

PROPUESTA DE REUTILIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DE INVERNADEROS ABANDONADOS, PARA EL DESHIDRATADO SOLAR DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS, EN LA LOCALIDAD DE LA CURVA, MUNICIPIO DE XALISCO, NAYARIT.

Hada E Tadeo Ceniceros¹ - Sarah R Messina Fernández¹ - Anthony Y Hernández Bautista¹ - José Campos Alvarez²
Jazmín E Franco Lopez¹ - Claudia E Saldaña Duran¹

¹Universidad Autónoma de Nayarit, Ciudad de la Cultura S/N, Col. Centro, Tepic, Nayarit. México. C.P. 63000,
Tel: (311) 211 88 00. Ext-8757, hadatadeo@gmail.com

²Instituto de Energías Renovables (UNAM), Priv. Xochicalco S/N Temixco, Morelos, México. C. P. 62580.

RESUMEN

La localidad de la Curva es una comunidad rural de 817 habitantes, ubicada en el municipio de Xalisco, Nayarit, sus coordenadas son 21°21' N y 104°50' W, a 923 msnm. La principal actividad económica es la producción de caña de azúcar y recientemente, aguacate, jamaica, zarzamora y fresa. El cultivo de caña de azúcar, ha traído graves conflictos sociales debido a la inmigración de familias dedicadas al corte de caña, el empleo temporal y mal remunerado, además, los impactos ambientales, por las altas emisiones de CO₂ durante la zafra y el uso desmesurado de los recursos hídricos. Los cultivos alternativos de fresa, zarzamora y jamaica, aunque incipientes, representan una opción sustentable para el desarrollo local. En el caso específico de la zarzamora y la fresa, la falta de tecnologías para su almacenamiento y procesamiento, obliga a los productores a vender en fresco a precios bajos. La deshidratación solar ofrece una alternativa para conservar los productos, ayudando a disminuir pérdidas dando valor agregado y, mejorando la productividad. Este trabajo propone el re-diseño de un prototipo de deshidratador solar, a partir de la rehabilitación de estructuras metálicas tipo invernadero, instaladas en la localidad, derivado de apoyos federales y actualmente abandonadas. Se presentan los datos de recurso solar disponible y variables climatológicas del año meteorológico típico para el sitio de estudio, obtenidos con PVGIS, el cálculo de ganancia de energía utilizando láminas de policarbonato celular, los volúmenes de procesamiento de frutas, el diseño de los sistemas de ventilación y extracción de aire y el diseño de la instrumentación para la medición de variables físicas que influyen el proceso de secado. Además, se presentan y discuten los beneficios sociales, económicos y ambientales de la propuesta, con la finalidad de promover su implementación en la localidad y en diversas regiones del estado.

ABSTRACT

La Curva is a rural community with 817 inhabitants, located in the municipality of Xalisco, Nayarit; its coordinates are 21 ° 21 'N and 104 ° 50' W, at 923 meters above sea level. The main economic activity is sugar cane production and, recently, avocado, hibiscus, blackberry, and strawberry. The cultivation of sugar cane has brought severe social conflicts due to the immigration of families dedicated to cutting cane, temporary and poorly paid jobs, and environmental impacts, due to high CO₂ emissions during the harvest and the excessive use of hydric resources. Alternative strawberry, blackberry, and hibiscus crops, although incipient, represent a sustainable option for local development. In the specific case of blackberries and strawberries, the lack of technologies for their storage and processing forces producers to sell fresh at low prices. Solar dehydration offers an alternative to preserve products, helping to reduce losses by adding value and improving productivity. This work proposes designing a prototype of a solar dehydrator based on the rehabilitation of metallic greenhouse-type structures, installed in the locality, derived from federal support, and currently abandoned. The available data of the solar resource and the climatological variables of the typical meteorological year for the study site are presented, obtained with PVGIS, the calculation of the energy gain using cellular polycarbonate sheets, the fruit processing volumes, the design of the ventilation and air extraction and the design of instrumentation for the measurement of physical variables that influence the drying process. In addition, we presented the social, economic, and environmental benefits of the proposal and discussed how to promote its implementation in the locality and various regions of the state.

