

Diseño y construcción de una estufa solar

García Rubio, Miguel Ángel

2019-05-10

<https://hdl.handle.net/20.500.11777/4212>

<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>



Tlaxcalancingo: Desarrollo Sustentable

Proyecto: “Estufa Solar”

Responsable: Mtra. Patricia Palma

Integrantes:

Santiago Cevallos Patrón

Miguel Ángel Garcia Rubio

Daniel Abadía Ángel

Licenciatura: Ingeniera Automotriz

Periodo: Primavera 2019

1. OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar una estufa que utiliza la energía solar desde cero, capaz de usarse para cocinar alimentos bajo la luz del sol.

2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diseñar una estufa que trabaje con la luz solar.
- Construir la estufa solar
- Hacer una bitácora que explica todas las actividades que se llevan a cabo
- Realizar un manual para la operación adecuada de la estufa solar para que las personas que no saben utilizarla puedan manejarla sin problemas

3. JUSTIFICACION

- Este proyecto se realizara como parte del servicio social de los alumnos de la Universidad Iberoamericana Puebla , en Calpulli de los niños , Tlaxcalancingo , debido a que buscan una comunidad sustentable y este proyecto ayuda a alcanzar los fines que se tienen
- En conjunto de esto, la comunidad de Tlaxcalancingo ha crecido en población, pero también en costos, y hay muchas personas dentro de la comunidad son de escasos recursos, y ya que el agua, gas y luz, ha subido en precio, esta estufa solar ataca esos puntos ya que por la manera de cocinar no necesita luz ni gas, esto ayudara a las personas de la comunidad para no gastar más.

4. MARCO CONTEXTUAL

Ubicación Geográfica:

San Bernardino Tlaxcalancingo es una población del estado mexicano de Puebla, se trata de la mayor concentración poblacional del municipio de San Andrés Cholula y una de las principales de la Zona metropolitana de Puebla-Tlaxcala

San Bernardino Tlaxcalancingo se localiza en el suroeste de la ciudad de Puebla La junta auxiliar se divide en seis barrios: Galiotitla, Tecmanitla, Xinaxtla, Xochitepec, Cuayantla, Xicotzingo y una colonia denominada Coyotepec. Su distancia aproximada a la cabecera municipal es de 4 kilómetros y tiene una población de 54517

habitantes de acuerdo al censo de población y vivienda 2010 del INEGI

Historia y glifo:

Los primeros habitantes del pueblo fueron guerreros Xochimilcas, que escogieron este lugar del señorío cholulteca por la fertilidad de la tierra y la abundancia de agua.



La circunferencia de la parte superior representa a una tortilla o pan de maíz que en náhuatl se lee *tlaxcalli*. Para reforzar el nombre, una mano la sostiene en lo alto justo en el momento de terminar de elaborarla. El cerro (*altépetl*) indica pueblo o lugar. El trasero dibujado en la parte inferior (*-tzin* o *-tzintli*) indica venerabilidad o respeto. Tomado en conjunto, *Tlaxcalantzinco* se lee como *En el lugar del venerable pan de maíz*.²

Hasta mediados del siglo XX y desde la llegada de los primeros habitantes, Tlaxcalancingo era un pueblo dedicado a la agricultura. La abundancia de tierras y agua fértiles permitían la práctica del sembrado de riego y temporal.

Actividad económica: La actividad preponderante es la agropecuaria, siendo los principales cultivos el maíz, el frijol y el nopal, además se crían aves de corral, también siembran algunas leguminosas como frijol y haba.

Lengua: La lengua originaria de Tlaxcalancingo es el náhuatl, sin embargo la urbanización ha hecho que ésta se vaya perdiendo, al orillar a las personas a hablar el español, que es la lengua predominante en el país.

