 15 diciembre 2016: Manual de Interconexión de Centrales de Generación con Capacidad menor a 0.5 MW; Comisión Reguladora de Energía.
- c) Resolución No. RES/142/2017: disposiciones administrativas de carácter general, los modelos de contrato, la metodología de cálculo de contraprestación y las especificaciones técnicas generales, aplicables a las centrales eléctricas de generación distribuida y generación limpia distribuida; Comisión Reguladora de Energía



DOCUMENTO INFORME FINAL



Gobierno de la
Ciudad de México

SECTEI

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

- d) Especificación Técnica CFE G0 100-04 Interconexión a la Red Eléctrica de Baja Tensión de Sistemas Fotovoltaicos con capacidad hasta 30.0 kW.
- e) Especificaciones técnicas para el diseño eléctrico, seguridad y funcionamiento de sistemas fotovoltaicos interconectados al sen con capacidad menor a 0.5 MW; Abril 2018; LANEFV-IER-UNAM-

Dado que la Potencia Pico de la Planta Eléctrica Solar Fotovoltaica cae dentro del rango de la Generación Distribuida, de acuerdo a la regulación de la Comisión Reguladora de Energía, se determinó que la solicitud para el Permiso de Interconexión y el Contrato de prestación de servicio eléctrico ante la Comisión Federal de Electricidad sea en la modalidad de Medición Neta. Los documentos a entregar para los trámites administrativos ante CFE se proporcionan en el **Anexo 9 Documentos para la Interconexión**.

El documento descriptivo para la instalación eléctrica solar fotovoltaica: [Instalación&Evidencias](#).

7. Caseta de Usos Múltiples

Se requirió la construcción de una Caseta a “dos aguas”, elaborada con materiales tipo multipanel que provea resguardo para usos múltiples con un desplante en el terreno de 8.40 m de frente por 10.6 m de fondo; con una altura de trabajo de 2.50 m y en la cúspide 3.23 m, de acuerdo con las medidas de la propuesta arquitectónica. Incluye un espacio abierto, pasillos de acceso, pasillos de servicio con tarjas para lavado, dos cubículos, un sanitario cuyo drenaje se conecta al drenaje del CEPIPSA, y un tanque de almacenamiento de agua de lluvia. Para la licitación de obra, asignación y construcción, se elaboraron los siguientes documentos: “Especificaciones generales de construcción”, “Descripción del anteproyecto”, Memoria de Cálculo”, “Planos Arquitectónicos” y “Catalogo de conceptos” (Ver [Diseño&Construcción](#)).

El contrato de asignación de obra se firmó el 11 de octubre, sin embargo la obra no inicio de inmediato debido al retraso de la presentación de la fianza por parte del constructor y a la selección del nuevo sitio de construcción. Teniendo todos los requisitos de obra, el contratista inicia la construcción el día 13 de noviembre con el desplante del terreno.

Aunque se había programado que la obra terminara en la segunda semana de enero, el avance de obra fue lento derivado de la problemática del clima y al retraso por incumplimiento de los albañiles derivado de las fiestas decembrinas.

La obra en general se concluye el 30 de diciembre de 2023; el 8 de enero se realizó un recorrido de inspección por parte de la Secretaría Técnica del IER para constatar la culminación de obra. Se encontraron varios detalles que posteriormente fueron subsanados, por ejemplo paredes que no habían sido recubiertas con pintura debido a la humedad alta del sitio que no permitía el secado de la misma; recolección de escombro, puertas atoradas, y canales de recolección de agua. Subsanadas las observaciones el día 30 de enero de 2024 se llevó a cabo los actos protocolarios de Entrega-Recepción de

Página 25 de 94



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y DUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

Obra y Acta de Finiquito del Contrato. Ambos documentos se integran en la carpeta mencionada anteriormente.

ES importante aclarar que el contrato de obra pactado con la empresa Bethma no contempla la instalación eléctrica, la sanitaria y la hídrica en la caseta; las cuales se han realizado durante el periodo del 15 de enero al 15 de febrero de 2024.

8. Diseño, Construcción, Instalación, Siembra, Cultivos, Cosecha y Almacenamiento de Agua

El proyecto original consideraba contar con 10 parcelas, cada una del mismo tamaño, 5 al aire libre y 5 bajo la Cubierta Fotovoltaica (Cub-FV), la cual, limita las dimensiones de estas. Si se considera que la Estructura Metálica Reticular cubre una superficie de 242 m² aproximadamente, cada parcela tendría un área de 48.5 m²; la cual, es un poco grande para garantizar el control de los parámetros de crecimiento a medir considerando el fenómeno de luz y sombra que se producirá por la Cub-FV. Lo anterior planteó el hecho de considerar una reducción del área de cultivos en las parcelas, y se decidió usar el concepto de “*micro-parcela*”.

Cajones-Micro parcelas: Construcción y ubicación

Ya que la distribución geométrica de la Estructura Metálica Reticular Elevada propicia la creación de 24 “espacios” simétricos de terreno bajo de los MFV, cada uno aproximadamente de 3.0 m x 3.0 m, para aprovechar dichas áreas, se decidió que estos fueran la base para la creación del concepto “*micro-parcelas*” confinadas en dicho espacio. Con el objeto de tener control de la tierra de cultivo, en el riego y en el mantenimiento, para los cultivos, se decidió confinar a éstos en cajones cuadrados de 2.5 m x 2.5 m de lado y de 20 cm de altura. Para los cultivos espejo al aire libre se consideraron 6 cajones adicionales para totalizar 30. Los cajones fueron construidos usando tablas de madera de pino de 20 cm de ancho por 2.5 m de largo; se protegieron contra la humedad con pintura calidad marina y se almacenaron.

Las actividades de construcción, limpieza, pintado, trazado de la ubicación tanto bajo la cubierta FV como afuera de esta, y el sembrado de los 30 cajones fue realizada por los 12 estudiantes de Residencia Profesional del Tecnológico Nacional de México Campus Tláhuac III.

Al llenar dichos cajones con la tierra de cultivo se crea el concepto de *micro parcelas*. De esta manera se tienen 30 “micro-parcelas”, a saber: 24 bajo la Cub-FV y 6 al aire libre.



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

Las dimensiones de diseño de la Estructura Metálica Reticular permitió que dentro de ésta se pudieran colocar 24 cajones en una matriz de 4 (de Este a Oeste) x 6 (de Norte a Sur) con una separación entre cajones contiguos de aproximadamente 70 cm.

Sistema de riego automatizado por goteo

Considerando que el “PASE” es un proyecto de Investigación en donde se quiere determinar qué tipo de vegetales pueden crecer debajo de una cubierta fotovoltaica y se pretende optimizar el consumo de agua para esos cultivos específicos, se ha decidido instalar un Sistema de Riego Automatizado por goteo. La selección del Riego por Goteo se eligió ya que es conocido que esa técnica es muy usada en los crecimientos de cultivo en invernaderos. Aunque nuestro proyecto de cultivos no es del tipo invernaderos, hay cierta similitud entre invernaderos y agrovoltaicos.

Cada uno de los 30 cajones/micro parcelas fueron diseñadas para que tuvieran su sistema de riego por goteo independiente. Al 15 de octubre 2024, solo se tenía instalado las tuberías que forman la red de distribución de agua desde el sitio en donde se instalaron tanto el Sistema de Bombeo Presurizado y las bombas de mezclas hasta cada uno de los cajones, en donde se integraron una válvula de alivio y la válvula de solenoide normalmente cerrada, la que requiere energía eléctrica a 24 V en corriente alterna (baja tensión por seguridad) para abrirse. Por otra parte, el proyecto de riego automatizado incluye en cada cajón un sensor de humedad, que requiere energía eléctrica a 24 V en corriente directa para operar y que envíe la señal de la humedad del terreno. Los sensores de humedad se calibran con base en la cantidad de agua que puede absorberse en un volumen de tierra dado

Para tener el riego por goteo se considera que, en el diseño, la válvula de solenoide en cada cajón, reparte el agua hacia la micro parcela a través de un tubo distribuidor (tubería de $\frac{3}{4}$ ” diámetro de PVC), el cual, lleva conectado dos válvulas manuales de paso/control de flujo, de pivote. En el pivote de cada válvula se conecta una manguera flexible de $\frac{3}{8}$ ” de diámetro de 1.80 m de largo; en esta se conectan dos distribuidores (*arañas*) separados 1.00 m uno de otro. Cada “araña” cuenta con 4 salidas con pivote para manguera flexible de $\frac{1}{4}$ ” que, en uno de sus extremos, se conecta un gotero tipo “estaca”. Es así como en cada cajón hay 4 “arañas” con un total de 16 goteros, cada uno, con una tasa de suministro de 2 litros por hora.

Lo anterior se realizó en cada cajón, sin embargo, por cuestiones de operación y mantenimiento de la parcela, que se ha realizado cada tercer día, se decidió quitar eventualmente las “arañas” para evitar su maltrato hasta que no estuviera terminado toda la instrumentación de control para el sistema automatizado para el riego.



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

El Sistema de Riego Automatizado está compuesto por bombas, una red hidráulica, válvulas de control, sensores de humedad y un control automático que permite abrir o cerrar las válvulas de control. La descripción de los equipos que conforman dicho sistema ver [CajoMicroParcCult](#).

Preparación de parcelas y Plan de cultivos

Ya que el Proyecto “PASE” fue concebido para maximizar la generación de energía eléctrica para una aplicación específica, el sembrado e instalación de los MFV’s en 6 hileras de 12 MFV cada una, estando separadas una distancia de 1.40 m, éstas proyectan hacia el suelo sombras rectangulares (sombreado de hileras de MFV’s) y superficies rectangulares luminosas (irradiación directa) que es la que pasa por los espacios de separación entre las hileras.

Considerando lo anterior, las parcelas confinadas en los 24 cajones recibirán una combinación de radiación difusa más radiación directa. De esta manera, a la misma hora del día, un cajón puede estar recibiendo radiación global, otro radiación directa más la difusa de albedos, otro solo radiación difusa de albedos.

Si se considera la orientación rectangular de la EMR, cuyo eje mayor corre de Norte a Sur, al trazarlo por el centro de la EMR, la posición relativa para los cajones a la izquierda de éste eje, es decir, hacia el Este, es simétrica para los cajones que están a la derecha del citado eje, es decir los que están al Oeste de dicha línea imaginaria.

Así, para un día completamente despejado, dada la simetría de la posición de los cajones, la irradiación solar que reciben los cajones posicionados hacia el ESTE, desde el amanecer (6:00) al mediodía solar, será igual a la irradiación solar de los cajones posicionados al Oeste desde el mediodía solar al ocaso (18:00).

Considerando que los trabajos de instalación de los MFV’s, la ubicación y sembrado de los cajones y la instalación de la red hidráulica, se había programado terminarlas en la segunda semana de septiembre 2023, se procedió, junto con el Coordinador de Cultivos, Sr. Víctor Rodríguez Padilla, a seleccionar los vegetales con base en el clima de la región y su experiencia. Para el ciclo Otoño-Invierno, los vegetales seleccionados fueron: Brocoli, puerro (Poro), cebolla morada, col verde, lechuga italiana, col morada, cebollín, coliflor, lechuga sangría y acelga.

El Plan de Cultivos aplicados fue el siguiente:

- 1) Se numeraron los cajones del 1 al 24 para los que están debajo de la cubierta FV, y del 25 al 30 para los que están al aire libre. Los cultivos fueron agrupados, con base en sus similitudes de requerimientos de agua y nutrientes, de 2 en 2.
- 2) Los cajones fueron llenados con una mezcla, en volumen, de tierra de campo del sitio, composta, estiércol y tezontle fino para dar porosidad, a una razón de 5:1:1:1
- 3) Los grupos de dos especies con similitudes son:



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

- A: Brócoli y Puerro
- B: Cebolla morada y col verde
- C: Lechuga italiana y col morada
- D: Cebollín y coliflor
- E: Lechuga sangría y acelga

De esta manera, cada cajón integra una micro parcela que tiene tierra para cultivo en la composición antes descrita y dos hortalizas con similitudes. Dada la distribución de las hortalizas, se tienen 5 micro parcelas que fueron identificadas por las letras que forman a los grupos de dos especies: A, B, C, D E y E.

Para el proceso de cultivo, el coordinador adquirió “plántulas” de cada una de las especies consideradas; y con respecto a la densidad de sembrado, se decidió que cada plántula este separada de su vecina 50 cm. Dada las dimensiones de los cajones, la cantidad de plántulas sembradas en cada cajón fue 16 pzas. Se decidió sembrarlas por líneas, de manera alternada, de Este a Oeste; por ejemplo: Línea 1 de Brócoli, Línea 2 de Puerro; Línea 3 de Brócoli; Línea 4 de Puerro.

La distribución de las especies es tal que, para un mismo grupo, al mismo tiempo u hora del día, están recibiendo diferente irradiancia, lo que permite tener a futuro, información sobre el crecimiento de cada vegetal en función de la irradiancia e irradiación recibida.

El proceso de Siembra se realizó el día 14 de septiembre y en él participaron 10 estudiantes de la Universidad Autónoma Metropolitana Campus Xochimilco que realizaron una estadía profesional de un mes y posteriormente algunos de ellos empezaron a realizar su Servicio Social.

Una descripción detallada de todas las actividades realizadas en este tópico así como evidencias fotográficas se muestran en [CajoMicroParcCult](#).

Descripción de indicadores de impacto y valor de línea base

En el cultivo de las Plantas desde su siembra hasta su cosecha, llevando al cabo el proceso bajo las mismas condiciones de cultivo tanto al aire libre y como bajo la cubierta FV, los indicadores identificados asociados al desarrollo de la producción y operación de la Parcela Agrovoltáica son los siguientes:

- a) Número de plantas de las especies bajo estudio por m² (cuantificable)
- b) Tamaño de las plantas: altura y follaje (cuantificable)
- c) Peso de las plantas (cuantificable)
- d) Calidad de las plantas (cualitativo por apariencia)
- e) Tiempo de cultivo desde la siembra a la cosecha (cuantificable)
- f) Requerimiento de agua por m² (cuantificable)

La Línea Base para comparación de los beneficios de la Parcela Agrovoltáica son aquellos que se tendrán para los cultivos al aire libre.



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

9. Sistema de Monitoreo

Sistema de adquisición de datos

Dentro de las metas contempladas en el protocolo del proyecto “PASE” está la de crear, adquirir, implementar y poner en operación un Sistema de Monitoreo automático que contemple la medición, adquisición, almacenamiento y transferencia de los parámetros y variables asociados al desempeño de la plantación agrovoltaica de 39.36 kW.

Así, se identificó y se ha planteado medir los siguientes parámetros ambientales y variables eléctricas asociadas a la producción de la electricidad fotovoltaica:

- A. Ambientales fuera de la cubierta fotovoltaica.- Temperatura ambiente; velocidad de viento, radiación global horizontal; humedad relativa del ambiente; precipitación pluvial; presión barométrica
- B. Ambientales dentro de la cubierta fotovoltaica.- Gradiente de temperatura ambiente; velocidad de viento a la altura de los cajones; radiación global, radiación directa, radiación difusa; radiación reflejada; fotometría; temperatura ambiente a 1.5 m de altura, humedad relativa del ambiente; humedad relativa y temperatura de suelo
- C. Energéticos.- Generación de potencia eléctrica en Corriente directa (Tensión y corriente en los circuitos de salida de las cadenas fotovoltaicas (Son 2 sistemas fotovoltaicos; 4 cadenas); tensión y corriente eléctrica en el circuito de salida de cada inversor; temperatura de operación del módulo fotovoltaico.

Para realizar lo anterior se han adquirido los siguientes sensores, equipos meteorológicos y equipos de captura y almacenamiento:

- a) Sensor de temperatura de módulo fotovoltaico marca Campbell modelo PT1000 (10 Pzas)
- b) Sensor de humedad relativa de suelo marca Campbell modelo CS655-50-PT-DS (12 Pzas)
- c) Sensor fotométrico Sensor Quantum PAR de la marca Campbell modelo CS310-10-PT (2 Pzas)
- d) Sensor de humedad y temperatura ambiente marca Campbell, modelo HMP60-L50-PT (2 Pzas)
- e) Estación meteorológica marca Campbell modelo CLIMA VUE50-50-PT (2 Pzas)
- f) Transductores de tensión eléctrica en CD (6 Pzas)
- g) Sensores de corriente eléctrica en CD (8 Pzas)
- h) Dataloger marca Campbell modelo CR6 (2 Pzas)
- i) Multiplexor marca Campbell modelo AM16/32B

Como componentes periféricas están los siguientes: Gabinetes (50x50x30) para confinar los equipos de adquisición, fuentes de poder 12/24 CD/127 VCA; conductores eléctricos, cable blindado, canalizaciones



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

abiertas, charolas rejilla porta cables, cinchos de plástico, etc; y todo lo requerido para realizar la instalación física del sistema de adquisición de datos

Se han instalado tanto en la cubierta fotovoltaica como en la Estructura Metálica Reticular todos los sensores necesarios para realizar el proceso de medición, captura automática y almacenamiento, acción que se realiza mediante un programa de adquisición desarrollado por Campbell, el cual, permite adquirir los datos que leen los sensores en tiempo real.

Evaluar el funcionamiento de las plantas, tasas de crecimiento, y el rendimiento de los sistemas tradicional y agro voltaico;

Se ha realizado la evaluación correspondiente de las especies bajo estudio, con base en las observaciones y mediciones realizadas de las características físicas de los vegetales cosechados hasta el mes de enero, 6 especies de las 10 sembradas lechuga sangría, lechuga italiana, acelga, brócoli, col verde y coliflor, tomando en consideración los indicadores de impacto asociados al desarrollo de la producción y operación de la Parcela Agrovoltaica que son los siguientes:

- a) Número de plantas de las especies bajo estudio por m² (cuantificable)
- b) Tamaño de las plantas: altura y follaje (cuantificable)
- c) Peso de las plantas (cuantificable)
- d) Calidad de las plantas (cualitativo por apariencia)
- e) Tiempo de cultivo desde la siembra a la cosecha (cuantificable)
- f) Requerimiento de agua por m² (cuantificable)

La Línea Base para comparación de los beneficios de la Parcela Agrovoltaica son aquellos que se tendrán para los cultivos al aire libre.

Crear un sistema de monitoreo de las condiciones físicas y de producción de cultivo en ambas instalaciones agrovoltaicas;

La Parcela Agrovoltaica, Sostenible y Educativa ha sido concebida para ser un Laboratorio vivo donde se estudie el crecimiento de vegetales bajo una cubierta fotovoltaica con un diseño particular; y para garantizar el éxito de las actividades asociadas, el monitoreo de indicadores, que puede incluir recolección de datos, observación de características, análisis de causa-efecto, u otro tipo de característica, es de vital importancia con el fin de hacer un seguimiento al progreso del proyecto y determinar las acciones a seguir en pos de tener una mejora continua en él. Para este proyecto en sí, se ha elaborado un documento en el cual se presenta una serie de lineamientos a observar y recomendaciones a seguir para monitorear al conjunto de parámetros que forman las condiciones físicas ambientales y la relación entre éstos y los indicadores asociados al crecimiento de los cultivos.



