

ISSN 2444-4995

Volumen 2, Número 5 — Julio — Septiembre -2016

Revista de Prototipos Tecnológicos

ECORFAN[®]



ECORFAN-Spain

Indización

Google Scholar

Research Gate

REBID

Mendeley

RENIECYT

ECORFAN-Spain

Directorio

Principal

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD.

Director Regional

MIRANDA-GARCIA, Marta. PhD.

Director de la Revista

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC.

Edición de Logística

PERALTA-CASTRO, Enrique. PhD.

Diseñador de Edición

TREJO-RAMOS, Iván. BsC

Revista de Prototipos Tecnológicos, Volumen 2, Número 5, de Julio a Septiembre - 2016, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Spain. Calle Matacerquillas 38, CP: 28411. Moralarzal -Madrid. WEB: www.ecorfan.org/spain, revista@ecorfan.org. Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María, Co-Editor: MIRANDA GARCÍA- Marta, PhD. ISSN-2444-4936. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA – BOUCHÁN, Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 30 de Septiembre 2016.

Las opiniones expresadas por los autores no reflejan necesariamente las opiniones del editor de la publicación.

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Centro Español de Ciencia y Tecnología.

Consejo Editorial

MARTINEZ-BRAVO, Oscar Mario, PhD
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica-UNAM-México

ROMAN-KALISCH, Manuel Arturo, PhD
Universidad Autónoma de Yucatán-México

SOUSA-GONZÁLEZ, Eduardo, PhD
Universidad Autónoma de Nuevo León-México

ARANCIBIA-VALVERDE, María Elena, PhD
Universidad Pedagógica Enrique José Varona de la Habana-Cuba

SALINAS-AVILES, Oscar Hilario, PhD
Centro de Investigación en Energía-UNAM-México

DE AZEVEDO-JUNIOR, Wladimir Colman, PhD
Federal University of Mato Grosso-Brazil

PÉREZ-ROBLES, Juan Francisco, PhD
CINVESTAV-IPN-México

PARTIDA-RUVALCABA, Leopoldo, PhD.
Universidad Tecnológica de Culiacán-México

MARTÍNEZ-RIVERA, María de los Ángeles, PhD
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas-IP- México

GONZALEZ-TORRIVILLA, Cesar Castor PhD
Universidad Central de Venezuela-Venezuela

DE LA FUENTE-SALCIDO, Norma Margarita, PhD
Universidad Autónoma de Coahuila-México

Consejo Arbitral

MPC, PhD

Universidad de Valladolid- Spain

GGO, PhD

Universidad Autónoma Metropolitana- México

DGS, PhD

Universidad de Guadalajara- México

RLR, PhD

Universidad Autónoma de Sonora-México

CBMT, PhD

Universidad Autónoma de Baja California-México

HGV, BsC

Instituto Nacional de Higiene y Epidemiología-México

GOH, PhD

Facultad de Química, UNAM-México

EZNG, PhD

Instituto Nacional de Cardiología-México

Presentación

ECORFAN, es una revista de investigación que publica artículos en el área de: Prototipos Tecnológicos

En Pro de la Investigación, Docencia, y Formación de los recursos humanos comprometidos con la Ciencia. El contenido de los artículos y opiniones que aparecen en cada número son de los autores y no necesariamente la opinión del Editor en Jefe.

El artículo *PlateR sistema de reconocimiento de placas y acceso vehicular automático* por LUGO-LUGO, Juan de Dios, TON-SIERAS, Francisco y GARCÍA-CRUZ, Ángel, como siguiente artículo está *Prototipo de un Cargador Solar para dispositivos Móviles* por HERRERA-TELLEZ, Pablo, MARTÍNEZ-DE LA LUZ, Artemio, HUITZIL-VELASCO, Ignacio y FLORES-RAMÍREZ, Oscar con adscripción en la Universidad Politécnica de Amozoc , como siguiente artículo está *Receptor solar mediante una placa de cobre y termopares* por TELOXA-REYES, Julio y ZARATE-CORONA, José Oscar con adscripción en la Universidad Politécnica de Tlaxcala , como siguiente artículo está *Regadera automatizada* por CONTRERAS-CALDERÓN, Enrique, ÁLCALA-BAROJAS, Iván, TORRES-JAIME, José y CASTILLO-SUBDÍAZ, Francisco con adscripción en la Universidad Tecnológica Emiliano Zapata del Estado de Morelos, como siguiente artículo está *Prototipo para separar sólidos del agua mediante la evaporación solar* por HERNÁNDEZ-GÓMEZ, Víctor, OLVERA-GARCÍA, Omar y MORILLÓN-GÁLVEZ, David con adscripción en la Universidad Nacional Autónoma de México, como siguiente artículo está *Calentador Solar con lente Fresnel* por MIRANDA-HERRERA, María, MORALES-IBARRA, Vanessa, DUQUE-HERRERA, Miguel y GONZÁLEZ-SOTELO, Carlos, como siguiente artículos está *Clasificador de configuraciones de un robot humanoide para la realización de patadas* por MARÍN-URIAS, Luis, HERNÁNDEZ-MELLA, Yahir, PORTILLO, Rogelio de Jesús y PORRAGAS-BELTRÁN, Luis, con adscripción en la Universidad Veracruzana, como siguiente artículo está *Diseño y manufactura de Microturbina de vapor saturado generado con energía solar* por FRANCO-MARTÍNEZ, David, GONZÁLEZ, Brayan y MARTÍNEZ-ALDAMA, Marco, como siguiente artículo está *Construction and design of a Solar Concentrator, with low cost materials for water disinfection and its application in marginalized communities* por CACHO-LÓPEZ, Livier y MENDOZA-ARAUJO, Luis, con adscripción en la Universidad Tecnológica de Querétaro, como siguiente artículo está *Propuesta de diseño de mesa de trabajo automatizada para la disminución de tiempo y esfuerzos de traslado de equipo en el taller de mantenimiento* por FERNÁNDEZ-GARCÍA, Luis, GÁLVEZ-CASTRO, Rubén, RUIZ-DEL ANGEL, Raymundo y ESTRADA-CASTILLO, Francisco con adscripción en la Universidad Tecnológica de Altamira.

Contenido

Artículo	Página
PlateR sistema de reconocimiento de placas y acceso vehicular automático LUGO-LUGO, Juan de Dios, TON-SIERAS, Francisco y GARCÍA-CRUZ, Ángel	1-7
Prototipo de un Cargador Solar para dispositivos Móviles HERRERA-TELLEZ, Pablo, MARTÍNEZ-DE LA LUZ, Artemio, HUITZIL-VELASCO, Ignacio y FLORES-RAMÍREZ, Oscar	8-16
Receptor solar mediante una placa de cobre y termopares TELOXA-REYES, Julio y ZARATE-CORONA, José Oscar.	17-21
Regadera automatizada CONTRERAS-CALDERÓN, Enrique, ÁLCALA-BAROJAS, Iván, TORRES-JAIME, José y CASTILLO-SUBDÍAZ, Francisco	22-26
Prototipo para separar sólidos del agua mediante la evaporación solar HERNÁNDEZ-GÓMEZ, Víctor, OLVERA-GARCÍA, Omar y MORILLÓN-GÁLVEZ, David	27-42
Calentador Solar con lente Fresnel MIRANDA-HERRERA, María, MORALES-IBARRA, Vanessa, DUQUE-HERRERA, Miguel y GONZÁLEZ-SOTELO, Carlos	43-48
Clasificador de configuraciones de un robot humanoide para la realización de patadas MARÍN-URIAS, Luis, HERNÁNDEZ-MELLA, Yahir, PORTILLO, Rogelio de Jesús y PORRAGAS-BELTRÁN, Luis	49-57
Diseño y manufactura de Microturbina de vapor saturado generado con energía solar FRANCO-MARTÍNEZ, David, GONZÁLEZ, Brayan y MARTÍNEZ-ALDAMA, Marco	58-68
Construction and design of a Solar Concentrator, with low cost materials for water disinfection and its application in marginalized communities CACHO-LÓPEZ, Livier y MENDOZA-ARAUJO, Luis.	69-75
Propuesta de diseño de mesa de trabajo automatizada para la disminución de tiempo y esfuerzos de traslado de equipo en el taller de mantenimiento FERNÁNDEZ-GARCÍA, Luis, GÁLVEZ-CASTRO, Rubén, RUIZ-DEL ANGEL, Raymundo y ESTRADA-CASTILLO, Francisco	76-79

Instrucciones para Autores

Formato de Originalidad

Formato de Autorización

PlateR sistema de reconocimiento de placas y acceso vehicular automático

LUGO-LUGO, Juan de Dios*†, TON-SIERAS, Francisco y GARCÍA-CRUZ, Ángel.

Recibido Julio 15, 2016; Aceptado Septiembre 19, 2016

Resumen

PlateR "Sistema de Reconocimiento de Placas y Acceso Vehicular Automático", es un prototipo para el control de acceso a estacionamientos, inteligente, capaz de reconocer un número de matrícula y autorizar o denegar el acceso a un vehículo. Cuenta con un programa que controla la cantidad de vehículos que circulan en un estacionamiento. PlateR utiliza la tecnología del reconocimiento automático de placas (ANPR, Automatic Number Plate Recognition) para identificar caracteres de matrículas vehiculares y procesarlos en el sistema: guarda el número de matrícula y fecha; despliega información del vehículo y el propietario, si encuentra que la matrícula y la base de datos coinciden, permite el acceso. PlateR está conformado por dos módulos, ANPR: el método de vigilancia en masa que utiliza reconocimiento óptico de caracteres (OCR) en imágenes capturadas y lee la matrícula del vehículo; y el sistema de control de acceso, un software que procesa la imagen y extrae los caracteres que conforman la placa. Existen productos similares a PlateR, pero se enfocan al reconocimiento de placas para cobro de multas u otras actividades (PATEL & SHAH, 2013), además en México, no es común usar ANPR para apertura de garaje o plumas de acceso.

Reconocimiento de imágenes, acceso vehicular, mecanismo, software, ANPR

Abstract

Plater "Plate Recognition System and Automatic Vehicle Access" is a prototype for parking access control, intelligent, able to recognize a registration number and authorize or deny access to a vehicle. It has a program that controls the amount of vehicles in a parking lot. Plater uses the technology of Automatic Number Plate Recognition (ANPR) to identify characters in vehicles license plates and processed them in a software: it saves the registration number and date; displays vehicle information and the owner, if it finds that the enrolment database and plate matches, allows access. Plater consists of two modules, ANPR: the mass surveillance method, which uses Optical Character Recognition (OCR) in images captured and read vehicle registration; and access control system, a software that processes the image and extracts the characters in the plate. There are similar products to Plater, but they focus the recognition of plates for collection of fines or other activities (PATEL & SHAH, 2013), and in Mexico, it is not common to use ANPR for opening garages or access feathers.

Image recognition, vehicular access, mechanism, software, ANPR

Citación: LUGO-LUGO, Juan de Dios, TON-SIERAS, Francisco y GARCÍA-CRUZ, Ángel. PlateR sistema de reconocimiento de placas y acceso vehicular automático. Revista de Prototipos Tecnológicos 2016, 2-5: 1-7

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: juandelugo@yahoo.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El acelerado medio social y laboral, día con día hace necesario que nuevas formas de facilitar la vida sean diseñadas. PlateR es un prototipo diseñado para permitir acceder más fácil y rápidamente a estacionamientos, ya que detecta la proximidad de un vehículo y concede el acceso una vez detectada la placa coincidente.

En este trabajo se explica qué elementos fueron utilizados para poner en funcionamiento un prototipo que utiliza las técnicas ANPR y OCR en la detección de la matrícula de un vehículo, su reconocimiento y posterior apertura de puertas de garaje o plumas de acceso a estacionamiento.

Existen muchos productos similares en el mundo, sin embargo se ha encontrado que su uso está generalizado a control de tráfico vehicular y cobro de multas al pasar semáforos. Este prototipo está diseñado para insertarse en el proceso de acceso vehicular a estacionamientos.

Consta de los elementos necesarios para el control de estacionamientos: barrera vehicular para permitir o denegar el acceso, un sensor de masa para verificar la proximidad, y una cámara de alta resolución IP para tomar la muestra de la matrícula. Contiene además un software de procesamiento que procesa las imágenes para la toma de decisiones.

Con este prototipo se pretende acelerar el proceso de acceso a estacionamientos el cual se se proporciona únicamente a personas registradas: En primera instancia, se describe el prototipo y cómo está compuesto; se explica la técnica empleada (ANPR) así como el algoritmo de reconocimiento de imágenes, y el sistema OCR para extraer los caracteres de la matrícula.

Posteriormente se describen los componentes tanto físicos como programados de los dispositivos que conforman el prototipo, así como los resultados obtenidos y conclusiones del trabajo.

Descripción del prototipo

PlateR "Sistema de Reconocimiento de Placas y Acceso Vehicular Automático", es un prototipo para el control de acceso a estacionamientos, inteligente, capaz de reconocer una matrícula y autorizar o denegar el acceso a un vehículo. Cuenta con un programa que controla la cantidad de vehículos que circulan en un estacionamiento.

En este prototipo se utiliza la tecnológica del sistema de reconocimiento automático de placas (ANPR, Automatic Number Plate Recognition) para identificar caracteres de matrículas vehiculares y procesarlos en el sistema: guarda la matrícula, fecha y hora de ingreso; despliega información del vehículo y el propietario, si encuentra que la matrícula y la base de datos coinciden, permite el acceso.

De esta forma es posible decir que este prototipo está conformado por dos módulos, ANPR: el método de vigilancia en masa que utiliza OCR en imágenes capturadas y lee la matrícula del vehículo; y el sistema de control de acceso, un software que procesa la imagen y extrae los caracteres que conforman la placa.

Algoritmo de reconocimiento de imágenes

La técnica para detectar y reconocer automáticamente el número de placa de un vehículo es conocida como ANPR (Automatic Number Plate Recognition).

Los sistemas basados en ANPR son una aplicación práctica de la Inteligencia Artificial (TATALE & KHARE, 2011), ya que se basan en la tecnología biométrica del reconocimiento de imágenes y en las redes neuronales para reconocer las matrículas.

El algoritmo de reconocimiento de imágenes general (Gráfico 1) está compuesto por 4 etapas: a) Mejoramiento: inicia con la detección de la imagen, y localización de sus características principales, b) Restauración: consiste en la alineación de la imagen, c) Procesamiento: una vez alineada se extraen los caracteres necesarios y d) Segmentación: se analizan los caracteres y se obtiene un ID de usuario. (LI, 2005).

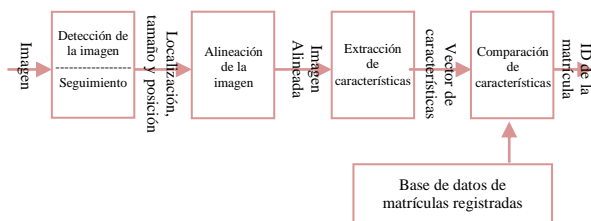


Figura 1 Proceso de reconocimiento de imágenes.

En este prototipo se aplicaron de la manera siguiente:

a) Mejoramiento

Una vez cargada la imagen, es tratada como 4 matrices bidimensionales del tamaño de la imagen, por ejemplo, si la imagen es de 640x820 píxeles, se obtienen 4 matrices de 640x820. Cada una de las 3 primeras imágenes están conformadas por los 3 colores primarios RGB (Red – Green – Blue) entonces se hace una combinación de estas tres matrices para obtener el color final de la imagen, y la cuarta matriz representa la luminosidad de la imagen o escala de grises.

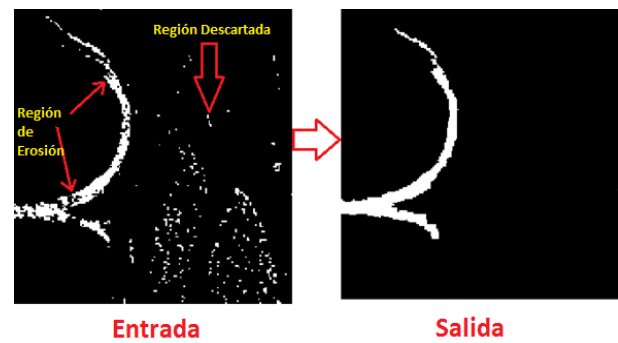


Figura 2 Procesamiento morfológico de una apertura de imagen.

b) Restauración

Posteriormente se elimina la información innecesaria, en este caso las primeras 3 matrices, entonces se convierte la imagen a escala de grises con funciones morfológicas de Matlab, como resultado, al perder información del color, se pierde un poco de nitidez que era proporcionada por las 3 matrices anteriores, así que se hace un aumento de contraste con una función de Matlab que permite subir a cada valor de la matriz en 1%, de ahí se define un umbral de color, el cual, para este ejemplo, se definió en 0.4 el cual permitirá convertir la imagen de escala de grises a totalmente blanco y negro, con esto se obtiene que la matriz poseerá únicamente valores de 1 y 0 siendo 1 negro y 0 blanco, sin embargo es requerido trabajar con los valores en negro, por lo que se invierten los dos colores de la imagen por medio de dos ciclos definidos. Conociendo el tamaño de la matriz es posible recorrerla y usar una auxiliar que guarde el valor inverso y al final regresar el resultado obtenido a la original, de ahí se aplica otro filtro morfológico de apertura de imagen el cual consiste en una erosión morfológica seguida de una dilatación, esto permite suavizar contornos de los objetos dentro de la imagen, eliminar pequeñas protuberancias y romper conexiones débiles innecesarias ya que los caracteres de la placa suelen ser grandes consistencias del mismo color a este método se le aplica una tolerancia de 100 unidades por píxel (Figura 2).