Tradiciones:

Entre los ritos mas sagrados se encuentra el “tlapalehuil” , que consiste en brindar ayuda monetaria o material a quien tiene que realizar un gasto fuerte o pasa por algún problema

También se celebra el “tetlayeyecol”, que radica en convidar comida que haya sido preparada de forma especial o par un evento espéciala los vecinos, El “tetlapalol” consiste en visitar a un enfermo llevándole fruta o alimentos, demostrando que se encuentra con el apoyo incondicional de la visita. En el “tequio” la gente se organiza para realizar trabajos de construcción y reparación de veredas y caminos para beneficio de su comunidad

En el transcurso del año se celebran varias fiestas, la más grande es en Junio “La Bajada de la Virgen de los Remedios, se remonta al siglo XIX cuando el pueblo sufrió una terrible epidemia y la presencia de la Virgen alivio la situación, y desde entonces se celebra

También se celebra la Feria Alterna del Nopal organizada por el centro cultural de Tlaxcalancingo con la finalidad de dar a conocer la cultura indígena y mantener las raíces en la comunidad

Entre las principales fiestas están:

- la pasión de cristo el viernes santo
- la feria del pueblo el 25 de mayo de 2019
- la bajada de la virgen el 19 de julio al 3 de agosto

Situación ambiental:

Conforme avanza la urbanización a uno lo fuerzan a vender, no es que uno quiera, porque toda esta parte ya cuesta más. El precio del terreno ha subido mucho, el catastro les cobra más y aquí en el campo no se gana tanto como para solventar y pagar por el uso de terrenos

Ante la falta de lugares para llevar a cabo la siembra, tanto el encargado como sus compañeros se dedican a otras actividades, como albañilería y herrería. En las tardes, para obtener un ingreso extra, realizan la recolección de nopal.

Con la expansión de la mancha urbana, los trabajadores que se dedican a la agricultura en Tlaxcalancingo consideran que en el mediano plazo las tierras serán vendidas en su totalidad y el suelo ya sólo tendrá concreto

5. MARCO TEORICO

¿Qué es una estufa solar?

Es un aparato que permite hervir agua y/o cocer los alimentos utilizando la energía térmica del sol y ya que no requiere el uso de ningún tipo de combustible ni energía eléctrica, por lo tanto es una alternativa limpia a las estufas eléctricas, de leña y de gas

¿Para qué sirve?

Este simple sistema puede alcanzar hasta 204°C, lo cual es suficientemente caliente para freír, cocer y guisar alimentos

Calentar el agua a 60°C logra destruir gérmenes. Con una estufa solar esta temperatura es fácil de alcanzar, por lo que se puede hervir y pasteurizar el agua usando esta herramienta.

Esta es una muy buena opción para personas que se encuentran en zonas remotas y que no tienen fácil acceso al carbón o al gas natural, pues no es necesario el reabastecimiento de combustible para que funcione. Así mismo, son muy utilizadas en campamentos, excursiones y alpinismo.

- Tipos de estufa solar

Existen dos tipos diferentes de estufa solar

1. **Estufa solar de celdas fotovoltaicas** : esta funciona con celdas fotovoltaicas , estas almacenan energía y con esta energía funciona la estufa y calienta los alimentos
2. **Estufa solar por reflexión** , esta es la que se va a construir debido a que tiene un mucho menor costo y solo utiliza los rayos del sol , también existen diferentes tipos

a) Estufa solar de paneles :

- i. Los paneles que conforman la estufa solar pueden estar hechos de diversos materiales, como: aluminio sobre cartón corrugado, estaño, hojas de metal pulidas para que tengan más brillo o espejos. Estos paneles concentran la luz del sol en el recipiente que contiene la comida. La olla debe ser negra y colocarse dentro de una bolsa de plástico para atraer con mayor facilidad los rayos ultravioleta del Sol.
- ii. Algunos paneles pueden alcanzar temperaturas relativamente altas, dependiendo de la olla y de la comida que se esté cocinando. Si se pretende calentar algo que esté húmedo (sopas, guisos, carne, etc.), se alcanzará una temperatura un poco mayor a los 100°C y menor a 130°C.

iii. Las estufas solares de paneles son las más simples, económicas y eficaces. Además, funcionan en todo tipo de situaciones.

b) Estufa solar parabólica

i. La estufa solar parabólica funciona mediante el principio de concentración, y su diseño es un poco más complicado que el de la estufa solar de paneles. Seis paneles de acero rígidos conforman la parábola y están cubiertos con un adhesivo oscuro de vinil, el cual es durable y fácil de reparar y reemplazar. Esta película reflejante es la clave en este tipo de cocina, pues es lo que permite a la parábola concentrar la energía de los rayos del Sol.

ii.