Palabras clave; secador solar tipo invernadero, cultivos alternativos, conservación de productos agrícolas, rehabilitación de invernaderos, recurso solar. fresa, zarzamora y jamaica.

INTRODUCCIÓN

La comunidad de la Curva se ubica en la región central de Nayarit, apenas a 22.60 Km. de la capital del estado, dentro del área conocida como el Valle de Matatipac, con elevaciones topográficas que llegan a los 923msnm, descendiendo de forma envolvente llegando en las partes más bajas a los 900 msnm, cuenta con un clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano, y temperaturas que oscilan entre los 18° y 28° C, región de tierra fértil y recarga hídrica. En la figura 1 se muestra la zona de estudio. Según el Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA, 2015) Nayarit se encuentra dentro de los 15 estados productores de la caña de azúcar, el municipio de Xalisco representa la tercera parte de las zonas de cultivo.

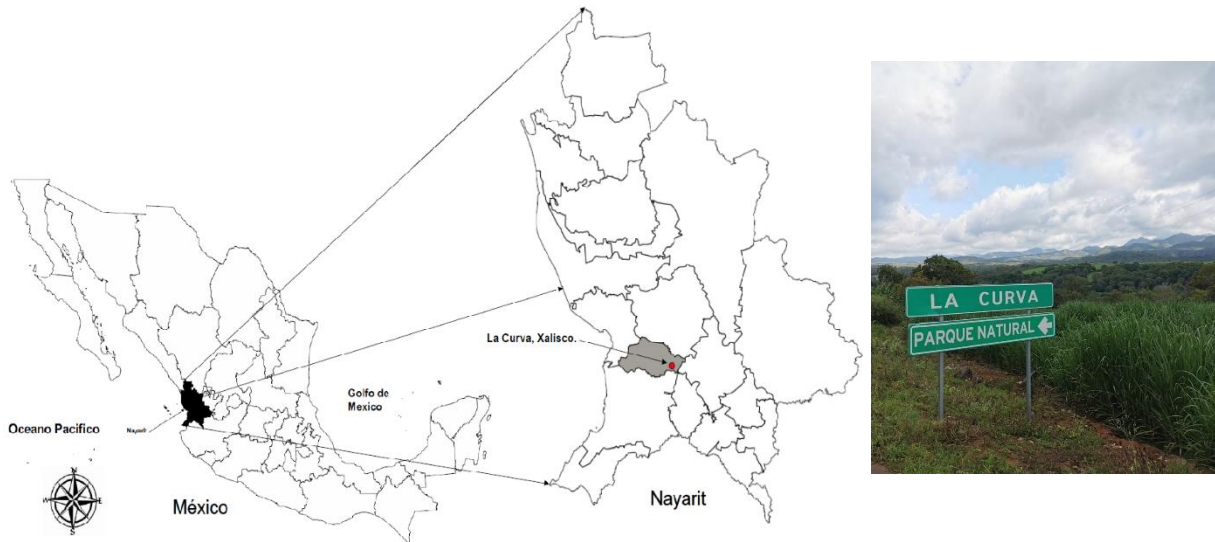


Figura 1 Localización de La Curva, Xalisco, Nayarit.