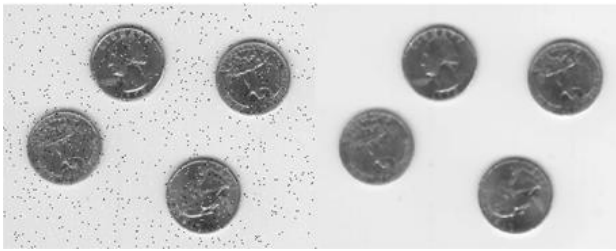


Figura 3 Filtro de Media.

c) Procesamiento o Restauración

Después, se aplica un filtro de Media el cual permite eliminar el ruido que suele generar la baja calidad de la cámara y los diferentes procesamientos morfológicos que se apliquen obteniendo así, una imagen más nítida con esto se logra eliminar toda la información innecesaria de la imagen y se obtiene únicamente una matriz con información de “Cosas grandes y consistentes” de la imagen (Figura 3).

d) Segmentación o Reconocimiento

El procesamiento de segmentación consiste en etiquetar (Figura 3) todas esas cosas grandes de información que quedan, guardándolas en una matriz que posee su posición, longitud, altitud, área y su id, luego se recorre el arreglo de figuras para encerrarlas dentro de un rectángulo y se obtiene su punto central, se normaliza cada una de las imágenes con un valor de 27x27 píxeles. Con este tamaño mínimo es posible procesar los caracteres sin perder información importante, como las aristas y los vértices.

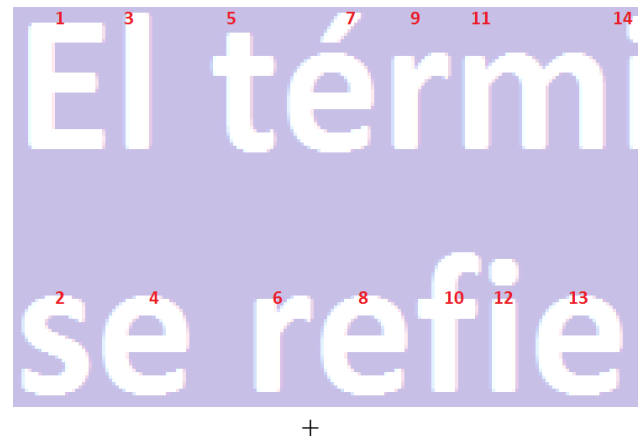


Figura 4 Matlab® “etiqueta” y asigna ID a cada carácter.

Se recorre cada carácter normalizado para usar la información y generar una gráfica, la cual indica la densidad de carácter por píxel y se guarda en un archivo temporal, este se compara con cada una de las letras que conforman los caracteres válidos de una matrícula vehicular utilizando las gráficas (archivadas) que se generaron anteriormente, y se comparan. Por ejemplo, los valores del primer carácter con los valores que corresponden a una letra A utilizando una fórmula del coeficiente de correlación el cual indica la diferencia y con esto es posible conocer la similitud de la comparación. Si se especifica que hay una similitud del 95% en la imagen, entonces se dirá que el carácter coincide con la letra. Para evitar confusiones se analiza toda la base de datos y se escoge el de mayor nivel de confianza así con cada uno de los caracteres, una vez conocidos todos se arma una cadena que es comparada con las almacenadas en la base de datos.

El sistema OCR es el último estado en el método ANPR. En este estado los caracteres de la matrícula se convierten en texto codificado, una vez conocidos se arma una cadena que se compara con las almacenadas en la base de datos (XIAOJUN Zhai, 2012).

Componentes Externos Del prototipo

El prototipo está compuesto por los siguientes componentes:

- Servomotor genérico: Este componente simula a la barrera vehicular, se le adhirió una pieza larga y delgada para asemejar al brazo de la barrera.
- Sensor ultrasónico analógico: Simula la función del sensor de masa mediante un sonido a 40 kHz de frecuencia a través del aire y mediante cálculos de tiempos obtiene la distancia de objetos en un ángulo dado, así se detecta si hay algún vehículo delante de la cámara.
- Cámara web: Cámara de baja resolución para la captura de imágenes, es necesario que el vehículo este muy bien posicionado para la correcta toma imágenes.
- Arduino: Unidad de control que sirve como interfaz entre el servomotor, el sensor ultrasónico y la computadora. Este es el responsable directo del movimiento.
- Software de procesamiento: Pequeño algoritmo de reconocimiento de placas para convertir el número de identificación en una cadena de texto. Analizando esta cadena se permite o no, el acceso mediante el Arduino.

Para su construcción se utiliza un Arduino como interfaz entre los componentes y la computadora, este es el encargado de notificar la presencia de un vehículo mediante el sensor ultrasónico y de mover el servomotor en caso de permitir el acceso. La cámara web fue conectada directamente a la computadora por medio de un cable USB.

Componentes internos del prototipo

El software del sistema está conformado principalmente por dos programas que se ejecutan, uno desde una placa Arduino y otro en el equipo de cómputo que se encuentra desarrollado en MATLAB®.

La placa Arduino cuenta con 2 componentes esenciales para el desarrollo del sistema, un sensor ultrasónico (HC-SR04) (Figura 5) y un servo motor de 180° (Figura 6).



Figura 5 Sensor ultrasónico (HC-SR04).

a. Funcionamiento del sensor ultrasónico

El sensor emite una frecuencia arriba de 20kHz la cual rebota con facilidad y es captada de regreso, de esta forma es posible saber el tiempo y la velocidad a la cual fue emitida la onda, sabiendo tiempo y velocidad es posible calcular distancia. El sensor a lo largo de todo el trayecto del sistema se encuentra leyendo información cuando capta un objeto dentro de un rango de distancia determinado (en la maqueta prototipo se utilizó un rango de 2 a 8 cm) espera 2 segundos y vuelta a tomar la muestra, si el objeto sigue ahí, algo permaneció delante del sensor y así se evitan errores, una vez que se sabe que hay algo el Arduino manda un comando al sistema en Matlab®, el cual se envía mediante una conexión de puerto USB.



Figura 6 Servo motor de 180°.

b. Funcionamiento del servomotor

Una vez enviado el comando en Matlab® de que hay un objeto, el sistema de Arduino entra en un ciclo infinito hasta recibir información de regreso, se comprueba si es una respuesta positiva o negativa. En caso de ser positiva, significa que el sistema otorgo acceso, la placa Arduino sale del ciclo infinito, se conecta con la cámara mediante puertos seriales, manda a tomar una foto, que almacenada temporalmente en una carpeta para analizarla mediante un algoritmo de reconocimiento, envía un comando para mover al servo (que sirve para simular una pluma) a 90° grados para que se levante, entonces el sensor verifica durante 2 segundos que ya no haya ningún objeto delante de él para evitar aplastamientos.

Componentes mecánicos del prototipo

El producto final está compuesto de los siguientes componentes:

- Barrera vehicular: Brazo mecánico controlado electrónicamente para su apertura.

- Sensor de masa: Se compone de un lazo que genera un campo electromagnético y un receptor que transforma la señal, este detecta la presencia de objetos metálicos, en este caso un vehículo. Este lazo se coloca estratégicamente para detectar correctamente la posición del automóvil.
- Cámara de alta resolución IP: Utilizada para tomar imágenes de las matrículas, se conectará a la red local desde donde podrá ser accedida. Después de la captura, las imágenes serán procesadas para la toma de decisiones. Con su alta resolución brinda mayor precisión al momento de procesar las imágenes.
- Software de procesamiento: Procesa las imágenes y las convierte en información que se pueda analizar, esto para permitir o denegar el acceso de un automóvil.

Para su ensamblado, la barrera vehicular cuenta con una ranura especial para el sensor de masa, que permite su apertura automática y será conectada por medio de una interfaz a la computadora para procesar la imagen y decidir la apertura de la barrera.

Resultados

Como fue discutido en el punto “Algoritmo de Reconocimiento de imágenes”, el software programado para el reconocimiento de imágenes y posterior control de la capacidad máxima del estacionamiento, mostró un buen desempeño, logrando reconocer, y rechazar o conceder el acceso a un porcentaje de vehículos del 99%.

Posteriormente en las secciones de componentes internos, externos y mecánicos, al programar el prototipo y hacer el armado, se completó con éxito. Tanto el brazo mecánico, el detector de masa, así como la cámara para capturar las imágenes mostraron un buen desempeño, con tasas de aceptación y rechazo verdaderos por encima del 99% de precisión. Los dispositivos utilizados para el armado funcionaron apropiadamente.

Agradecimiento

Agradecemos al Tecnológico Nacional de México, en especial al plantel: Instituto Tecnológico de Nogales, por las facilidades brindadas, tanto para la construcción del prototipo, como para el financiamiento para la presentación del artículo.

Conclusiones

Con PlateR se logró construir un prototipo funcional que permite o deniega el acceso a estacionamientos utilizando la tecnología ANPR y el reconocimiento óptico de caracteres OCR.

Concluyendo que, aunque existen productos similares a PlateR, estos se enfocan al reconocimiento de placas para cobro de multas u otras actividades (PATEL & SHAH, 2013), además en México, no es común usar ANPR para apertura de garaje o plumas de acceso.

Referencias

LI, O. (2005). *Handbook of face recognition*.
PATEL, C., & SHAH, D. (2013). Automatic Number Plate Recognition System (ANPR): A Survey. *International Journal of Computer Applications*, 21.

TATALE, S., & KHARE, A. (2011). Real Time ANPR for Vehicle Identification Using Neural Networks. *International Journal of Advances in Engineering & Technology*, 262-268.

XIAOJUN Zhai, F. B. (2012). OCR-based neural network for ANPR. *2012 IEEE International Conference on Imaging Systems and Techniques (IST)*.

Prototipo de un Cargador Solar para dispositivos Móviles

HERRERA-TELLEZ, Pablo*†, MARTÍNEZ-DE LA LUZ, Artemio, HUITZIL-VELASCO, Ignacio y FLORES-RAMÍREZ, Oscar.

Universidad Politécnica de Amozoc, Puebla, México

Recibido Julio 18, 2016; Aceptado Septiembre 1, 2016

Resumen

Una de las meta de México para el periodo 2020-2030 es reducir en un 25% las emisiones de Dióxido de carbono CO₂. Como dato histórico, en el año de 1999 se midieron 3.7 toneladas per cápita emitidas de CO₂, en 2011 la cantidad es de 3.9 y la tendencia es de seguir aumentando. También en nuestro país se desechan 635 mil toneladas de baterías que afectan a los ecosistemas. Por lo tanto, en el presente trabajo se muestra un análisis, desarrollo, implementación y pruebas de un prototipo de Cargador Solar que ofrece una carga eléctrica de 5v a dispositivos móviles. Se emplea un sistema de seguimiento solar de dos ejes de 1 kW de potencia, Una placa Arduino, un tragamonedas y componentes eléctricos. Este prototipo sustentable es colocado en lugares públicos permitiendo a las personas ingresar una cantidad monetaria y recibir energía limpia para sus dispositivos, evitando emisiones CO₂ y uso de baterías externas. Se emplea la combinación de dos tipos de metodologías en este trabajo, la primera el método proyectual (Bruno Murani) de Manufactura y la segunda basada en prototipos de software.

Seguidor solar, cargador solar, metodología de prototipos, método proyectual, Arduino

Abstract

One goal of Mexico for the period 2020-2030 is to reduce emissions of carbon dioxide CO₂ by 25%. As a historical note, in the year 1999, 3.7 tonnes of CO₂ per capita issued in 2011 the amount is 3.9 and the trend is to further increase were measured. Also in our country 635 thousand tons of batteries that affect ecosystems are discarded. Therefore, in this paper an analysis, development, implementation and testing of a prototype Solar Charger featuring an electric charge mobile devices 5v shown. Solar tracking system two axes of 1 kW, an Arduino board, a slot machine and electrical components used. This sustainable prototype is placed in public places allowing people to enter a monetary amount and receive clean energy for their devices, avoiding CO₂ emissions and use of external batteries. The combination of two types of methodologies used in this paper, first the projective method (Bruno Murani) Manufacturing and the second based on software prototypes.

Solar tracker, solar charger, prototyping methodology, projective method, Arduino

Citación: HERRERA-TELLEZ, Pablo, MARTÍNEZ-DE LA LUZ, Artemio, HUITZIL-VELASCO, Ignacio y FLORES-RAMÍREZ, Oscar. Prototipo de un Cargador Solar para dispositivos Móviles. Revista de Prototipos Tecnológicos 2016, 2-5: 8-16

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: ignacio.huitzil@upamozoc.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Una de las meta de México para el periodo 2020-2030 es reducir en un 25% las emisiones de Dióxido de carbono CO₂ (INNECC, 2015). Como dato histórico, en el año de 1999 se midieron 3.7 toneladas per cápita emitidas de CO₂, en 2011 la cantidad es de 3.9 y la tendencia es de seguir aumentando (GBM, 2016). También en nuestro país se desechan 635 mil toneladas de baterías que afectan a los ecosistemas (INE, 2007). Por lo que en el presente trabajo se propone el desarrollo sustentable del proyecto titulado Cargador Solar CS. Para su construcción se emplea las metodologías de Bruno Murani y basada en prototipos de Software. Importante mencionar la integridad de ambas metodologías para producir incrementos o evolución de mejoras del proyecto hasta obtener un prototipo altamente funcional.

En el proceso de implementación de la metodología de Murani que consta de doce fases, se hace énfasis en la definición y análisis del problema. El principal detectado la afectación gradual al medio ambiente por parte de 10.3 millones de usuarios de dispositivos móviles donde 50.7% son de teléfonos inteligentes y en crecimiento.

El CS es un prototipo que emplea tecnologías como un seguidor solar de dos ejes, electrónica básica, una placa Arduino que permite el control y procesamiento para que los usuarios obtengan energía limpia para dispositivos móviles y de esta forma reducir emisiones de CO₂.

El presente artículo encontraremos, el apartado Descripción del método que explica las metodologías empleadas para el desarrollo del prototipo. En la sección desarrollo de prototipo se describe doce fases empleadas. Se mostraran resultados en el penúltimo apartado y finalmente el apartado de conclusiones.

Descripción del método

En esta sección se detallan las metodologías empleadas para el desarrollo de prototipos. Iniciaremos con la metodología propuesta por Bruno Murani y la metodología basada en prototipos de software.

El método proyectual propuesto por Bruno Murani en 1983 concibe el desarrollo de proyectos de manera objetiva y lógica basándose en el diseño (González, 2015). El método posee 12 fases ordenadas de manera lógica (Ver Figura 1), que inicia con identificación del problema, pasando por la creatividad y experimentación, finalizando en el desarrollo de prototipos que se acercan y dan respuesta a la solución del problema.

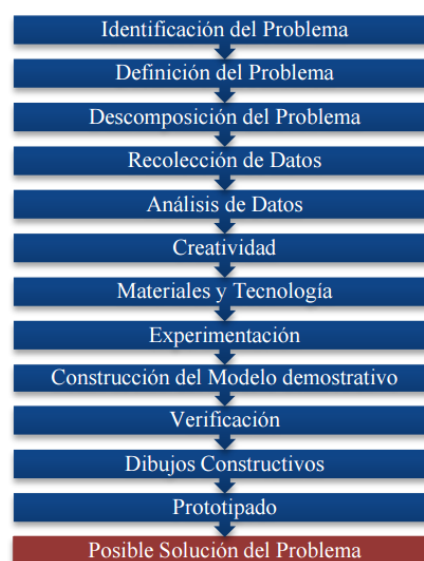


Figura 1 Fases de la Metodología Bruno Murani (Alvarado G. A, 2015)

Alvarado G. A, (2015) detecta aspectos relacionados al principio del desarrollo sustentable en la metodología de Murani enfatizando la fase de identificación y definición del problema orientándose a la solución, como prioridad el mejorar la calidad de vida y encontrar soluciones reales a las necesidades.

En la fase de experimentación permite el estudio y pruebas de materiales, tecnologías, métodos que alarguen la vida de los dispositivos y la reingeniería para otros proyectos.

Por otro lado, en el desarrollo de software, los modelos de procesos incrementales requieren resultados rápidos y funcionales de software. A estos resultados o entregas se les llama incrementos. En todo incremento hay un prototipo. En el modelo basado en prototipos el cliente posee los requerimientos de manera general y posteriormente agrega funcionalidades no previstas durante el desarrollo, por lo que se crean incrementos que sufrirán cambios para llegar al producto final.

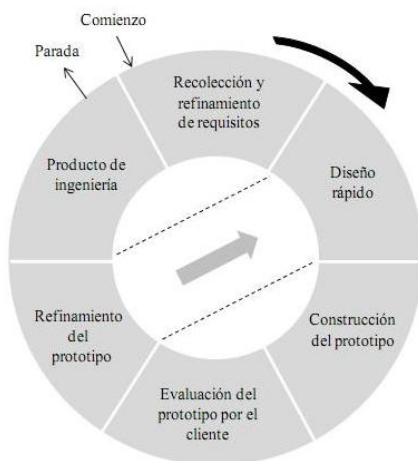


Figura 2 Metodología de desarrollo de software basada en Prototipos (Pressman, 2010)

La metodología basada en prototipos es iterativa, en cada ciclo se evalúa y se obtiene una nueva mejora (ver Figura 1). Para grupos pequeños de desarrolladores es útil este modelo porque permite establecer objetivos generales, evaluar e identificar requerimientos, retroalimentar, hacer diseños rápidos para construir prototipos.

Desarrollo del prototipo

En este apartado se describen las 12 fases de desarrollo del Cargador Solar además de la inclusión del desarrollo de software.

Fase 1. Identificación del problema

En el sitio Forbes México, detalla junto con (Alamilla R, 2015) que en nuestro país hay un estimado de 10.3 millones de líneas de telefonía móvil, de las cuales 52.6 millones son Usuarios de teléfonos inteligentes (*Smartphone*) que representa el 50.7% del total. La tendencia para los próximos 5 años va en aumento.

Fase 2. Definición del problema

El crecimiento acelerado de consumidores de móviles trae consigo consecuencias ambientales tales como incremento en el uso y compra de baterías, mayor consumo de energía eléctrica y emisión de CO₂. Todo esto nos conlleva a la siguiente cuestión ¿Como la sociedad consumidora de dispositivos móviles pueden ayudar al planeta para reducir emisiones CO₂ y el desecho de baterías?

Fase 3. Descomposición del problema y Fase 4. Recolección de datos

A continuación en la Tabla 1 se muestran seis aspectos en los cuales se ve implicada la fase 1 y 2, se presentan datos cuantitativos.

Conceptos	Total
Usuarios con dispositivos Móviles 2015	10.3 millones de los cuales 50.7% son <i>smartphone</i> .
Desechos de Baterías 2011	635 mil toneladas
Emisión de CO ₂ de 1990 a 2008 (Pro México, 2014)	Creció 40%
Emisión de CO ₂ en 2011	3.9 toneladas per capita.
Espacios públicos para cargar dispositivos móviles	10% del territorio
Duración estimada de la batería en dispositivos móvil	De 12 hrs o 2 días depende del uso

Tabla 1 Datos reales del problema en México.