iii. La parábola se apoya en un soporte circular (base) y tiene ajustado un brazo de manivela que sirve para mover la parábola de lado a lado, pues se tiene que estar ajustando su posición cada 20 minutos para seguir el “movimiento” de los rayos del Sol.

iv. En el centro de la parábola es en donde se concentra la mayor cantidad de luz solar, por lo que es aquí en donde se coloca la cazuela con comida. A diferencia de las estufas solares de paneles, en las parabólicas no se necesitan ollas oscuras o especiales. Se recomienda utilizar recipientes gruesos, debido a las altas temperaturas que pueden alcanzar, pues son las que obtienen temperaturas mayores. Es indispensable usarlas bajo la supervisión de un experto, ya que pueden causar daños si se utilizan de manera inadecuada.

v. ¿Cómo funciona? La estufa solar parabólica funciona mediante el principio de concentración, y su diseño es un poco más complicado que el de la estufa solar de paneles. Seis paneles de acero rígidos conforman la parábola y están cubiertos con un adhesivo oscuro de vinil, el cual es durable y fácil de reparar y reemplazar. Esta película reflejante es la clave en este tipo de cocina, pues es lo que permite a la parábola concentrar la energía de los rayos del Sol.

La parábola se apoya en un soporte circular (base) y tiene ajustado un brazo de manivela que sirve para mover la

parábola de lado a lado, pues se tiene que estar ajustando su posición cada 20 minutos para seguir el “movimiento” de los rayos del Sol.

En el centro de la parábola es en donde se concentra la mayor cantidad de luz solar, por lo que es aquí en donde se coloca la cazuela con comida. A diferencia de las estufas solares de paneles, en las parabólicas no se necesitan ollas oscuras o especiales. Se recomienda utilizar recipientes gruesos, debido a las altas temperaturas que pueden alcanzar, pues son las que obtienen temperaturas mayores. Es indispensable usarlas bajo la supervisión de un experto, ya que pueden causar daños si se utilizan de manera inadecuada. Para su funcionamiento, la estufa depende de dos acciones básicas. La superficie reflectante dirige los rayos del sol a un punto de fuga, en este punto es donde se concentra el calor y un recipiente se coloca en el punto de fuga, donde absorbe el calor concentrado del sol.

Principio del funcionamiento

- **Efecto invernadero:** Este efecto permite aumentar el calor dentro del horno. Es el resultado del calor en espacios cerrados en los que el sol incide a través de un material transparente como el cristal o el plástico. La luz visible pasa fácilmente a través del cristal y es absorbida y reflejada por los materiales que estén en el espacio cerrado. La energía de la luz que es absorbida principalmente por los metales se convierte en energía calorífica, la cual tiene una mayor longitud de onda. La mayoría de esta energía radiante, a causa de esta mayor longitud de onda, no puede atravesar el cristal y por consiguiente es atrapada en el interior del espacio cerrado. La luz reflejada, o se absorbe por los otros materiales en el espacio o atraviesa el cristal si no cambia su longitud de onda.
- **Reflectores :** Cuanta mayor cantidad de luz solar entre por la caja, mayor será la cantidad de energía dentro de ella, es por esto que generalmente se usan reflectores externos para aumentar la cantidad de luz solar incidente.
- **Conducción:** La segunda ley de la termodinámica plantea que el calor siempre viaja de lo caliente a lo frío. El calor dentro de una cocina solar se pierde fundamentalmente por conducción, radiación y convección. El calor dentro de una cocina solar se pierde cuando viaja a través de las moléculas de todo el material

de la caja hacia el aire fuera de la caja. Es por esto, que en todo diseño tradicional de un horno solar se usa un material llamado aislante térmico (como el corcho).