La estructura socio-económica de La Curva, es similar a las demás localidades del municipio de Xalisco, su similitud es con respecto a la actividad económica de la agricultura, y no solo en sus cultivos y forma de hacer producir sus tierras, sino por la crisis económica en que esta actividad se encuentra. La Curva, se encuentra en una transición social hablando, ya que el número de habitantes está en disminuyendo debido a la migración que la escasez económica genera por la crisis agrícola. A la vez, se manifiestan nuevas estructuras familiares con respecto a la búsqueda de oportunidades de empleo, transitando de las familias nucleares tradicionales, a unidades de familias tipo urbanas, donde la inclusión de las mujeres en el ámbito laboral ha generado nuevas conformaciones y roles familiares. Esta actividad económica se realiza con base a una dinámica de comercialización establecida, esto para el cultivo de la caña de azúcar y del arroz, lo que refiere que se encuentran industrias formales para la compra del producto, por lo que los productores mantienen un convenio con dichas empresas las cuales se comprometen a levantar sus cosechas, garantizando la compra-venta. Los molinos azucareros ubicados en Tepic, la capital del estado y la comercializadora de arroz ubicada en Ixtlán del Río, municipio del estado de Nayarit, son las principales empresas que, vinculadas en el eslabonamiento económico de dichos cultivos, con los cuales los productores se sienten cómodos y seguros por no haber más opciones comerciales para sus productos (Franco, 2018).

Los impactos ambientales ocasionados por las altas emisiones de CO₂ durante el proceso de la zafra que consiste en la quema antes de la cosecha y la requema posteriormente, debido a que facilita la cosecha manual, elimina maleza y materiales secos, elimina o ahuyenta la fauna que pone en riesgo a los cortadores y prepara al suelo para la siguiente siembra, sin embargo, elimina materia orgánica y acelera la disminución de la calidad del suelo (Dancé y Sáenz, 2016). Por estas facilidades de cultivo, cosecha y producción, es difícil que los productores opten por otros cultivos, que representan más cuidados y costos de inversión.

Por otro lado, los cultivos de jamaica, zarzamora, fresa, pepino y las hortalizas de traspatio, son cultivos alternativos que se comercializan de manera informal por parte de los productores. Argumentan no tener un eslabonamiento económico para la comercialización de sus productos debido a la limitada producción, por lo que tienen que buscar de manera directa la compra-venta de sus productos. La falta de tecnologías para el almacenamiento y procesamiento, provoca que los productores al no lograr vender en fresco el total de su producción se tengan que ofertar en el mercado local, muchas veces a precios bajos y no competitivos, y en otras ocasiones pérdida del producto por la vida de anaquel. En este contexto, la deshidratación solar ofrece una alternativa para conservar los productos, sin causar cambios significativos en sus propiedades alimenticias, ayudando a disminuir las pérdidas, dando valor agregado y, mejorando la productividad.

METODOLOGÍA

El método de la investigación aplicada fue de tipo cualitativo realizando las siguientes actividades;

- Visitas de campo al sitio
- Observación no participativa
- Aplicación de entrevistas a profundidad.
- Las variables que se van a medir son; temperatura, humedad relativa e irradiancia.

RESULTADOS PRELIMINARES

De las visitas y entrevistas se obtuvo el dato que en la localidad existen estructuras de tipo de invernadero que están en desuso las que se pueden reutilizar y acondicionar para funcionar como deshidratadores solares directos de tipo invernadero.

Por otro lado, los cultivos Figuras 2 y 3, de maíz, jamaica, zarzamora, fresa, pepino y las hortalizas de traspatio, son cultivos que se comercializan de manera informal por parte de los productores. Argumentan no tener un eslabonamiento económico para la comercialización de sus productos debido a la limitada producción, por lo que tienen que buscar de manera directa la compraventa de sus productos. Al cuestionarles el por qué no se han incluido dentro del grupo de productores de caña, mencionan que es el tipo de suelo la principal limitante, ya que es muy húmedo o de difícil acceso para sus cosechas, pero que ser agricultor es lo único que conocen y no quieren migrar o vender sus predios por arraigo y cuestiones familiares (Franco, 2018).



Figura 2 de izquierda a derecha, al frente cultivo de zarzamora y al fondo cultivo de caña, fruto de zarzamora en zarzal.



Figura 3 de izquierda a derecha, producción de fresa y cultivo de pepino.