Por otro lado, las formas tradicionales para cargar eléctricamente una batería de celular que impactan al medio ambiente son: baterías externas, cargadores caseros, conexiones a la red eléctrica, lugares públicos conectados a la misma red, uso de celdas solares portátiles. Los datos encontrados y clasificados nos llevan a la siguiente fase.

Fase 5. Análisis de datos

El gobierno federal Mexicano junto con el Programa Especial de Cambio Climático (PECC), ha puesto como meta el desarrollo sustentable para reducir 50 % del total de las emisiones para el 2050 (Pro México, 2014). Una manera de mitigar o reducir este problema es creando proyectos y desarrollos sustentables que tienen como objetivo la administración de recursos de manera eficiente y racional para mejorar vida actual y futura.

Considerando y estudiando los datos de la Tabla 1, junto con las metas establecidas por los organismos se propone un proyecto titulado cargador solar para móviles que mitigue la afectación al medio ambiente considerando los principios de la sustentabilidad que son: 1. Reducir el uso de materiales que posean o que en su proceso de fabricación generen CO₂, 2. Emplear el menor número de componentes, 3. Seleccionar materiales no tóxicos, 4. Durabilidad y tiempo de vida y finalmente 5. Reciclar (Beder, 2006).

Fase 6. Creatividad

Dando respuesta a la interrogante realizada en la Fase 2, los datos recolectados y analizados. Como aspecto creativo y de desarrollo sustentable, la protección al medio ambiente y la visión comercial, este trabajo propone: Desarrollar un prototipo que emplea un seguidor solar para ofrecer una carga de 5v para dispositivos móviles. Diseñado para ser colocado en espacios públicos y privados.

En cuestiones comerciales este prototipo recibirá una compensación económica y como resultado ofrecerá energía eléctrica limpia a los usuarios.

Fase 7. Materiales y Tecnología

Para el desarrollo del proyecto se emplearon los siguientes materiales y tecnologías:

Un Seguidor solar de dos ejes: Posee cuatro paneles policristalinos de 250 WP de potencia de la marca SOLARTEC, S60PC-250, con un peso de 20.5 kg, dimensiones de 1640 mm x 992 mm, marco de aluminio de 40mm, conexiones con IP65.

La estructura del seguidor solar es de aluminio anodizado su base es un mono-poste (único apoyo central). La plataforma se moverá por medio de dos motores tipo brazos eléctricos. Para el seguimiento solar se utiliza un fotosensor el cual capta los rayos solares.

Un Arduino One: Esta placa posee un Microcontrolador Atmega328, con circuitería de soporte, reguladores de tensión, un puerto USB para conectar a computadora. Consta de 14 pines (para configurarse como entrada/salida) y 6 pines analógicos. En cuanto a voltaje en operación 5V, de entrada (Recomendado) 7 – 12V, una Memoria Flash 32 KB, SRAM 2 KB, Frecuencia de reloj 16 MHz. Requerido para la programación de este hardware el **Software Arduino versión 1.6.11** para el sistema operativo Windows 10.

Un Monedero Eléctrico multimoneda programable: Diámetro y grosor de moneda: 15-32 mm y 1.2-3.8 mm, Precisión de identificación de moneda: 99.5%, Velocidad: (<=) 0.6 m/s, Salida de señal: pulso, y Voltaje de operación: +12V DC.

Un Conectores USB 2.0 Tipo A Hembra.

Un regulador de voltaje 7805: un dispositivo electrónico que tiene la capacidad de regular voltaje positivo de 5V a 1A de corriente

Un Tip 41: un transistor de potencia, para bajas frecuencias, empleado como Fuente de alimentación.

Una Batería recargable sellada, de ácido-plomo, de 12 volts, 07 ah, peso aproximado 2.5 kg. Esta batería es una fuente indispensable de reserva en caso de estar alimentando equipos conectados 24 horas.

Software NX9 de Simens for Manufacturing para diseño de ingeniería y manufactura.

Fase 8. Experimentación y Fase 9. Construcción del modelo demostrativo

Para esta fase la metodología de prototipos de software se integra, debido a los requerimientos generales que se posee y a las mejoras de manufactura y de desarrollo de software, por un lado presentaremos la experimentación y construcción de la ingeniería de Software y por otro el de Manufactura.

Iniciaremos con los requerimientos de software de manera descriptiva del prototipo:

1. El usuario conectara su móvil al puerto USB e insertará una moneda al monedero electrónico.

2. La placa Arduino detectará y procesará la entrada de moneda.

3. Se informará a usuario e iniciar el proceso de carga de dispositivo móvil.

4. Se informará al usuario sobre la cargar finalizada debido al límite de tiempo.

Dentro de los requerimientos generales del prototipo para manufactura se encuentran:

a) Las medidas del prototipo son 150 mm de largo por 150 mm ancho y 200 mm de altura.

b) Disponibilidad las 24 hrs de carga.

c) Garantizar que nuestro prototipo sea seguro y fácil de usar.

Resultados

a) Un diseño y modelado de una carcasa para recubrir el prototipo elaborado en el Software NX9 como se observa en la Figura 3. Se determinó la resistencia y tipo de material mediante el mismo software.

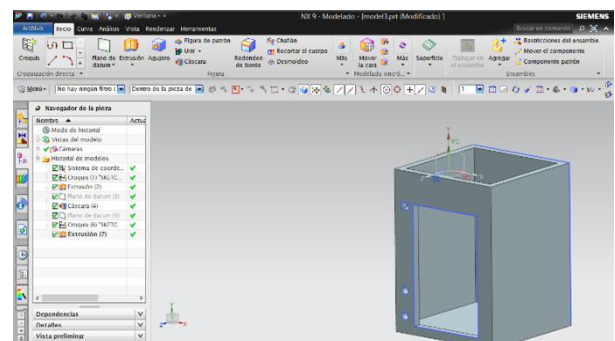


Figura 3 Diseño y modelado de carcasa.

b) Para la disponibilidad de 24 hrs. se optó por un sistema fotovoltaico en especial seguidor de dos ejes que ofrece un almacenamiento a batería y la ventaja de una mayor eficiencia en la captación de la radiación solar (Ver Figura 4).



Figura 4 Seguidor solar dos ejes 1 kW de potencia.

- c) Para la seguridad del prototipo y fácil uso del mismo. Se realizaron 6 incrementos que muestran su evolución ver la Figura 5. En a) se realiza la etapa de potencia integrando la placa Arduino. En b) se incorpora el monedero electrónico y pruebas de velocidad y detección de moneda, en c) pruebas e implementación de detección de moneda a través de pulsos, se incorporar la fuente de alimentación. d) se realizan pruebas de salida de voltaje y amperaje para móviles y la incorporación de la carcasa hecha de madera.

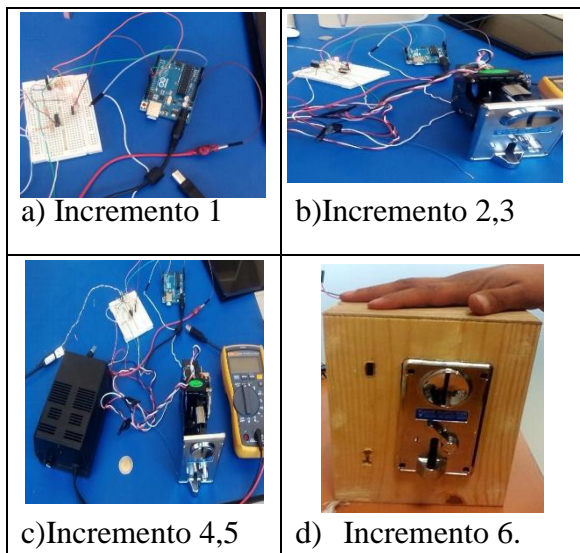


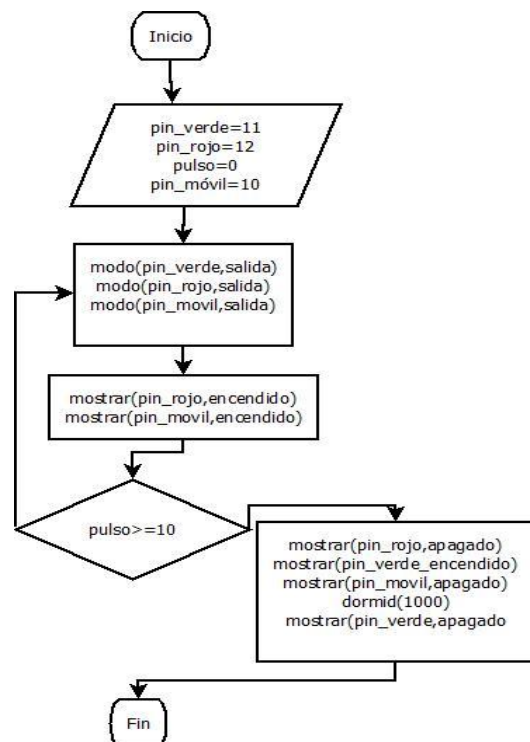
Figura 5 Evolución del prototipo

Fase 10. Verificación y Fase 11. Dibujos constructivos

La metodología basada en prototipos utilizada para la manufactura, la electrónica y generación del software tiene evaluaciones en cada incremento para continuar a la siguiente evolución del prototipo.

Por tal razón se presenta una prueba final el testear, si nuestro prototipo realiza la carga de dispositivos móviles en especial teléfonos inteligentes.

La mayoría de los fabricantes de móviles establece en sus cargadores lo siguiente una tención de 5.2 V a 6 V y de 500 mA a 2.0 A de intensidad de corriente. Nuestra propuesta ofrece 5 V y 1.8 mA de manera constante. El amperaje es crucial para el tiempo de carga. Para llegar a esta prueba final en la Figura 6 se observa el esquema general de como encuentran todos los materiales y tecnologías del prototipo.



Iniciaremos mencionando que el prototipo obtiene el 100% de su energía a partir de un seguidor solar que alimenta una batería recargable que a su vez es fuente de alimentación del monedero, la etapa de potencia y el microcontrolador quien valida y procesa el pulso para cargar un dispositivo cuando el usuario final deposita una moneda.



Figura 6 Diagrama de prototipo

Durante el desarrollo de software se tuvieron varios prototipos e incrementos en relación a cambios de requerimientos y al sensado obtenido. Por lo cual, en la Figura 6 se presenta un diagrama de flujo que ilustra la manera en que está funcionando el algoritmo. En la entrada del diagrama encontramos los colores rojo (fin de carga) y verde (cargando) que son LEDs indicadores. Pulso indica la lectura analógica del monedero y móvil una salida de voltaje a la etapa de potencia. Cuando se halle un pulso grande se hace un cambio de color de indicador y se activa el paso de la corriente durante un tiempo.

Fase 12. Prototipo

La fase 10 y 11 son cruciales para llegar a nuestro prototipo final el cual se encuentra integrado y funcionando como se muestra en la Figura 8, donde se realizó la prueba final de conexión al panel solar y el testeo de alrededor de 20 móviles de sistema operativo Android, Windows, y celulares convencionales.



Figura 7 Diagramas de Flujo del algoritmo



Figura 8 Cargador solar en funcionamiento

En lo que respecta con la Tabla 2, se muestra el costo total del proyecto donde se desglosa cada uno de sus componentes. En la Tabla 3 se representa el tiempo de vida y disponibilidad del Cargador Solar.

Concepto	Materiales y tecnología	Costo
1 Seguidor solar dos ejes	Seguidor solar	\$ 35.000,00
	batería	
1 Cargador (incremento 6)	arduino	\$ 450,00
	electrónica	\$ 200,00
	Total de cargador	\$ 650,00
Desarrollo e investigación	horas hombre, 20hrs por 4 semana durante 4 meses por 3 personas	\$ 144.000,00
	Total seguidor+cargador+investigación	\$179.650,00

Tabla 2 Costo del proyecto

Concepto	Materiales y tecnología	Tiempo de vida	Disponible
1 Seguidor solar dos ejes	Seguidor solar	17-20 años	24hrs= 1440min
	batería	1 año y medio	
1 Cargador (incremento 6)	arduino	5 a 8 años	
	electrónica	1 año y medio	

Tabla 3 Características de Cargador Solar

En relación al costo total del proyecto y su disponibilidad, se estima el costo de \$10.00 mx para cargar un dispositivo móvil (1 usuario) durante 15 min. Partiendo de lo anterior se ejemplifica en la Tabla 3 lo recaudado partir de 1 hora hasta 3 años considerando que el cargador este siempre disponible y que la afluencia de personas sea consecutiva.

Cargador solar	Costo x carga de 15 min	Tiempo	Personas que usan el cargador	Recaudado
1	\$ 10,00	1hr	4	\$ 40,00
		1 día	96	\$ 960,00
		1 mes	2880	\$ 28.800,00
		1 año	34560	\$ 345.600,00
		3 año	103680	\$ 1.036.800,00

Tabla 4 Recaudación por el uso del Cargador solar

Conclusiones

En primera instancia, el trabajo presentado combina de una metodología proyectual como la de Murani y el método evolutivo basado en prototipos para el desarrollo de software, como resultados la creación de no solo un prototipo si no de 7 los cuales fueron validados cada uno para su evolución y continuar haciendo nuevas mejoras.

Se hace énfasis que el cargador cumple con los aspectos de proyectos de desarrollo sustentables como lo son mejorar la calidad de vida de la sociedad, reducir el impacto ambiental el cual puede ser medido en trabajos futuros. El prototipo final ofrece una carga constante de 5 V y 1.8 mA, esta fuente de energía es proveída por una batería que a su vez es alimentada por el sistema del Seguidor solar, el comportamiento de dicha batería se observa en la Figura 9 y10.

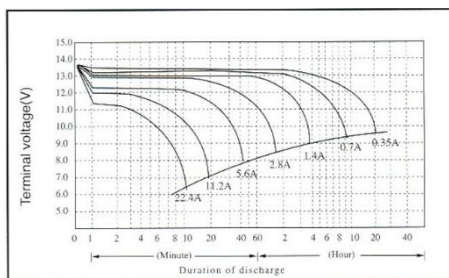


Figura 9 Características de descarga.

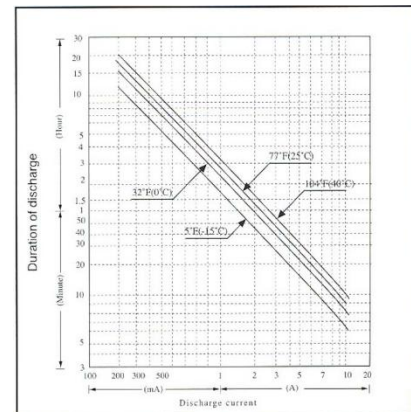


Figura 10 Duración de descarga contra corriente de descarga.

Cabe agregar, que el grupo de desarrollo multidisciplinario formado por áreas de manufactura, Energía y desarrollo de Software que presenta el presente trabajo da un alto valor a las metodologías empleadas ya que son un marco de referencia para el desarrollo de manera ágil.

Por otro lado, dando respuesta al ¿Como la sociedad consumidora de dispositivos móviles pueden ayudar al planeta para reducir emisiones CO₂ y el desecho de baterías? es evidente que mediante el uso de energías alternativas y proyectos sustentables como lo es el cargador solar. Finalmente, el ultimo prototipo se encuentra en una nueva etapa de mejoras en las cuales se hayan hacer cambios como un diseño industrial, la reducción de costos, pruebas con dispositivos con sistema operativo IOS, por parte de manufactura un diagrama de producción definitivo, y la realización de estudios de usabilidad y satisfacción de clientes.

Referencias

Alamilla R, E. F. (23 de 02 de 2015). Forbes México. Obtenido de <http://www.forbes.com.mx/el-mercado-de-telefonía-movil-de-mexico-por-fin-es-mas-inteligente/#gs.GYIvP3w>

Alvarado G. A, R. P. (2015). Formación en diseño insdudtrial una propuesta metodológica coherente con el desarrollo sostenible.

Beder, S. (2006). Environmental Principles and Policies. Sydney: UNSW Pres.

GBM. (2016). Grupo Banco Mundial. Obtenido de Centro de Análisis de Información sobre Dióxido de Carbono, División de Ciencias Ambientales del Laboratorio Nacional de Oak Ridge (Tennessee, Estados Unidos): <http://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC?locations=MX>

González, M. (2015). Metodología del Diseño.

INE. (15 de noviembre de 2007). Instituto Nacional de Ecología. Obtenido de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/438/cap5.html>

INNECC. (19 de noviembre de 2015). Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climatico. Obtenido de <http://www.inecc.gob.mx/acerca/difusion-cp-inecc/1279-indc>

Pressman, R. S. (2010). Ingeniería del software, Un enfoque práctico. (7: edición). Madrid, España: Mc Graw Gill.

Pro México. (2014). Pro México inversión y Comercio. Obtenido de <http://www.promexico.gob.mx/desarrollo-sustentable/>

Receptor solar mediante una placa de cobre y termopares

TELOXA-REYES, Julio*† y ZARATE-CORONA, José Oscar.