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

[Compartir lo más destacado de la investigación \(datos, mejores prácticas y recomendaciones de los productores del campo\) en español e inglés](#)

Dicha actividad se han estado realizando de manera continua con nuestras participaciones en los eventos académicos a los que se ha asistido. En ellos se han externado los resultados preliminares de nuestra prueba de concepto, la cual, aunque no se realizó el monitoreo de los parámetros ambientales, si se realizaron medidas de los indicadores asociados a los cultivos de mayor relevancia. Los documentos que se integrarán en el Informe Final dan cuenta de ellos

[Traducir las conexiones complejas de un sistema agrovoltaico en actividades de enseñanza-aprendizaje vivenciales para estudiantes y profesores.](#)

Ambas actividades se han estado realizando de manera continua con nuestras participaciones en los eventos académicos a los que se ha asistido. En ellos se han externado los resultados preliminares de nuestra prueba de concepto, la cual, aunque no se realizó el monitoreo de los parámetros ambientales, si se realizaron medidas de los indicadores asociados a los cultivos de mayor relevancia. Los documentos que se integrarán en el Informe Final dan cuenta de ellos.

Las evidencias de las 5 actividades descritas anteriormente se pueden consultar en [SistMontrPASE](#).

10. Deshidratadores solares

La meta establecida fue Instalar y Poner en operación deshidratadores solares del tipo gabinete con una capacidad de 0.5 a 1.0 kg; túnel o invernadero con una capacidad hasta de 100.0kg, determinando la las curvas de secado de los productos deshidratados; e implementar un programa de capacitación en temas de deshidratado solar.

Partiendo de un diseño conceptual desarrollado por el Grupo de Deshidratación Solar del IER-UNAM e implementado a su punto de comercialización por la empresa Módulo Solar, se ha seleccionado un conjunto de deshidratadores solares, tipo gabinete acoplado a un calentador solar para aire, sin partes móviles, adecuado para cursos de capacitación que tiene una capacidad de contener desde 1 a 20 kg de producto vegetal fresco. Teniendo los prototipos caracterizados, se seleccionaron y adquirieron tres tipos diferentes de deshidratadores:

[Adquisición de equipo](#)

Los equipos adquiridos fueron los siguientes:

- Deshidratador solar doméstico con capacidad para aprox. 1500g de producto fresco. Incluye medidor de temperatura y rallador/cortador/pelador: 5 Pzas



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

- Deshidratador tipo túnel con 40 charolas, ventilador, 3 colectores para calentamiento de aire de 2.5 m², resistencia eléctrica de respaldo para calentamiento, control de arranque y paro y sensores de temperatura para medir al interior; 1 Pza
- Construcción de un deshidratador tipo gabinete con 10 charolas, colector solar para calentamiento de aire de 1.7 m², ventilador fotovoltaico de apoyo y medidor análogo de humedad y temperatura; 4 Pzas.

Estos deshidratadores fueron entregados en las instalaciones del IER-UNAM en Temixco, Morelos para realizar las pruebas de desempeño de la tecnología y fueron usados para el 1er curso de deshidratado solar.

Posterior al 1er Curso de secado solar, los deshidratadores fueron trasladados al CEPIPSA. Debido al desnivel que presenta el terreno en donde se ubicarán los deshidratadores, se adecuó dicha superficie y se decidió que los deshidratadores estuvieran instalados sobre “dados” de concreto armado de 20 cm x 20 cm x 60 cm de alto, enterrados, en lugar de una “plancha” o piso de concreto. Se realizó la instalación de los mismos.

Cursos de capacitación

Dado que una de las metas del proyecto PASE es la capacitación de agricultores pertenecientes al “Cinturón Verde” sobre el proceso de deshidratación solar de productos agrícolas y con el objeto de que los estudiantes provenientes del IIT, que están haciendo su servicio social en el IER realizando actividades en el proyecto PASE, y colaboradores del proyecto, adquieran los conocimientos básicos de la deshidratación solar y auxilien posteriormente en los procesos de capacitación para los productores agrícolas, se coordinó y se realizó un Curso Introductorio, de 8 horas, sobre Deshidratación Solar.

En este curso se tuvo la participación de los 11 estudiantes del IIT; un estudiante de la UAEdo Mex, un estudiante de la LIER-IER, 3 colaboradores del proyecto del IER-UNAM; un estudiante de doctorado del IER-UNAM.

Dado la aceptación y la facilidad de tener cursos gratuitos, se divulgó en la zona de Topilejo la oportunidad de impartir un Curso de Capacitación para productores de la región que se programó para realizarse del 25 al 27 de abril 2023. Se platicó con el Coordinador de la Unidad CORENADR Topilejo y externo su entusiasmo de tener la posibilidad de capacitar, con un programa de uso de la tecnología, a productores de la región.

A la fecha, se han proporcionado tres cursos de capacitación para estudiantes, profesores, productores agrícolas, asociaciones de mujeres y técnicos de la CORENADR Topilejo. Los tópicos relevantes del curso como lo es el temario, el programa de actividades, la relación de participantes (lista de asistencia), el



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

material didáctico y las evidencias de los cursos impartidos se presentan en el documento [Equi&Cursos123](#).

11. Programa de Capacitación

Se ha creado un Programa de Capacitación para los temas importantes del proyecto PASE. El objetivo de este programa es trasladar el conocimiento a estudiantes de las diferentes licenciaturas afines a los temas mediante cursos cortos de 20 hrs impartidos en el sitio de instalación. Temas como por ejemplo: Dimensionamiento y diseño de sistemas fotovoltaicos (autónomos o interconectados); Fenología de crecimiento de vegetales en sistemas agrovoltaicos; Monitoreo y captura de datos de condiciones físicas y producción agrovoltaica; Deshidratado solar; han sido ya implementados e impartidos durante el desarrollo del proyecto PASE.

Ahora, es importante tener una estrategia de capacitación asociada al de difusión, para el futuro cercano, que propicie la continuidad de los objetivos del proyecto PASE en el aspecto de formación integral de recursos humanos a nivel medio superior y para productores agrícolas (Ver propuesta de Programa de Capacitación [ProgCap](#)).

12. Programa de Difusión

La idea principal es difundir mediante cualquier medio lo que es la Parcela Agrovoltaica, Sostenible y Educativa, sus resultados y logros. Esta es una actividad continua que su éxito se debe basar en la información existente respecto de los organismos civiles involucrados con actividades agrícolas e inclusive pecuarias. El Programa aludido (Ver [Prog-Dif&Div](#)) tiene como objetivo identificar los mecanismos más adecuados para que los conocimientos adquiridos en dicho proyecto puedan estar al alcance de cualquier persona, ya sea con preparación media superior, superior, posgrado como público en general sin importar religión, género, preferencias sexuales, discapacitados, etc.

Es claro que el contenido del programa es una guía para la toma de decisiones y determinación adecuada del mecanismo de difusión, teniendo presente que la penetrabilidad de la información dependerá de la organización que implemente el programa.

13. Desviaciones

En todo el desarrollo del PROYECTO se estuvo batallando con barreras institucionales que ocasionaron retrasos considerables en el avance programado, siendo una de ellas la construcción de las obras civiles: Estructura Metálica Reticular (EMR) y la Caseta de Usos Múltiples (CUM); sin embargo cuando a fines de agosto se terminó de construir la parte estructural de la EMR, con la ayuda de los estudiantes del TNM Campus Tláhuac, en 3 semanas se lograron avances considerables en el proyecto: “siembra de cajones”



DOCUMENTO INFORME FINAL



“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL” “PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

para las micro parcelas, conformación de las micro parcelas; excavaciones y colocación de la red hidráulica para el sistema de riego; colocación, instalación mecánica de los 72 MFV e inversores. Paralelamente, con los estudiantes de la UAM Xochimilco, se limpiaron y desyerbaron las 30 micro-parcelas, la zona de cultivos al aire libre, la preparación de la tierra de cultivo mezclando tierra nativa, composta, estiércol y tezontle, el llenado de las micro parcelas a un volumen de 1.0 m³, y lo más importante, en un día y con la coordinación del agricultor Sr. Víctor Rodríguez Padilla, la siembra de 880 plantulas: 88 de cada especie (10 especies)!! **Ese día fue el 14 de septiembre 2023**

Posteriormente, se ha estado trabajando simultáneamente en varias actividades relacionadas entre si, como lo son las siguientes: El cuidado y mantenimiento de las 10 especies diferentes que fueron sembradas en las micro parcelas, en total fueron 480 plantas sembradas en los cajones, 48 por especie; y 400 plantas sembradas en los surcos tradicionales, 40 por especie. Aunque tenemos un agricultor como coordinador de cultivos muy entregado con un compromiso firme, estos requieren mantenimiento especializado que va, desde la identificación de plagas, el riego periódico y la eliminación de maleza. Asociado a esto, la captura de datos de los indicadores considerados hizo que la labor fuera extenuante.

Por otra parte, las barreras administrativas derivado de la normatividad de nuestra institución hizo que se tuvieran retrasos en las actividades relacionadas con la construcción de la Caseta de Usos Múltiples cuya obra fue asignada el 9 de octubre y dio inicio el 13 de noviembre. Así mismo, no se pudo trabajar en las pruebas hidráulicas del sistema de riego por goteo, ni tampoco en el tendido de los cables conductores del sistema de monitoreo de humedad del terreno y control del mismo dado que son invasivas hacia los cajones en donde están los cultivos y se podrían dañar a estos, rompiendo el ciclo de cultivo. Las mismas barreras se tuvieron para el tendido de cables conductores del sistema de monitoreo ambiental, el cual se inició su instalación después de haber levantado la cosecha de lechugas y acelgas.

Bueno, se ha tenido que vencer una serie de barreras inherentes a las instalaciones eléctricas de los sistemas de monitoreo, pero lo que nos ha dado un sentimiento de inseguridad son las intromisiones de personas que se han introducido por las noches a las instalaciones del CEPISA durante el mes de diciembre y enero: el 3 de enero hubo un intento de robarse uno de los deshidratadores, lo desarmaron pero no lo pudieron subir por la barda, así que lo dejaron botado; el 5 de enero intentaron robarse la bombas del sistema de riego pero no pudieron ya que las anclamos al piso de concreto.

Aunque las autoridades del CEPIPSA tomaron cartas en el asunto, no fue hasta que colocaron una cerca de navajas a fines de enero que se tuvo un poco más de seguridad.

El compromiso de los colaboradores y del Responsable Técnico es seguir con el proyecto y para el ciclo primavera-verano 2024, se inicia nuevas actividades asociadas a las especies seleccionadas para su estudio. Estas son:



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO
INFORME FINAL



Gobierno de la
Ciudad de México

SECTEI

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

Jitomate, Pepino, Pepinillo, Calabaza, Papa, Alcachofa, Frambuesa, Zarzamora, Tomate, y algunas plantas aromáticas tales como Romero, Tomillo, Mejorana, Hinojo, Hoja Santa, Menta, Hierba buena, albahaca.



DOCUMENTO INFORME FINAL



“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

RESULTADOS

Consolidación del Sitio para el desarrollo del proyecto y población beneficiada

Inicialmente el proyecto estaba concebido para su implementación en la zona chinampera de la Alcaldía de Xochimilco con la idea de que la energía generada por el Sistema Fotovoltaico elevado abasteciera de energía a Plantas de Tratamiento de Agua (PTA) y bombas para riego que los productores chinamperos poseen. Se visitaron varios sitios y se eligió el Paraje Tecaltitla de San Gregorio Atlapulco ya que en dicho lugar hay dos productores, vecinos, que tienen cada uno de ellos, una PTA.

Se identificaron a los productores y colaboradores así como los beneficiarios para el proyecto y se elaboraron los anteproyectos de construcción para la infraestructura asociada a nuestro proyecto original “Chinampa Agrovoltaica, Sostenible y Educativa”, “CASE”.

La evidencia se presenta en el [Anexo 1](#), [Anexo 1-A](#), y [Anexo 2](#).

Al pertenecer dichos parajes a la zona protegida de la CDMX cuyas actividades agro-productivas están reguladas por la Dirección General del Sistema de Áreas Naturales Protegidas y Áreas de Valor Ambiental organismo perteneciente a la Secretaría del Medio Ambiente de la CDMX, fue necesario realizar actividades de Gestoría ante los tomadores de decisión de dicha dirección para contar con el Vo Bo correspondiente.

Sin embargo, el proyecto no pudo desarrollarse en dicho lugar; los tomadores de decisión respectivos a dichas dependencias del gobierno de la CDMX, al conocer que el proyecto generará electricidad en el sitio, con una tecnología cuyo costo es relativamente bajo, lo consideraron un riesgo ya que podría fomentar la extensión de la mancha urbana hacia la zona protegida, y externaron su objeción a la implementación del mismo.

Esta gestoría nos llevó prácticamente 4 meses, desde mediados del mes de noviembre 2021 hasta mediados del mes de marzo del 2022

Posterior a esa objeción, se visitaron varios sitios en las regiones de Parres, Topilejo y Xochimilco en las instalaciones de la CORENADR. Los predios en Parres eran muy propicios desde el punto de vista agrícola, pero no contaban con las condiciones necesarias para garantizar la integridad y seguridad del equipo agrovoltaico. Para el caso de la CORENADR, su ubicación y el acceso diario para el personal del IER-UNAM representa una problemática que implicaba más gastos de traslados y viáticos que aquellos considerados en el Anexo Técnico respectivo.

Por el motivo anterior y considerando que al inicio de la búsqueda de agricultores que pudieran colaborar en el desarrollo del proyecto Agrovoltaico se había visitado la zona de Topilejo, en donde se identificó a un agricultor, Sr. Victor Rodríguez Padilla, que administra una cooperativa familiar que produce productos

Página 37 de 94

- > Documento Confidencial para uso informativo del Cuerpo Académico de Evaluación del proyecto
- > Prohibida su reproducción parcial o total para fines distintos a los especificados. Para otros fines, solicitar la reproducción al Dr. Aarón Sánchez Juárez, Autor del Documento, Responsable Técnico del Proyecto “PASE”.



DOCUMENTO INFORME FINAL



“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

agroecológicos, consideramos que dicha zona pudiera ser adecuada para el desarrollo de la presente propuesta; por tal motivo se decidió que la mejor alternativa fuera buscar un sitio en los alrededores de San Miguel Topilejo, más cercano al IER-UNAM y con facilidad de acceso.

Considerando que la Facultad de Medicina, Veterinaria y Zootecnia, FMVZ, de la Universidad Nacional Autónoma de México, tiene una dependencia llamada Centro de Enseñanza, Investigación, y Extensión en Producción y Salud Animal, CEPIPSA, ubicado en Avenida Cruz Blanca No. 486, San Miguel Topilejo, CP 14500, Alcaldía de Tlalpan, consideramos que dicho lugar representaba para nosotros el sitio ideal para el desarrollo del proyecto “Parcela Agrovoltaica, Sostenible y Educativa-PASE”.

Se consideró e invitó al Sr. Víctor Rodríguez Padilla, agricultor vecino de Topilejo, a participar junto con los integrantes de su cooperativa, en el desarrollo del proyecto PASE, en la selección de los productos a sembrar y coordinación en el monitoreo de crecimiento. Esta cooperativa se ha especializado en la producción agroecológica, tiene vasta experiencia cultivando en la zona de Topilejo y hemos creído que su inclusión beneficiará al desarrollo de los cultivos considerados en nuestro proyecto. Se ha acordado que el producto de la venta se destinará a beneficiar a los agricultores integrantes de la cooperativa.

Por lo anterior, el desarrollo del proyecto PASE ha tenido como beneficiarios a los agricultores vecinos de Topilejo que participen en el proyecto; a los estudiantes universitarios que realizan sus prácticas en el centro cotidianamente; a los profesores y estudiantes universitarios; y a técnicos de la CORENADR, que han sido invitados a través de las actividades propias del proyecto.

Y es así como se consolidó tanto el sitio de implementación del proyecto como a los agricultores beneficiados.

Instrumentos jurídicos y acuerdos realizados

Se gestionaron y establecieron los Convenios correspondientes, a saber:

Entre la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación (SECTEI) y la Universidad Nacional Autónoma de México a través del Instituto de Energías Renovables

- 1) Convenio de Asignación de Recursos SECTEI/220/2021 firmado el 15 de octubre de 2021 (Ver [Convenio de Asignación de Recursos](#)).
- 2) Primer Convenio Modificadorio al Convenio de Asignación de Recursos SECTEI/220/2021: CM-SECTEI/086/2022 firmado el 12 de agosto de 2022 (Ver [Primer Convenio](#)).
- 3) Segundo Convenio Modificadorio al Convenio de Asignación de Recursos SECTEI/220/2021 y su Primer Convenio Modificadorio CM-SECTEI/086/2022: CM-SECTEI/062/2023, firmado el 8 DE JUNIO DE 2023 (Ver [Segundo Convenio](#)).



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

Entre el Instituto de Energías Renovables y la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, ambas dependencias de la Universidad Nacional Autónoma de México a través del

- 1) Bases de Colaboración entre el IER-UNAM y FMVZ-UNAM, firmadas en 18 de noviembre de 2022 con una vigencia de 12 meses y/o hasta que la SECTEI emita la Constancia de Conclusión del proyecto PASE. ([Bases de Colaboración](#)).

Proyecto Ejecutivo Fotovoltaico

Se cuenta con el Proyecto Ejecutivo para una licitación y adquisición de una Planta de Generación Eléctrica Solar Fotovoltaica de 39.36 kW de potencia.- En la Carpeta: INFORME FINAL/EVIDENCIAS/METAS/MC-ProyEjecPGESFV se encuentran los documentos “*Elaboración del Anteproyecto Planta de Generación Eléctrica Solar Fotovoltaica para el Sistema Chinampa Agrovoltaica Sostenible y Educativa*” (Ver [Anteproy](#)) y “*Especificaciones Generales para la Adquisición de la Planta de Generación Eléctrica Solar Fotovoltaica asociada al Proyecto PASE*” (Ver [ProyEjec39.36](#)).

Ubicación y sitio para la construcción de la Estructura Metálica Reticular Elevada

Se determinó el área requerida y la ubicación que ocupa la infraestructura civil del PASE.- Se determinó dentro del predio que ocupa el CEPIPSA, la ubicación precisa en donde se instaló la infraestructura civil del proyecto PASE; la cual, consta de una Estructura Metálica Reticular Elevada (EMR) ocupando una superficie de 12.72 m de ancho por 19.04 m de largo; una Caseta de Usos Múltiples (CUM), a dos aguas, con un desplante en el terreno de 8.40 m de frente por 10.6 m de fondo; con una altura de trabajo de 2.50 m y en la cúspide 3.23 m; más aparte, 1,200 m² que incluye la superficie que ocupará el Tanque de Almacenamiento de agua, la zona de cultivos al aire libre, la zona de recolección y clasificación de productos los accesos y pasillos de servicio; y la zona destinada a los deshidratadores solares.

Ver el documento “[Componentes y Ubicación de la Infraestructura del Proyecto PASE en predios del CEPIPSA-FMVZ-UNAM](#)”.