En el caso específico de la zarzamora se trata de un cultivo que inició un grupo de agricultores “El Sr. Sambrano menciona, que en el año 2000 La Sociedad para la Siembra de Zarzamora, nos proporcionó la planta para iniciar este proyecto y éramos 5 productores con un total de 30 hectáreas, la sociedad rompió en 2003, porque no nos organizamos bien y cada quien quería manejar las cosas de diferente manera, aun cuando nos iba bien a todos, de esas treinta hectáreas ya nada más queda una que es la que actualmente seguimos trabajando mi familia y yo”. (C. Sambrano, entrevista personal, 28 de febrero de 2021).

Ciclo agrícola de la Zarzamora

El Proceso inicia con la preparación de la tierra, el cultivo de la planta se hace de manera manual. Las plantas se encuentran a 30 centímetros entre ellas, y los surcos a 1.50 metros de distancia entre ellos. Entre sus cuidados requiere riego de temporal, limpia de la maleza, guiar la planta entre alambres para impedir la propagación del zarzal, cuando llega a una altura aproximada 1.50 metros requiere poda para producir más ramificación. Posteriormente se defolia (para propiciar la floración). Después de la floración llegar a un fruto maduro tomará 40 días. El proceso de la pisca requiere de la delicadeza en la recolección, actividad que realizan las mujeres, ya que, siendo un fruto bastante sensible al roce, se puede dañar. La recolección requiere la selección de la fruta que por su colorido oscuro indica su madurez, una vez recolectada la fruta se tiene que mantener bajo la sombra. (E. Ulloa, entrevista personal, 28 de febrero de 2021). Manteniendo los factores óptimos del cultivo y la cosecha y los factores climáticos (temporal de lluvia propicio, que no haya climas extremos como granizadas o tormentas con viento), la producción estimada por hectárea es de 3 toneladas. Cabe mencionar que las mujeres fueron la población más beneficiada con este cultivo, debido a que eran las que se contrataban lo que mejoró los ingresos familiares, mujeres empoderadas que disfrutaban de la cosecha. (C. Sambrano, entrevista personal, 28 de febrero de 2021).

Ciclo agrícola de Jamaica. La Sra. Ulloa comenta que en el caso de la jamaica el cultivo de la planta se hace de manera manual, sembrando la semilla. La distancia entre cada planta es de alrededor de un metro. Entre sus cuidados requiere, riego (temporal), limpieza de la maleza, proteger de plagas (enfermedades), fertilizar por una ocasión, defoliar para quitar

ramificaciones innecesarias. De la siembra hasta la flor madura, el proceso dura aproximadamente 5 meses, iniciando la siembra forzosamente en Julio (para aprovechar el temporal). La cosecha inicia con el corte de la planta, se traslada la planta al traspatio para iniciar con la pisca de la flor, la cual se corta de manera artesanal (manual), para obtener la flor limpia y sin romper y posteriormente iniciar con el secado. El proceso del secado es manual también, aprovechando el sol. Se realizan tendidos de flor los cuales se tienen que mover para que el secado sea uniforme, el periodo de secado es de aproximadamente 8 días, considerando la disponibilidad del sol y que no haya lluvias esporádicas. El volumen de producción, manteniendo los factores óptimos del cultivo y la cosecha y los factores climáticos (temporal de lluvia propicio, que no haya climas extremos como granizadas o tormentas con viento), la producción estimada por hectárea es de 400 kilogramos de flor seca (E. Ulloa, entrevista personal, 28 de febrero de 2021).

Según la FAO (2019) las frutas y hortalizas son productos con un alto porcentaje de pérdida que llega al 55% del total de producción, en los procesos desde la cosecha hasta su consumo. De ahí la importancia de garantizar la preservación del producto, con sistemas sustentables. En este trabajo se propone la rehabilitación y utilización de estructuras metálicas tipo invernadero, que se encuentran instaladas en varios puntos de la localidad de la Curva, que se implementaron en administraciones gubernamentales anteriores para el cultivo de plantas de ornato, derivado de apoyos federales y que actualmente se encuentran abandonadas, las cuales tienen potencial para funcionar como deshidratadores solares, y contribuir con la iniciativa de un rubro de agricultores que optan por cultivos alternativos al tradicionalmente practicado.