Universidad Politécnica de Tlaxcala, Av. Universidad Politécnica No. 1, Xalcaltzinco, Tepeyanco, Tlaxcala

Recibido Julio 1, 2016; Aceptado Septiembre 2, 2016

Resumen

Un problema que se enfrenta en la actualidad es la contaminación por el consumo de fuentes fósiles para la producción de energía eléctrica, como parte de la solución a este problema, se presenta en este trabajo la caracterización de un receptor solar que consta de una placa de cobre bajo dos condiciones de captación de la energía solar, la primera es la exposición directa a la energía solar sin recubrimiento, la segunda condición es la exposición directa a la energía solar con un recubrimiento de pintura comercial resistente a alta temperatura, el objetivo es realizar una comparación sobre la superficie que presenta mayor captación de energía térmica en la placa de cobre, para la conversión de la energía térmica a eléctrica, se utilizan termopares tipo "k", dispuestos en un arreglo en serie, de acuerdo a referencias México es una región que cuenta con una disponibilidad de energía solar de las mejores en el mundo hasta de 4200W/m²/d. Para la concentración solar se utilizó un plato parabólico de foco expuesto con un área de exposición solar de 459cm²

Energía solar, receptor solar, termopar, cobre

Abstract

A problem to confront in current days is the contamination of the environment due to fossil fuel consumption to produce electric energy, as an option to solve this problem, it is presented in this paper the characterization of a solar receptor consisting of a copper plate subjected under two conditions of exposition to the solar radiation, first one consist of the direct exposition without covering the plate, second condition is direct solar radiation exposition with a film of commercial black paint resistant to high temperature, the objective is to do a comparison between the plate copper surface which allows the higher absorption of thermic solar energy, for the conversion between thermic energy to electric energy it was used type "k" thermocouples in a series array, according to some references México is one of the better places with exposition of solar energy on earth reaching values of 4200W/m²/d. The solar energy concentration was done by using a parabolic plate with exposed focus and with exposed area to sunlight of 459cm²

Solar energy, solar receptor, thermocouples, copper

Citación: TELOXA-REYES, Julio y ZARATE-CORONA, José Oscar. Receptor solar mediante una placa de cobre y termopares. Revista de Prototipos Tecnológicos 2016, 2-5: 17-21

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: julio.teloxa@uptlax.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Las energías renovables son de particular importancia a causa de los menores daños ambientales generados por otros tipos de energía, principalmente las provenientes de fuentes fósiles que provocan cambios en el ambiente como el calentamiento global, en un esfuerzo por contribuir a la utilización de energías alternas, se realizó el presente trabajo que trata sobre la utilización de la energía termo-solar para realizar el calentamiento de una placa de cobre, en la cual estarán embebidos termopares tipo “k”, la hipótesis es: “La recolección de la energía individual de termopares para utilizar la energía eléctrica producida por el calentamiento”, es conocido que el principio de funcionamiento de los termopares es la variación de sus propiedades conforme se incrementa la temperatura [1], de igual forma es conocido que en las terminales de un termopar se genera una diferencia de potencial a causa del calentamiento, es precisamente esta propiedad de los termopares para la recolección de la diferencia de potencial y que podría ser utilizada para cargar algún tipo de batería recargable, el esquema de aprovechamiento de la energía solar, es como es el que se muestra en la figura 1.

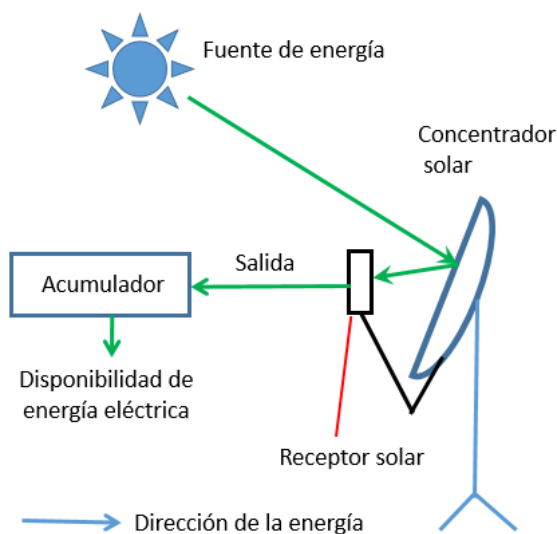


Figura 1 Aprovechamiento de la energía.

Descripción del método

La utilización clásica de los termopares tipo “k” es para la medición de temperatura en diferentes tipos de medios ya sea líquidos, sólidos e incluso gases, la unión de los metales cromell-alumell [1], genera una diferencia de potencial de acuerdo al rango de temperatura que se desea medir. En este trabajo se utiliza esta característica de la unión de los dos metales para aprovecharla como generador de energía eléctrica mediante el calentamiento de la unión y mediante la recolección de la señal en una conexión en serie.

Para estar en condición de realizar mediciones de voltaje, se realizó un arreglo de 10 termopares colocados en serie, en la figura 2 se muestra el circuito eléctrico del arreglo, los termopares fueron soldados a una placa PCB y acoplados a una placa de cobre con dimensiones de 0.01X.046X0.03m (espesor X largo X ancho). La placa de cobre se expondrá a la radiación directa provista por el concentrador solar bajo dos condiciones:

1. Sin recubrimiento
2. Con un recubrimiento de pintura resistente a altas temperaturas

El objetivo es conocer el comportamiento físico a las dos condiciones y saber cuál condición es la óptima para obtener un mayor calentamiento y por ende mayor temperatura en la placa, ya que a mayor temperatura existirá una mayor cantidad de conversión de energía de térmica a energía eléctrica

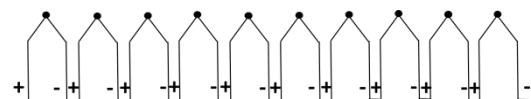


Figura 2 Arreglo de termopares conectados en serie.

Por otro lado, para la obtención de la temperatura requerida para la operación del receptor solar, se utilizó un concentrador parabólico de foco expuesto [2], del cual se muestran sus características en la figura 3, con el concentrador se logra obtener temperaturas de calentamiento hasta de 500°C en una placa de cobre, en la figura 4 se muestra un esquema de la estructura del concentrador de plato parabólico.

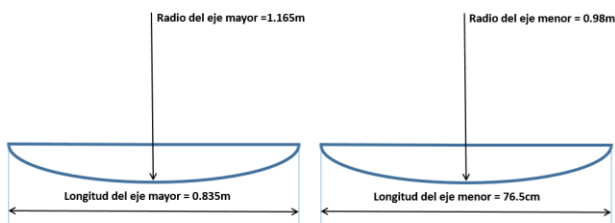


Figura 3 Geometría del concentrador parabólico.



Figura 4 Concentrador de plato parabólico.

Resultados de la exposición a la radiación solar

Placa de cobre sin recubrimiento

En la figura 5 se muestra la placa de cobre antes y después del calentamiento.

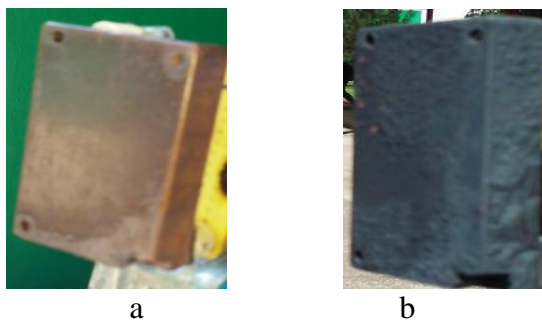


Figura 5 Placa de cobre sin recubrimiento, a) antes del calentamiento, b) después del calentamiento.

La placa de cobre cambio de color, después de exponerla a un calentamiento a una temperatura alrededor de 400°C , lo que resulta en una desventaja ya que cada vez que se realice el calentamiento de la placa, esta se estará decapando por la exposición a la radiación solar.

Placa de cobre con recubrimiento de pintura resistente a altas temperaturas

La segunda opción que se planteó se muestra en la figura 6, en la que se observa la placa de cobre con un recubrimiento de pintura color negro mate.

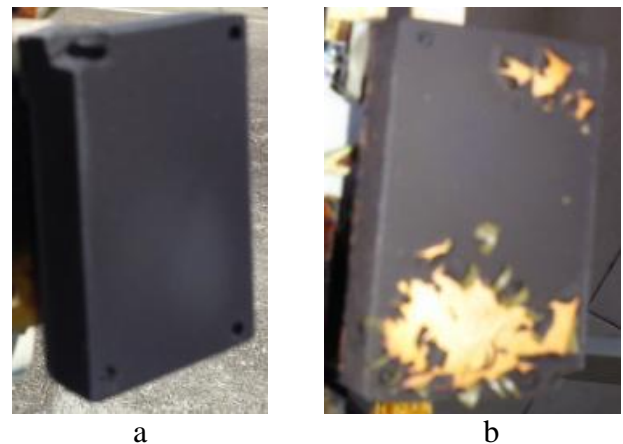


Figura 6 Placa de cobre con recubrimiento, a) antes del calentamiento, b) después del calentamiento.

La placa con recubrimiento fue capaz de soportar la concentración directa de la radiación solar y la exposición hasta una temperatura de 500°C aproximadamente, al momento de retirar la placa del foco de concentración, la pintura dio la apariencia de mantenerse intacta, sin embargo, después de enfriarse a temperatura ambiente, está se desprendió de la placa de cobre como se muestra en la figura 6.

Se tiene la propuesta de realizar otro experimento al darle un tratamiento químico a la placa de cobre con el objetivo de que permanezca la coloración negra mate ya que según como se observará en las gráfica 8, la coloración negra mate da un incremento en la absorción de la radiación solar que se traduce en el incremento de la temperatura de la placa, este efecto es benéfico para los fines de la presente investigación ya que mientras más alta sea la temperatura en la placa de cobre, mayor será la conversión de energía solar a energía eléctrica mediante el arreglo de la placa de cobre y los termopares. Con el tratamiento químico se espera además que el recubrimiento en la placa sea sensible a la radiación infrarroja y a la radiación ultravioleta.

Resultados de la medición de temperatura

De la exposición de las placas a la radiación solar, se obtuvieron los resultados que se muestran en el gráfico 1. Las mediciones 1, 2, 3 representan la calibración del experimento para la correcta posición de la placa en el foco del plato concentrador, las mediciones 4 y 5 representan la medición para la placa de cobre sin recubrimiento y con recubrimiento respectivamente.

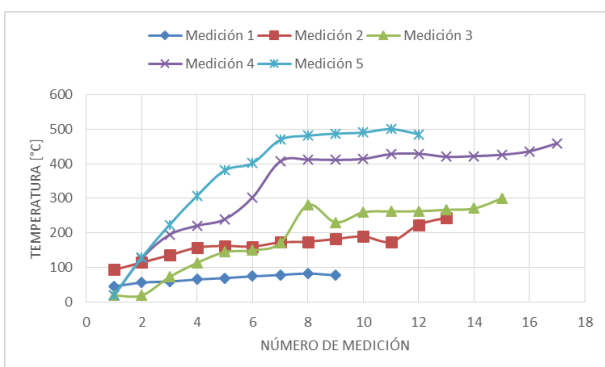


Gráfico 1 Registro de temperaturas para ambas placas.

Es de particular importancia la medición de temperatura que se logra registrar en la placa, ya que está es la dependencia directa de los termopares para la conversión de energía térmica a energía eléctrica.

En el gráfico 2, se muestra la comparación del registro de la temperatura para las dos condiciones de la placa de cobre.

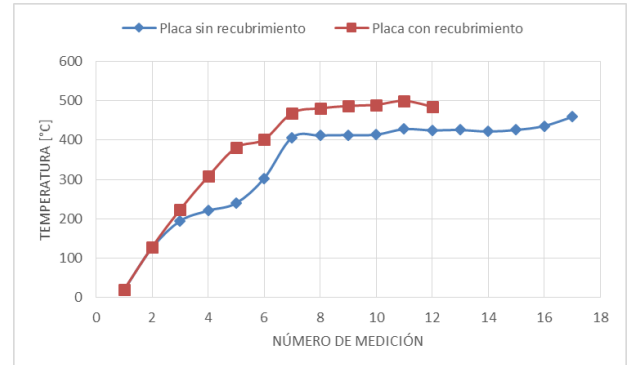


Gráfico 2 Comparación de las condiciones de calentamiento.

De el gráfico 2, se observa un incremento de aproximadamente 50°C para la placa con recubrimiento, además de una curva de calentamiento más uniforme. De igual manera para el caso de la placa con recubrimiento se observa una mayor rapidez para su calentamiento, en aproximadamente 5 minutos en comparación de los 7 minutos que requiere la placa sin recubrimiento para que se alcance una condición casi estable.

Resultados del registro de voltaje termoeléctrico

En la tabla 1 se muestran los valores máximos de voltaje que se registraron para cada condición de la placa de cobre, se muestran los valores de voltaje para un arreglo de 10 termopares conectados en serie con un valor de 3-4Ohms de resistencia temperatura ambiente (20°C).

Placa	Tmax. [C]	Vmax. [mV]
Sin recubrimiento	430	83±4
Con recubrimiento	500	98±4

Tabla 1 Temperatura y voltajes máximos registrados.

Con la información de la tabla 1, es posible calcular la corriente proporcionada por el arreglo de termopares conectados en serie mediante la ley de Ohm, obteniéndose un valor de $I=0.53\text{mA}$, se considera un valor bajo de corriente para el caso de cargar una batería por lo que se planea en la continuación de esta investigación, incrementar el número de termopares para elevar el voltaje, asimismo se realizará un arreglo paralelo con el objetivo de conocer si es posible incrementar el valor de corriente para un mismo valor de voltaje.

Agradecimiento

A las facilidades otorgadas por el laboratorio del cuerpo académico Sistemas Integrales de Energía Renovable (SINER) de la Universidad Politécnica de Tlaxcala.

Conclusiones

En este trabajo de investigación se presentó el caso de conectar termopares tipo “k” para la producción de energía eléctrica por efecto termo-solar utilizando un receptor solar con una placa de cobre. De los resultados se concluye que es necesaria la utilización de un recubrimiento que sea durable y permanente con una coloración negra mate, la placa sin recubrimiento no cumple con los requerimientos ni tampoco la placa con recubrimiento de pintura sensible a alta temperatura, sin embargo, fue posible realizar comparaciones sobre los efectos de realizar un recubrimiento que se vio traducido en un incremento de temperatura de aproximadamente 50°C de la placa con recubrimiento sobre la placa sin recubrimiento.

Referencias

[1] Manual de referencia técnica de temperatura, Omega, 2016.

[2] Teloxa R. J. et al., Caracterización de Concentrador Solar, Congreso Internacional de Investigación de AcademiaJournals.com, ponencia Tlax#249, 2016.

[3] Ubaldo Miranda M., Ricardo Saldaña F. y M. Flor Morales, “El sistema de información geográfica para las energías renovables en México”, Boletín IIE, octubre-diciembre del 2003

Regadera automatizada

CONTRERAS-CALDERÓN, Enrique*†, ÁLCALA-BAROJAS, Iván, TORRES-JAIME, José y CASTILLO-SUBDÍAZ, Francisco.

Universidad Tecnológica Emiliano Zapata del Estado de Morelos, División Académica de Mecánica Industrial, Av. Universidad tecnológica No. 1 Col. Palo Escrito, Emiliano Zapata Morelos, C.P.

Recibido Julio 7, 2016; Aceptado Septiembre 9, 2016

Resumen

Todos somos, en una u otra medida, responsables de la negligencia del desperdicio del agua por medio de las regaderas: abres la llave del agua para bañarte y dejas que salga hasta que esté caliente. La cantidad de agua potable desperdiciada es muchísima, y pocas veces nos percatamos de ello, esta cantidad de agua depende de la red hidráulica y puede ser desde 4 hasta 15 litros diarios desperdiciados por persona. En el presente artículo se muestra cómo ahorrar esta cantidad de agua, calentándola en un recipiente conectado a la salida de la regadera mediante una resistencia eléctrica controlada con sensores, un PIC y una tarjeta de relevadores. El agua es calentada únicamente hasta que empieza a circular el agua caliente proveniente del boiler o calentadores solares, por lo que el consumo de energía eléctrica es mínimo. Se realizó un análisis de funcionamiento y se estudió su comportamiento por lo que este sistema puede ser implementado en cualquier lugar que cuente con una regadera ya que no requiere modificaciones al sistema hidráulico existente dado que todo el sistema de control es instalado por el exterior del baño.

Ahorro de agua, Regadera, Automatización, Prototipo

Abstract

We are all, in one way or another responsible for the negligence of waste water through sprinklers: you open the faucet to bathe and let out until hot. The amount of wasted drinking water is a lot, and rarely even notices it; this amount of water depends on the water system and may be from 4 to 15 liters per day per person wasted. In this article it shows how to save this amount of water, heating it in a container connected to the output of the shower by an electrical resistance controlled with sensors, a PIC and relay card. The water is heated only until it begins to circulate hot water from the boiler or solar heaters, so the power consumption is minimal. An analysis of operation was performed and its behavior so this system can be implemented anywhere that has a shower since it requires no modifications to the existing hydraulic system since the entire control system is installed outside the bathroom.

Saving water, Watering Can, Automation, Prototype

Citación: CONTRERAS-CALDERÓN, Enrique, ÁLCALA-BAROJAS, Iván, TORRES-JAIME, José y CASTILLO-SUBDÍAZ, Francisco. Regadera automatizada. Revista de Prototipos Tecnológicos 2016, 2-5: 22-26

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: enriquecontreras@utez.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Poniendo a la regadera en la dimensión que le corresponde, como un objeto de uso cotidiano y masivo en casi todos los rincones del mundo, se le debe reconocer su importancia en la sociedad, no solo por el servicio que nos proporciona al ayudar a nuestra higiene y comodidad sino también como un foco de alarma ecológica dada su estrecha relación con el consumo del agua y el desperdicio de ésta por ciertos malos hábitos generalizados en la población. De esta manera, con el modelo de regadera de la presente invención se pretende contribuir al ahorro de este vital líquido, en cada hogar y todos los días, ya que en la actualidad las regaderas convencionales no cuentan con ningún sistema de ahorro y por consiguiente el consumo del agua está sujeto a las costumbres y usos particulares de cada persona que cuenta con una.

En estudios realizados se tiene que una familia promedio (integrada por cuatro miembros) consume aproximadamente 150 litros de agua por persona, al día; 35% del gasto se ve reflejado en el consumo en las regaderas, 40% en los inodoros y el 25% restante en los demás suministros.

Desde hace algunos años, el gobierno ha invertido una gran cantidad de recursos para promover el uso eficiente del agua potable en el país pero, en general, no se ha podido cambiar la mentalidad de la población, uno de estos proyectos consiste en creación de dispositivos ahorradores. [Revista del consumidor 2011]

Muchas universidades trabajan en proyectos para disminuir el consumo de agua en las regaderas, los proyectos consisten en generar una regadera tipo niebla para ahorrar agua [Gómez 1998], calentar el agua con regaderas eléctricas o calentadores solares [Castillo 2007], así como controlar el tiempo de bañado mediante celulares o diseños que almacenan el agua fría y luego manualmente se vacían [obrasweb 2014] y algunos otros que recirculan el agua fría a los depósitos como tinacos o cisternas [Flores 2012].