Construcción de la Estructura Metálica Reticular Elevada (EMR)

Se ha construido y está en operación con su función dual la EMR.- Dado que inicialmente el proyecto se iba a implementar en la zona chinampera de Xochimilco en donde el terreno de dichas áreas no es compacto y se concibió que la estructura fuera desarmable, el equipo de trabajo del IER-UNAM consideró un diseño especial para la Estructura Reticular Desarmable Elevada (ERD). Así que se elaboró un documento llamado “*Especificaciones Generales de las Obras*” para que la información vertida sirviera como términos de referencia para la contratación de un Ing Civil especialista en estructuras para la elaboración de la Memoria de Cálculo y Planos Estructurales y Arquitectónicos para la construcción de las obras civiles. Dicho documento se integró como *Anexo 3-Esp Grales Obras* en el 2o Informe Trimestral.



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

Posterior a eso y habiendo contratado al Ing. Civil, del documento anterior se extrajo el documento llamado “Especificaciones Generales para la Construcción de la Estructura Metálica Reticular” en el cual ya se incluye el tipo de módulos que se instalará sobre dicha estructura.

Dado que el sitio para desarrollar el proyecto se cambió ya que no se pudo implementar en la zona chinampera de Xochimilco, se tuvo que realizar ajustes a los documentos anteriores. El sitio actual es en el Centro de Enseñanza Práctica e Investigación en Producción y Salud Animal, CEPIPSA-FMVZ-UNAM, localizado en San Miguel Topilejo. Se elaboró un nuevo documento llamado Descripción del Anteproyecto para la construcción de la Estructura Metálica Reticular”, basado en los anteriores, realizando cambios en las columnas y en la cimentación. Con dicho documento, el Ing. Civil realizó los cambios pertinentes y elaboró la Memoria de Cálculo y los Planos Estructurales y Arquitectónicos correspondientes. Con dichos planos se licitó la obra para construcción de la Estructura Metálica Reticular. El proceso fue por invitación a por lo menos 3 empresas, resultando asignada la empresa Bethma S.A. de C.V.

En el documento [Construcción](#) se encuentra la evidencia de los documentos anteriores en un compendio de documentos llamado “Diseño y construcción de la Estructura Metálica Reticular incluyendo la Memoria de Cálculo, esquemas y planos, y evidencia fotográfica de la construcción.

Adquisición, Instalación y Puesta en Marcha de la Planta de Generación Eléctrica Solar Fotovoltaica asociada al PASE

Se ha instalado y puesta en operación la Planta de Generación Eléctrica Fotovoltaica 39.36 kW.- El proyecto original consideraba una PGESFV Autónoma con Baterías; sin embargo, el cambio de sitio nos obligó a rediseñar dicha planta como un sistema interconectado a la RGD.

Se elaboró el [Proyecto Ejecutivo](#), el cual se ha integrado a éste informe final.

No se realizó la licitación de la PGESFV como un proyecto “llave en mano” que era la idea original, ya que la estimación del precio para adquirirla, sobrepasó el monto para que se asigne el suministro por invitación, lo cual obliga a realizar una licitación pública. Esto, traería como consecuencia retrasos muy grandes en el desarrollo del proyecto; por lo cual, al ser la tecnología FV modular, se decidió, de acuerdo a la normatividad de la UNAM, adquirir la planta por partes: compra de MFV, compra de Inversores, compra de la estructura base, compra de material eléctrico y contratar los servicios de instalación. La propuesta anterior agilizó la adquisición de los equipos, las partes y las componentes de la PGESFV.

La instalación fotovoltaica fue realizada por los estudiantes del Instituto Tecnológico de Tláhuac III bajo la supervisión de un profesional en instalaciones fotovoltaicas que fue contratado para tal fin, y 4 tutores expertos en el área como una actividad de capacitación bajo el esquema del Estándar de Competencia



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

ECO586. La Capacitación se realizó al término de la construcción de la Estructura Metálica Reticular Elevada.

En el documento [Instalación](#), se presentan las evidencias de la instalación fotovoltaica realizada en operación.

Diseño, Construcción, Instalación, Siembra, Cultivos, Cosechas y Almacenamiento de Agua

Se construyeron 30 microparcels, se sembraron, cultivaron, estudiaron y cosecharon 10 especies de vegetales diferentes: 24 debajo de la cubierta fotovoltaica y 6 a cielo abierto.- Desde el Tercer Informe se consideró una desviación a ésta meta: en lugar de 10 parcelas, 5 al aire libre y 5 debajo de la Cubierta Fovoltaica (Cub-FV), se considerarán “micro-parcelas”. Ya que la distribución geométrica de la Estructura Metálica Reticular Elevada propicia la creación de 24 “espacios” simétricos de terreno debajo de los MFV, cada uno aproximadamente de 3.0 m x 3.0 m, para aprovechar dichas áreas, se decidió que estos fueran la base para la creación del concepto “*micro-parcelas*” confinadas en dicho espacio. Con el objeto de tener control de la tierra de cultivo, en el riego y en el mantenimiento, para los cultivos, se decidió confinar a éstos en cajones cuadrados de 2.5 m x 2.5 m de lado y de 20 cm de altura. Para los cultivos espejo al aire libre se consideraron 6 cajones adicionales para totalizar 30. Al llenar dichos cajones con la tierra de cultivo se crea el concepto de *micro parcelas*. De esta manera se tienen 30 “micro-parcelas”, a saber: 24 bajo la Cub-FV y 6 al aire libre. La cronología de hechos y evidencias se presenta en el documento [CajoMicroParcCult](#).

Diseño, Ubicación y Construcción de una Caseta de Usos Múltiples

Se construyó una Caseta de Usos Múltiples (CUM).- Inicialmente, se había considerado construir una infraestructura para capacitación-almacén-oficinas con una superficie aproximada de 83.0 m² para el paraje de Tecaltitla, San Gregorio, Xochimilco Se hizo un anteproyecto de lo que se requería (Anexo 9 del 1er Informe Trimestral), se modificó la propuesta para que solo se considerara la construcción de una Caseta de Usos Múltiples (CUM) y se integró al documento “Especificaciones Generales de las Obras” (Anexo 4 del 2º Informe Trimestral) y se requirió la elaboración del diseño arquitectónico y Memoria de cálculo al Ing. Civil al que se le adjudicó el contrato para la elaboración de los planos, memoria constructiva y memoria de cálculo. Se ubicó el sitio de construcción y se elaboraron los Planos constructivos y Memoria de Cálculo de la citada obra civil, los cuales se integraron como Anexo 10 del 3er Informe Trimestral.

Después de someter a licitación la construcción de la obra, por invitación, a varias empresas constructoras, el contrato fue asignado a la empresa Bethma SA de CV el 9 de septiembre 2023 y el contrato de obra se

Página 41 de 94

- > Documento Confidencial para uso informativo del Cuerpo Académico de Evaluación del proyecto
- > Prohibida su reproducción parcial o total para fines distintos a los especificados. Para otros fines, solicitar la reproducción al Dr. Aarón Sánchez Juárez, Autor del Documento, Responsable Técnico del Proyecto “PASE”.



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

firmó el 28 de septiembre de 2023. La construcción de la obra se inició el 16 de noviembre de 2023 y se culminó el 30 de diciembre de 2023.

Una descripción de la Caseta de Usos Múltiples, Contrato de Obra, Actas de Finiquito y Entrega de Obras; y fotografías que muestran como fue el avance de la obra se encuentra en el documento [Diseño&construcción](#).

Sistema de Monitoreo

Se determinaron los indicadores, métodos de medición, sensores y sistemas de adquisición de datos.-

Se cuenta actualmente con un Sistema de Monitoreo con la versatilidad de ser remoto e “*in situ*” compuesto por un conjunto de sensores ambientales y energéticos cuya función es capturar, almacenar y transmitir vía internet los datos adquiridos.

Se han instalado tanto en la cubierta fotovoltaica como en la Estructura Metálica Reticular todos los sensores necesarios para realizar el proceso de medición, captura automática y almacenamiento, acción que se realiza mediante un Programa de Adquisición basado en la plataforma de Campbell, el cual, permite adquirir los datos que leen los sensores en tiempo real, almacenarlos y enviarlos a la “nube” para su posterior disponibilidad. Los datos serán trabajados en la plataforma Jupiter y con la herramienta computacional Python (lenguaje de programación).

Se ha realizado la evaluación correspondiente de las especies bajo estudio, con base en las observaciones y mediciones realizadas de las características físicas de los vegetales cosechados hasta el mes de enero. Se analizaron 6 especies de las 10 sembradas, a saber, lechuga sangría, lechuga italiana, acelga, brócoli, col verde y coliflor, tomando en consideración los indicadores de impacto asociados al desarrollo de la producción y operación de la Parcela Agrovoltaica que son los siguientes:

- g) Número de plantas de las especies bajo estudio por m² (cuantificable)
- h) Tamaño de las plantas: altura y follaje (cuantificable)
- i) Peso de las plantas (cuantificable)
- j) Calidad de las plantas (cualitativo por apariencia)
- k) Tiempo de cultivo desde la siembra a la cosecha (cuantificable)
- l) Requerimiento de agua por m² (cuantificable)

Por otra parte, la Parcela Agrovoltaica, Sostenible y Educativa ha sido concebida para ser un Laboratorio vivo en donde se estudie el crecimiento de vegetales bajo una cubierta fotovoltaica con un diseño particular; y para garantizar el éxito de las actividades asociadas, el monitoreo de indicadores, que puede incluir recolección de datos, observación de características, análisis de causa-efecto, u otro tipo de parámetros, es de vital importancia con el fin de hacer un seguimiento al progreso del proyecto y determinar las acciones a seguir en pos de tener una mejora continua en él.



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



Gobierno de la
Ciudad de México

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

Para este proyecto en sí, se ha elaborado un documento en el cual se presenta una serie de lineamientos a observar y recomendaciones a seguir para monitorear al conjunto de parámetros que forman las condiciones físicas ambientales y la relación entre éstos y los indicadores asociados al crecimiento de los cultivos.

Además, se ha compartido lo más destacado de la investigación (datos, mejores prácticas y recomendaciones de los productores del campo) en las reuniones académicas en donde se ha participado y en las visitas de campo que, organizaciones y agricultores de la región, han realizado a las instalaciones del proyecto.

En dichas interacciones se han externado los resultados preliminares de nuestra prueba de concepto, la cual, aunque no se realizó el monitoreo de los parámetros ambientales, si se realizaron medidas de los indicadores asociados a los cultivos.

Por otra parte, derivado de las visitas realizadas, el proyecto “PASE” está siendo tomado por la Secretaría de Educación Pública, especialmente por la Sub Secretaría de Educación Superior, para instaurar un programa nacional de Agrovoltaicos que se pretende desarrollar en las instituciones de educación superior del país.

En el documento [SistMontrPASE](#) se anexa el documento que proporciona las evidencias de todas las actividades realizadas que garantizan el 100% de la meta cumplida.

Deshidratadores solares

Se cuenta con Sistemas para el deshidratado de producto agrícola con una capacidad de 120 a 140 kg por día.- Se seleccionaron un tipo de tecnología para el deshidratado solar y tres modelos diferentes. Se adquirieron y se instalaron en el sitio seleccionado dentro de los terrenos del CEIPSA. A la fecha, se han usado para la impartición de dos cursos de capacitación en donde participaron productores, estudiantes y técnicos de la CORENADR Topilejo (Ver [Equi&Cursos123](#)).

Programa de Capacitación

Se cuenta con las curriculas académicas respectivas para la Capacitación en Deshidratado Solar, Diseño e Instalación de Sistemas Fotovoltaicos; y una propuesta preliminar para Sistemas Agrovoltaicos.- Las características tecnológicas que están involucradas en la implementación y desarrollo tecnológico de un sistema agrovoltaico implican el conocimiento de muchas áreas de las ciencias e ingenierías que se requieren conocer para aceptar, adoptar y poner en operación un sistema de estos.

Por tal motivo, se ha creado una propuesta de [Programa de Capacitación](#) para los temas importantes del proyecto PASE. El objetivo de este programa es trasladar el conocimiento a estudiantes de las diferentes



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

licenciaturas afines a los temas mediante cursos cortos de 20 hrs impartidos en el sitio de instalación. Temas como por ejemplo: Dimensionamiento y diseño de sistemas fotovoltaicos (autónomos o interconectados); Fenología de crecimiento de vegetales en sistemas agrovoltaicos; Monitoreo y captura de datos de condiciones físicas y producción agrovoltaica; Deshidratado solar; han sido ya implementados e impartidos durante el desarrollo del proyecto PASE.

Considerando que el proyecto PASE es un Laboratorio Experimental ideado principalmente para el estudio y análisis del crecimiento de vegetales, la generación de conocimiento será continua y debemos de difundirla, divulgarla y crear los contenidos básicos para un proceso de capacitación continuo.

Ahora, es importante tener una estrategia de capacitación asociada al de difusión, para el futuro cercano, que propicie la continuidad de los objetivos del proyecto PASE en el aspecto de formación integral de recursos humanos a nivel medio superior y para productores agrícolas

En el documento [ProgCap](#), se anexa el documento que proporciona las evidencias de todas las actividades realizadas que garantizan el 100% de la meta cumplida.

Divulgación y Difusión

Se tiene una propuesta de Plan de Acción para la divulgación y difusión de las actividades agrovoltaicas.-

La idea principal es difundir mediante cualquier medio lo que es la Parcela Agrovoltaica, Sostenible y Educativa, sus resultados y logros. Esta es una actividad continua que su éxito se debe basar en la información existente respecto de los organismos civiles involucrados con actividades agrícolas e inclusive pecuarias.

El Programa aludido (Ver [Prog-Dif&Div](#)), tiene como objetivo identificar los mecanismos más adecuados para que los conocimientos adquiridos en dicho proyecto puedan estar al alcance de cualquier persona, ya sea con preparación media superior, superior, posgrado como público en general sin importar religión, género, preferencias sexuales, discapacitados, etc.

Es claro que el contenido del programa es una guía para la toma de decisiones y determinación adecuada del mecanismo de difusión, teniendo presente que la penetrabilidad de la información dependerá de la organización que implemente el programa.

Sistema de Captura y Recolección de Agua

Se cuenta con un Sistema para captura y recolección de agua de lluvia y un Tanque de Almacenamiento de Agua con una capacidad de 140 m³.-

La Estructura Metálica Reticular cuenta con canales fabricados con lámina galvanizada calibre 22 con un ancho de 15 cm y una altura de 20 cm, teniendo dos dobleces de 5.0 cm de ancho para propósitos de fijación. Para fijar los canales se usó una soportaría de acero al carbón,

Página 44 de 94

- > Documento Confidencial para uso informativo del Cuerpo Académico de Evaluación del proyecto
- > Prohibida su reproducción parcial o total para fines distintos a los especificados. Para otros fines, solicitar la reproducción al Dr. Aarón Sánchez Juárez, Autor del Documento, Responsable Técnico del Proyecto “PASE”.



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

integrada por ángulos de 1/8” de grueso por 1”, y solera de 1/8” de grueso por 1” de ancho, la cual, se soldó a las patas delanteras del Soporte Base “SB”. En total son 7 canales, a saber: 6 pzas de 14.0 m de largo, que corren de Este a Oeste, colocados e instalados en cada hilera en la parte más baja de los “SB”; y uno que corre de Sur a Norte, que colecta el agua de los otros 6, con una longitud de 19.5 m, en cuyo extremo Norte, tiene el desagüe hacia el Tanque de Almacenamiento de Agua. En ese extremo, se tiene colocado un filtro con el objeto de reducir los sólidos en suspensión que tendrá el agua captada por la cubierta FV debido al polvo que se deposita sobre los módulos fotovoltaicos. La salida de este filtro, provista por tubería de PVC hidráulico, se dirige al Tanque de Almacenamiento de Agua (TAA; Ver [C-TanqueAA](#)).

Información más detallada se presenta en el documento [CajoMicroParcCult](#).

Por otra parte, para aumentar la captación de agua, es necesario cubrir los espacios entre las hileras de módulos fotovoltaicos. Esto se hará posteriormente con lámina acanalada transparente como parte de un experimento de “cero” radiación solar directa debajo de la cubierta fotovoltaica, y se realizará durante el próximo periodo del proyecto PASE 2024-2025.

Sistema de Riego Automatizado por Goteo

Se ha instalado y puesto en operación un Sistema de Riego por goteo para las 30 micro parcelas.- Considerando que el “PASE” es un proyecto de Investigación en donde se quiere determinar qué tipo de vegetales pueden crecer debajo de una cubierta fotovoltaica y se pretende optimizar el consumo de agua para esos cultivos específicos, se decidió instalar un Sistema de Riego Automatizado por goteo. La selección del Riego por Goteo se decidió ya que es conocido que esa técnica es muy usada en los crecimientos de cultivo en invernaderos. Aunque nuestro proyecto de cultivos no es del tipo invernadero, hay cierta similitud entre los invernaderos y los agrovoltaicos.

El Sistema de Riego Automatizado está compuesto por bombas, una red hidráulica, válvulas de control, sensores de humedad y un control automático que permite abrir o cerrar las válvulas de control (Ver [C-Sist Riego](#)).

Información más detallada se presenta en el documento [CajoMicroParcCult](#).

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

IMPACTOS DEL PROYECTO

Problemas que resolvió este proyecto

Aunque la Parcela Agrovoltaica, Sostenible y Educacional, PASE, se ha implementado en las instalaciones de una subdependencia de la UNAM, el Centro de Enseñanza Práctica e Investigación en Producción y Salud Animal, CEPIPSA-FMVZ, dentro de la demarcación del pueblo de San Miguel Topilejo, de la Alcaldía de Tlalpan, con la intención de ser un Laboratorio para el estudio del crecimiento de cultivos bajo una cubierta fotovoltaica, con el poco tiempo en que se ha estado desarrollo el proyecto, **se ha demostrado que puede resolver los siguientes problemas** propios de las diferentes Alcaldías del sur de la CDMX como Xochimilco, Tláhuac e inclusive Tlalpan y Milpa Alta; a saber,

- a) Falta de Electricidad en los sitios de producción.**- En muchos lugares en donde se desarrollan actividades agrícolas no tienen acceso a la red eléctrica convencional, viéndose en la necesidad de usar moto-generadores eléctricos para los fines propios de los proyectos productivos como pueden ser: extracción de agua, tratamiento de agua, riego agrícola, refrigeración de productos vegetales, etc. El uso de dicha tecnología trae consigo una gama grande de problemas como lo son: la contaminación ambiental por expedición de gases de efecto invernadero, contaminación de la tierra por derrame de combustibles y lubricantes durante los procesos de mantenimiento, gasto considerable por consumo de combustibles, etc.

Solución.- Con el uso de sistemas fotovoltaicos dimensionados y diseñados a las necesidades eléctricas de los proyectos productivos agrícolas se dispone de energía eléctrica en el sitio que se requiera. La electricidad se obtiene de manera amigable con el ambiente, sin consumo de combustibles fósiles, sin desechos contaminantes, sin mantenimiento y tiene el “plus” extra que es un ciclo de vida útil, típica actual, de 25 años.

- b) Extracción de agua de una manera económica y amigable con el ambiente.**-El PASE ha demostrado que, aunque la inversión inicial para adquirir un sistema fotovoltaico con estructura elevada a 3.0 m es moderadamente alta (aproximadamente MN\$36.00/Wp), el tiempo de retorno de la inversión es corto (no más de 5 años).