La información obtenida de la aplicación de entrevista a profundidad, expuso que los agricultores mayoritariamente se dedican al cultivo de la caña de azúcar, y de que existe otro grupo de agricultores interesados en el desarrollo de cultivos alternativos y que llevan por lo menos una década realizando esta práctica, pero que se topan con la problemática de la colocación de sus productos en fresco en el mercado local, por lo cual buscan opciones para la preservación de la producción después de la cosecha. Así mismo en las visitas y entrevistas otro dato obtenido es que cuentan con estructuras de tipo de invernadero que están en desuso las que se pueden reutilizar y acondicionar para funcionar como deshidratadores solares directos de tipo invernadero.

El rediseño de prototipos, el diseño de la instrumentación, el cálculo de ganancia de energía parte de la utilizando de láminas de policarbonato celular con protección UV para recubrir muros y techos, una captación solar eficiente, proteger el producto de la intemperie, los volúmenes de procesamiento de frutas, el diseño de los sistemas de ventilación y extracción de aire y el diseño de la instrumentación para la medición de variables físicas que influyen el proceso de secado.

Así mismo las características del sitio con respecto al recurso solar disponible y variables climatológicas del año meteorológico típico, que se obtuvieron del portal de Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS-NSRDB) con las bases de datos del National Renewable Energy Laboratory (NREL) y el National Solar Radiation Database, datos que reflejan un recurso solar óptimo y necesario para la propuesta de la reingeniería, para la rehabilitación de invernaderos y su uso como deshidratador solar, se muestran en las Figuras; 4 y 5.

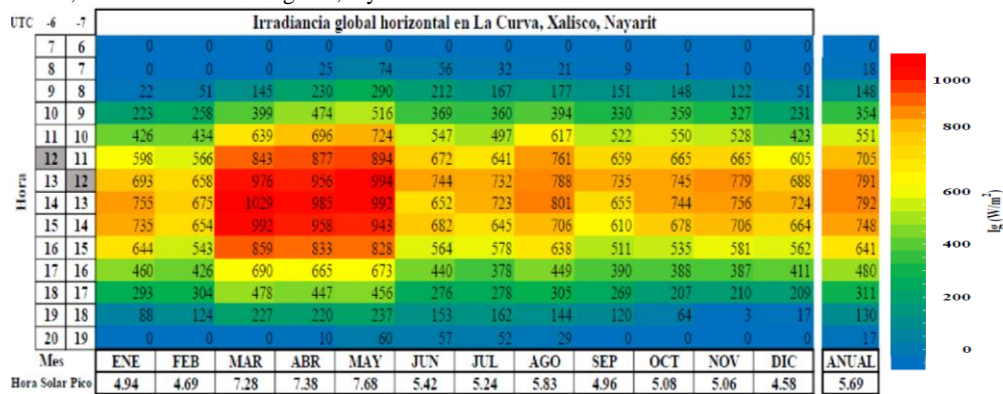


Figura 4 Irradiancia global horizontal en La Curva, Xalisco, Nayarit.

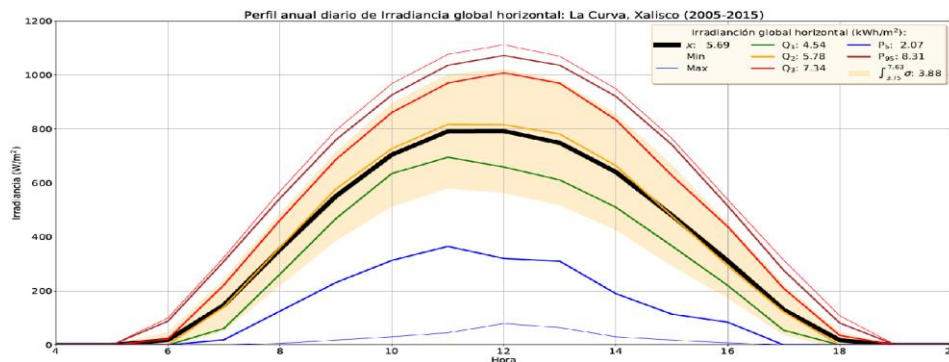


Figura 5 Perfil anual diario de Irradiancia global horizontal, en La Curva, Xalisco, Nayarit, Años 2005 al 2015