Red hidráulica

Las regaderas convencionales consisten sólo en un tubo que lleva agua a una salida, con la forma necesaria para proporcionar un ángulo de caída determinado dependiendo de la cebolla que se utilice para distribuir el flujo uniformemente.

En un sistema de red hidráulica para una casa habitación cuenta con tubería de agua caliente y agua fría como se muestra en la figura 1 donde el agua caliente en la mayoría de las casas procede de un boiler o un calentador solar.

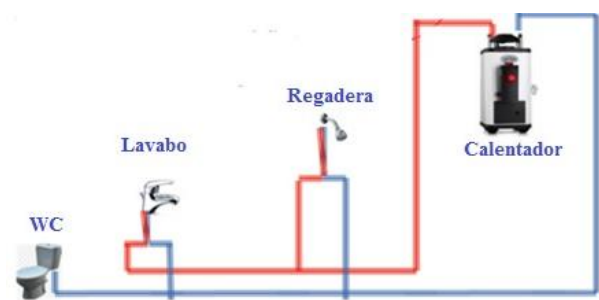


Figura 1 Red hidráulica en una casa habitación.

Esta red de agua caliente puede ser desde unos cuantos metros hasta decenas de metros dependiendo la localización del boiler (calentador) en la casa habitación, esto multiplicado por el diámetro del tubo, nos dan varios litros de agua que están almacenados en la tubería, por esta razón al abrir la llave del agua caliente tenemos que esperar un tiempo hasta que esta salga, lo que significa un desperdicio entre 4 y 15 litros de agua que se van hacia el drenaje.

Descripción del prototipo

El prototipo se compone principalmente de la red hidráulica de la regadera, un depósito de almacenamiento de agua con una capacidad de 800 ml, un sistema de control y dos electroválvulas (figura 2), dos garrafas de 20 litros, resistencia eléctrica (para calentar agua), sensores de temperatura, sensores magnéticos y una estructura metálica que contiene todos los elementos (figura 3).

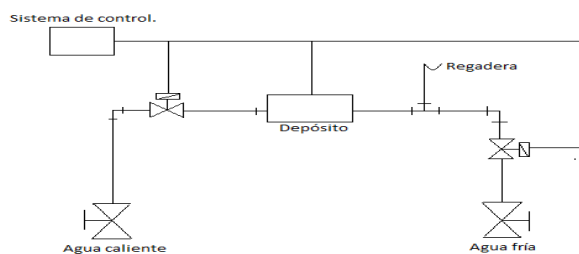


Figura 2 Diagrama de conexión hidráulica.



Figura 3.Parte frontal del prototipo.

En la figura 4 se muestran los principales componentes del prototipo.

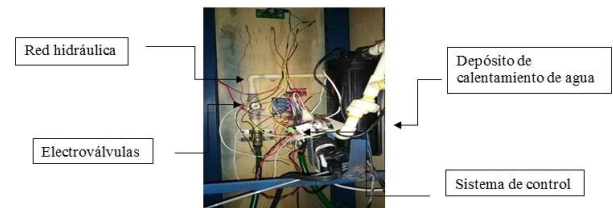


Figura 4 Componentes internos del prototipo.

Los componentes empleados para el sistema de control son:

- 1.- PIC (Circuito electrónico programable).
- 2.- Tarjeta de relevadores.
- 3.- Regulador de voltaje de CC de 5 V.
- 4.- Oscilador.
- 5.- Condensadores.
- 6.- Resistencias.
- 7.- Transistores.

Las dimensiones del prototipo son; 116 centímetros de alto, 38 centímetros de ancho y 44 centímetros de largo.

El costo total del prototipo es de \$ 2, 200.00 (Dos mil doscientos pesos) que incluye todo el gabinete. Cuando se instale en una casa habitación o en algún lugar que tenga regadera, el costo se reduce a \$ 800.00 (Ochocientos pesos) que sería el costo de los componentes de control.

El propósito de este prototipo es evitar el desperdicio de agua, para esto, cuando el usuario abra la llave de paso del agua caliente en lugar de fluir hacia la regadera lo hace hacia el depósito donde será calentada a una temperatura predeterminada (mediante una resistencia eléctrica).

Es ahí donde el sistema de control hace el trabajo, controlando la temperatura y la apertura de la válvula, cuando se llega a la temperatura requerida deja salir el agua calentada en el dispositivo, sin la necesidad de desperdiciar gota alguna.

Cuando los sensores detectan que el agua que proviene del boiler o calentador solar ya está caliente, manda una señal desactivando el sistema de control permitiendo el flujo del agua del boiler directamente hacia la regadera.

Esta regadera modificada permitirá ahorrar agua al inicio del baño, dejando caer solo el agua que el usuario necesite y así mismo permitirle manipular la temperatura que requiera, ya sea fría o caliente.

En caso de abrir la llave de agua fría el sistema de control lo detecta por lo cual no se activa el sistema de calentamiento de agua.

Cabe hacer mención que para su implementación en una regadera de una casa habitación no se requerirá realizar modificaciones, ya que el sistema estará conectado a la salida del tubo de la regadera y los sensores en las válvulas de agua caliente y agua fría.

Resultados

El ahorro de agua en la regadera es significativo, se ahorran aproximadamente 4 litros de agua en promedio, aunque esto dependerá de lo extenso de la instalación hidráulica, por ejemplo en una familia de 4 personas significa el ahorro anual de un total de 5840 litros.

Es cierto que se tiene un gasto de energía eléctrica para calentar el agua, aunque este no es significativo ya que solo se ocupa para lograr calentar los 4 litros de agua y posteriormente se desactiva, dando así un consumo de aproximadamente 10.8 kW de energía que bimestralmente significa un aumento de \$10.69 en el recibo (tabla 1), lo cual resulta muy redituable considerando el beneficio que se tendrá a largo plazo, dado que un problema en un futuro a nivel mundial será el desabasto de agua potable.

	Individual bimestral	4 personas bimestral	Individual anual	4 personas anual
Consumo eléctrico	\$2.68	\$10.69	\$16.08	\$64.32
Ahorro de agua	243.3 Litros	973.2 Litros	1460 Litros	5840 Litros

Tabla 1 Consumo de agua en una familia de 4 personas.

El tiempo de espera también se reduce, ya que se tiene que esperar a que salga agua caliente de la regadera, este tiempo depende de la longitud de la tubería pero puede ser en promedio 4 minutos (tiempo que se desperdicia el agua), con el sistema implementado el tiempo de espera es de 1 minuto pero no se desperdicia agua ya que el calentamiento se lleva a cabo en el recipiente.

Conclusiones

El sistema puede ser aplicado en todas las instalaciones hidráulicas, ya sea residencial o industrial, ya que solo se necesitan modificaciones mínimas en el exterior, lo cual facilita su uso, por lo que se puede implementar en casas, baños públicos, instituciones tanto gubernamental como privadas, así como la industria o cualquier otro lugar donde se haya instalado una regadera.

Referencias

Revista del consumidor en línea. Estudio de calidad: regaderas para aseo corporal, marzo 2011, pag. 44-54 Consultada en enero de 2015

Gómez Carlos 1998, Protege en ahorro en el consumo de agua, consultada en enero 1996 https://egresados.itesm.mx/egresados/plsql/NoticiasPortalNuevo.NPO_Inicio?l_noticia=4573

Castillo, 18 de octubre de 2007 <http://www.google.com/patents/WO2007117128A1?cl=es> patente regadera eléctrica obrasweb, 2014 <http://www.obrasweb.mx/soluciones/2014/12/26/alumnos-del-tecnologico-de-monterrey-puebla-crean-regadera-sustentable>

Flores, J. M. (2012). *Análisis de los beneficios técnicos y económicos de los sistemas sanitarios actuales*. México: Tesis de licenciatura en ingeniería industria UNAM.

Prototipo para separar sólidos del agua mediante la evaporación solar

HERNÁNDEZ-GÓMEZ, Víctor*†, OLVERA-GARCÍA, Omar y MORILLÓN-GÁLVEZ, David.

Universidad Nacional Autónoma de México, Cd. Universitaria, Ciudad de México, CDMX, México

Recibido Julio 18, 2016; Aceptado Septiembre 1, 2016

Resumen

Este documento presenta los resultados obtenidos al poner en funcionamiento un prototipo de evaporación de agua del tipo caseta, que cuenta con el apoyo de un paraboloide para acelerar la evaporación. Se incluye el proceso de diseño, construcción e instrumentación del prototipo, así como una comparación en cuanto a los litros de agua recuperada con y sin el empleo del paraboloide. Se encontró que con el empleo del paraboloide, se puede condensar hasta un litro más de agua en un periodo de seis horas de insolación, además, al incrementar el efecto invernadero en la caseta, se mantuvo el proceso de condensación casi constante, aun cuando el día comenzó a estar nublado. El agua que se recuperó en un día en óptimas condiciones ambientales fue de 149.40 ml/hr., comparando la superficie útil con la producción/día de agua obtenemos una relación de 4.29 l/m².

Evaporación, desalación , paraboloide y energía solar

Abstract

This paper presents the results obtained by operating a prototype water evaporation booth type, which has the support of a paraboloid to speedevaporation. The process of design, construction and implementation of the prototype, and a comparison in terms of liters of water recovered with and without the use of the paraboloid is included. It was found that with the use of the paraboloid, can be condensed to a liter of water in a period of six hours of sunlight, also increasing the greenhouse effect in the booth, the process almost constant condensation was maintained, even when the day started to be cloudy. The water recovered in a day in optimum environmental conditions was 149.40 ml / hr., comparing the useful surface with production / day of water we get a ratio of 4.29 l / m².

Evaporation, desalination, paraboloid and solar enrgy

Citación: HERNÁNDEZ-GÓMEZ, Víctor, OLVERA-GARCÍA, Omar y MORILLÓN-GÁLVEZ, David. Prototipo para separar sólidos del agua mediante la evaporación solar. Revista de Prototipos Tecnológicos 2016, 2-5: 27-42

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: vichugo@unam.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El agua es un bien necesario para los procesos vitales y es por ello que el hombre ha buscado distintas formas para obtener un suministro del líquido. La zona Metropolitana del Valle de México tiene una demanda de 38.6 m³/s, la cual es abastecida por dos fuentes externas y dos fuentes internas al Valle de México. Como fuentes externas se encuentra el sistema Cutzamala el cual abastece 19.5 m³/s y el sistema Lerma que aporta 5.9 m³/s. Las fuentes internas que son provenientes de los lagos y manantiales, proporcionan 1.2 m³/s y los pozos internos aportan 43.4 m³/s. Debido a que la demanda de agua se ha incrementado con la población, se están buscando alternativas para el suministro de este vital líquido, por ejemplo, la condensación de la humedad del aire ambiental, la captación pluvial, reparación de fugas en el suministro del agua, recuperar el agua de los ríos que actualmente están entubados y son canalizados al gran Canal del Desagüe y la desalación del agua de mar. La opción de la desalación de agua de mar, se ha intentado pero el costo del equipo (caldera), debido a que debe de tolerar altas temperaturas y corrosión, es muy caro, además que el combustible empleado tiende a emitir gases de efecto invernadero. Todas estas opciones tienen un alto costo y por tal motivo se propone como objetivo principal de este trabajo, el diseñar y construir un prototipo que permita separar los sólidos disueltos en el agua mediante su evaporación, empleando al sol como fuente de suministro de calor. Se puede aprovechar la energía solar de dos formas, una de ellas es la destilación que se utiliza para tratar las aguas contaminadas con sales disueltas indeseables; y la otra, la desalación que por medio de evaporación y condensación es la que más se acopla a sistemas de aprovechamiento solar.

El proceso de evaporación con energía solar aprovecha el efecto denominado de invernadero, este consiste en la vaporización mediante el hervor del agua, cuando el vapor empieza a subir, deja la mayoría de las bacterias y sales del agua en la base, con lo que se obtiene agua libre de sales a través de la condensación del vapor obtenido. En la actualidad existen en el mercado equipos que permiten evaporar el agua empleando a la energía solar como fuente de calor, por mencionar algunos tenemos:

Destilador Rainkit 990. Produce 11 litros por día en verano y 5.5 litros en invierno con un área de 1.74 m². Costo aproximado de 245 dls. Stillwatersolar. Produce 11.36 litros en un día de verano y 7.57 litros durante el resto del año, con un área de captación de 1.67 m². Costo aproximado de 730 dls. NMSS (PTY) LTD. Capacidad máxima de 50 litros con un área de captación de 2 m². Costo aproximado de 300 dls. Rainmaker 550. Produce 6 litros en verano y 3 en invierno, cuenta con una superficie captadora de 0.93 m². Su costo es de 489 dls. Rsoendahl de RSD Solar Wasser. Produce de 5 a 20 litros por día empleando un área de captación de 2.5 m². AquaCone. Es un destilador muy ligero y flotante diseñado para destilar agua directamente en espacios acuáticos, ya sea de un lago, un río, el mar o incluso una alberca. Produce 1.5 y 2.5 litros de agua destilada en verano con una superficie de 1.06 m². Su costo es de 200 dls. Aquamate Solar Still. Produce de 1 a 4 litros por día con un área de captación de 0.06 m². Su costo es de 240 dls.

Antecedentes

Se realizó una búsqueda sobre estudios que hablen de la separación de las sales del agua mediante la evaporación y se encontró lo siguiente:

Mattheus et al [1], analizan la eficiencia de los procesos de humidificación y deshumidificación de los sistemas de desalinización solar. Mencionan que la eficiencia de los destiladores solares de una sola cuenca es baja incluso en óptimas condiciones y que los sistemas de desalación solar de efecto múltiple son más eficientes debido a la reutilización de calor latente de condensación.

La plante et al [2], presentan un sistema de desalinización solar en base a los principios de humidificación y deshumidificación del aire. Manejan flujos de agua de 0.037 kg/s y de 0.043 kg/s, obteniendo desde 3.2 hasta 9.75 kg de agua dulce.

Cemil e Ismail [3], mediante un modelo analítico, analizaron el comportamiento de diferentes condiciones de operación de un sistema de desalinización solar, como el tipo de calentador de aire, parámetros de diseño y condiciones climatológicas de Ankara (40 N, 33 E), Turquía. Observaron que la producción del sistema se incrementa hasta 8% mediante el uso de un calentador solar de aire de doble paso en comparación con un SinglePass y también al aumentar las tasas de flujo de agua de entrada y de aire.

Kabeel [4] , presenta el estudio numérico de un sistema de desalinización solar híbrido que consiste en una unidad de humidificación - deshumidificación con una sola etapa de evaporación. Encontró que el sistema de desalinización híbrido tuvo una producción diaria de agua hasta 11,14 kg/m²/día.

Zamen et al [5], estudiaron un sistema que obtiene agua dulce a partir del agua de mar en invernadero por dos cambios importantes: en primer lugar, utilizando un deshumidificador de contacto directo (DCD) en lugar de condensadores indirectos comunes y en segundo lugar, la aplicación de un calentador de agua solar económico (CSA) del sistema. El sistema propuesto puede producir de 6 a 22 m³/día/ha en diferentes días del año.

Veera [6] , realiza una revisión crítica sobre las opciones de almacenamiento de energía para diferentes procesos de desalinización alimentados por diferentes fuentes de energía renovables, de calor residual en el almacenamiento de energía y sistemas de almacenamiento de energía de la batería.

Shafii et al [7], presentan una propuesta de sistema de desalinización solar pasiva, donde el colector de tubos al vacío no sólo se utiliza como colector solar térmico, sino también como una cuenca para calentar el agua, por lo que se reduce la resistencia térmica. Encontraron que la máxima producción de agua (0.83 kg/m²h) fue cuando el sistema estuvo lleno al 80% con una inclinación de 35° (latitud del lugar). Por otra parte, observaron que el llenar el tubo con una lana de acero inoxidable puede mejorar la tasa de producción hasta 1,01 kg/m²h.

Hasan y Ashish [8], realizan el modelado de un sistema de desalinización del agua que almacena energía durante el día y la emite durante el período nocturno y observaron el comportamiento de las variables involucradas como la tasa de flujo de agua de alimentación y la irradiación solar sobre la producción de agua dulce producida por día. Observaron que al disminuir la tasa de flujo de alimentación de 10 l/hr a 1 l/hr mejoró la producción del agua dulce por 49 %. Cuando la irradiación aumentó de 400 a 1000 W/m², la producción del agua aumentó de 0,75 l/día a 2,1 l/día.

Kyaw et al [9], estudiaron los residuos de un ciclo de adsorción para producir una potencia de refrigeración a dos niveles de temperatura, tanto para el enfriamiento – deshumidificación, como producción de agua potable.

Jihane et al [10], desarrollaron un modelo analítico para evaluar la desalinización del agua empleando un sistema de humidificación y deshumidificación. El modelo parte de balances de masa y energía, así como análisis termodinámico a la torre de enfriamiento y al condensador. Concluyen que se validó el modelo analítico con los resultados experimentales obtenidos.

Syed et al [11], analizaron un sistema de refrigeración por adsorción con desalación avanzada que comprende cuatro lechos de adsorción y dos evaporadores. El sistema propuesto produce continuamente el agua desalada en el condensador y agua refrigerada a dos niveles de temperatura diferentes. Emplean gel de sílice como adsorbente y agua como adsorbato. El sistema propuesto se simula con dos diferentes configuraciones, en la primera cada evaporador está conectado a dos camas, mientras que en la segunda todas las camas están conectadas a los dos evaporadores para baja y alta presión. Se encontró que el sistema propuesto con la segunda configuración supera el sistema convencional de 4 camas por 45% y 40% en términos de SDWP y OCR.

Análisis de los antecedentes

Los antecedentes encontrados están enfocados en la obtención de agua dulce a partir de agua de mar, empleando un sistema híbrido de humidificación y deshumidificación, es decir, humidifican el aire con agua de mar (al evaporarse separa las sales) para después deshumidificarlo con un sistema de enfriamiento.

Con este proceso se obtiene aire frío deshumidificado y agua dulce por el agua condensada, pero debido a que se emplea un sistema de enfriamiento para la condensación del agua, se tiene un consumo de energía alto. El presente proyecto contempla diseñar y construir un prototipo del tipo caseta que permita evaporar y condensar el agua a bajo costo, empleando un sistema adicional de calentamiento.