La afirmación anterior se ha deducido mediante un balance de energía y estimación de costos para energizar sistemas de bombeo centrífugo superficial con motores de 1.0 HP (115 VCA&10 A) con 10 hrs de uso diariamente.

Con dicho estudio se determinó que, para extraer, purificar y regar una parcela con 36.0 m³ al día, con un sistema de bombeo de 3.0 HP que requiere un consumo energético típico de 34.5 kWh, se necesita invertir no más de \$300,000.00 por un sistema energético fotovoltaico con un ciclo de



DOCUMENTO INFORME FINAL



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL” “PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

vida útil de 25 años. La superficie activa que ocupará el arreglo FV es de 42.15 m² con módulos FV con una eficiencia del 20%.

El proyecto PASE puede suministrar la energía para 5 proyectos de la capacidad anterior.

Beneficios para la ciudad de México

a) Mejora en los cultivos de hortalizas.- La mayor parte de la agricultura que se desarrolla en las ciudades Alcaldías se basa en el cultivo de hortalizas bajo malla sombra, es decir bajo la técnica de Agricultura Protegida, en donde el agua la adquieren de los canales o pozos artesanales y su extracción y proceso de riego se realiza usando motobombas. Es conocido que la calidad del agua de dichas zonas es mala y como resultado, los productos cosechados tienen bajo valor comercial.

Solución.- Aunque en el PASE no se desarrollaron cultivos bajo malla sombra, si se realizaron bajo una cubierta fotovoltaica, la cual evidenció la formación de un microclima que favoreció el crecimiento de los cultivos realizados.

El PASE demostró a partir de los indicadores de crecimiento que, especies como la Acelga, el Brócoli, la Coliflor, la Lechuga Italiana, y la Lechuga Sangría, crecen muy favorablemente abajo de dicha cubierta, teniendo una apariencia muy buena, buen tamaño y peso, aunque el tiempo de desarrollo fue mayor, pero no más de 3 semanas, comparadas con aquellas que crecieron a cielo abierto; sin embargo, éstas sufrieron las inclemencias del tiempo como las heladas y altas dosis de radiación UV, típicas de la temporada de invierno (no hay que olvidar que el sitio está a 2,700 msnm).

b) Beneficios identificados.- Para las zonas de cultivo de las ciudades Alcaldías, con la integración de un sistema fotovoltaico elevado en los cultivos que ya se desarrollan bajo malla sombra, para convertirlos en sistemas agrovoltaicos, la cubierta fotovoltaica producirá la energía eléctrica que requieren los agricultores para la extracción de agua, su purificación, y el proceso de riego; trayendo los siguientes beneficios:

- 1) **Extracción de agua de manera amigable con el ambiente.**- La electricidad que requiere el sistema de bombeo para la extracción de agua la provee el sistema fotovoltaico.
- 2) **Posibilidad de tratamiento de agua.**- Si se tiene un sistema de tratamiento de agua, la cubierta FV proveerá la electricidad que requiere dicho sistema si es que se considera en el balance energético.
- 3) **Mejora de la Tierra de cultivo.**- Al regar con agua tratada, sin impurezas, la tierra de cultivo se ve beneficiada ya que no absorberá contaminantes que degradan sus cualidades nutritivas para las especies vegetales.



DOCUMENTO
INFORME FINAL



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

- 4) Protección de cultivos. - La cubierta FV actúa como una “barrera” protectora para las especies vegetales que se cultiven debajo de ella y favorece la formación de un micro clima, tal que los efectos de las inclemencias del tiempo sobre ellas, por ejemplo, el granizo y las heladas, se ven disminuidos; y en consecuencia, crecen sin el “estrés” climático.
 - 5) Cultivos de mejor calidad. - A partir de los indicadores de crecimiento de los cultivos bajo estudio se pudo identificar que las hortalizas cultivadas y cosechadas en el ciclo de desempeño del PASE, que fue otoño-invierno, se concluye que aquellos que crecieron bajo la cubierta fotovoltaica, visualmente tienen una apariencia mejor tanto en su follaje como en fruto que aquellos que crecieron a cielo abierto, por lo que se consideran de mejor calidad.
 - 6) Captación y recolección de agua de lluvia. - Una de las grandes ventajas de la cubierta FV es que con ella se puede captar y recolectar el agua de lluvia; basta con colocar canales de recolección y tener un sitio de almacenamiento para tal propósito. La electricidad para su tratamiento y disposición puede proveerse por la electricidad producida por la cubierta fotovoltaica.
- c) Uso dual de las tierras de cultivo**. - Con la implementación de sistemas agrovoltaicos en las zonas de cultivos, se estará usando el mismo terreno tanto para el crecimiento de las hortalizas como para generar la electricidad requerida para los procesos de extracción, tratamiento y riego de agua; maximizando el uso de la tierra

Además de los beneficios identificados, el PASE es un buen ejemplo del uso dual para los terrenos de cultivos y que si se implementan mediante un programa de apoyo gubernamental, puede incrementar la calidad de los productos agrícolas que ya se desarrollan en las zonas antes dichas. La calidad de los productos cultivados y cosechados traerá como consecuencia un mejor precio de ellos en el mercado y mayor ingreso para los productores que puede mejorar su calidad de vida.

Por otra parte y con mayor importancia para la CDMX que padece de grandes problemas de contaminación ambiental derivado de las emisiones de gases de efecto de invernadero, sobre todo el CO₂, que se desecha al ambiente por el consumo de combustibles fósiles (parque vehicular), el uso de plantas eléctricas solares fotovoltaicas para la generación de electricidad pueden mitigar la cantidad de CO₂ emitido.

El proyecto PASE tiene una cubierta fotovoltaica de 39.36 kW que produce una energía promedio diaria de 177.5 kWh. Si se ha estimado que por cada 1.0 kWh se evita la emisión de 0.5 kg equivalentes de CO₂, la operación del proyecto PASE evita diariamente que sean emitidos a la atmósfera 88.75 kg equivalentes de CO₂; lo que equivale a las emisiones de un automóvil que recorre 620 km al día (Agencia Europea del Medio Ambiente: 0.143 kg por km recorrido)



DOCUMENTO
INFORME FINAL



“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

Al año, se tendrá un acumulado de 32.396 Ton de CO₂ evitado; y al término del ciclo de vida útil de la tecnología FV (25 años), se tendrá una acumulación de 809.9 Ton de CO₂ evitado.

Si se crea un programa gubernamental para la introducción de sistemas agrovoltaicos en las zonas agrícolas del sur de la CDMX; por ejemplo 100 veces la capacidad del proyecto PASE, es decir 3,936 kW pico, equivalente a 500 proyectos al descrito en el inciso (a), que traerán entre otros, los beneficios descritos anteriormente, se tendrán 32,396 Ton de CO₂ evitados al año por el uso de la tecnología fotovoltaica. Por otra parte, existen otros beneficios adicionales como lo son la reducción de la contaminación del aire y la conservación de los recursos naturales, ambos mejorando el medio ambiente. En consecuencia, el beneficio directo para la CDMX es la reducción de los gases de efecto invernadero.

VINCULACIONES ESTABLECIDAS DURANTE EL PROYECTO CON DEPENDENCIAS GUBERNAMENTALES DE GOBIERNO, CENTROS DE INVESTIGACIÓN Y EMPRESAS

- a) Dirección General del Sistema de Áreas Naturales Protegidas y Áreas de Valor Ambiental (DGSANPAVA) de la Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA).- Nuestro primer acercamiento con dependencias gubernamentales de la CDMX fue con la DGSANPAVA, específicamente con el Director de Áreas Naturales Protegidas y Áreas de Valor Ambiental, para la otorgación del Vo Bo para la implementación y puesta en operación del proyecto en la zona chinampera del paraje Tecaltitla.
- b) Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural (CORENADR) de la SEDEMA. Posterior a la opinión vertida por dicho organismo, se tuvo el acercamiento con la CORENADR para analizar la posibilidad de implementar el proyecto dentro de sus instalaciones.
Recientemente, se ha tenido el acercamiento con técnicos de la Coordinación del Centro de Innovación e Integración Comunitaria No2 Tlalpan-Topilejo para fines de capacitación en el tópico de deshidratado solar para productos agrícolas. Es así como en el último curso de capacitación en ese tópico realizado del 24 al 26 de enero del 2024 se tuvo la participación de 10 técnicos de dicha unidad.
- c) Centro de Enseñanza Práctica e Investigación en Producción y Salud Animal (CEPIPSA) de la Facultad de Medicina, Veterinaria y Zootecnia-UNAM.- Dada la ubicación del CEPIPSA y las facilidades otorgadas para la construcción de la infraestructura del proyecto, su implementación y desarrollo, se consideró al CEPIPSA como el sitio idóneo para los fines propios del proyecto. Se estableció un convenio de colaboración interinstitucional entre la FMVZ-CEPIPSA y el IER, ambas dependencias de la UNAM, en donde la FMVZ otorga al IER el permiso de uso de los terrenos elegidos para la construcción de la infraestructura civil asociada al proyecto PASE; incluyendo las áreas

Página 49 de 94



DOCUMENTO
INFORME FINAL



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

administrativas y salas de usos múltiples con los salones para los fines propios del proyecto. Como contribución del proyecto PASE, la electricidad generada será consumida totalmente en las necesidades eléctricas diarias del CEPIPSA. La tasa de aportación fotovoltaica al consumo del CEPIPSA es aproximadamente del 65%.

- d) Tecnológico Nacional de México, Campus Tláhuac III.- Se estableció una vinculación con la Subdirección Académica del TNM-Tláhuac III para analizar la posibilidad de que estudiantes de la carrera de Ingeniería en Energías renovables pudieran realizar el Servicio Social obligatorio en actividades relacionadas con el proyecto PASE.

Se impartió una conferencia para difundir el proyecto PASE y como resultado se logró convencer a 11 estudiantes para que hicieran su respectivo Servicio Social a partir del 3 de octubre del 2022 al 10 de abril del 2023.

Posteriormente a su culminación del Servicio Social, la oficina académica respectiva les autorizó a los 11 estudiantes la realización de sus Residencia Profesional a partir del 15 de septiembre de 2023 al 15 de enero 2024.

- e) Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Xochimilco (UAM-Xoch).- A mediados del mes de agosto del 2023 y posterior a una conferencia impartida en dicha Unidad Académica de la UAM, 10 estudiantes de la Licenciatura en Agronomía cursaron la materia Unidad de Enseñanza Aprendizaje (UEA): Innovación Tecnológica en la Agricultura, estancia de 30 días, siendo el tutor/profesor, el Responsable del Proyecto PASE. Los estudiantes estuvieron participando en actividades propias agrícolas del proyecto desde el 4 al 29 de septiembre del 2023.

Posterior al cumplimiento y evaluación de dicha materia, 5 de ellos decidieron realizar su Servicio Social, a partir del 01 de octubre del 2023 al 28 de febrero del 2024.

Se ha tenido una colaboración cercana con la Directora Ing. Ana Lilia Bárcenas Cirtes para una posible réplica del proyecto PASE en las instalaciones de dicha institución. Con base en conversaciones realizadas con el SubSecretario de Educación Superior de la SEP, ella podría tener el 50% de la inversión del proyecto y nuestra experiencia será de gran utilidad para dicho proyecto.

- f) Red ECOS-SECTEI.- Se ha participado en varias reuniones de la Red ECOS-Redes Sustentabilidad Alimentaria en donde se ha expuesto el proyecto, objetivos, metas y alcances.

- g) Subsecretaría de Educación Superior.- La Secretaría de Educación Pública, SEP, está impulsando el “Programa Nacional Agrovoltaico” con el objetivo de motivar e incentivar la participación del sector educativo en dicho tópico, el cual, está enmarcado en las acciones prioritarias del Gobierno Federal para la Sustentabilidad Alimentaria, Agua y Energía. En este contexto y considerando el Objetivo 7 del Proyecto “PASE”, el Responsable Técnico del Proyecto atendió la invitación a participar en el



DOCUMENTO
INFORME FINAL



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

evento “Proyectos Agrovoltaicos” que se realizó en la Sala de la Unidad Internacional de Sedes Universitarias, en la Ciudad Universitaria UNAM, el día 17 de febrero de 2023.

En dicha reunión, se contó con la presencia del Dr. Luciano Concheiro Bórquez, Subsecretario de Educación Superior, SEP; Dra Ofelia Angulo Guerrero, Secretaria de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación, de la CDMX; Mtro. Enrique Ku González, Coordinador de Movilidad y Cooperación Académica, Subsecretaria de Educación Superior, SEP; Dra. Marlenne Mendoza González, Dirección General de Universidades Tecnológicas y Politécnicas; Dr. José Antonio Lever, Vicepresidente Adjunto para asuntos México. Estados Unidos, Universidad de Arizona; entre otras personalidades.

Posterior a ello, se han establecido varias visitas por parte del Mtro. Enrique Ku González, para fines de asesoría sobre la implementación de réplicas del proyecto PASE en algunas de las Universidades y sedes del Tecnológico Nacional de México.

- h) Empresa Eco Row México S.A. de C.V.; Donación de Composta.-Esta empresa se dedica a la recolección de desperdicios orgánicos y con ellos a la elaboración de composta. Se tuvo el acercamiento con el Lic. Héctor Hugo Márquez Escandón, Gerente General de dicha empresa, para ver la posibilidad del uso de su producto en nuestras micro parcelas. Nos dio a conocer las características fisicoquímicas del producto que comercializan, las cuales, satisfacen los requerimientos regulatorios para su uso en tierra de cultivo; en consecuencia, nos dimos a la tarea de convencerlo para una posible donación. Después de conocer los objetivos de nuestro proyecto, el Lic Márquez decidió donarnos 7.0 m³ de composta, estableciéndose un acuerdo verbal sobre la retroalimentación de las bondades de sus productos determinadas por el crecimiento de los cultivos que se propusieron.
- i) Comuneros de Topilejo.-El proyecto tenía contemplado que los caminos de acceso así como los pasillos entre parcelas se protegieran con piedra triturada para la formación de concretos. de construcción; con ella, se evitaría la formación de lodo en la temporada de lluvias, y la formación de polvo durante la sequía. Dado que los comuneros de Topilejo administran una dotación muy grande de “balastro” y considerando la opinión del Dr. Lizarazo, Jefe del CEPIPSA, se convino en visitar la Casa Comunal y platicar con ellos respecto del proyecto y sus necesidades. El proyecto agradó a los oyentes y nos garantizaron la dotación de los m³ que quisiéramos, solo que había que acarrearlos. Se contrató a un operario de Camión de Volteo y se acarrearon 24 m³ de dicho material. Dicha donación se pactó con la promesa de que ellos recibirían cursos de capacitación gratuitos en los tópicos que se desarrollen.



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

ALCANCES A CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO

Para esto se va a definir el corto plazo como el año posterior al término del 1er año de operación del proyecto; mediano plazo, al siguiente año; largo plazo, al año siguiente del término del mediano plazo.

Alcance a corto plazo (1 año- 2024-2025).-Tener en operación toda la instrumentación instalada, con los sensores calibrados, y la comunicación en tiempo real para el ciclo de cultivo primavera-verano 2024.

En dicho ciclo se ha decidido estudiar el crecimiento de algunas de las siguientes especies vegetales: jitomate, pepino, pepinillo, calabaza, papa, alcachofa, frambuesa, zarzamora, tomate; y algunas aromáticas como: romero, tomillo, mejorana, hinojo, hoja santa, menta, hierba buena, albahaca

Para el ciclo otoño-invierno 2024-2025, se pretende volver a cultivar y darle el seguimiento fenológico a los cultivos de brócoli, coliflor, col verde, puerro, lechuga sangría y lechuga italiana

Con los dos ciclos, se espera obtener un banco de datos que permitan identificar plenamente los beneficios que tienen los cultivos al crecer debajo de dicha cubierta fotovoltaica.

Paralelamente, se tendrá la información pertinente del desempeño eléctrico de las tecnologías fotovoltaicas instaladas y se determinará cual configuración eléctrica arroja la mayor energía producida anualmente.

Se instaurará una metodología de divulgación a partir de la elaboración de folletos informativos para la promoción de las actividades agrovoltáicas en la región; por ejemplo: preparación de tierra de cultivo, temporada de siembra, seguimiento de crecimiento, temporada de cosecha, caracterización morfológica; etc.

Se fomentará la participación de agricultores de la zona para el uso de los equipos de deshidratación solar mediante talleres familiares.

Alcance a mediano plazo (1 año-2025-2026).- Se modificará la cubierta fotovoltaica integrando láminas traslúcidas en los espacios entre las hileras de módulos. Con ello se tendrá que, debajo de la cubierta FV no habrá luz directa durante las horas comprendidas desde las 10:00 a las 14:00.

Se empezará con el ciclo primavera-verano 2025 con los cultivos estudiados en el ciclo primavera-verano 2024; y se realizará la comparación respectiva.

Para el ciclo otoño-invierno 2025-2026 se sembrarán las mismas especies del ciclo respectivo 2024-2025; y se realizará la comparación respectiva.

Se espera tener con dichos estudios todo un banco de información sobre la fenología de crecimiento de un cultivo bajo dos diferentes condiciones de sombreado por una cubierta FV.



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

Con ello, se pretende determinar cuál de las dos configuraciones es la que brinda los mejores resultados de crecimiento de los vegetales bajo estudio.

Paralelamente, se seguirá capturando la información pertinente del desempeño eléctrico de las tecnologías fotovoltaicas instaladas y se evaluará la degradación anual derivada de las inclemencias del tiempo: por ejemplo, altas dosis de UV; degradación por luz y temperatura; pérdida de potencia por ensuciamiento.

Se continuará con la metodología de divulgación a partir de la elaboración de folletos informativos para la promoción de las actividades agrovoltaicas en la región; por ejemplo: preparación de tierra de cultivo, temporada de siembra, seguimiento de crecimiento, temporada de cosecha, caracterización morfológica; etc.

Se fomentará la participación de agricultores de la zona para el uso de los equipos de deshidratación solar mediante talleres familiares.

Alcance a largo plazo (1 año-2026-2027).-Se evitará la incidencia de radiación directa por los costados Este-Oeste; y Sur, cubriendo las partes laterales con malla sombra del 80% de sombreado. Se realizarán los dos ciclos de cultivos con las mismas especies.

Se establecerá un banco de datos, se estudiará la fenología y con la información recabada, se determinará cual es la disposición de sombreado que permite las mejores condiciones de crecimiento para las especies estudiadas.

Paralelamente, se seguirá capturando la información pertinente del desempeño eléctrico de las tecnologías fotovoltaicas instaladas y se seguirá evaluando la degradación anual derivada de las inclemencias del tiempo.

Se instalará un analizador de redes para determinar el efecto de la penetración de la energía eléctrica fotovoltaica en la red eléctrica local del CEIPSA.

Todos los datos recabados durante los próximos tres años servirán de base para la posible replicación de sistemas agrovoltaicos a lo largo y ancho del país.



DOCUMENTO
INFORME FINAL



“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

CURSOS DE CAPACITACIÓN

La formación de recursos humanos a todos los niveles es una actividad preponderante y prioritaria para nuestro país, la actualización del conocimiento para estar al día con el desarrollo y avance tecnológico es imperativo en todas nuestras instituciones y niveles educativos.