Según la SENER (2012), la media nacional reportada es de 5.5 kWh/m² al día, el recurso solar con que cuenta la localidad de la Curva, se encuentra en los parámetros de 4.94 kWh/m² como mínima y una máxima de 7.68 kWh/m². La rehabilitación de las estructuras de invernaderos para convertirlas en secadores solares, para el deshidratado de zarzamora y jamaica ayudará a la conservación de alimentos y en el caso específico de la jamaica que actualmente realizan el proceso de secado al sol, pero a la intemperie el tener un área destinada y protegida para realizar esta actividad, agrega valor al producto, con un sistema más inocuo, seguro y practico, evitando extender en superficies a nivel de suelo el producto y tener que recogerlo al anochecer o con amenaza de lluvia. Las estructuras que se encuentran actualmente en la localidad se aprecian en las figuras 6 y 7, en su mayoría la estructura metálica está en buen en buenas condiciones, la propuesta es utilizar policarbonato celular con protección a los rayos UV, que brida una adecuada captación de luz solar, es resistente a la intemperie, de amplia durabilidad y adquisición accesible, así mismo la implementación de firmes de concreto para que el área se mantenga limpia y libre de polvo.



Figura 6 y 7 Estructuras de invernaderos abandonados en La Curva, Xalisco, Nayarit.

Las estructuras tienen las siguientes dimensiones de 10.00 m de frente, 2.50m de ancho, alturas que van desde 2.20 a 2.50 en sus extremos y en los módulos centrales de 3.80 a 4.20 m, figuras 8 y 9, al ser modulares estos pueden adaptarse a las necesidades específicas de cada productor, para un módulo de 10.00 x 2.50 se considera una producción de 200.00 kg de pulpa en fresco, los rendimientos varían dependiendo de la fruta en el proceso de deshidratado.

En términos generales, la energía para el deshidratado de fruta, involucra el calor latente o calor de vaporización del agua. Diversos estudios demuestran que, para obtener una masa seca de 1 kg de frutas, se requiere extraer por evaporación casi 4 kg de agua. Considerando que el calor latente del agua es de 2,26 MJ / kg, es necesaria una energía de 362 MJ para obtener 40 kg de fruta seca a partir de 200 kg de fruta fresca. Considerando que la eficiencia de los sistemas de secado usando secadores eléctricos es del orden del 70%, esto implicaría un consumo eléctrico de 3,57 kWh de electricidad por 1 kg de producto seco, lo que significa, 143 kWh para un volumen total de 40 kg de producto seco y 50 kg de emisiones de CO₂ equivalente (García-Valladares, Ortiz, Pilatowsky, Menchaca, 2020, Ortiz-Rodríguez, García-Valladares, Pilatowsky-Figueroa, Menchaca-Valdez, 2020). La eficiencia reportada para diversos sistemas secado solar es del orden del 70%, y sabiendo que el recurso solar promedio por metro cuadrado en la localidad de la Curva es de 5.69 kWh/m², convertido a energía térmica para el proceso de secado a una tasa de eficiencia del 70% es de 3.98 kWh/m² suficiente para secar 1 kg de fruta por m² de captación solar directa. Así la reconversión de los invernaderos abandonados, resulta viable para poder producir en tan sólo dos módulos hasta 40 kg de fruta seca al día. En el caso de la zarzamora, cuyo valor promedio en el mercado para el caso de zarzamora es de \$1500/kg, esto se traduciría en un ingreso diario de \$60,000, que puede dejar ganancias diarias de hasta \$30,000, para una producción sostenida de 200 kg al día durante los meses de cosecha. Además, la generación de 20 empleos directos bien remunerados evitando emisiones de CO₂ a la atmósfera, por los que resulta altamente viable y económicamente rentable.