Diseño del evaporador

Para obtener el ángulo adecuado del condensador, se realizaron pruebas experimentales simultáneas con tres prototipos, los cuales fueron construidos con hule, madera y seis recipientes de plástico, tres de ellos de menor capacidad con la finalidad de que se simulara todo el contenedor. Los 3 recipientes chicos fueron pintados de negro en el interior y los tres grandes del exterior quedaron transparentes. Se empleó un recipiente graduado para verter la misma cantidad de agua en cada bandeja chica. La primera prueba se realizó con ángulos a 15°, 30° y 45°. En la figura 1 se observan los tres prototipos empleados para la experimentación.



Figura 1 Prototipos empleados para la determinación de la inclinación del condensador.

Se realizó la prueba exponiendo los tres modelos al sol durante seis días con un periodo de tiempo de 5 hrs., tomando lecturas de temperatura inicial del agua y ambiente interno, temperatura final del agua y ambiente interno y el total de agua recolectada al final de la prueba en gr.

Los resultados obtenidos se presentan en las tablas 1 y 2.

Fecha	Angulo	Temperatura Inicial °C			Temperatura Final °C			Agua grs.
		Hora	Agua	Ambiente	Hora	Agua	Ambiente	
02/03/2011	45°	10:47	19.00	19.10	15:47	47.90	24.00	28.60
02/03/2011	30°	10:50	19.20	19.20	15:48	47.90	24.90	23.90
02/03/2011	15°	10:53	19.90	19.20	15:50	49.80	23.50	25.00
			19.37	19.17		48.53	24.13	
Fecha	Angulo	Temperatura Inicial °C			Temperatura Final °C			Agua grs.
03/03/2011	45°	10:50	20.20	18.00	15:50	47.70	24.50	
03/03/2011	30°	10:54	20.90	18.90	15:51	47.50	23.70	25.30
03/03/2011	15°	11:03	21.40	19.50	15:52	49.40	24.20	22.10
			20.83	18.80		48.20	24.13	
Fecha	Angulo	Temperatura Inicial °C			Temperatura Final °C			Agua grs.
07/03/2011	45°	12:15	26.50	22.30	17:28	36.90	22.50	
07/03/2011	30°	12:18	23.30	21.40	17:29	37.20	22.30	16.90
07/03/2011	15°	12:24	22.20	21.10	17:30	38.10	22.50	22.20
			24.00	21.60		37.40	22.43	
Fecha	Angulo	Temperatura Inicial °C			Temperatura Final °C			Agua grs.
08/03/2011	45°	10:39	19.70	18.30	15:42	47.00	24.40	
08/03/2011	30°	10:41	17.80	18.50	15:43	47.80	25.70	23.20
08/03/2011	15°	10:43	18.30	18.20	14:44	48.50	25.90	20.60
			18.60	18.33		47.77	25.33	
Fecha	Angulo	Temperatura Inicial °C			Temperatura Final °C			Agua grs.
09/03/2011	45°	10:57	20.00	17.90	16:20	43.90	23.50	
09/03/2011	30°	10:59	20.10	18.00	16:21	46.10	23.90	28.10
09/03/2011	15°	11:01	20.80	18.30	16:23	46.20	23.80	19.90
			20.30	18.07		45.40	23.73	
Fecha	Angulo	Temperatura Inicial °C			Temperatura Final °C			Agua grs.
10/03/2011	45°	11:04	19.20	13.90	16:09	41.00	18.00	
10/03/2011	30°	11:05	18.80	14.30	16:11	43.30	17.90	26.00
10/03/2011	15°	11:06	20.20	14.20	16:12	42.80	17.30	17.30
			19.40	14.13		42.37	17.73	

Tabla 1 Resultados de la primera prueba.

Ángulo	Promedio (gr.)
45°	26.88
30°	23.90
15°	21.18

Tabla 2 Promedio de agua condensada, primera prueba.

Se realizó una segunda prueba tomando en cuenta los dos ángulos que condensaron mayor cantidad de agua en la primera prueba y se incrementó el de 60°. Los resultados obtenidos en la segunda prueba se presentan en la tabla 3 y 4.

Fecha	Angulo	Temperatura Inicial °C			Temperatura Final °C			Agua grs.
		Hora	Agua	Ambiente	Hora	Agua	Ambiente	
15/03/2011	60°	10:48	19.30	17.80	16:10	33.30	20.50	16.00
15/03/2011	45°	10:49	18.90	18.10	16:11	34.50	20.80	16.30
15/03/2011	30°	10:50	20.00	17.60	16:12	35.80	20.40	18.70
			19.40	17.83		34.53	20.57	
Fecha	Angulo	Temperatura Inicial °C			Temperatura Final °C			Agua grs.
16/03/2011	60°	10:57	19.90	18.50	16:50	39.80	21.90	
16/03/2011	45°	11:02	20.00	18.40	16:51	42.00	22.30	30.40
16/03/2011	30°	11:06	20.80	19.70	16:52	43.60	22.50	31.60
			20.23	18.87		41.80	22.23	
Fecha	Angulo	Temperatura Inicial °C			Temperatura Final °C			Agua grs.
17/03/2011	60°	10:40	18.50	18.60	15:53	42.70	22.60	
17/03/2011	45°	10:42	18.30	19.00	15:54	45.60	22.50	25.80
17/03/2011	30°	10:44	18.10	19.50	15:55	47.30	22.50	26.90
			18.30	19.03		45.20	22.53	
Fecha	Angulo	Temperatura Inicial °C			Temperatura Final °C			Agua grs.
23/03/2011	60°	10:45	20.10	20.80	16:01	44.00	25.00	
23/03/2011	45°	10:47	20.60	21.60	16:02	47.00	24.50	28.30
23/03/2011	30°	10:49	21.60	21.00	16:03	48.60	25.00	26.90
			20.77	21.13		46.53	24.83	
Fecha	Angulo	Temperatura Inicial °C			Temperatura Final °C			Agua grs.
24/03/2011	60°	11:40	18.90	21.50	17:19	41.60	25.00	
24/03/2011	45°	11:42	22.00	21.90	17:21	43.30	24.80	30.40
24/03/2011	30°	11:43	23.90	22.30	17:22	45.30	25.30	34.00
			21.60	21.90		43.40	25.03	
Fecha	Angulo	Temperatura Inicial °C			Temperatura Final °C			Agua grs.
28/03/2011	60°	10:51	21.40	24.30	16:00	43.20	28.40	
28/03/2011	45°	10:52	21.90	23.90	16:01	45.20	28.40	17.80
28/03/2011	30°	10:53	22.70	23.50	16:02	47.00	28.00	22.80
			22.00	23.90		45.13	28.27	

Tabla 3 Resultados, segunda prueba.

Ángulo	Promedio (gr.)
60°	19.17
45°	24.83
30°	26.82

Tabla 4 Promedio de agua condensada, segunda prueba.

Con base en los resultados de la tabla 4, se diseñó el condensador con vidrio de 6mm de espesor y con un ángulo de 45°, ya que fue el ángulo que mayor agua recolectó. En la figura 2 se muestra el plano del condensador.

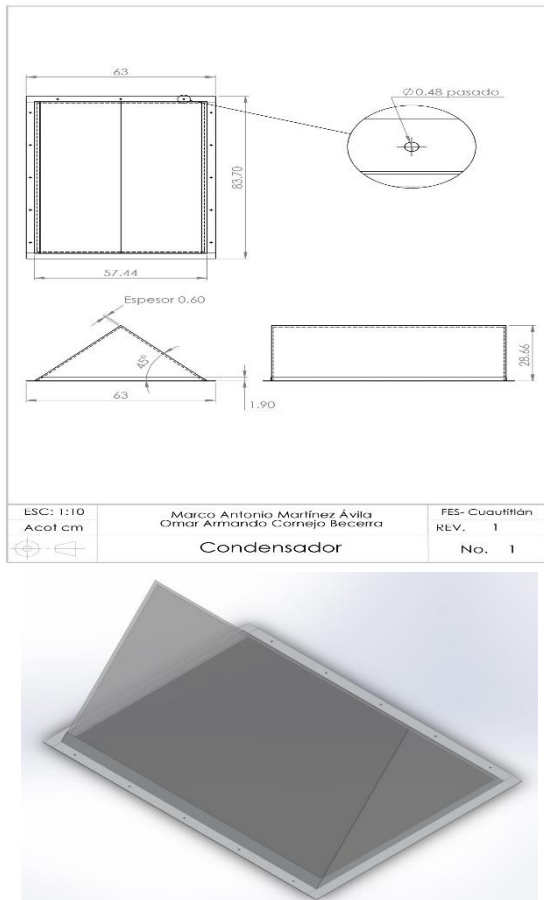


Figura 2 Diseño del condensador.

El depósito que se muestra en la figura 3 tiene un volumen total de 124.06 litros, está diseñado para contener 55.64 litros de agua libre de sales y residuos sólidos. El agua que contiene la charola se evaporará y escurrirá por el condensador llegando a éste.

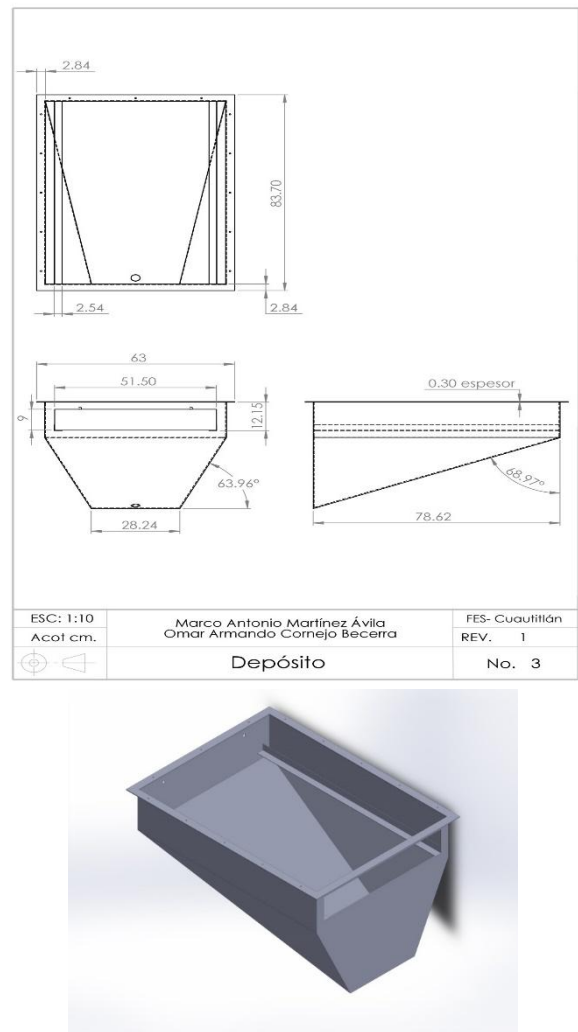


Figura 3 Diseño del depósito.

Para el cálculo de la parábola se tomó en cuenta que el depósito donde se calentará el aceite, se colocará a 15 cm del vértice, se utilizó la ecuación de una parábola con vértice en (0,0) y foco en (0,15) que es $x^2 = 4py$ y con apoyo del software Excel se obtuvo un parábola de 80 cm de diámetro presentada en la figura 4.

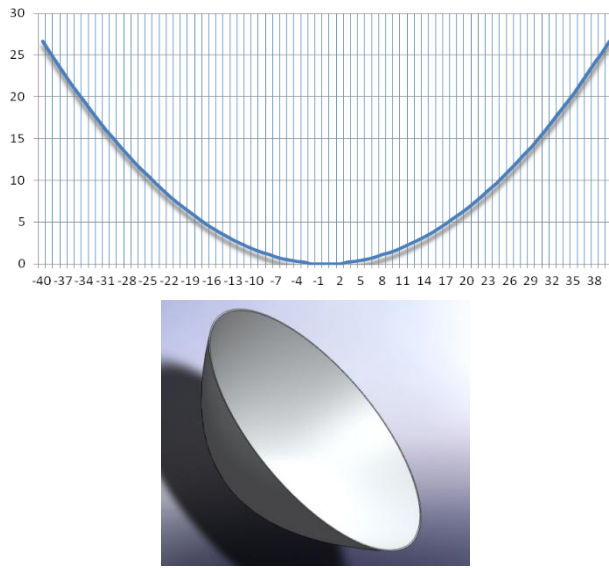


Figura 4 Parábola de 80 cm de diámetro.

La estructura que sostiene a todos los componentes se muestra en la figura 5. En la parte superior de la estructura se colocó el depósito junto con el condensador. Por último, para facilitar su traslado y orientación se le colocaron 4 ruedas. En la figura 6 se muestra el diseño completo del evaporador.

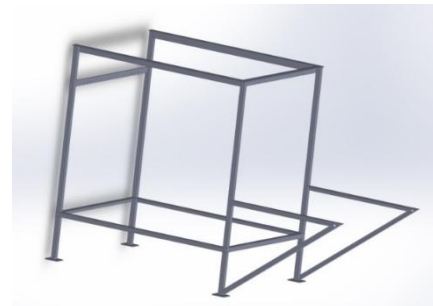
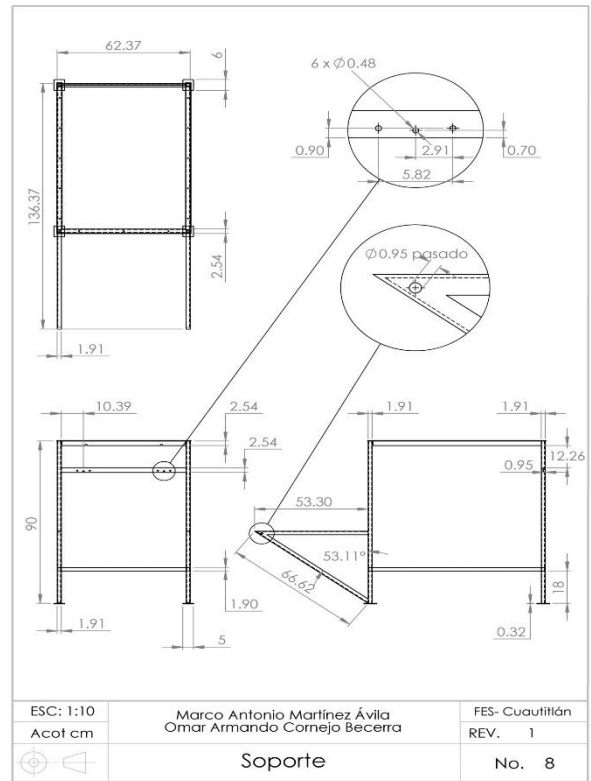


Figura 5 Diseño de la estructura.



Figura 6 Diseño del evaporador.

Construcción

Para la construcción del condensador se cortó una hoja de vidrio de 6 mm de espesor, dos con forma de triángulo equilátero de 57.66 cm de base por 28.66 cm de altura y dos en forma rectangular de 78.02 cm de base por 28.66 cm de altura de acuerdo a las mediadas del diseño. Las piezas de vidrio, se unieron con silicón transparente de uso profesional mediante una pistola calafateadora, con la intención de aplicar uniformemente una capa de silicón sobre el vidrio. Para asentar el condensador sobre la charola se utilizó lámina de aluminio calibre 20 recortada y doblada en ángulo de acuerdo al diseño. El vidrio y el aluminio fueron ensamblados con silicón. Para evitar fugas, como empaque se colocó hule recortado de acuerdo a las dimensiones especificadas en el plano, posteriormente se adhirió sobre la base de aluminio. En la figura 7 se observa la pieza final.



Figura 7 Condensador.

Para la construcción del depósito primero se construyó un molde con material MDF (hoja de fibra de densidad media). Después de realizar todos los cortes, se ensamblaron todas las piezas con pegamento para madera y en los bordes se utilizó pasta para resanar madera. Se le aplicaron 3 capas de cera desmoldante dejando secar la cera durante 15 min entre cada capa. Después se le aplicaron tres capas de gel coat ortoftálico blanco preparado al 2% de catalizador por el total del gel coat y se dejó secar durante 10 min entre una capa y otra.

Una vez que el gel coat se secó, se le aplicó la resina preparada al 2% de catalizador y se colocó la fibra de vidrio hasta llegar a tres capas, con la finalidad de asegurar que no existieran fugas en el depósito. Una vez que se secó la resina que se le aplicó junto con la fibra de vidrio, se retiró el molde de MDF y se obtuvo la pieza final del depósito que se muestra en la figura 8.



Figura 8 Depósito sin acabado.

En base a la figura 4, se trazó el patrón en papel milimétrico y se pegó sobre una lámina, la cual se cortó de acuerdo al patrón, se le soldó un eje y se le clavaron segmentos de madera como soporte para su fácil rotación. Sobre una base plana de madera se colocó el perfil y se vació una mezcla de yeso con cemento. El perfil se rotó mientras se vertía la mezcla. Una vez seco el paraboloide de cemento y yeso se le aplicaron tres capas de cera desmoldante, tres capas de gel coat ortoftálico blanco y dos capas de fibra de vidrio con su respectiva resina preparada. Para aplicar la película reflejante se utilizó una pistola de calor, agua y una espátula de goma.

Se recortaron segmentos en forma de triángulos isósceles, se roció agua en el paraboloide, se colocó la película y con la espátula de goma se pegó uniformemente hasta que quedara cubierta en su totalidad. Para verificar que el foco estuviera a los 15 cm del vértice, se realizó una prueba experimental forrando el paraboloide con papel aluminio y se expuso a la radiación solar, como se muestra en la figura 9.

Se colocó un tubo de acero de $\frac{1}{2}$ " que salía del vértice y por dentro se le colocó un cable termopar a 15 cm de altura, el termómetro digital registró temperaturas entre los 300 °C y 350 °C, con una irradiación de 1125 W/m².

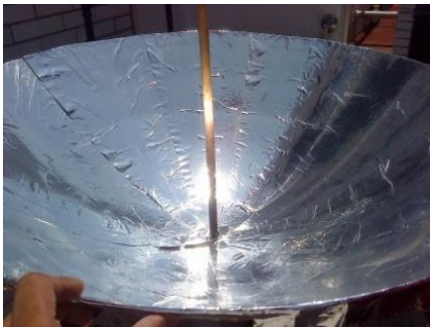


Figura 9 Paraboloide forrado con papel aluminio.