Para el caso de los Sistemas Agrovoltaicos, las características tecnológicas que están involucradas en la implementación y desarrollo tecnológico de ellos implican el conocimiento de muchas áreas de las ciencias e ingenierías que se requieren conocer para aceptar, adoptar y poner en operación un sistema de energético agroalimentario de ese tipo. Por tal motivo, el proyecto PASE tiene una componente muy relevante en CAPACITACIÓN, y por esta razón se ha construido un aula especial y de usos múltiples que permitirá que los expertos y productores asociados al proyecto puedan capacitarse y compartir experiencias de una manera expedita, en un ambiente de colaboración y mediante talleres, divulgar los conocimientos adquiridos.

Considerando que el proyecto PASE es un Laboratorio Experimental ideado principalmente para el estudio y análisis del crecimiento de vegetales, la generación de conocimiento será continua y debemos de difundirla, divulgarla y crear los contenidos básicos para un proceso de capacitación continuo.

Para esto, el Programa de Capacitación que se está adoptando a través del PASE con actividades tipo STEM ha incluido, en su corto tiempo de operación, la impartición de los siguientes cursos:

Actividad	Evento	Título	Dirigido a	Lugar	Fecha	# Hr	Año	
O-C	Curso Taller de Capacitación del proyecto PASE	1er Curso/Taller de Secado Solar de alimentos	Estudiantes del TNM-Tlahuac III, colaboradores del proyecto PASE y estudiantes asociados al proyecto	IER-UNAM Morelos	Temixco,	Dic-08	8	2022
O-C	Curso Taller de Capacitación del proyecto PASE	2º. Curso/Taller de Secado Solar	Agricultores de la región, organizaciones no gubernamentales	CEPIPSA-FMVZ Tlalpan, CDMX	Topilejo,	Abr. del 26 al 27	15	2023
O-C	Curso Taller de Capacitación del proyecto PASE	3er. Curso/Taller de Secado Solar	Agricultores de la región, técnicos agropecuarios CORENADR Unidad Topilejo	CEPIPSA-FMVZ Tlalpan, CDMX	Topilejo,	Ene. del 24 al 26	24	2024
O-C I-C	Curso Taller de Capacitación del proyecto PASE	1er Curso Introdutorio Sistemas Fotovoltaicos	Estudiantes del TNM-Tlahuac III	IER-UNAM; FMVZ	CEPIPSA-	Mar. 17, 24, 31; Abr.7, 13 y 20	24	2023



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO
INFORME FINAL



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

O-C	Curso Taller de Capacitación del proyecto PASE	de	Curso Introdutorio en Agrovoltaicos	Estudiantes, Profesores y Público en general	En Línea:	Febr. 1, 5, 6 y 7	8	2024
I-C					https://www.agrivoltaicsinternational.org/international-school-of-agrivoltaics.html			

Nomenclatura: O-C: Organización de cursos; I-C: Impartición de curso por parte del Responsable del PASE.



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

Curso –Taller de Secado Solar (tres cursos)

Se impartieron tres cursos a saber:

El 1er curso se realizó en las instalaciones del IER-UNAM y estuvo dirigido a los estudiantes asociados al proyecto PASE, especialmente a los 11 elementos de la Licenciatura en Energías Renovables provenientes del Tecnológico Nacional de México (2 damas y 9 varones), Campus Tláhuac III y a nuestros estudiantes asociados al proyecto (todos varones), uno (1) de la Licenciatura en Energías Renovables de la UAEdo Mex, un (1) estudiante de la LIER-IER UNAM, tres (3) colaboradores del proyecto del IER UNAM, y un (1) estudiante de doctorado del Posgrado en Ingeniería área Energía de la UNAM.

El 2o curso se impartió en las instalaciones del CEIPSA-FMVZ Topilejo y estuvo dirigido a productores agrícolas de la región, organizaciones no gubernamentales, estudiantes y público en general. Participaron 7 mujeres y 14 varones.

El 3er curso se impartió también en el CEIPSA-FMVZ Topilejo y estuvo dirigido al público en general, pero con especial atención a los Técnicos de la CORENADR unidad Tlalpan Topilejo. Participaron 22 personas, 10 damas y 12 varones.

En el documento [Desh Solar 1o-2o-3er](#) se encuentra las evidencias de los tres cursos impartidos. Se incluye: Resumen de actividades, Cartel promocional en su caso, temario respectivo, tríptico “*Todo sobre Secado Solar*”, programa de actividades, instructores, lista de asistencia, datos de contacto, evidencias fotográficas, y en su caso, opinión de los participantes del curso.

Número de personas capacitadas por los tres cursos: 60

Curso Introductorio de Sistemas Fotovoltaicos

El 1er Curso Introductorio Sistemas Fotovoltaicos estuvo dirigido a los 11 estudiantes del TNM Campus Tláhuac con el objeto de capacitarlos para tener su apoyo durante las actividades programadas para la instalación de la PGSFV39.36. Este curso se imparte de manera rutinaria en las instalaciones del IER-UNAM a los estudiantes de la licenciatura en energías renovables y la curricula académica está bien definida en el programa de dicha materia. El material que se les imparte es el libro “Aplicaciones Fotovoltaicas de la Energía Solar en los sectores residencial, servicio e industrial: Dimensionamiento y diseño de sistemas fotovoltaicos”. Edición por Instituto de Energías Renovables UNAM;

ISBN: 978-523-04-1732-3; 2017, Autor principal: Dr. Aarón Sánchez Juárez; publicado en la web: http://www.fordecyt.ier.unam.mx/html/produccion_cientifica_libro_fotovoltaico_4.html



DOCUMENTO
INFORME FINAL



“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

1er Curso Agrovoltaicos: Introducción a Sistemas Agrovoltaicos

Con la colaboración del Prof Greg Barron-Gafford, la Universidad de Arizona, se organizó el 1er Curso Internacional Agrovoltaico que se llevó a cabo, vía remota en línea, los días 1, 5, 6 y 7 de febrero de 2024. La divulgación del evento se realizó mediante invitación por correo electrónico y usos de las redes digitales con un cartel promocional diseñado para tal fin. El contenido temático del curso se presentó mediante la página web de la Universidad de Arizona

<https://www.agrivoltaicsinternational.org/international-school-of-agrivoltaics.html>

mientras que el registro de participante se realizó, vía electrónica, utilizando la herramienta de Google format: <https://forms.gle/5heT55SutZKTDKiY6>

Se registraron 64 participantes para el curso, de los cuales durante 3 de los 4 días se mantuvieron constantes 25 personas, dentro de las cuales, 10 eran mujeres y 15 varones.

En el documento [Curso AgroFV-Completo](#) se encuentra las evidencias del curso impartido. Se incluye: Contenido del curso, Cartel promocional, instructores, Cartel promocional, relación de los participantes registrados, captura de pantalla de los participantes por día, liga para acceso al material didáctico, relación de participantes para elaboración de constancias de participación, constancias de participación; y el conjunto de diapositivas del tema Diseño de Sistemas Fotovoltaicos para proyectos agrovoltaicos.



DOCUMENTO
INFORME FINAL



“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

Durante el desarrollo del proyecto se tuvo la participación de estudiantes de Licenciatura provenientes de dos instituciones académicas, para realizar sus actividades de Servicio Social, Estancia de Colaboración, y Residencia Profesional. A continuación se presenta en Tablas la actividad realizada y el nombre de los estudiantes colaboradores.

Servicio Social

- A. Del **Tecnológico Nacional de México, Campus Tláhuac III**, participaron activamente 11 alumnos de la carrera de Ingeniería en Energías Renovables durante el periodo comprendido del 3 de noviembre de 2022 al 10 de abril de 2023.

Carpeta de expediente: [TNM-SS](#)

No.	Nombre	Periodo	Expediente en la Liga
1	Aguilar Alegría Jesús Yael	2022-10-03 al 2023-04-10	Aguilar Alegría Jesús Yael.pdf
2	Aviña Vidaña Iliel	2022-10-03 al 2023-04-10	Aviña Vidaña Iliel.pdf
3	Cartas López Migue	2022-10-03 al 2023-04-10	Cartas López Miguel.pdf
4	Gómez Jiménez Brian	2022-10-03 al 2023-04-10	Gómez Jiménez Brian.pdf
5	Ibáñez Martínez Bruno	2022-10-03 al 2023-04-10	Ibáñez Martínez Bruno.pdf
6	Juárez Aparicio Octavio Parménides	2022-10-03 al 2023-04-10	Juárez Aparicio Octavio Parménides.pdf
7	Pérez Espinoza Cesar Hazael	2022-10-03 al 2023-04-10	Pérez Espinoza Cesar Hazael.pdf
8	Serrano Martínez Sandra C	2022-10-03 al 2023-04-10	Serrano Martínez Sandra C.pdf
9	Texta Santamaría Joel	2022-10-03 al 2023-04-10	Texta Santamaría Joel.pdf
10	Venadero Gonsen Katya	2022-10-03 al 2023-04-10	Venadero Gonsen Katya.pdf
11	Zepeda Gonsen Jorge Alejandro	2022-10-03 al 2023-04-10	Zepeda Gonsen Jorge Alejandro.pdf

- B. De la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA UNIDAD XOCHIMILCO**, participaron activamente 5 estudiantes de la carrera Licenciatura en Agronomía durante el periodo comprendido de 01 de octubre de 2023 al 28 de febrero de 2024



DOCUMENTO
INFORME FINAL



“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

Carpeta de Expediente: [UAM-X-SS](#)

No.	Nombre	Periodo	Expediente en la liga
1	Hernández Hernández Juan Andrés	2023-10-01 al 2024-02-28	Hernández Hernández Juan Andrés.pdf
2	Mejía Coria Darian Nahomy	2023-10-01 al 2024-02-28	Mejía Coria Darian Nahomy.pdf
3	Navarrete Alvarado Perla Jocelyn	2023-10-01 al 2024-02-28	Navarrete Alvarado Perla Jocelyn.pdf
4	Pérez Esquivel Luis Antonio	2023-10-01 al 2024-02-28	Pérez Esquivel Luis Antonio.pdf
5	Zamora Mejía Carlos Tomás	2023-10-01 al 2024-02-28	Zamora Mejía Carlos Tomás.pdf

Residencia Profesional

Del **Tecnológico Nacional de México, Campus Tláhuac III**, participaron activamente 12 alumnos de la carrera de Ingeniería en Energías Renovables durante el periodo comprendido del 14 de septiembre 2023 al 15 de enero 2024.

Carpeta de expedientes: [TNM RS](#)

No.	Nombre	Periodo	Expediente
1	Aguilar Alegría Jesús Yael	2023-09-14 al 2024-01-15	Aguilar Alegría Jesús Yael-RS.pdf
2	Aviña Vidaña Iliel	2023-09-14 al 2024-01-15	Aviña Vidaña Iliel-RS.pdf
3	Cartas López Migue	2023-09-14 al 2024-01-15	Cartas López Miguel-RS.pdf
4	Ibáñez Martínez Bruno	2023-09-14 al 2024-01-15	Ibáñez Martínez Bruno-RS.pdf
5	Juárez Aparicio Octavio Parménides	2023-09-14 al 2024-01-15	Juárez Aparicio Octavio Parménides-RS.pdf
6	Pérez Espinoza Cesar Hazael	2023-09-14 al 2024-01-15	Pérez Espinoza Cesar Hazael-RS.pdf
7	Ruiz Piña Adal	2023-09-14 al 2024-01-15	Ruiz Piña Adal-RS.pdf
8	Santana Olvera Fernanda Esther	2023-09-14 al 2024-01-15	Santana Olvera Fernanda Esther-RS.pdf
9	Serrano Martínez Sandra Cecilia	2023-09-14 al 2024-01-15	Serrano Martínez Sandra Cecilia-RS.pdf



DOCUMENTO
INFORME FINAL



“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

10	Texta Santamaría Joel	2023-09-14 al 2024-01-15	Texta Santamaría Joel-RS.pdf
11	Venadero Gonsen Katya	2023-09-14 al 2024-01-15	Venadero Gonsen Katya-RS.pdf
12	Zepeda Gonsen Jorge Alejandro	2023-09-14 al 2024-01-15	Zepeda Gonsen Jorge Alejandro-RS.pdf

Estancia de Colaboración

De la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA, UNIDAD XOCHIMILCO** participaron activamente 5 estudiantes de la carrera Licenciatura en Agronomía durante el periodo comprendido del 4 al 29 de septiembre de 2023

Carpeta de expediente: [UAM-X-EC](#)

No.	Nombre	Periodo	Expediente
1	Álvarez López Sheila Janet	2023-10-04 al 2023-10-29	Álvarez López Sheila Janet-EstCol.pdf
2	Boisson Díaz Cristina Alejandra	2023-10-04 al 2023-10-29	Boisson Díaz Cristina Alejandra-EstCol.pdf
3	Castrejón López Violeta	2023-10-04 al 2023-10-29	Castrejón López Violeta-EstCol.pdf
4	Cuevas Delgado María José	2023-10-04 al 2023-10-29	Cuevas Delgado María José-EstCol.pdf
5	Díaz Ruiz Edenly Abigail	2023-10-04 al 2023-10-29	Díaz Ruiz Edenly Abigail-EstCol.pdf
6	Hernández Hernández Juan Andrés	2023-10-04 al 2023-10-29	Hernández Hernández Juan Andrés-Esl.pdf
7	Mejía Coria Darian Nahomy	2023-10-04 al 2023-10-29	Mejía Coria Darian Nahomy-EstCol.pdf
8	Navarrete Alvarado Perla Jocelyn	2023-10-04 al 2023-10-29	Navarrete Alvarado Perla Jocelyn-EstCol.pdf
9	Pérez Esquivel Luis Antonio	2023-10-04 al 2023-10-29	Pérez Esquivel Luis Antonio-EstCol.pdf
10	Zamora Mejía Carlos Tomás	2023-10-04 al 2023-10-29	Zamor10a Mejía Carlos Tomás-EstCol.pdf



DOCUMENTO
INFORME FINAL



“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

DIVULGACIÓN Y DIFUSIÓN

Con el objeto de dar a conocer los avances sobre la implementación y desarrollo de las actividades de investigación y capacitación del proyecto PASE, se ha participado en varios eventos de carácter social y de carácter académico. La idea principal es divulgar y difundir mediante cualquier medio lo que es la Parcela Agrovoltaica, Sostenible y Educativa, sus resultados y logros. Esta es una actividad continua que su éxito se debe basar en la información existente respecto de los organismos civiles involucrados con actividades agrícolas e inclusive pecuarias. A continuación se presenta en una Tabla la información de la participación de colaboradores en los diferentes foros nacionales e internacionales.

Actividades de Divulgación

Acrónimos:

N-P: Nota Periodística

E-MM: Entrevista en Medios Masivos

A-ME: Artículo en Medios Electrónicos

Tipo	Evento	Lugar	Fecha	Descripción	Año
N-P	Spanish news cn	https://spanish.news.cn/20231024/1c46911f178043a4b2c7657c064955c1/c.html	2023-10-23	ESPECIAL: México alberga única parcela agrovoltaica de América Latina para generar energías limpias y alimentos MÉXICO, 23 oct (Xinhua)	2023
E-MM	NCC IBERO-AMERICA	https://www.dailymotion.com/video/x8r7305	2024-01-08	La UNAM instala la primera parcela agrovoltaica de América Latina	2024
A-ME	UNAM GLOBAL	https://unamglobal.unam.mx/global_tv/instalan-en-la-unam-la-primera-parcela-agrovoltaica-de-mexico/	2023-10-11	INSTALAN EN LA UNAM LA PRIMERA PARCELA AGROVOLTAICA DE MÉXICO! rector Enrique Graue Wiechers visitó el proyecto que se realiza en alianza con la Universidad de Arizona y la SECTEI del Gobierno de la Ciudad de México También forma parte de un consorcio internacional conformado por instituciones de Francia, Marruecos, Israel, Kenia, México y Estados Unidos	2023



DOCUMENTO
INFORME FINAL



“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

N-P	Diario de Yucatán	https://diarioyucatan.pressreder.com/article/281681144562120	2023-10-25	Una parcela agrovoltaica. Única en Latam, genera alimentos y energías limpias. MÉXICO (Xinhua). En busca de generar energías limpias e incrementar la cantidad de alimentos y productos agrícolas, la UNAM instaló en el país la primera y única parcela agrovoltaica en América Latina	2023
N-P	Imagen Poblana	https://imagenpoblana.com/23/10/25/mexico-alberga-unica-parcela-agrovoltaica-de-america-latina	2023-10-25	México alberga única parcela agrovoltaica de América Latina En busca de generar energías limpias e incrementar la cantidad de alimentos y calidad de productos agrícolas, la máxima casa de estudios de México instaló la primera y única parcela agrovoltaica de América Latina en el país	
A-ME	Gaceta UNAM	https://www.gaceta.unam.mx/instalan-en-la-unam-la-primera-parcela-agrovoltaica-de-mexico/	2023-10-12	Instalan la primera parcela agrovoltaica de México. El proyecto se realiza en alianza con la Universidad de Arizona y la SECTEI del Gobierno de la Ciudad de México.La UNAM alberga la primera instalación agrovoltaica de México:	2023
N-P	Imagen Agropecuaria	https://imagenagropecuaria.com/2023/instalan-primera-parcela-agrovoltaica-de-mexico-en-la-unam/	2023-10-11	Instalan primera parcela agrovoltaica de México en la UNAMLa UNAM alberga la primera instalación agrovoltaica de México: la Parcela Agrovoltaica Sostenible y Educativa (PASE), con la cual se busca incrementar la calidad y cantidad de productos agrícolas, generar energías verdes, reducir hasta en 80 por ciento el consumo de agua y socializar nuevas tecnologías entre los productores.	2023
N-P	Noticias NCC	https://noticiasncc.com/cartera/articulos-0-noticias/01/08/la-unam-instala-la-primera-parcela-agro-voltaica-de-america-latina/	2024-01-08	La UNAM instala la primera parcela agrovoltaica de América Latina México. En busca de generar energías limpias e incrementar la cantidad de alimentos y la calidad de productos agrícolas. La máxima Casa de Estudios de México instaló la primera y única parcela Agro voltaica de América Latina en el país.	2023



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO
INFORME FINAL



Gobierno de la
Ciudad de México

SECTEI

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

N-P	MXCity	https://mxcity.mx/2023/10/1/a-primera-parcela-agrovoltaica-sostenible-de-mexico-se-encuentra-en-la-cdmx/	2023-10-30	LA PRIMERA PARCELA AGROVOLTAICA SOSTENIBLE DE MÉXICO SE ENCUENTRA EN LA CDMX Esta Parcela Agrovoltaica pronto será un gran centro de investigación y experimentación. La Parcela Agrovoltaica Sostenible y Educativa (PASE), es la primera instalación de su tipo en México, y con ella se busca incrementar la calidad y cantidad de productos agrícolas, generar energías verdes, reducir hasta en 80% el consumo de agua y socializar nuevas tecnología entre los productores.	2023
-----	--------	---	------------	---	------

Las evidencias sobre la divulgación que se ha realizado por los diferentes medios de comunicación, se muestran en las ligas electrónicas de cada una de las actividades consideradas en la tabla anterior.