- **Radiación:** Lo que está tibio o caliente despiden ondas de calor, o irradian calor a su alrededor. Estas ondas de calor se irradian de los objetos calientes a través del aire o el espacio. La mayor parte del calor radiante que se despiden de las ollas calientes dentro de una cocina solar se refleja de vuelta a las ollas. Aunque los vidrios transparentes atrapan la mayoría del calor radiante, un poco escapa directamente a través del vidrio. El cristal atrapa el calor radiante mejor que la mayoría de los plásticos.
- **Convección:** Las moléculas de aire pueden entrar y salir de la caja a través de huecos o imperfecciones en la construcción, o al abrir la puerta; así, el aire caliente escapa del horno. Es por esto que si se quiere reducir las pérdidas de calor por este fenómeno se debe fabricar un horno hermético y abrir la puerta lo menos posible.
- **Almacenaje de calor:** Cuando la densidad y el peso de los materiales dentro del almacén aislado de la cocina solar aumenta, la capacidad de la caja de mantener el calor se incrementa. Si introducimos en el horno metales, cazuelas pesadas, agua o comida dura que tarda mucho tiempo en calentarse, la energía entrante se almacena como calor en estos materiales pesados, retardando que el aire de la caja se caliente. Estos materiales densos, cargados con calor, seguirán irradiando ese calor dentro de la caja, manteniéndola caliente durante un largo período aunque el día se acabe.
- **Volumen de la caja:** Siendo todo igual, cuanto más grande sea el área de acumulación solar de la caja en relación al área de pérdida de calor de la misma, tanta más alta será la temperatura de cocción. Dadas dos cajas que tengan áreas de acumulación solar de igual tamaño y proporción, aquella de menor profundidad será más caliente porque tiene menos área de pérdida de calor. El sol, de forma generalizada, se mueve de este a oeste, es por esto que una cocina solar puesta de cara al sol de mediodía debe ser más larga en la dimensión este/oeste para hacer un mejor uso del reflector sobre un período de cocción de varias horas. Mientras el sol viaja a través del cielo, esta configuración da como resultado una temperatura de cocción más constante.
- **De los colores:** Los cuerpos, al incidir sobre ellos una radiación y dependiendo de sus características superficiales, absorben una parte de la radiación y reflejan el resto. El color que absorbe más luz y energía radiante que incide sobre él, es el color negro. De

forma idealista, un cuerpo que no absorbe nada de radiación es un espejo perfecto (o vacío perfecto), y un cuerpo que absorbe toda la radiación es un cuerpo negro perfecto. Y de forma realista los cuerpos que absorben menos radiación son superficies especulares y los que absorben mayor radiación son superficies de color negro mate. Es por esto, que la mayoría de los metales usados dentro del interior de un horno (ollas, parrillas) son pintadas de color negro.

Factores para el funcionamiento correcto

- Un factor muy importante depende mucho de la calidad de los materiales que se utilizan
- Las condiciones climatológicas : debido a que se utilizan los rayos del sol , para un mejor funcionamiento lo óptimo sería un cielo despejado y que el sol este en un punto en el que se pueda ver
- Entre más refractivo sea el material que se utiliza , mejor los rayos van a incidir en el material
- El diseño del recipiente es importante , ya que para poder retener y conservar el calor , se necesita que el recipiente sea oscuro y opaco para que no se salga el calor , y se recomienda un recipiente de vidrio para que el calor quede atrapado en él y el recipiente oscuro dentro de este para que absorba el calor
- Se pueden agregar algunas cosas para mejorar el funcionamiento dependiendo de las condiciones en que se encuentre , por ejemplo se puede poner una bolsa de plástico en lugares fríos o días ventosos
- También es importante la técnica para cocinar y el alimento que se vaya a cocinar , esta estufa es más eficiente para cocinar guisados de cocción lenta como frijoles que para algo rápido por ejemplo freír un huevo

¿Dónde se puede cocinar con una estufa solar?

- Una estufa solar debe utilizarse donde haya sol , a veces no importa si hay aire fresco o no , como ya se mencionó , se puede proteger o modificar algo para proteger la olla
-
- Se recomienda poner la estufa solar en lugares donde haya siempre sol y sea clima cálido , como por ejemplo África , Australia , Latinoamérica y el Sur de los Estados Unidos
- No se puede utilizar en lugares de noche o cuando la luz es débil o inexistente