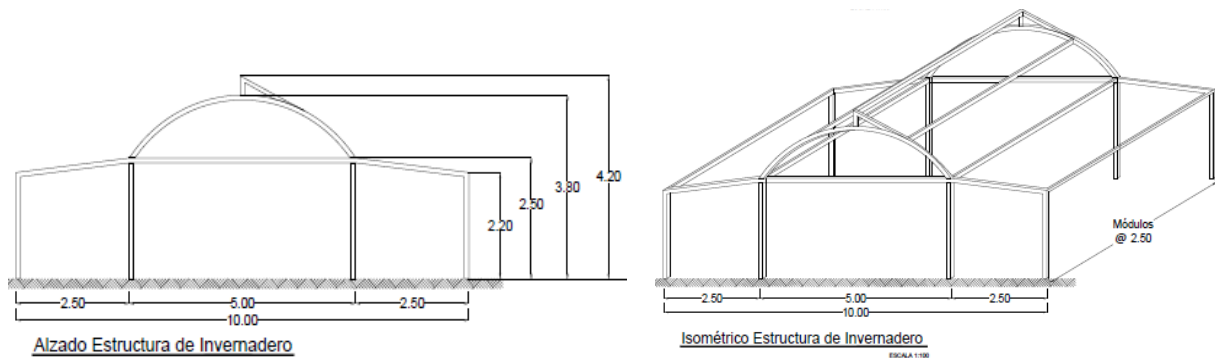


Figura 8 y 9 Diseño de invernaderos abandonados en La Curva, Xalisco, Nayarit.

Para evaluar el funcionamiento del secador se instrumentó un secador mediante sensores DHT22 que miden temperatura de 40 a 80 C y humedad relativa de 0 a 100 %. Además, se anexa un sensor de irradiancia utilizando un pequeño módulo fotovoltaico. Estos sensores son medidos mediante un código basado en una plataforma tecnológica abierta como Arduino. El

sistema mide 6 sensores DHT22, una irradiancia, dos sensores de temperatura DSB18B20, guarda los datos en una memoria SD, envía datos a puerto serial por si se requiere tener una computadora anclada al sistema, despliega los datos en una memoria LCD y tiene un actuador de salida para un eventual sistema de seguridad, figura 10.