DOCUMENTO
INFORME FINAL



“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

Actividades de Difusión

Nomenclatura

T-CI: Trabajo presentado en Congreso por Invitación

C-I: Conferencia impartida

S-I: Seminario impartido

Tipo	Evento	Título	Lugar	Fecha	Año
T-CI	COLOQUIO NACIONAL DE POSGRADO DE MEDIO AMBIENTE 2023-2	Agrovoltaico: expectativas y experiencias en un caso de estudio	Mexicali, Baja California (virtual) Dif-Conf Coloquio NacPosgMAmb.	2023-12-07	2023
T-CI	1ER SIMPOSIUM NACIONAL AGROVOLTAICO, TECNOLOGÍA, AMBIENTE Y SOCIEDAD	Innovación en tecnología agrovoltaica Proyecto: Parcela Agrovoltaica, Sostenible y Educativa, “PASE”	Hermosillo, Sonora Dif-1er SimpNac AFV.pdf	2023-11-07	2023
C-I	International School of Agrovoltaics Universidad de Arizona, Tucson Arizona	Parcela Agrovoltaica Sostenible y Educativa	Universidad de Arizona Tucson Arizona	2022-07-12	2022
S-I	Seminario de Sustentabilidad Alimentaria; SECTEI Red Ecos, Instituto Rosario Castellanos	Parcela Agrovoltaica, Sostenible Y Educativa	Transmisión en línea por https://www.youtube.com/live/YC274r DGjw?si=MA3f8vDiOYC2yk 2K	2023-09-27	2023
S-I	Seminario de Proyectos Agrovoltaicos; organizado por SubSecretaría de Educación Pública, SEP	Parcela Agrovoltaica, Sostenible Y Educativa	Sala de la Unidad Internacional de Sedes Universitarias, CU-CDMX Dif-Sem Proy AFV-PASE	2023-02-17	2023
S-I	Seminario de Sustentabilidad Alimentaria Ciclo de Conferencias Secretaria de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación Ciudad de México	Uso de Celdas Fotovoltaicas para el Manejo Sustentable de la Agricultura	Transmisión por: https://www.sectei.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/en-mas-de-15-anos-se-redujo-en-dos-tercios-la-zona-chinampera-de-xochimilco	2022-08-23	2022

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

MATERIAL DIDÁCTICO Y TÉCNICO

Con el objeto de tener herramientas de capacitación, difusión y divulgación, que fortalezcan los objetivos y metas del proyecto PASE, se han elaborado documentos, cuadernillos, posters, trípticos, que se están usando como Material Didáctico para los cursos de capacitación que se han considerado a través del Programa de Capacitación del proyecto PASE; y promocional en los diferentes foros tanto académicos como de divulgación en el ámbito social. En la siguiente Tabla se presentan los materiales que se han elaborado para tal propósito:

Autor	Nombre	Categoría	Carpeta de Ubicación MATERIAL DIDÁCTICO
Aarón Sánchez-Juárez, Teresa de Jesús Ruiz Sánchez Miguel Ángel Guevara Nieto	Agrovoltaicos: Conceptos, Aplicaciones y Caso de Estudio	Cuadernillo, 24 páginas (Documento Didáctico, Divulgación)	PASE-Agrovoltaico.pdf
Aarón Sánchez Juárez Teresa de Jesús Ruiz Sánchez	Cultivos Agrovoltaicos: Resultados del Periodo otoño-Invierno 2023	Cuadernillo, 24 páginas (Documento Didáctico, Divulgación)	PASE-Cultivos.pdf
Teresa de Jesús Ruiz Sánchez Isaac Pilatowsky Figueroa Octavio García Valladares Aarón Sánchez-Juárez,	Secado Solar de Alimentos; Conceptos y Aplicaciones	Cuadernillo, 24 páginas (Documento Didáctico, Divulgación)	PASE-Secado Solar.pdf
Aarón Sánchez-Juárez, Teresa de Jesús Ruiz Sánchez	P1: Parcela Agrovoltaica, Sostenible, Educacional PASE		Poster-1&5-VRector.pdf



DOCUMENTO
INFORME FINAL



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

Miguel Ángel Guevara Nieto	<p>P2: Infraestructura integrada en la Parcela Agrovoltaica, Sostenible y Educacional</p> <p>P3: Cultivos de especias</p> <p>P4: Deshidratadores solares-Secado Solar</p> <p>P5: Colaboradores del proyecto PASE</p>	<p>Poster (Documento de Divulgación)</p>	
Aarón Sánchez-Juárez, Teresa de Jesús Ruiz Sánchez	Deshidratadores Solares	<p>Documento Técnico Didáctico 41 páginas (Divulgación, Difusión)</p>	Deshidratadores Solares.pdf
Edson Osvaldo Ángel Ruíz Aarón Sánchez Juárez Leobardo Sánchez Cruz (Ing. Civil, Estructurista)	Diseño y Construcción del Aula Didáctica y Almacén: Caseta de Usos Múltiples, CUM	<p>Documento Técnico Memoria de Cálculo y Planos; 5 documentos 64 páginas (Difusión)</p>	CUM-Diseño-Construcción.pdf
Aarón Sánchez Juárez Leobardo Sánchez Cruz (Ing. Civil, Estructurista)	Diseño y Construcción de la Estructura Metálica Reticular	<p>Documento Técnico Memoria de Cálculo y Planos; 5 documentos; 361 páginas (Difusión)</p>	EMR-Diseño-Construcción.pdf
Aarón Sánchez Juárez	Cultivos Agrovoltaicos en Topilejo, Tlalpan, CDMX Resultados de los primeros cultivos cosechados	<p>Documento Técnico Didáctico 41 páginas (Difusión, Divulgación)</p>	Cultivos-Análisis crecimiento.pdf



DOCUMENTO
INFORME FINAL



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

Aarón Sánchez Juárez	Monitoreo de Parámetros y Variables en Sistemas Agrovoltaicos: Mejores Prácticas	Documento Técnico Didáctico 51 páginas (Difusión)	Monitoreo-Mejores prácticas.pdf
Aarón Sánchez Juárez Edson O. Ángel Ruíz Samuel Rosas López Salazar	Elaboración del Ante-Proyecto: PGESFV para el Sistema Chinampa Agrovoltaica, Sostenible y Educativa	Documento Técnico 58 páginas (Difusión)	Ante-Proy PGESFV-CASE.pdf
Aarón Sánchez Juárez Edson O. Ángel Ruíz Samuel Rosas López Salazar	Especificaciones Generales para la Adquisición y Proyecto Ejecutivo de la PGESFV asociada al Proyecto Pase	Documento Técnico 42 páginas (Difusión)	Proy Ejec PGESFV 39.36.pdf
Miguel Á. Guevara Nieto Teresa de Jesús Ruiz Sánchez Aarón Sánchez-Juárez,	Prospectiva Agrovoltaica para México: Agricultura y Energía en el mismo terreno	Artículo de difusión; sometido para su publicación en el Congreso ANES-SNES 48	Art&sometido ANES 2024.pdf
Aarón Sánchez-Juárez Teresa de Jesús Ruiz Sánchez Miguel Á. Guevara Nieto	Tecnología Agrovoltaica para México: Agricultura y aprovechamiento del recurso hídrico	Artículo de divulgación; sometido revista PV Magazine	TFV&México magazine.pdf



DOCUMENTO INFORME FINAL



“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

PAGINA WEB

Con el objeto de tener una mayor penetración nacional e internacional del proyecto PASE y divulgar las características, retos, logros, experiencias y mejores prácticas es mediante una página electrónica en la red de comunicación.

Inclusive, contar con un sitio oficial en donde los integrantes del proyecto PASE puedan mantener una comunicación fluida con el resto del país, e inclusive el mundo, es mediante dicho instrumento de comunicación. Por tal motivo, se ha creado una página web, cuya dirección es:

www.parcelaagrovoltaica.com.mx

PÁGINA WEB DEL PROYECTO PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL

Ubicación: www.parcelaagrovoltaica.com.mx

Responsable del contenido de la página: Dr. Aarón Sánchez Juárez; correo: asj@ier.unam.mx

Realización y edición: Lic. Jazmín Sánchez Pérez; correo: jazminsp@dsunrise.mx

DESCRIPCIÓN

La página electrónica del proyecto ha sido elaborada para divulgar, de manera masiva las actividades que se han realizado, los cultivos bajo estudio, los resultados, barreras y logros; y algunas recomendaciones para su posible adopción y replicación.

Actualmente, la página tiene 5 “pestañas” de acceso a la información, a saber: INICIO, ACERCA DE, GALERÍA, NOTICIAS, BLOG; pero se irán creando otras; por ejemplo: DOCUMENTOS, CAPACITACIÓN u otras, a medida como se vaya desarrollando la interacción de las personas que accedan a la información.

Por ahora, se tienen lo siguiente:

- En la pestaña INICIO, se encuentra la información de Objetivos, Impactos, ubicación del sitio en donde está desarrollándose el proyecto y datos de contacto.
- En la pestaña ACERCA DE se proporciona información general del concepto agrovoltaico, su importancia, y respuestas a algunas preguntas frecuentes; se proporcionan fotografías de los grupos de trabajo y de algunos investigadores del equipo de colaboración.
En esta pestaña, se insertó la subpestaña CULTIVOS en donde se proporciona información acerca de los primeros cultivos sembrados el 14 de septiembre 2023 para su estudio correspondiente
- En la pestaña GALERÍA se proporcionan videos y fotografías del proyecto.
- En la pestaña NOTICIAS se proporcionan reportajes, material de divulgación y notas publicadas.



DOCUMENTO
INFORME FINAL



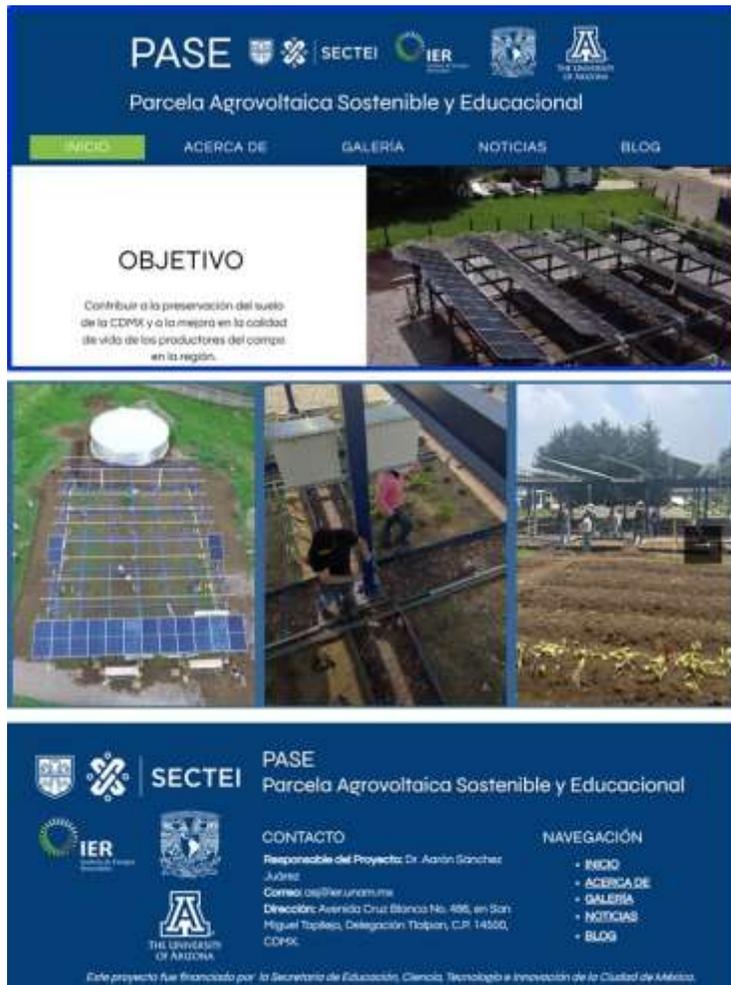
GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX



- e) La pestaña BLOG pretende ser un vínculo de comunicación entre los lectores de la página y miembros del equipo de colaboradores del proyecto. La idea es establecer un medio de comunicación en donde las personas que acceden a la página solicitando apoyo para solucionar dudas o problemas, puedan atenderse y dar solución por integrantes del equipo de colaboradores.

En ella se subido y se mantendrá actualizada toda la información que se genere durante el desarrollo del proyecto PASE, incluyendo noticias actuales, entrevistas, artículos de difusión, cursos de capacitación, material didáctico, blog

Esta página se estará actualizando cada 15 días para tener información “fresca” de los acontecimientos agrovoltaicos que se susciten en el país.



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO
INFORME FINAL



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

INDICADORES DEL PROYECTO PASE

INFRAESTRUCTURA CONSTRUÍDA: Total 8	
Descripción	Cantidad
Estructura Metálica Reticular	1
Caseta de Usos Múltiples	1
Micro parcelas para el Cultivo de Especies Vegetales	1
Sistema de Riego Automatizado por Goteo	1
Sistema de Captación de Agua de Lluvia	1
Tanque de Almacenamiento de Agua TAA	1
Planta de Generación de Eléctrica Fotovoltaica de 39.36 kW interconectada a la RGD	1
Sistema de Adquisición de Datos para variables ambientales	1

CURSOS DE CAPACITACIÓN: Total 5	
Descripción	Cantidad
Secado Solar	3
Sistemas Fotovoltaicos	1
Sistema Agrovoltaico	1

PARTICIPANTES EN CURSOS DE CAPACITACIÓN: Total 96	
Descripción	Cantidad
Curso-Taller de Secado solar (tres cursos)	60
Curso Introductorio a Sistemas Fotovoltaicos	11
1er Curso Agrovoltaicos	25

FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS: Total 38	
ESTUDIANTES DE SERVICIO SOCIAL	
	Cantidad
Tecnológico Nacional de México, Campus Tláhuac III	11
Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco	5
RESIDENCIA PROFESIONAL	
	Cantidad
Tecnológico Nacional de México, Campus Tláhuac III	12



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO
INFORME FINAL



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

ESTANCIA DE COLABORACIÓN	Cantidad
Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco	10

PRODUCTORES BENEFICIADOS: 19	
Actividades directas en la Parcela: Sr. Víctor Rodríguez Padilla y Sr. Pedro Hernández	2
Por cursos de capacitación sobre Secado Solar:	17

TÉCNICOS BENEFICIADOS (CORENADR Tlalpan-Topilejo): 15	
Por cursos de capacitación sobre Secado Solar:	15

DISEMINACIÓN DEL CONOCIMIENTO: Total 15	
Actividades y Productos de Divulgación	9
Actividades y Productos de Difusión	6

MATERIAL DIDÁCTICO Y TÉCNICO: Total 17	
Cuadernillos Didácticos de 24 páginas	3
Posters	5
Documento Técnico-Didáctico para difusión y divulgación	3
Documento Técnico para Difusión	4
Artículo sometido a Congreso Nacional para difusión	1
Artículo sometido a Revista de Divulgación	1



DOCUMENTO
INFORME FINAL



“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

ENTREGABLES

FORMACIÓN ACADÉMICA Y PROFESIONAL

Subtipo	Cant	Evidencia- Descripción	Cumplido	Justificación (en cualquier caso)
Tesis de Licenciatura	2	Documento que indique la aceptación de la Tesis como meritoria para realizar el examen profesional (documento que indique el 100% del avance de la Tesis)	NO	<p>Dadas las facilidades que otorgan las Instituciones académicas para la titulación de los estudiantes, muchos eligen realizarlo mediante el camino de Residencia Profesional, seminario de titulación, inscripción y cursos de maestría u otro mecanismo en lugar de elaborar una Tesis. Este fue el caso que aquí se reporta.</p> <p>Se tuvo la participación de 12 estudiantes del TNM Campus Tláhuac III haciendo su Residencia Profesional dentro del periodo comprendido del 14 de septiembre de 2023 al 15 de enero de 2024 (4 de ellos terminaron el 11 de diciembre porque querían titularse en febrero 2024). Como tutor de ellos en el IER-UNAM, al finalizar su periodo, fueron sometidos a una evaluación sobre su desempeño y entregaron su informe correspondiente.</p> <p>Los documentos de terminación de dicha actividad emitidos por el IER-UNAM fueron fechados el 15 de enero 2024 (para los primeros 4 la fecha fue el 15 de diciembre 2023).</p> <p>Los emitidos por el TNM Tláhuac III sobre el cumplimiento y validez de titulación, fueron fechados el 26 de febrero, fecha posterior a la culminación del proyecto PASE. Por tal motivo, al no tener la evidencia considerada, evalué el entregable como NO cumplido.</p> <p>Sin embargo, los 12 estudiantes tienen su constancia de VIALIDAD por parte del TNM Tláhuac III para titularse con el Reporte de Servicio Social que entregaron al culminar todos los requerimientos normativos para ello.</p> <p>La evidencia de la terminación de dicha actividad, RESIDENCIAPROFESIONAL, así como los documentos que avalan la VIALIDAD para titularse, se encuentran en la Carpeta de expedientes: TNM RS</p> <p>Si se toma en consideración la descripción de la JUSTIFICACIÓN, existen los argumentos para dispensar el</p>



DOCUMENTO
INFORME FINAL



“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

<p>Servicio Social</p>	<p>2</p>	<p>Documento digital</p>	<p>SI</p>	<p>requisito de evidencia (documento que indique la aceptación de la Tesis) y tener el cumplimiento del entregable con 12 Estudiantes formados.</p> <p>Este entregable fue superado 8 veces, es decir se tuvo la participación de 16 estudiantes realizando su Servicio Social, 11 del TNM Tláhuac III y 5 de la UAM Xochimilco. La evidencia se encuentra en las Carpetas Carpeta TNM-SS y UAM-X-SS</p>
<p>Ponencia o Poster en Congreso Nacional o Internacional</p>	<p>1</p>	<p>Constancia de participación de la presentación o ponencia de resultados de la investigación</p>	<p>SI</p>	<p>Este entregable fue superado 6 veces; sin embargo, solo se tienen dos participaciones con las evidencias exigidas. En los archivos</p> <p>Dif-1er SimpNac AFV.pdf</p> <p>Dif-Conf Coloquio NacPosgMAmb.</p> <p>Se presentan los documentos de participación requeridos. En el evento reportado en el archivo</p> <p>Dif-Sem Proy AFV-PASE</p> <p>Se presentan la evidencia de participación en el mismo.</p> <p>Dos más, fueron conferencias en línea; y la realizada en la Universidad de Arizona, no se otorgaron documentos de participación.</p>

INVESTIGACIÓN Y PRODUCCIÓN CIENTÍFICA

<p>Manuscrito de Artículo para presentación en Revista Indexada</p>	<p>1</p>	<p>Constancia de recepción en Revista Indexada.</p>	<p>NO</p>	<p>Se anexa borrador de un manuscrito para someterlo a revista indexada.</p> <p>La razón principal se debe a que no se tuvo el tiempo necesario para la captura y análisis sistemático de datos. Las obras de infraestructura se retrasaron mucho tiempo tal que, iniciamos la siembra de cultivos el 14 de septiembre 2023 sin tener instalado los sensores del sistema de adquisición de datos. En aras de tener material para reportar crecimientos de cultivos, decidimos, aun sin terminar las obras de infraestructura, iniciar nuestro primer ciclo de cultivos el 14 de septiembre sembrando 10 especies diferentes para</p>
---	----------	---	------------------	---



DOCUMENTO INFORME FINAL



“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL” “PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

realizar “pruebas de concepto” de crecimiento de las plantas elegidas.