Para la construcción del soporte se cortaron 4 piezas de PTR de $\frac{3}{4}$ " por 90 cm de largo cada una, 2 ángulos de $\frac{3}{4}$ " por 53.30 cm de largo, 2 ángulos de $\frac{3}{4}$ " por 66.20 cm de largo, 2 ángulos de $\frac{3}{4}$ " por 77.99 cm de largo, 2 ángulos de $\frac{3}{4}$ " por 57.29 cm de largo, 2 ángulos de 1" por 83.03 cm de largo y 1 ángulo de 1" por 62.37 cm de largo. Todas las piezas fueron soldadas de acuerdo al diseño con soldadora de arco, y se utilizaron electrodos 6013 de $\frac{1}{8}$ " y $\frac{3}{32}$ ". Para darle un acabado fino se esmerilaron todos los excesos de soldadura y se pintó. En la figura 10 se muestra la pieza final y en la figura 11 el equipo terminado.



Figura 10 Soporte.

Instrumentación

Para la puesta en marcha fue necesario instrumentar al prototipo empleando un adquirente de datos NetDAQ modelo 2640A de la marca Fluke, para recopilar de forma simultánea la medición de las variables involucradas en el proyecto.



Figura 11 Evaporador solar.

Para la conexión de los termopares y del sensor de radiación solar, al sistema de adquisición de datos Fluke, se colocó cable de par trenzado UTP con conectores SLIM al módulo universal FLUKE. Para facilitar la obtención de datos se manufacturaron termopares tipo K de 1 m de longitud los cuales se colocaron de la siguiente forma:

- 1 en el condensador para medir la temperatura del aire interno (interna).
- 3 en el serpentín para medir la temperatura de entrada (Ti), la temperatura a la mitad del serpentín (Tm) y la temperatura a la salida (Tf).

- 1 en el evaporador para medir la temperatura del agua a desalar (agua).
- 1 en el depósito de aceite para medir la temperatura del aceite (aceite).
- 1 atrás de la parábola para medir la temperatura ambiental (ambiental).

Además se colocó un piranómetro modelo SP LITE de la marca Kipp & Zonen para medir la irradiación solar (irradiación) directa que incide en el paraboloide. Para caracterizar los termopares a emplear en el proyecto, se realizó una prueba en la cual se sumergieron en agua, el termopar fabricado (Tk1) y el termopar calibrado de fábrica (Tk2), se incrementó la temperatura del agua paulatinamente y se tomaron mediciones en ambos termopares. Se encontró una diferencia promedio de $0.69\text{ }^{\circ}\text{C}$ entre sí y contemplando que el termopar tipo K puede tener una tolerancia de $\pm 2.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ o del 0.75%, se consideraron adecuados para el proyecto. En la figura 12 se muestra el prototipo de desalador instrumentado.



Figura 12 Evaporador instrumentado.

El serpentín se llenó de aceite cuidando que no quedara aire atrapado en su interior, para esto se creó un vacío dentro del serpentín y depósito de aceite, apoyándose de una bomba de vacío de dos etapas.

Para que el aceite no fuera absorbido por la bomba de vacío, se construyó una trampa de aceite con material de reúso.

Pruebas experimentales

Con la finalidad de conocer el comportamiento térmico del prototipo, se realizaron varias corridas experimentales, que a continuación se describen. Se realizó una prueba en la cual se buscó de manera empírica conocer el tiempo en el que el aceite caliente del depósito llega al serpentín. Se activó la bomba durante 7 segundos cada 5 minutos y los resultados obtenidos se muestran en las gráficas 1 y 2.

En la gráfica 1 se observa que en el periodo comprendido entre las 14:16 hasta las 14:36, existe una tendencia ascendente rápida, el aceite va desde $31.74\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta los $84.13\text{ }^{\circ}\text{C}$ y la irradiación va desde los 572.95 W/m^2 hasta 974.93 W/m^2 , mientras la temperatura del agua comienza a aumentar paulatinamente partiendo de los $21.75\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta los $25.43\text{ }^{\circ}\text{C}$.

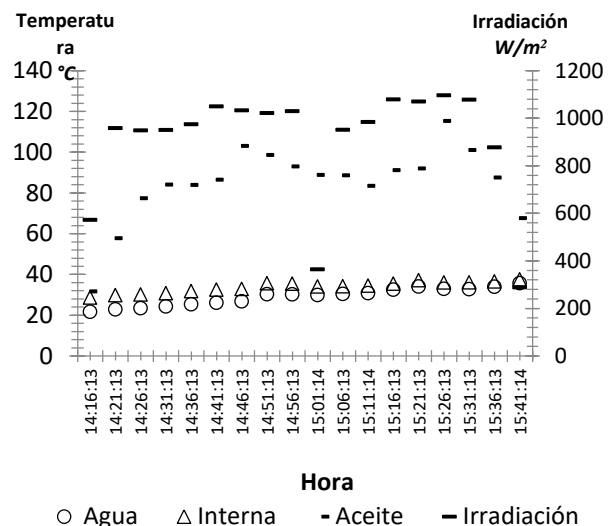


Gráfico 1 Resultado comparativo entre agua, aceite, temperatura interna e irradiación. Prueba de bombeo cada 5 min con duración de 7 s.

De las 14:41 y las 15:36 horas, se mantiene un promedio de irradiación de 969.99 W/m^2 y de $94.15 \text{ }^\circ\text{C}$ para el aceite en el depósito, en tanto la temperatura del agua mantiene valores ascendentes que van desde $26.20 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta $35.80 \text{ }^\circ\text{C}$. Entre las 14:56 y las 15:06 horas se tiene una disminución drástica en la irradiación, observando 364.90 W/m^2 como el valor más bajo, lo que sucedió debido a un periodo nublado. Sin embargo gracias al efecto invernadero la temperatura del agua refirió un pequeño ascenso de $0.54 \text{ }^\circ\text{C}$.

Este fenómeno se explica por la tendencia ascendente de la temperatura interna en el prototipo y el mantenimiento de la misma. Se observa una caída de los valores entre las 15:36 y las 15:41 horas, desde los 877.78 W/m^2 hasta 289.00 W/m^2 para la irradiación, y de $87.60 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta $67.68 \text{ }^\circ\text{C}$ para el aceite, pero observamos un incremento en la temperatura del agua de $34.05 \text{ }^\circ\text{C}$ a $35.80 \text{ }^\circ\text{C}$.

Observando los cambios de valores en el adquisidor de datos, se puede apreciar que la temperatura es percibida hasta la mitad del recorrido del serpentín. Concluimos que el tiempo de bombeo de 7 segundos es insuficiente para que el aceite logre el recorrido completo del serpentín.

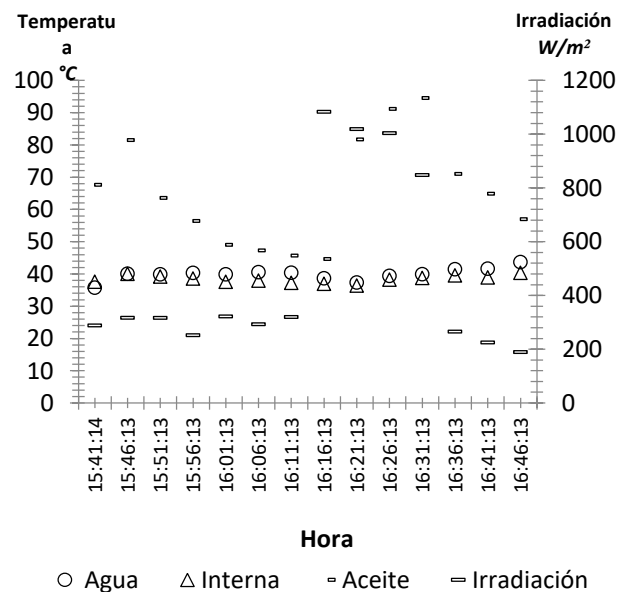


Gráfico 2 Prueba de bombeo para transferencia de calor (continuación).

En la gráfica 2 se observa el periodo comprendido entre las 17:46 y las 16:11. En este lapso encontramos una irradiación promedio de 303.96 W/m^2 durante un día nublado. Los valores del aceite tienden a descender, de $81.56 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta $45.74 \text{ }^\circ\text{C}$ en el mismo lapso. La temperatura del agua se mantiene entre los $39.93 \text{ }^\circ\text{C}$ y los $40.41 \text{ }^\circ\text{C}$ con un promedio de $40.23 \text{ }^\circ\text{C}$.

Entre las 16:16 y las 16:26 horas, se presentó un ascenso rápido en la irradiación, con un promedio de 1035.91 W/m^2 , el aceite muestra una elevación considerable pero gradual desde los $44.68 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta los $91.21 \text{ }^\circ\text{C}$. La temperatura del agua muestra una pequeña caída con respecto de la sección anterior, por lo que encontramos un promedio de $38.52 \text{ }^\circ\text{C}$.

Entre las 16:31 hasta las 16:46, se observó otro descenso brusco en la irradiación, de 848.55 W/m^2 a 189.94 W/m^2 . La temperatura del aceite sufre igualmente una caída radical de los $94.58 \text{ }^\circ\text{C}$ a los $57.02 \text{ }^\circ\text{C}$. En la temperatura del agua se aprecia un aumento lento de $39.98 \text{ }^\circ\text{C}$ a los $43.73 \text{ }^\circ\text{C}$.

Durante casi todo el periodo existe una elevación de temperatura mayor en el agua con un promedio de 39.98 °C con respecto de la temperatura interna, la cual tuvo un promedio de 38.43 °C. Esto demuestra que el tiempo de bombeo resulto tener un mayor efecto que el anterior, gracias a la ganancia de calor registrada en el agua y su comparación con la temperatura interna.

Se realizó otra prueba para obtener un tiempo promedio para la estabilización de las temperaturas en el serpentín (T_i , T_m , T_f), lo cual dio como resultado que el aceite caliente se encontrara en todo el recorrido del serpentín. Con los datos recabados, se obtuvo un promedio de tiempo de 12.70 segundos para el bombeo. En la tabla 5 se muestran los tiempos de bombeo máximo, mínimo y promedio.

Tiempos de bombeo [s]			
Periodos	Máximo	Mínimo	Promedio
12:41-	19.72	10.49	12.77
13:11-	24.68	13.43	14.03
13:41-	11.48	10.07	11.23
14:11-	15.54	11.34	12.94
14:41-	12.67	12.36	12.52

Tabla 5 Tiempos de bombeo.

Se realizó otra prueba en la cual se cubrió a la parábola y solo trabajó el efecto invernadero del condensador. En la gráfica 3 se muestra el comportamiento del desalador expuesto al sol, por un lapso de 4 hrs. y con el paraboloide cubierto. Se le vertieron 5 litros al evaporador.

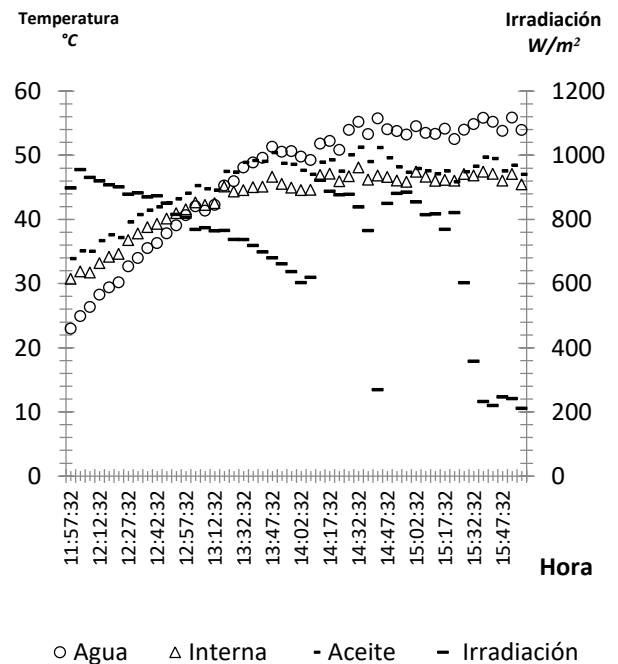


Gráfico 3 Resultado comparativo entre agua, aceite, temperatura interna e irradiación de la prueba de efecto invernadero.

Se observa que la línea de irradiación es descendente comenzando a las 11:57 am con una irradiación de 898.43 W/m², a las 02:03 pm la irradiación disminuye a los 369 W/m². Este descenso se debe a la llegada de nubosidad durante el día, a partir de las 02:03 pm la constante aparición de nubes hace que la irradiación captada por el piranómetro varíe drásticamente con ascensos y descensos desde los 933 W/m² a los 211 W/m². La temperatura ambiental promedio fue de 30.34 °C y se mantuvo estable durante el periodo de la prueba, mientras que la temperatura interna tuvo un promedio de 43.44 °C durante la prueba, demostrando así una ganancia de 13.10 °C en el ambiente interno por el efecto invernadero. El agua parte de 23.02 °C y se eleva hasta los 56.52 °C en un lapso de 3.37 h. El serpentín tiende a adquirir una temperatura similar a la del agua +/- 2.86 °C en promedio durante toda la prueba. A pesar de que la irradiación es baja, la temperatura del agua continua en ascenso, todo esto debido al efecto invernadero que surge dentro del desalador solar. Se obtuvieron 300 ml de agua en 2 horas con 7 minutos.

Se realizó otra prueba en la cual se cubrió al condensador para dejar trabajar al serpentín y parábola. Los resultados obtenidos se muestran en la gráfica 4.

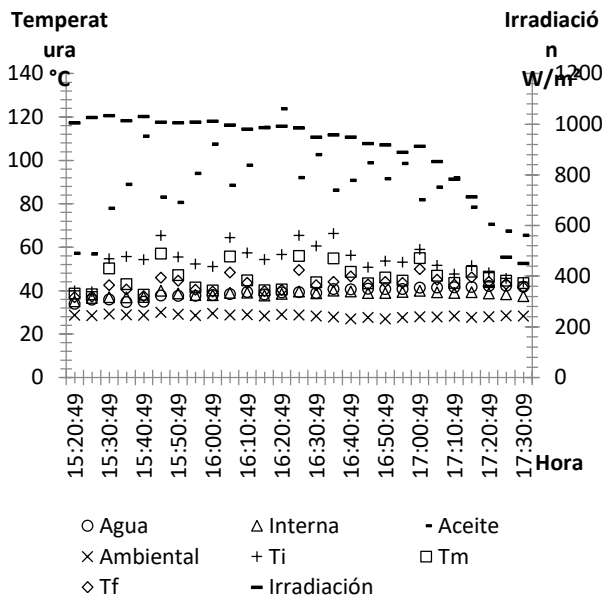


Gráfico 4 Resultado comparativo entre agua, aceite, temperatura interna e irradiación de la prueba serpentín-deposito aceite.

La prueba se realizó en un periodo comprendido entre las 15:20 y las 17:27 horas y muestran una tendencia de irradiación decreciente y alrededor de las 17:00 h., se tuvo una variación importante en los valores y una importante caída de la misma.

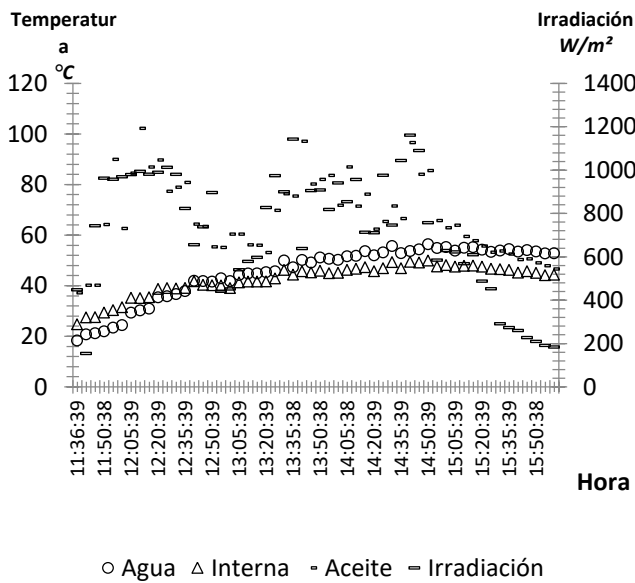
El aceite se mantiene con una temperatura promedio de 102.67 °C, variando en los tiempos de bombeo. Mientras las temperaturas del serpentín Ti, Tm y Tf también se mantienen con valores con la misma tendencia que el aceite en el depósito. Se observa la tendencia de las temperaturas del agua e interna en el prototipo, variando entre ellas ligeramente en los primeros minutos de las 15:20 a las 15:52 horas, durante este lapso la temperatura interna (37.76 °C en promedio) estuvo por encima de los valores de la temperatura del agua (36.28 °C en promedio).

Mientras el resto del periodo desde las 15:53 horas hasta las 17:27 horas la temperatura del agua (40.42 °C en promedio) se mantuvo por encima de la temperatura ambiente (39.17 °C en promedio).

Existe una ganancia de 8.44 °C en la temperatura del agua durante todo este periodo, mientras en la temperatura interna hay una ganancia de 3.88 °C. Se observa que realmente existe una ganancia de calor en el agua gracias al serpentín y una ganancia en la temperatura interna gracias al incremento de la temperatura del agua. Se vertieron 5 litros de agua y se recuperan 500 ml de destilado durante las 2 horas con 7 minutos de prueba.

Para realizar un análisis de las temperaturas del agua, interna, aceite e irradiación, se expuso el desalador al sol en un día seminublado por un periodo de 4 h con 24 min con una temperatura ambiental promedio de 27.29 °C, se le vertió 5 litros de agua al evaporador y se estuvo bombeando el aceite por 13 s cada 3.5 min. En la gráfica 5 se presentan los resultados.

Se puede observar que la irradiación es variable debido al constante paso de nubes, al inicio de la prueba se registra una irradiación de 444.74 W/m² la cual desciende a los 127.12 W/m² a las 11:38 am, posteriormente se nota un incremento y se registra una irradiación de 1025.42 W/m² a las 11:48 am, a partir de ese momento se observa una fluctuación de irradiación hasta las 03:29 pm donde la irradiación comienza a descender paulatinamente y concluir la prueba con una irradiación de 184.56 W/m². La irradiación máxima registrada fue de 1223.38 W/m² a las 02:36 pm y la mínima de 104.80 W/m² a las 11:40 am.