Como se prepara la comida

- Algunas comidas como el arroz y los frijoles se preparan igual que en una estufa de gas. Un guisado se prepararía colocando todos los ingredientes en la olla en capas, con un poco de agua y poniéndola en la estufa solar, luego esperando que esté listo. Es preferible no abrir la olla mientras esté cocinando, ya que esto provoca la pérdida del calor. En un principio es recomendable utilizar un termómetro para alimentos con el fin de asegurar que la comida sí llega a una temperatura adecuada (alrededor de los 100 grados Centígrados/212 grados Fahrenheit). Al calentarse sin llegar a esta temperatura se crea un ambiente amigable para la multiplicación de las bacterias en la comida, lo cual puede causar intoxicación alimentaria, una situación que obviamente es mejor evitar.
- Ventajas del uso de estufa solar
 - Facilidad de uso.
 - No contaminan, son muy ecológicas.
 - No necesitan electricidad, ni combustible.
 - Fomenta el uso de energías renovables.
 - Se economiza en cuanto a dinero utilizado en la cocción de alimentos.
 - La tecnología y conocimientos necesarios de fabricación es muy accesible.
 - Existe alta disponibilidad de los materiales de fabricación.
 - Los materiales de fabricación son económicos.
 - Como frecuentemente los materiales de fabricación son sintéticos e impermeables, la cocina solar presenta un alto grado de limpieza
 - Es una buena solución en lugares donde el clima permite su uso cotidiano.
 - Es un beneficio en países y sitios donde los recursos energéticos para cocinar son escasos o de costos demasiado altos.
 - No es precisa una gran área de trabajo.
 - Se puede transportar de ser deseado.
- Desventajas
 - Si el cielo no está del todo despejado, se requiere más tiempo para cocinar. Con cielo azul el tiempo de cocción son equivalentes a una cocina de gas o eléctrica, dependiendo de la época en la que nos encontremos, pues no habrá la misma radiación en un día de invierno que en uno de verano.
 - Los hornos solares son algo más lentos que las cocinas solares parabólicas.

- Depende de las condiciones del tiempo para poder cocinar. No es posible cocinar con días nublados o con lluvia.
- Solo se puede ocupar de día, aunque con el uso de una cesta aislante se puede prolongar el efecto de la cocción varias horas.
- No poseemos el mismo control ni área de trabajo que en un horno a gas/eléctrico.

METODOLOGIA

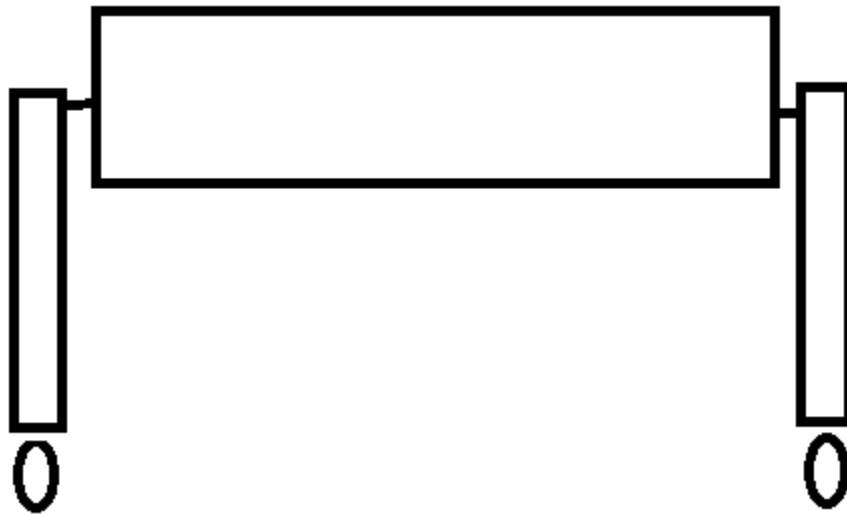
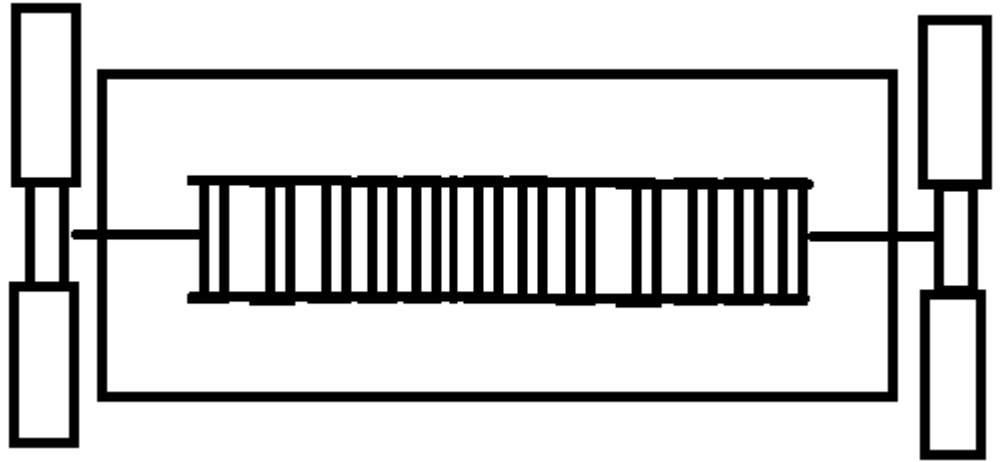
- El proyecto lo realizamos entre tres personas , Santiago Ceballos Patrón proveniente de Mazatlán , Daniel Abadía Ángel , de Colombia y Miguel Ángel Garcia Rubio de Toluca , los tres estudiantes de la carrera Ingeniera Automotriz en la Universidad iberoamericana Puebla , cursando el 8vo semestre de la carrera
- Pasos :
 - o Investigación : en esta etapa investigamos los aspecto generales de lo que es y cómo funciona una estufa solar y los principios fundamentales para su funcionamiento
 - o Investigación del diseño: se hizo un diseño en el programa de diseño en CAD Catia v5 de acuerdo con las necesidades de la asociación , el presupuesto y el fin que se tiene para la estufa , se investigó y se hicieron cálculos para realizar de manera más eficiente el diseño de la estufa solar para que cumpla con las características necesarias y que funcione de la manera más optima
 - o Costos de material : hicimos una lista de materiales necesarios para la elaboración ,lleno a los puntos de venta del material que se necesito
 - o Presupuesto : ya con los materiales que se cotizaron se hizo una lista de concepto , precio unitario , y cantidad de piezas necesarias para la elaboración de la estufa