Por fortuna en septiembre inició el ciclo de cultivos otoño-invierno, y durante éste, se estuvo observando y dando seguimiento visual al crecimiento de las 10 especies. Se realizaron dos fechas de cosecha, una el 22 de noviembre (lechugas italiana y sangría; y acelga) y la otra fecha, el enero 5 (col verde, brócoli y coliflor).

Todos los datos adquiridos para los indicadores seleccionados los estamos procesando para tener el material necesario para la redacción de un artículo y su futura publicación en este año.

Los documentos actuales que nos están sirviendo de base para la redacción en inglés de un Artículo de circulación internacional son, por ejemplo: Archivo [Cultivos-Análisis crecimiento.pdf](#); archivo [Art& sometido ANES 2024.pdf](#); también los cuadernillos Archivos [PASE-Agrovoltaico.pdf](#) y [PASE-Cultivos.pdf](#)

Como se constata, el material que proporcionará la información para la elaboración del manuscrito comprometido apenas está en proceso de estudio por lo que no se ha escrito el citado documento.

Por la razón anterior, solicito la dispensa de entrega de dicho documento por el momento y en su lugar, decidimos elaborar otro manuscrito relacionado con el proyecto pero que no necesitara de los datos experimentales, que sustituya al comprometido. El artículo se llama:

“Technical and Economic Analysis for Agrovoltaiacs Systems Implementation at Mexico City Agriculture Zones”

El borrador del manuscrito, el cual anexo como entregable, lo estamos revisando para enviarlo



DOCUMENTO
INFORME FINAL



“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

a la revista *Agronomy for Sustainable Development* o *Renewable and Sustainable Energy* Le comento que, cuando lo enviemos a la revista seleccionada, le avisaremos, y posterior a su aceptación y publicación, se le estará notificando oportunamente.

INVESTIGACIÓN APLICADA , DESARROLLO TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN

Subtipo	Cant	Evidencia- Descripción	Cumplido	Justificación (en cualquier caso)
Informe Técnico	1	Proyecto Ejecutivo para la Licitación de compra de PGESFV para aplicaciones agrovoltaicas.	SI	Se realizó un anteproyecto Ejecutivo y Memoria de Cálculo para el CASE, Ver archivo Ante-Proy PGESFV-CASE.pdf Se realizó un Proyecto Ejecutivo para el PASE, Ver archivo Proy Ejec PGESFV 39.36.pdf
Informe Técnico	1	Estructura Reticular Elevada	SI	Ver archivo EMR-Diseño-Construcción.pdf
Informe Técnico	1	Cultivos agrovoltaicos en Topilejo. Resultados de los primeros cultivos cosechados	SI	Ver archivo Cultivos-Análisis crecimiento.pdf
Informe Técnico	1	Diseño y Construcción de Caseta de Usos Múltiples	SI	Ver archivo CUM-Diseño-Construcción.pdf
Informe Técnico	1	Documento que describa las	SI	Ver archivo Monitoreo-Mejores prácticas.pdf

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

Mejores Prácticas
para el Monitoreo
de los
SistemasAgrovoltai
cos

Un manual 1 descriptivo	Documento técnico que describe las diferencias entre el sistema tradicional y agrovoltaico: Impactos en las condiciones de cosecha en el clima local	SI	A la fecha de la elaboración del presente Informe Final, solo se han cosechado 6 especies de las 10 sembradas, y con el estudio realizado en ellas, se elaboraron dos documentos que integran los tres manuales descriptivos considerados como entregables.
Un manual 1 descriptivo	Documento técnico que describe las diferencias entre el sistema tradicional y agrovoltaico: Impactos en la fenología de la plantas de estudio	SI	En uno de los documentos (ver archivo Cultivos-Análisis crecimiento.pdf) se presenta el estudio sistemático de los indicadores que se identificaron para dar identificar los impactos del clima tanto bajo de la cubierta FV como al aire libre sobre los indicadores y parámetros visuales seleccionados; así mismo su impacto en la fenología de las plantas por medición de características físicas de las especies cosechadas: Ambas observaciones y la identificación de los efectos del clima sobre los indicadores fueron comparados con aquellas especies que crecieron a cielo abierto tanto dentro de las micro parcelas como en los surcos. Esa información se integra en el documento mencionado. El segundo documento (ver archivo PASE-Cultivos.pdf) es un Manual en la presentación de “cuadernillo” que da cabida a los tres requerimientos considerados como entregables pero se ha colocado la información en un lenguaje claro para los productores agrícolas.
Un manual 1 descriptivo	Documento técnico que describe las diferencias entre el sistema tradicional y agrovoltaico: Impactos en la producción de los distintos tipos de cultivo objeto de estudios	SI	
Un Artículo 1 de Divulgación	Documento que describa las perspectivas del potencial para las	SI	<i>Prospectiva Agrovoltaica para México: Agricultura y Energía en el mismo terreno</i>

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

	instalaciones agrovoltáicas a lo largo del gradiente climático de México		Artículo de difusión; sometido para su publicación en el Congreso ANES-SNES 48 Ver archivo Art&sometido ANES 2024.pdf
			Tecnología Agrovoltáica para México: Agricultura y aprovechamiento del recurso hídrico Artículo de divulgación; sometido revista PV Magazine Ver archivo TFV&México magazine.pdf
Una Guía de 1 incidencia del uso de agrovoltáico	Una Guía clara del proyecto de investigación, los resultados finales, y las experiencias y conclusiones para los productores y posible replicación	SI	<i>Agrovoltáicos: Conceptos, Aplicaciones y Caso de Estudio.</i> -Cuadernillo, 24 páginas (Documento Didáctico, Divulgación) Ver archivo: PASE-Agrovoltaico.pdf <i>Cultivos Agrovoltáicos: Resultados del Periodo otoño- Invierno 2023:</i> Cuadernillo, 24 páginas (Documento Didáctico, Divulgación) Ver archivo: PASE-Cultivos.pdf
Un manual 1 descriptivo	Documento que contenga y describa El secado solar: Técnica, equipos de deshidratado solar, Adquisición, Manual de operación y Mantenimiento,	SI	Deshidratadores Solares: Documento Técnico Didáctico 41 páginas (Divulgación, Difusión). Ver archivo: Deshidratadores Solares.pdf
Un sitio Web	Creación de un sitio web con la información de los recursos agrovoltáicos relacionados con la ciencia, tecnología, ingeniería y	SI	Se ha creado una página web en español, de acceso libre, en donde se están subiendo todos los documentos de divulgación y difusión que se han generado a partir de este “año de acción” del proyecto PASE. La dirección es: www.parcelaagrovoltaica.com.mx



DOCUMENTO
INFORME FINAL



“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

	matemáticas, que reúna base de datos y se divulgue la información relacionada con los agrovoltaicos		
Capacitación: 1 Por lo menos 20 productores y estudiantes de instituciones	Material didáctico: Cuadernillos, Posters y presentaciones en formato Power point. Material necesario para la capacitación en el siguiente tema: Experiencias, Resultados y logros del cultivo agrovoltaico	SI	Agrovoltaicos: Conceptos, Aplicaciones y Caso de Estudio: Cuadernillo, 24 páginas Ver archivo: PASE-Agrovoltaico.pdf Cultivos Agrovoltaicos: Resultados del Periodo otoño-Invierno 2023: Cuadernillo, 24 páginas Ver archivo: PASE-Cultivos.pdf Ver: Sist FV&Agro-FV-Pres PP.pdf
Capacitación: 1 Por lo menos 20 productores y estudiantes de instituciones	Material didáctico: Cuadernillos, Posters y presentaciones en formato Power point. Material necesario para la capacitación en el siguiente tema: Experiencias, Resultados y logros del proceso de deshidratación	SI	<i>Secado Solar de Alimentos; Conceptos y Aplicaciones;</i> Cuadernillo, 24 páginas (Documento Didáctico, Divulgación) Ver archivo: PASE-Secado Solar.pdf Ver Archivo: Tríptico-Todo sobre Secado Solar.pdf Ver Archivo: Mat Didac-Curso de secado.pdf



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL” “PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

CONCLUSIONES

Conclusiones Generales respecto de la infraestructura

Se ha concluido el primer periodo de actividades de producción del proyecto Parcela Agrovoltaica, Sostenible y Educacional. Hemos dicho, primer periodo de producción, porque aunque el Convenio de Asignación de Recursos se firmó el 15 de octubre de 2021, con una vigencia al 15 de noviembre de 2022, las barreras que tuvo que afrontar dicho proyecto para su implementación, construcción, puesta en marcha y desarrollo, lo atrasaron notablemente; sin embargo se tiene la satisfacción de haber cumplido al 100% con los compromisos pactados en los Convenios suscritos en su oportunidad.

Es pertinente decir y dejar muy claro que, aunque el Convenio de Asignación de Recursos fue firmado el 15 de octubre de 2021, la parte medular del desarrollo del proyecto para su implementación comenzó en el mes de marzo del 2023 con la firma del contrato de construcción de la Estructura Metálica Reticular.

La construcción de la obra principal, Estructura Metálica Reticular (EMR), que es la que soporta estructuralmente a los 72 MFV's, sin la cual no hay parcela agrovoltaica, comienza su construcción en el mes de marzo 2023 y la terminan el mes de septiembre de 2023.

Es exactamente en ese mes, septiembre de 2023, que da inicio las actividades propias del proyecto “Parcela Agrovoltaica, Sostenible y Educacional”; y en 5 meses, 15 días, de septiembre 2023 al 15 de febrero 2024, fecha en que termina la vigencia del 2º Convenio Modificatorio, el equipo de colaboradores activos, tanto del IER UNAM, del TNM Campus Tláhuac, de la UAM Unidad Xochimilco; del Coordinador de Cultivos, y del apoyo institucional del personal del CEPIPSA, logró cumplir con todos los objetivos, metas planteadas y entregables del proyecto PASE.

Las actividades físicas realizadas por todo el equipo de colaboradores del IER-UNAM, los estudiantes del Tecnológico Nacional de México Campus Tláhuac III, los estudiantes de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, el Coordinador de Cultivos, Sr. Víctor Rodríguez Padilla y su peón Antonio Aguilar, las cuales fueron arduas y laboriosas, lograron instalar y poner en operación toda la infraestructura civil, eléctrica, electrónica, agrícola y de riego que integra al proyecto PASE; a saber:

- A) Estructura Metálica Reticular Elevada (EMR).- Se construyó una Estructura Metálica Reticular de 3.0 m de altura diseñada mecánicamente para soportar la carga estática del peso de 72 MFVs (30 kg cada uno) más el peso de la estructura FV. El diseño estructural es tal que soporta las cargas dinámicas asociadas a la velocidad de viento de la zona.
La estructura cuenta con canchales para recolección de agua de lluvia
- B) Planta de Generación Eléctrica Solar Fotovoltaica de 39.36 kW.- Se instaló mecánicamente y eléctricamente y se puso en operación el Sistema Fotovoltaico de 39.36 kW que proporciona la cubierta fotovoltaica al proyecto agrovoltaico. Dicho sistema esta interconectado a la Red



DOCUMENTO
INFORME FINAL



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

General de Distribución de CFE a través de la Red Eléctrica Local del CEIPSA desde el 17 de noviembre 2023.

Los MFV's fueron “sembrados” sobre la EMR en hileras de 12 MFVs separadas 1.4 m ua de otra. Cada hilera tiene un canal metálico en su extremo más bajo para la recolección del agua de lluvia, la que se canaliza al tanque de almacenamiento.

A la fecha del 10 de febrero 2024, la PGESFV ha producido un monto energético promedio diario de 155.6 kWh por día, acumulando a dicha fecha una producción de 13,223.48 kWh, los cuales se han consumido en el CEIPSA reduciendo notablemente su facturación.

- C) Tanque de Almacenamiento de Agua (TAA).- Se construyó un tanque superficial cilíndrico de 140 m3 de capacidad para almacenar el agua de lluvia que se “cosecha” con la cubierta fotovoltaica.
- D) Caseta de Usos Múltiples (CUM).-Se construyó una caseta para fines de uso múltiples con un superficie aproximada de 89.5 m2. Cuenta con dos cubículos de 9.0 m2 cada uno y pasillos de servicio y mantenimiento para lavado y preparado de producto agrícola.
- E) Deshidratadores solares.- Se adquirieron e instaladores 2 tipos de deshidratadores solares: uno modelo tipo gabinete del cual se adquirieron 4 unidades; y uno tipo túnel
- F) Un sistema de riego por goteo.- Se adquirió e instaló todo el equipo necesario para tener un sistema de riego automatizado por goteo.
- G) Sistema de Adquisición de datos.- e cuenta con un sistema de adquisición de datos que estará funcionando en tiempo real para la medición de variables y parámetros ambientales y aquellos relacionados con el crecimiento de los cultivos.
- H) Micro-parcelas.- Se cuenta con 30 micro-parcelas para la siembra de especies vegetales, 24 debajo de la cubierta fotovoltaica y 6 a cielo abierto.

Logro

Primer Laboratorio de Investigación y Capacitación Agrovoltaico.- Toda la infraestructura aquí considerada convierte al proyecto PASE en un Laboratorio de Investigación para el estudio fenológico de especies vegetales que crecen debajo de una cubierta fotovoltaica, no hay otro igual en el país, es decir es único en México, e inclusive en América Latina,

Conclusiones particulares respecto de los cultivos

Con base en la planificación de cultivos, se sembraron 10 especies diferentes, dos especies en cada micro-parcela, el día 14 de septiembre de 2023. A partir de esa fecha se les dio seguimiento visual a su crecimiento.

Las siguientes afirmaciones se generan de las observaciones y cuantificaciones realizadas con respecto a 6 de los 10 productos sembrados. Éstas, solo son aplicables a la geometría de la Cub-FV, a la climatología



DOCUMENTO INFORME FINAL



“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL” “PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

del lugar, al tipo de tierra de cultivo preparada, al volumen y periodicidad del riego, así como a la forma de mantener y cuidar los cultivos.

A continuación, se presentan las **conclusiones de este estudio que corresponde a la Prueba de Concepto y Arranque de la Parcela Agrovoltaica, Sostenible y Educativa, como un Laboratorio de Investigación para el crecimiento de cultivos bajo el concepto Agrovoltaico y fortalecimiento del sector agrícola de la región de Tlalpan.**

Lechuga Sangría

- Independientemente de la posición en donde se haya sembrado la especie, el crecimiento de la especie cultivada debajo de la **Cub-FV**, considerando tamaño y peso, NO se ve afectada por la intensidad lumínica o radiación solar global existente en dicha zona.
- La falta de radiación solar incidente en la especie hace que el follaje de dicha especie tienda hacia un color verde con manchas rojizas (no característico de la especie). Así, se identificó un cambio de coloración en las plantas sembradas en las Líneas L2 y L4 del cajón C10, líneas que siempre estuvieron sombreadas.
- Los cultivos realizados a cielo abierto alcanzan su grado de madurez en periodos de tiempo más cortos que aquellas que se cultivan debajo de la Cub-FV. Ya que esta especie se cosechó el 22 de noviembre, 68 días después de ser sembradas, se estima un tiempo de crecimiento con ese número de días para cielo abierto.
- Las plantas que han crecido a cielo abierto son de mayor tamaño y peso que aquellas que han crecido debajo de la Cub-FV. La diferencia fue de hasta 2.2 veces más pesadas.
- Los cultivos crecidos debajo de la Cub-FV crecen más lento que los crecidos a cielo abierto. No se tiene la herramienta para estimar cuantos días serán necesarios para alcanzar los valores promedios de los pesos de las especies crecidas a cielo abierto. Esto se realizará en un futuro próximo.

Lechuga italiana

- Como el peso de los cultivos crecidos en todos los cajones debajo de la Cub-FV no es similar, con una diferencia entre ambos de 92.3 gr, se determina que, con la configuración geométrica de instalación de los módulos FV que forman la **Cub-FV**, el crecimiento de las plantas se ve afectado por la intensidad lumínica o radiación solar global debajo de la **Cub-FV**.
- Las plantas que han crecido a cielo abierto son de mayor tamaño y peso que aquellas que han crecido debajo de la Cub-FV. La diferencia fue de hasta 3.26 veces más pesadas.
- Como resultado de las mediciones realizadas a los parámetros indicadores, se tiene que el crecimiento de los productos debajo de la **Cub-FV** se ve reducido tanto en tamaño del follaje como



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y DUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

en peso, siendo una de las causas, la disminución de la intensidad de la radiación solar global, que para esta especie es baja.

Acelgas

- Considerando las mediciones de los indicadores de las hojas de las plantas crecidas bajo la **Cub-FV**, se determinó un crecimiento parejo en los indicadores analizados.
- Comparando los valores promedio de los indicadores analizados para las hojas de las plantas crecidas a cielo abierto con aquellas crecidas bajo la **Cub-FV**, se tiene que a cielo abierto las hojas son de mayor tamaño, en promedio, un 43% más grande que aquellas crecidas debajo de la Cub-FV

Brócoli

- El crecimiento de las plantas de brócoli debajo de la Cub-FV es uniforme, más lento que el de las plantas crecidas a cielo abierto; por lo que, para un mismo número de días de crecimiento, el tamaño de las plantas crecidas a cielo abierto es mayor que aquel de las plantas crecidas debajo de la Cub-FV.
- Se determinó visualmente y posteriormente con la cuantificación de los indicadores de crecimiento, que, a cielo abierto, la especie llega a su “madurez” con un fruto de buen tamaño en menos tiempo del que se cuantifica para las especies que crecen debajo de la Cub-FV.
- El crecimiento de los productos debajo de la **Cub-FV** es menor que aquellos medidos a cielo abierto; el tamaño se ve disminuido tanto en el follaje como en peso, pudiendo ser una de las causas, una menor acumulación de energía solar.
- El crecimiento de las plantas debajo de una cubierta fotovoltaica se ve aletargado derivado de la menor acumulación de energía solar con respecto a aquel de las plantas que crecen a cielo abierto. Esta aseveración se corroboró: Las plantas pueden alcanzar el tamaño de aquellas crecidas a cielo abierto dejándole más días de crecimiento.

Col Verde

- El crecimiento de las plantas de Col Verde debajo de la Cub-FV es uniforme, más lento que el de las plantas crecidas a cielo abierto; por lo que, para un mismo número de días de crecimiento, el tamaño de las plantas crecidas a cielo abierto es mayor que aquel de las plantas crecidas debajo de la Cub-FV.
- Se determinó visualmente y posteriormente con la cuantificación de los indicadores de crecimiento, que, a cielo abierto, la especie llega a su “madurez” con un fruto de buen tamaño en menos tiempo del que se cuantifica para las especies que crecen debajo de la Cub-FV.

Página 83 de 94

- Documento Confidencial para uso informativo del Cuerpo Académico de Evaluación del proyecto
- Prohibida su reproducción parcial o total para fines distintos a los especificados. Para otros fines, solicitar la reproducción al Dr. Aarón Sánchez Juárez, Autor del Documento, Responsable Técnico del Proyecto “PASE”.