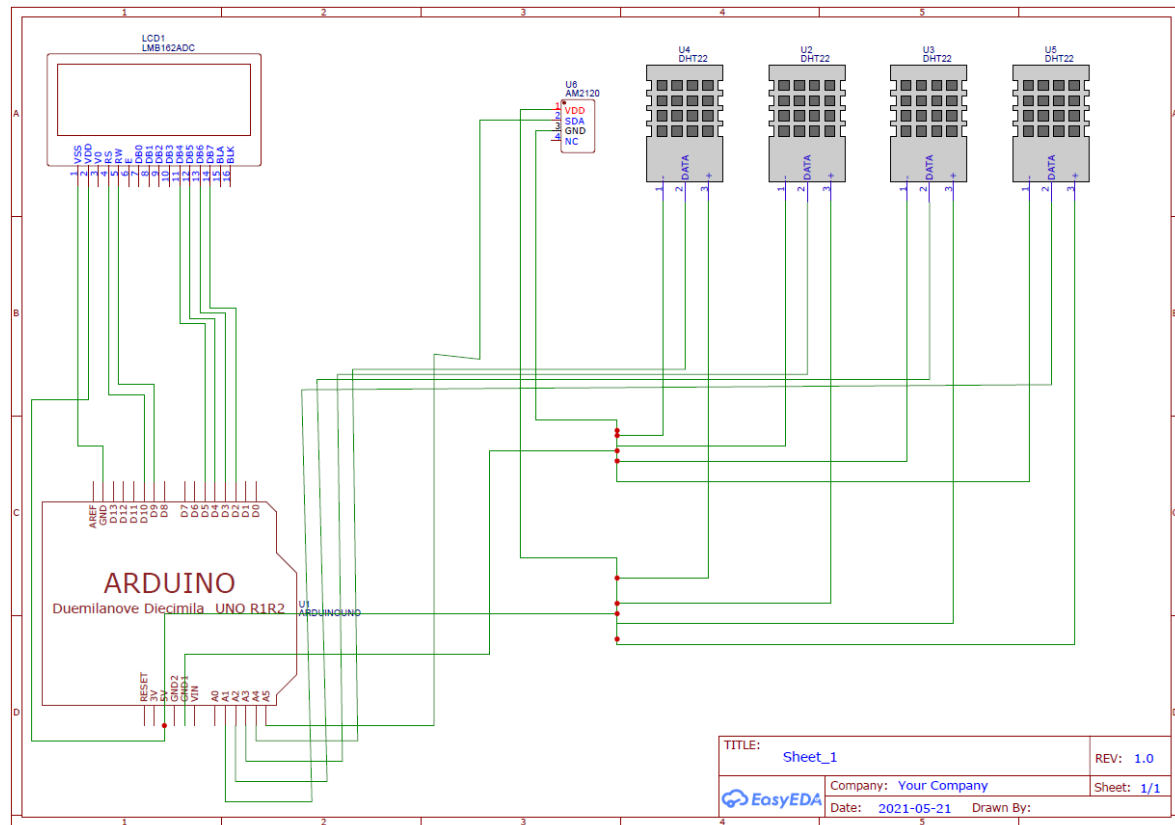


Figura 10 diagrama eléctrico

CONCLUSIONES

La técnica de secador solar de tipo pasivo, con el prototipo modular de tipo invernadero, la utilización de policarbonato celular con protección a los rayos UV para recubrir muros y techos, y la instrumentación para un ambiente controlado, brinda un área segura, inocua, donde los beneficios sociales, económicos y ambientales al ser implementada en la localidad, es una alternativa viable para apoyar a la agricultura de la localidad de la Curva Xalisco Nayarit, que permite la práctica de otros cultivos, que como ya se mencionaron ya están en la práctica y que solucionará la problemática de la conservación y preservación, de la producción.

Agradecimientos: Los autores reconocen el apoyo técnico del Ing. Fabián Andrés González Ramírez por los datos de estimación de recurso solar con PVGIS y al proyecto 315171 de la convocatoria FOP04 del fondo FORDECYT PRONACES.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Dancé, C., y Sáenz, Y. (2016). La cosecha de caña de azúcar: impacto económico, social y ambiental. *Dirección de Investigación FCCEF – USMP*. Recuperado de <https://www.usmp.edu.pe/contabilidadyeconomia/images/pdf/investigacion/cosecha.pdf>
- Franco, L., (2018). Agroturismo para el desarrollo local en la localidad de la Curva Xalisco, Nayarit; México (tesis de maestría). Universidad Autónoma de Nayarit, Tepic.
- García-Valladares, O., Ortiz, N. M., Pilatowsky, I., Menchaca, A. C. (2020). Solar thermal drying plant for agricultural products. Part 1: Direct air heating system. *Renewable Energy*, 148. 1302-1320 doi: 10.1016/j.renene.2019.10.069
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México (INEGI). (2020). Censo de población y vivienda 2020. Recuperado de <http://gaia.inegi.org.mx/scince2/viewer.html>
- Ortiz-Rodríguez, N. M., García-Valladares, O., Pilatowsky-Figueroa, I., & Menchaca-Valdez, A. C. (2020). Solar-LP gas hybrid plant for dehydration of food. *Applied Thermal Engineering*, 177. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2020.115496
- Secretaría de Energía (SENER). "Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026," 2012. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62954/Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026.pdf3](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62954/Prospectiva_de_Energías_Renovables_2012-2026.pdf3)