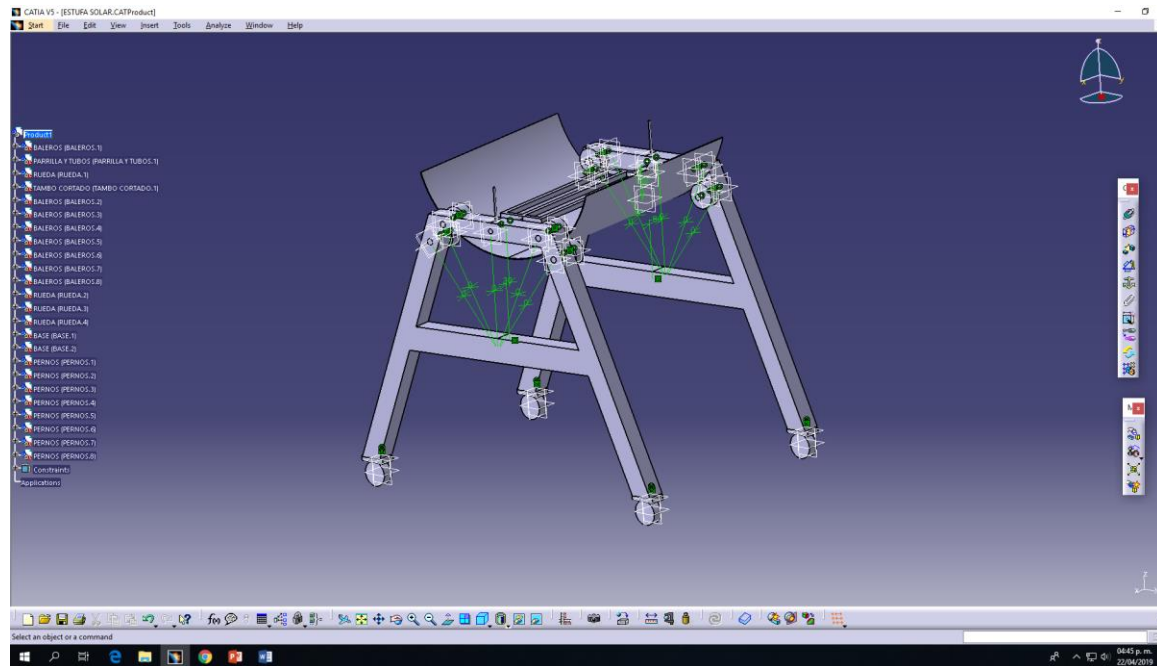
CANTIDAD	CONCEPTO	PRECIO UNITARIO	TOTAL	OBSERVACIONES
1	TAMBO	500	500	D=60cm H=90
8	rodamientos	140	1120	Hoyo = 1.7 cm