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

- Observando los valores de la Tabla 6 se apreció que el producto con mayor peso fue el cosechado con 143 días de crecimiento proveniente del cajón C27, a cielo abierto, con una magnitud de 3.47 kg; mientras que, para los productos crecidos debajo de la Cub-FV fue de 2.05 kg proveniente del cajón C1 con 143 días de crecimiento.

Coliflor

- El crecimiento de las plantas de Coliflor debajo de la Cub-FV no es uniforme, más lento que el de las plantas crecidas a cielo abierto; por lo que, para un mismo número de días de crecimiento, el tamaño de las plantas crecidas a cielo abierto es mayor que aquel de las plantas crecidas debajo de la Cub-FV.
- Por otra parte, se determinó visualmente y posteriormente con la cuantificación de los indicadores de crecimiento, que, a cielo abierto, la especie llega a su “madurez” con un fruto de buen tamaño en menos tiempo del que se cuantifica para las especies que crecen debajo de la Cub-FV.

NOTA: Las conclusiones anteriores NO son absolutas, simplemente son el resultado de la comparación de los valores de los indicadores en una muestra representativa de las características físicas de las plantas cosechadas

Conclusiones respecto de la densidad de cultivos

- Se debe disminuir la densidad de plantación para los cultivos de gran follaje: Col verde, Col morada, Coliflor, Brócoli; ya que con la densidad a la que fueron sembrados, se produce una competencia entre nutrientes, y al ser menor su concentración, se impacta en la reducción del crecimiento de la especie.
- Para los cultivos de Col verde, Brócoli y Coliflor, sembrados en el surco tradicional que crecieron en tierra no abonada, se determinó que, aunque el follaje de la hortaliza es aceptable y de buen tamaño, su fruto es de menor tamaño y peso en comparación con aquellos crecidos en los cajones a cielo abierto, con tierra de cultivo abonada. La razón de esta diferencia pudo ser la densidad de plantas por m² que fue mucho mayor en los surcos (15) que en los cajones (2.6) por lo que se infiere una competencia de nutrientes entre plantas vecinas. Lo anterior implica menos densidad de plantación.



DOCUMENTO
INFORME FINAL



“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

Conclusiones del Efecto de la Cub-FV sobre los cultivos

- Debajo de la Cub-FV se crea un microclima que favorece a las plantas protegiéndolas de las inclemencias del tiempo;
- Adicionalmente, se disminuyó la cantidad de riego, es decir, la Cub-FV reduce significativamente la evapotranspiración de las plantas teniendo un ahorro, calculado empíricamente, con un valor aproximado del 16.7% en esta temporada de invierno, en la cual, de acuerdo con el Atlas del Tiempo¹ el valor promedio de la humedad relativa del ambiente en los meses de septiembre a diciembre fue de 67.5%.

¹ <https://www.weather-atlas.com/es/mexico/topilejo-el-tiempo-en-diciembre>



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

REFLEXIONES

Los Recursos de Energía Solar son abundantes en México, ofreciendo nichos de oportunidad para la generación de electricidad en el ámbito rural y urbano mediante la implementación de Sistemas Fotovoltaicos. Estos son una alternativa tecnológica económica y ecológica para la generación de electricidad en el ámbito rural fortaleciendo las actividades agropecuarias. Estos sistemas deben diseñarse a partir de requerimientos y necesidades energéticas específicas propias de cada proyecto de forma.

El uso de los Sistemas Fotovoltaicos bajo el concepto Agrovoltaico proporciona todos los beneficios mencionados anteriormente con el plus extra de que la tierra abajo de la cubierta fotovoltaica es usada como zona de cultivo de alto rendimiento para determinadas especies vegetales; aspecto que ha sido demostrado con los diferentes proyectos reportados a nivel mundial; y que en nuestro caso, los hemos corroborado con nuestros primeros resultados y logros alcanzados.

Las especies vegetales comestibles que se desarrollan bajo el concepto de Agricultura Protegida, son las mejores candidatas a ser cultivadas bajo el concepto agrovoltaico; para ellas, con base en la cantidad de hectáreas dedicadas a dicha actividad se determinó la magnitud de la Potencia Pico de los Sistemas Fotovoltaicos que se pueden instalar bajo el concepto agrovoltaico (Ver archivo [Art&sonetido ANES 2024.pdf](#)). Usando un Factor de Ocupación del 50% para los arreglos fotovoltaicos ($S_A = 0.5 S_D$) con MFV con una eficiencia del 20%, la Potencia Pico que se puede instalar sobre estructuras elevadas es la siguiente:

Para el caso de especies cultivadas con **mallá sombra**, se puede instalar **15,027.18 MW** de potencia Fotovoltaica; para especies cultivadas en **invernaderos**, el cálculo arroja **13,450.54 MW**; y para **macro túnel**, la cantidad es de **3,536.97 MW**; los tres métodos de cultivo arrojan una **Potencia Pico Total con una capacidad de 32,015.09 MW**; es decir, **del orden de 32 GW**.

Cabe destacar que, para el cierre de 2023, la SENER reporta que se tienen alrededor de 10.5 GW de capacidad instalada fotovoltaica en México, por lo que, el potencial de instalación de Sistemas Agrovoltaicos para la Agricultura Protegida es casi tres veces mayor a todo lo que se ha instalado de tecnología solar fotovoltaica convencional dentro de territorio nacional.

Con base en datos climatológicos para cada estado, se ha estimado una generación anual de energía agrovoltaica aproximada de 61,496.4 GWh. Así mismo, de acuerdo con información de la Secretaría de Energía SENER [Tabla 2.2 Ref. 23], la venta anual de energía eléctrica en el año 2022 de suministro básico para los sectores Comercial, Industrial, Agrícola, Doméstico y Servicios, fue de 214,594 GWh. Si se compara dicho valor con el valor estimado agrovoltaico, se tiene que, si las zonas dedicadas a la Agricultura Protegida se convierten en Sistemas Agrovoltaicos, éstas pueden suministrar al Sistema Eléctrico Nacional una aportación del 29% de la energía que se consumió en el año 2022.



DOCUMENTO INFORME FINAL



“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL” “PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

Por otra parte, la estimación de la captación de agua por las cubiertas fotovoltaicas para los proyectos AFV en el país, asciende a un monto anual de 224,173,934.32 m³. Adicionalmente, se observó que, podría obtenerse, por la sustitución de módulos fotovoltaicos en cultivos protegidos por malla sombra, un volumen de agua mínimo en Baja California del 12.38%, correspondiente al gasto hídrico promedio necesario para el riego de hortalizas y hasta un 205%, en Chiapas. Con el volumen de agua captado, muchos estados pueden aportar un alto porcentaje de demanda de agua de los cultivos bajo sombra, contribuyendo no sólo a la economía de los productores, sino también a una distribución del recurso hídrico a la zona aledaña, disminuyendo los tiempos de restricción en periodo de sequía.

Por lo anterior, la transformación de los espacios cotidianos libres en espacios destinados a la Generación Agrovoltaica Distribuida es una vía para combatir la contaminación, el cambio climático, la falta de empleo, la falta de alimento y la creciente demanda eléctrica. Así, los sistemas agrovoltaicos representan una alternativa para la sustentabilidad energética, hídrica y alimentaria, de nuestro país.

No obstante, a los resultados de este trabajo, se debe realizar un análisis económico completo, así como los estudios sociales pertinentes para la implementación y adopción de este tipo de tecnología. Un avance en esto lo representa el proyecto PASE que se está implementando y desarrollando en el CEPIPSA–FMVZ bajo la dirección de investigadores del IER, ambas, dependencias de la UNAM, con el financiamiento de la SECTEI–CDMX. Este es un proyecto que proporcionará los alcances descritos anteriormente, pero sobre todo que servirá como base para el desarrollo de muchos proyectos en las parcelas agrícolas ubicadas en aquellas zonas que han sido catalogadas como de conservación como lo es el área chinampera de Xochimilco y Tláhuac.



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

CONTINUIDAD DE ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN CAPACITACIÓN DEL PROYECTO PASE

Se ha invertido mucho recurso económico para la implementación y puesta en marcha del proyecto Parcela Agrovoltaica, Sostenible y Educacional. Los logros resultados encontrados con nuestra prueba de concepto en términos de operación, despachó de cultivos y funcionalidad de la infraestructura instalada da cuenta de que el proyecto PASE se ha convertido en un Laboratorio de Investigación y Capacitación para la generación de conocimiento, formación de recursos humanos y ser una catapulta que esta detonando la replicación del proyecto a lo largo y ancho del país.

La afirmación anterior se hace con base en las visitas que se han recibido en las instalaciones del PASE por parte de personalidades importantes tales como: el Rector de la UNAM, Dr. Enrique Graue Wiechers; la Dra. Ofelia Angulo Guerrero, actual Secretaría de la SECTEI; Dra. Rosaura Ruiz Gutiérrez, Ex Secretaria de la SECTEI; Dr. Francisco Luciano Concheiro Bórquez, Subsecretario de Educación Superior de la SEP; representantes de la embajada de Alemania, Philipp Ruchke y Adriana Quintanar; profesores de la Universidad Tecnológica “Fidel Velazquez”, Prof. Jesús Nicolás Bermúdez; de la Subsecretaría de Educación Superior de la SEP, Logan Sandoval Ávila, Enrique Ku González, Wendy Castañeda; del TNM Campus Tlahuac III, la Directora Ana Lidia Bárcenas Cortés.

La SEP a través de la Subsecretaría de Educación Superior ha iniciado un programa de implementación de proyectos agrovoltaicos para implementarlos en las instituciones de educación superior; y si es así, crear una red de Sistemas Agrovoltaicos a lo largo y ancho del país con la finalidad de tener las herramientas técnicas para mitigar los problemas que, en un futuro cercano, tendrá nuestro país en los tres ejes agua-energía-alimentos. Se está demostrando con los proyectos agrovoltaicos que éstos son la alternativa adecuada para la mitigación de los problemas que se avecinan en esos tres ejes de sustentabilidad.

Por tal motivo, al contar actualmente con un Laboratorio de Investigación y Capacitación en Agrovoltaicos, gracias al financiamiento de la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación, es importante garantizar la continuidad de las actividades propias de dicho proyecto.

Se propone continuar las actividades de siembra de especies por tres años más para cubrir todos los aspectos de los efectos del diseño de la cubierta fotovoltaica sobre las especies de vegetales endémicas de la zona. A la par, establecer los Programas de Capacitación propuestos y fortalecerlos para que el conocimiento sea masivo, con especial atención hacia los productores y amas de casa, sin dejar a un lado a jóvenes estudiantes, público interesado en aprender sobre el tema agrovoltaico y deshidratadores. Así mismo, integrar al proyecto a profesores de la carrera de Licenciatura en Agronomía y a profesionistas agrónomos para fortalecer los estudios respecto de la fenología de los vegetales que crezcan bajo la cubierta fotovoltaica.



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL



Gobierno de la
Ciudad de México

SECTEI

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL” “PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

Se requiere tener de los fondos necesarios anuales para tal fin y aprovechar la infraestructura que se tiene en operación.

Para el ciclo Primavera-Verano, ya se han seleccionado los cultivos, los cuales, serán sembrados en la primera semana del mes de mayo.

Se ha estimado un costo operativo anual de \$2,000,000.00 para cubrir los servicios del coordinador de cultivos, dos peones, gastos de movilidad y comida para dos agrónomos, gastos de becas de servicio social para estudiantes, gastos de operación y mantenimiento de la infraestructura, y para la compra de plántulas e insumos propios de la operación de la parcela.,

DOCUMENTOS OFICIALES ASOCIADOS DEL PROYECTO

A este informe se anexa, mediante una liga de acceso de archivo [CARPETA DE DOCUMENTOS OFICIALES](#) toda la documentación relacionada con las actividades administrativas y técnicas del proyecto.



DOCUMENTO
INFORME FINAL



“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

AGRADECIMIENTOS

El Responsable Técnico del Proyecto PASE y autor intelectual principal de todos los documentos elaborados incluyendo este Informe Final, desea agradecer, infinitamente la colaboración y ayuda incondicional de las siguientes personas:

Estudiantes del Tecnológico Nacional de México, Campus Tláhuac III

- 1 Aguilar Alegría Jesús Yael
- 2 Aviña Vidaña Iliel
- 3 Cartas López Migue
- 4 Gómez Jiménez Brian
- 5 Ibáñez Martínez Bruno
- 6 Juárez Aparicio Octavio Parménides
- 7 Pérez Espinoza Cesar Hazael
- 8 Ruiz Piña Adal
- 9 Santana Olvera Fernanda Esther
- 10 Serrano Martínez Sandra Cecilia
- 11 Texta Santamaría Joel
- 12 Venadero Gonsen Katya
- 13 Zepeda Gonsen Jorge Alejandro

Estudiantes de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco

- 1 Álvarez López Sheila Janet



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO
INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

- 2 Boisson Díaz Cristina Alejandra
- 3 Castrejón López Violeta
- 4 Cuevas Delgado María José
- 5 Díaz Ruiz Edenly Abigail
- 6 Hernández Hernández Juan Andrés
- 7 Mejía Coria Darian Nahomy
- 8 Navarrete Alvarado Perla Jocelyn
- 9 Pérez Esquivel Luis Antonio
- 10 Zamora Mejía Carlos Tomás



DOCUMENTO INFORME FINAL



“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL” “PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

Colaboradores del IER-UNAM

Dra. Teresas de Jesús Ruiz Sánchez; MI Edson Osvaldo Ángel Ruiz; MI Samuel Rosas López Salazar; MI Miguel Ángel Guevara Nieto; MI Nairo Ruperto Rodríguez; MenES José Ortega Cruz; Dr. Octavio García Valladares; Dr. Isaac Pilatowsky Figueroa; Dr. Alfredo Domínguez Niño; Dra. Paulina Guillen Velázquez

Al personal administrativo del IER: Lic. Soraya Josefina Molina Rodríguez; Ing. Beatriz Olvera Rodríguez, responsable financiero del proyecto; José García Díaz (QPD) chofer, Adrián Morales Bernal (Chofer); Nohemy Parada Soria (secretaria); Victor Solís Serrano (chofer); Patricia Arzate Segura (secretaria)

Cultivos

Sr. Víctor Rodríguez Padilla, Coordinador

Sr. Antonio Aguilar, peón agrícola

Colaboradores del CEIPSA

Dr. Augusto César Lizarazo Chaparro, Coordinador-Jefe del Centro

Lic Uriel Díaz Hernández, Delegado Administrativo del Centro

Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México

A la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México, se le agradece profundamente el haber otorgado los fondos económicos necesarios para la realización del proyecto “Parcela, Agrovoltaica, Sostenible y Educativa”.

Especial agradecimiento a la Dra. Ofelia Angulo Guerrero, titular de la SECTEI; Dr. Juan Luis Días de León Santiago, Director General de la Dirección General de Ciencia, Divulgación, y Transferencia de Conocimiento, SECTEI; y con profundo agradecimiento a L.A. Diana Inés Allende Yáñez; Jefa de Unidad Departamental de Operaciones, Desarrollo Científico, Centros y Consorcios; DGCDTC-SCTI-SECTEI; Responsable de Seguimiento del Proyecto; SECTEI CDMX



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO
INFORME FINAL

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y DUCACIONAL”
“PASE”



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECTEI

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. Goetzberger A, Zastrow A (1982) On the coexistence of solar-energy conversion and plant cultivation. *Int J Solar Energy* 1:55–69. <https://doi.org/10.1080/01425918208909875>
- [2]. Obergfell T, Bopp G, Reise C, Schindele S (Eds.), (2017) *Landwirtschaft unter Photovoltaik – die weltweit erste APV-Forschungsanlage im Reallabor*, 15 pp.
- [3]. Dupraz C, Marrou H, Talbot G, Dufour L, Nogier A, Ferard Y (2011a); Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy* 36: 2725–2732. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.03.005>
- [4]. Elamri Y, Cheviron B, Lopez J-M, Dejean C, Belaud G (2018); Water budget and crop modelling for agrivoltaic systems: application to irrigated lettuces. *Agric Water Manag* 208:440–453. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.07.001>
- [5]. Dinesh H, Pearce J M (2016); The potential of agrivoltaic systems. *Renew Sust Energ Rev* 54:299–308. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.024>
- [6]. Valle B, Simonneau T, Sourd F, Pechier P, Hamard P, Frisson T, Ryckewaert M, Christophe A (2017) Increasing the total productivity of a land by combining mobile photovoltaic panels and food crops. *Appl Energy* 206:1495–1507. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.09.113>
- [7]. Xue, J. (2017). Photovoltaic agricultura: New opportunity for photovoltaic applications in China. *Renewable and Sustainable Energy*; **73**, 1-9; <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.098>
- [8]. Greg A. Barron-Gafford, Mitchell A. Pavao-Zuckerman, Rebecca L. Minor, Leland F. Sutter Isaiah Barnett-Moreno, Daniel T. Blackett, Moses Thompson, Kirk Dimond, Andrea K. Gerlak, Gary P. Nabhan and Jordan E. Macknick (2019); Agrivoltaics provide mutual benefits across the food–energy–water nexus in drylands; *Nature Sustainability*; DOI: 10.1038/s41893-019-0364-5
- [9]. Axel Weselek, Andrea Ehmann, Sabine Zikeli, Iris Lewandowski, Stephan Schindele, Petra Högy (2019); Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. A review; *Agronomy for Sustainable Development* 39:35; <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0581-3>
- [10]. Sekiyama, T., & Nagashima, A. (2019). Solar Sharing for Both Food and Clean Energy Production: Performance of Agrivoltaic Systems for Corn, A Proctor, K., Murthy, G., & Higgins, C. (2021). Agrivoltaics Align with Green New Deal Goals While Supporting Investment in the US’ Rural Economy; *Sustainability* **2021**, 13, 137. <https://dx.doi.org/10.3390/su13010137>
- [11]. Typical Shade-Intolerant Crop; *Environments* **2019**, 6, 65; doi:10.3390/environments6060065
- [12]. Touil, S., Richa, A., Fizir, M., & Bingwa, B. (Junio de 2021). Shading effect of photovoltaic panels on horticulture crops production. *Environ Sci Biotechnol*. <https://doi.org/10.1007/s11157-021-09572-2>
- Dos Santos, C. (2020). Agrivoltaic system: a possible synergy between agriculture and solar energy; Master of Science Thesis Department of Energy Technology, TRITA-ITM-EX 202:57



IER
Instituto de Energías
Renovables

DOCUMENTO INFORME FINAL



Gobierno de la
Ciudad de México

SECTEI

“PARCELA AGROVOLTAICA, SOSTENIBLE Y EDUCACIONAL” “PASE”

Documento elaborado por: Dr. Aarón Sánchez Juárez
Responsable Técnico del Proyecto “PASE”
Febrero 15 de 2024

Documento preparado para: Secretaría de Educación, Ciencia,
Tecnología e Innovación de la CDMX

- [13]. Sánchez Juárez, A., Martínez Escobar, D., De la Luz Santos Magdaleno, R., Ortega Cruz, J., & Sánchez Pérez, P. (2017). *Aplicaciones fotovoltaicas de la energía solar en los sectores residencial, servicio e industrial*. CDMX: Universidad Nacional Autónoma de México.