2	Espejos cortados en rectángulos	250	500	Rectángulos de 2 x 10
3	Pegamento especial para espejo	120	360	
4	Ruedas	27	108	De caucho
1	Discos de corte	20	20	4 pulgadas de diámetro
1	Barra	30	30	1metro
1 kg	Electrodos para soldar	64	64	
24	Perfiles	15 x kg	350	
1	Malla para parrilla	95 x m	95	Se vende por metro
total			3147	

- Comprar material : se fue a los lugares donde habíamos cotizado los materiales y compramos todo lo necesario para comenzar la construcción de la estufa
- Construcción de estufa solar :
 - Después de tener el diseño final que se eligió para la construcción de la estufa, se cortaron y soldaron las piezas necesarias en las medidas que se necesitan
 - Cortamos el tambor y pulimos por dentro para remover el óxido que se había generado
 - Barrenamos los lugares necesarios y se hicieron pruebas de reflexión para comprobar que sirve la estufa
 - Se ensambló todo antes de soldar
 - Con pegamento especial se pegaron los pedazos de espejo que anteriormente se habían cortado en el mismo tamaño
 - Se pintó la estructura para un mejor acabado
 - Se ensambló y entregó la estufa

-las fotos y planos de la estructura y todos los componentes de la estufa están en las imágenes de Anexos





- Prueba final
- Creación del manual del usuario
- Entregar

RESULTADOS

- Nos dimos cuenta que antes de la elaboración, es de suma importancia hacer los cálculos matemáticos para poder encontrar donde se iba a localizar el foco o como iba a reflejar.
- Es de suma importancia realizar las pruebas o hacer una a pequeña escala para comprobar de que si funciona.
- Al utilizar vidrio en vez de aluminio, descubrimos que al utilizar este material no refleja rayos infrarrojos y no se calienta tanto la parte exterior a como el aluminio.
- El vidrio es 70% refractivo y el aluminio un 80%.

CONCLUSIONES

- El empleo de láminas de vidrio al interior de la estufa solar, resulta más efectivo ya que no percibe los rayos infrarrojos a como lo hace la lámina de aluminio, que a su vez es mucho más costoso.
- Algunos casos en que no es posible llegar a la cocción total; ya es por razones de clima inapropiado (nublado) o por baja radiación debido a la época del año.
- La energía solar se debería utilizar más seguido ya que esta no es tan toxica como otras fuentes de energía que utilizamos a diario.





SUGERENCIAS

- A la hora de tomar las medidas para encontrar el foco a la luz del sol, se recomienda utilizar gafas o alguna mascara que evite los rayos del sol, ya que puede afectarnos.

ANEXOS

	HORNO SOLAR EASY COOK	BARBACOA SOLAR COOK UP 200	HORNO SOLAR SUN BOX 250
QUÉ PODEMOS COCINAR, TEMPERATURA QUE ALCANZA	Cocción en olla o sartén a 120°C. Cocción tipo horno guisado o vapor.	Eficacia : 200°C instantáneos. Cocción tipo barbacoa, wok, guisado.	Temperaturas de hasta 250°C. Precalentar 10-15 min. Se puede cocinar si esta nublado. No requiere olla, se cocina en su bandeja directamente. Funciona como un horno tradicional.
CAPACIDAD	2-4 personas	5 personas	2-4 personas
PESO	600 gr	6,5 kg	7 kg
DIMENSIONES	55 x 91 x 35 cm	72 x 120 x 100 cm	11 x 73,5 x 32 cm
ACCESORIOS INCLUIDOS	Mochila de tela para guardarlo y transportarlo fácilmente.	Bolsa con asas para guardarla y transportarla fácilmente.	Bandeja para alimentos de acero inoxidable.

Tipo de alimento	Temperatura mínima interna recomendada	Tiempo mínimo
Aves de corral sin despresar. Muslos y alas.	83°C	15 s
Aves de corral. Pechugas solamente.	77°C	15 s
Carne de res y cerdo bien hechas		
Rellenos y recalentamiento de comidas sobrantes	73,5°C	15 s
Carne de res y de cerdo término medio. Embutidos. Huevos.	72°C	15 s
Carne de res término bajo. Carne de cordero. Pescado	63°C	3 min
	ZONA PELIGROSA (10°C – 52°C) CRECIMIENTO DE BACTERIAS	Tiempo máximo de permanencia 2 horas

i v	Cocinar	7					
			Placa absorbente, placa de cocción	Recipiente cilíndrico para receptor cilíndrico	Recipiente tipo caja para receptor perfil cuadrado	Recipiente convencional	

Material de paredes	Reflectancia	Absortancia
	%	%
Ladrillo rojo	12	88
Madera lisa	22	80
Concreto	35	65
oja de aluminio pulido reflectora	88	12
Pintura negra	5	95
Pintura gris oscura	9	91
Pintura marrón media	16	84
Pintura blanca semi-brillante	43	57
Pintura blanca brillante	75	25

Figura 1 : Esquema del instrumental

Determinaciones: Las muestras se colocan en la ventana A de la esfera y se mide el espectro de reflexión : Is con la fuente luminosa en la ventana C y la referencia negra en la B. Luego se invierte la ubicación de estos dos elementos y se mide Ir con la fuente luminosa en B y la referencia negra en C. Se repite el procedimiento para cada muestra obteniéndose para cada una el cociente Is / Ir.

No se incorporó en los cálculos el valor de Id correspondiente a la esfera sin muestra, lo que equivale a considerar : $(I_s / I_r) = (I_s - I_d) / (I_r - I_d)$, esto está justificado pues al ser todas las muestras, materiales de reflectividad alta, se verifica que $I_s \gg I_d$ e $I_r \gg I_d$. para todo el rango de medida.

Como se aprecia en el esquema, la radiación que llega al sensor proviene de toda la superficie interior de la esfera.

El instrumento mide la integral de toda esta radiación, por lo cual el método es óptimo para materiales difusivos. Para materiales especulares, los resultados deben interpretarse con precaución.

Selección de las muestras: Para las primeras determinaciones se seleccionaron muestras de chapa de aluminio de distintas calidades, papel de aluminio, chapa de acero inoxidable y espejos de vidrio de diferentes espesores. Algunas muestras corresponden a materiales empleados en otros países por los miembros de la RICSA (RICSA, 1998)

Previo a las medidas de reflectividad espectral, se midió reflectividad global con la esfera integradora y su fuente luminosa, pero usando un pirheliómetro LI-250 como receptor. En la tabla 1 se presentan los valores de algunas muestras :

PVC blanco	0,871	fibra de vidrio pintada de blanco	0,709
aluminio de alta reflectividad (verde)	0,839	espejo de vidrio de 2 mm	0,795
aluminio de alta reflectividad (rosado)	0,853	espejo de vidrio de 3 mm	0,754
aluminio de alta reflectividad (celeste)	0,820	espejo de vidrio de 4 mm	0,712
chapadur prepintado blanco	0,741	acero inoxidable	0,572
chapa galvanizada	0,588	mylar (Cuba)	0,833
chapa pintada de blanco nueva	0,582	papel de aluminio (Cuba)	0,799
chapa pintada de blanco envejecida	0,656		

Poder reflectante de algunos colores y materiales			
Color	Refl. %	Material	Refl. %
Blanco	70-75	Revoque claro	35-55
Crema claro	70-80	Revoque oscuro	20-30
Amarillo claro	50-70	Hormigón claro	30-50
Verde claro	45-70	Hormigón oscuro	15-25
Gris claro	45-70	Ladrillo claro	30-40
Celeste claro	50-70	Ladrillo oscuro	15-25
Rosa claro	45-70	Marmol blanco	60-70
Marrón claro	30-50	Granito	15-25
Negro	4-6	Madera clara	30-50
Gris oscuro	10-20	Madera oscura	10-25
Amarillo oscuro	40-50	Vidrio plateado	80-90
Verde oscuro	10-20	Aluminio mate	55-60
Azul oscuro	10-20	Aluminio pulido	80-90
Rojo oscuro	10-20	Acero pulido	55-65