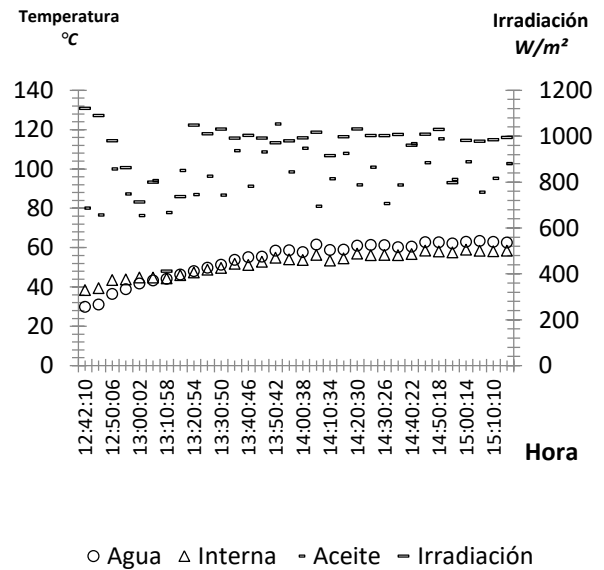
Gráfica 5 Prueba de eficiencia 1.

La temperatura del aceite depende de la irradiación solar, al inicio de la prueba el aceite se encuentra a una temperatura de 36.99 °C y en 17 min. se eleva a 94.99 °C, de las 11:53 pm a las 12:32 pm el aceite se mantiene en promedio a los 83.11 °C, a partir de las 12:32 pm la temperatura del aceite comienza a descender y se mantiene en promedio a los 60.08 °C hasta la 1:22 pm. A partir de la 1:22 pm la temperatura del aceite comienza a ascender nuevamente y se observó una fluctuación hasta las 2:44 pm promediando el aceite una temperatura de 77.09 °C, la temperatura del aceite comienza a descender paulatinamente a partir de las 2:44 pm debido a la baja irradiación hasta finalizar la prueba. La temperatura máxima del aceite fue de 108.97 °C y la mínima de 31.85 °C promediando durante la prueba 67.73°C.

La temperatura ambiental interna promedio fue 42.60 °C la cual es en promedio 15.31 °C superior a la temperatura ambiental externa durante la prueba. La temperatura del agua inicial fue de 18.13 °C y se mantuvo en constante aumento durante la prueba, obteniéndose una temperatura máxima del agua de 56.74 °C.

Al final de la prueba se recolectaron 823 ml de agua durante las 4 horas con 20 minutos.

Se realizó una segunda prueba durante otro día, pero dejándolo menor tiempo. Los resultados obtenidos se muestran en la gráfica 6.



Gráfica 6 Prueba de eficiencia 2.

En la gráfica 6 se muestran los resultados de una segunda prueba de eficiencia, para la cual tenemos un periodo de fluctuación importante en la irradiación entre las 12:45 y las 13:12 horas debido a nubosidad, con valores que van desde los 1354.00 hasta los 409.26 W/m². Durante este periodo encontramos un descenso en los valores de la temperatura del aceite en el depósito con variantes que van desde los 70 °C hasta los 120 °C. En parte también gracias al efecto invernadero se observa que la temperatura del agua y la temperatura interna se mantienen en un estado constante de elevación, en un inicio la temperatura interna es mayor que la del agua (promediando una diferencia de 4 °C), esto hasta las 13:45 horas, tiempo en el que la temperatura de agua sobrepasa a la temperatura interna, siendo de esta manera hasta el final con una diferencia promedio de 3.74 °C.

Durante esta prueba se obtienen 743 ml de destilado en un lapso de 2 horas con 29 minutos.

Conclusión

Se puede concluir que el prototipo puede servir para la separación de sales empleando la evaporación solar, en donde se pueden observar las siguientes ventajas:

El desalador se manufacturó con material, equipo y herramienta de fácil acceso para un gran porcentaje de la población lo que da como resultado que sea económico. Su costo fue de \$ 2103.12 M.N. por lo que a comparación de los desaladores solares disponibles en el mercado, de los cuales el de menor costo tiene un valor de \$2600.00 M.N. (considerando el dólar a \$13.00 M.N.) más gastos de envío, es más económico, además de que el diseño puede llegar a tener modificaciones adaptándose al terreno en el que se utilice, lo que repercutiría en el precio del mismo.

Otro de los puntos de comparación es la superficie requerida por cada uno de los equipos presentados. Todos estos equipos fueron diseñados con una superficie mayor a los 0.80 m^2 , mientras el desalador propuesto en este trabajo requiere de una superficie de 0.35 m^2 de superficie útil.

El agua que se recuperó en un día en óptimas condiciones ambientales es de 149.40 ml/hr. Por lo que puede ser una aplicación viable para su uso en zonas donde el abastecimiento de agua es insuficiente.

Comparando la superficie útil con la producción/día de agua obtenemos una relación que compite con los otros diseños, por ejemplo el promedio de agua recuperada durante 10 horas de operación fue de 1.5 litros de destilado por día, lo que equivale a 4.29 l/m^2 , comparándolo contra el AquaCone que produce 1.41 l/m^2 , se observa que el prototipo presenta una mayor eficiencia, esto debido a la funcionalidad de ambos sistemas (efecto invernadero y parábola-serpentín).

Agradecimientos

Agradecemos a la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO por el apoyo recibido durante la realización de este proyecto a través de los programas UNAM-DGAPA-PAPIIT-IT104212 y UNAM-DGAPA-PAPIME-PE101912.

Referencias

- [1] Mattheus F.A. Goosen, Shyam S. Sablani, Walid H. Shayya, Charles Paton, Hilal A1-Hinai. Thermodynamic and economic considerations in solar desalination. *Desalination* 129 (2000) 63-89
- [2] J. O, M. Laplante, H. Marmouch , N. Galanis, B. Benhamou, S. Ben Nasrallah, C. T. Nguyen. Experimental and theoretical study of a humidification - dehumidification water desalination system using solar energy. *Desalination* 168 (2004) 151-159
- [3] Cemil YamalI, _Ismail Solmus. Theoretical investigation of a humidification dehumidification desalination system configured by a double-pass flat plate solar air heater. *Desalination* 205 (2007) 163–177
- [4] A.E. Kabeel, Emad M.S. El-Said. A hybrid solar desalination system of air humidification – dehumidification and water flashing evaporation Part I. A numerical investigation. *Desalination* 320 (2013) 56–72.

[5] M. Zamen, M. Amidpour, M. Rezaei Firoozjaei. A novel integrated system for fresh water production in greenhouse: Dynamic simulation. *Desalination* 322 (2013) 52–59

[6] Veera Gnaneswar Gude. Energy storage for desalination processes powered by renewable energy and waste heat sources. *Applied Energy* 137 (2015) 877–898.

[7] M.B. Shafii, S. Jahangiri Mamouri, M.M. Lotfi, H. Jafari Mosleh. A modified solar desalination system using evacuated tube collector. *Desalination* 396 (2016) 30–38.

[8] Hasan Mousa, Ashish M. Gujarathi. Modeling and analysis the productivity of solar desalination units with phase change materials. *Renewable Energy* 95 (2016) 225 - 232

[9] Kyaw Thu, Bidyut Baran Saha, Kian Jon Chua, Kim Choon Ng. Performance investigation of a waste heat-driven 3-bed 2-evaporator adsorption cycle for cooling and desalination. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 101 (2016) 1111–1122.

[10] Jihane Moumouh, Mohamed Tahiri, Mohamed Salouhi, Lahcen Balli. Theoretical and experimental study of a solar desalination unit based on humidification-dehumidification of air. *International journal of hydrogen energy* xxx (2016) 1 – 5. Article in press.

[11] Syed Muztuza Ali, Patrick Haider, Dalminder S. Sidhu, Anutosh Chakraborty. Thermally driven adsorption cooling and desalination employing multi-bed dual-evaporator system. *Applied Thermal Engineering* 106 (2016) 1136–1147.

Calentador Solar con lente Fresnel

MIRANDA-HERRERA, María*†, MORALES-IBARRA, Vanessa, DUQUE-HERRERA, Miguel y GONZÁLEZ-SOTELO, Carlos.

Recibido Julio 8, 2016; Aceptado Septiembre 1, 2016

Resumen

El mundo se encuentra con una situación difícil para el ahorro de energía, debido a los altos consumos de combustibles fósiles y el gran crecimiento en la población que demanda cada vez más dichos combustibles. En el presente artículo se muestra la elaboración de un calentador solar conformado por un radiador, donde se realiza un precalentamiento, seguido de un serpentín donde se eleva la temperatura utilizando un **lente fresnel** para terminar con un depósito de almacenamiento, la temperatura se monitorea con **termómetros analógicos** que son leídos por una tarjeta adquisitora y muestran al final del proceso una alarma visual de bajo consumo de energía. Dicho proyecto tiene la finalidad de disminuir el consumo de combustibles fósiles, la tala de árboles y las emisiones a la atmosfera que provoca la combustión de estos.

Lente Fresnel, Energía solar, termómetro analógico

Abstract

The world is experiencing a difficult situation, for energy savings due to high consumption of fossil fuels and the great growth in population that increasingly demands such fuels. In this article it show the development of a solar heater consists of a radiator, where is performed a first warm-up, followed by a coil that raises temperature using a fresnel lens to finish with a storage tank. The temperature is monitored with thermometers analog that are read by a adquisitora card and they show at end of the process one low consumption visual alarm. This project aims to reduce consumption of fossil fuels, deforestation and emissions to the atmosphere caused by the combustion of these

Fresnel lens, Solar energy, analog thermometer

Citación: MIRANDA-HERRERA, María, MORALES-IBARRA, Vanessa, DUQUE-HERRERA, Miguel y GONZÁLEZ-SOTELO, Carlos. Calentador Solar con lente Fresnel. Revista de Prototipos Tecnológicos 2016, 2-5: 43-48

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: gmiranda@utt.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El presente trabajo muestra el desarrollo de un calentador solar utilizando un lente fresnel. El uso de energías limpias y renovables ha sido desde años una alternativa para disminuir el consumo de energéticos de fuentes que cada vez se vuelven más escasas y caras económicamente hablando. Una de las fuentes renovables que puede ser utilizada para este fin es la energía solar.

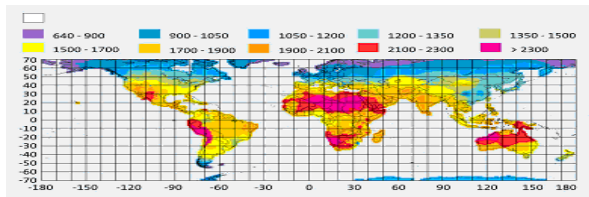


Figura 1 Mapa mundial de radiación solar anual promedio (kWh/m²) Diario Oficial de la Federación

El calentador solar descrito muestra una solución al uso de calentadores de gas domésticos e incluso industriales, una de las ventajas que tiene sobre otros calentadores caseros es el uso de sensores de temperatura que permiten el monitoreo, y permiten saber si el líquido se encuentra en óptimas condiciones. Los dispositivos como el serpentín y el radiador se encuentran aislados lo que permite conservar mejor el calor en el dispositivo proporcionando una mayor eficiencia. El radiador con el que cuenta el dispositivo proporciona un precalentamiento de tal manera que a la salida de este y entrada al serpentín es necesario una menor cantidad de calor.

Este tipo de calentadores permitirán disminuir las emisiones de CO₂ al atmósfera reduciendo la producción de gases de efecto invernadero, además de la reducción de costos por el consumo de gas LP o natural. Dentro de la descripción del método se mencionan algunos de los conceptos básicos utilizados para la creación del calentador (antecedentes), tipos de sistemas de captación solar, tarjetas y sensores utilizados para el monitoreo

Descripción del método

Antecedentes

La energía solar es toda aquella que se deriva directamente del sol. La concentración de la energía solar en forma de calor es una forma de aprovechar este tipo de energía. En el ambiente doméstico puede ser utilizada en calentadores de agua que permiten reducir el consumo de otros energéticos como lo son el gas natural o LP o energía eléctrica.

La energía solar tiene muchas ventajas sobre otras fuentes de energía como:

- La energía solar es un recurso renovable que prácticamente no tiene límite
- Es una energía que no contamina
- Tiene un bajo costo de aprovechamiento
- Es adaptable a las necesidades ya que las instalaciones solares pueden ser tan grandes o pequeñas según se requiera.
- Es un tipo de energía limpia, no produce emisiones de gases
- Se encuentra en todos lados.

Algunas de las desventajas al utilizar este tipo de energía son:

- Para grandes proyectos se requieren grandes superficies
- Los costos iniciales de instalaciones son altos
- Algunos lugares no tienen la intensidad de luz óptima.

Existen diferentes tipos de colectores solares, que son dispositivos que extraen la energía solar y la convierten en forma usable o almacenable dentro de los cuales destacan: de placa plana con cubierta, colectores parabólicos, de placa plana sin cubierta y de tubos vacíos.

Los sistemas de concentración solar pueden ser rotados para seguir el sol de manera que intercepten la mayor cantidad de radiación directa posible. Pueden tener uno o dos ejes de rotación (Duffie 1991)

Sistemas de captación solar:

Actualmente existen cuatro sistemas de captación y concentración de energía solar: Torres centrales, Disco parabólico, canal parabólico y concentradores tipo fresnel. Torres centrales.- Consiste en un campo de espejos orientados hacia un mismo punto.

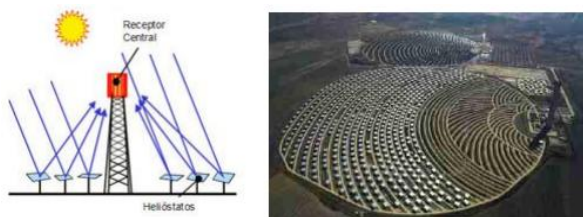


Figura 2 Captación solar por torre con campo de espejos

Disco parabólico.- Consisten en un espejo con forma de antena parabólica que concentra toda la radiación en un punto donde se coloca un receptor.



Figura 3 Captación solar por Disco

Canal Parabólico.- Consiste en una serie de espejos con forma de un media caña o canal con geometría parabólica (en algunos casos circular), y que por encima de ellos (en la línea focal) se encuentra colocada la tubería con el fluido transportador de calor, la función de los espejos es concentrar la máxima energía posible en los tubos.

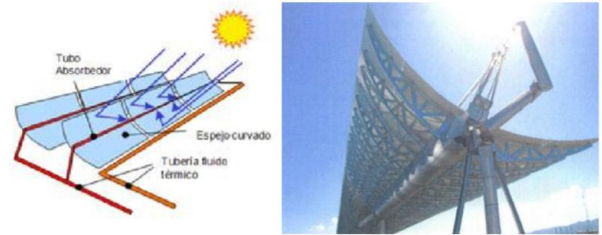


Figura 4 Captación solar por sistema cilindro-parabólico

Concentrador Fresnel.- En este sistema los espejos son planos y están colocados en el mismo plano horizontal, van girando a lo largo del día o periódicamente según su orientación para ir reflejando los rayos solares sobre la línea focal donde pasa el tubo con el fluido calor- portador. Es común que estos sistemas cuenten con un segundo sistema concentrador en el receptor para asegurar la máxima captación de la energía solar

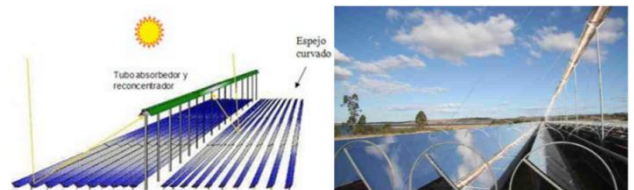


Figura 5 Captación solar por sistema Fresnel

Lente Fresnel

Un lente fresnel es un diseño que da una forma cóncava al lente sin necesidad de que este tenga alguna curvatura. En realidad un lente fresnel no es tan plano como parece. La lente de Fresnel es una lente óptica delgada y plana que consiste en una serie de pequeñas ranuras concéntricas estrechas en la superficie de una lámina de plástico de peso ligero con el fin de reducir el espesor, peso y costo. Cada ranura está en un ángulo ligeramente diferente a la siguiente, y con la misma distancia focal con el fin de enfocar la luz hacia un punto focal central. Cada ranura puede ser considerada como una pequeña lente individual a doblar las ondas de luz de Fresnel paralelo y enfocar la luz.

La lente Fresnel ahora puede estar hecha de plástico, tal como acrílico, PMMA, PVC y HDPE. Una lente convexa de vidrio tradicional sería grueso, pesado y muy caro, pero una lente de Fresnel de plástico es una alternativa costo delgado y plano, ligero y bajo.

El uso de lentes de Fresnel incluyen la iluminación, retroproyector, Fresnel lupa, la proyección, la energía solar, detector de movimiento pasivo y lupa LED

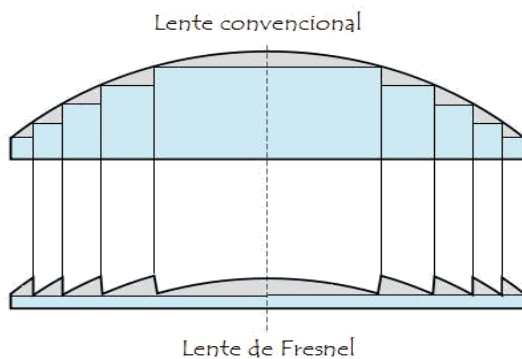


Figura 6 Esquema para la obtención de una lente de Fresnel a partir de una convencional

Tarjeta y sensores utilizados

*Arduino, figura 7. Es una herramienta y plataforma electrónica de código abierto, flexible y sencillo de utilizar. Con ella es posible crear objetos o entornos interactivos. Esta plataforma puede detectar o afectar el entorno recibiendo entradas de diversos sensores y activando algunos actuadores respectivamente.

La tarjeta Arduino posee un microcontrolador el cual se programa mediante el lenguaje de programación Arduino y el entorno de desarrollo Arduino. Los ficheros de diseño de referencia pueden ser adaptables a las necesidades del usuario puesto que se encuentran disponibles bajo una licencia abierta.

Otros microcontroladores ofrecen características similares al Arduino, pero éste lleva ventaja en cuanto a asequibilidad, multiplataforma trabajando con Windows, Mac y Linux; entorno de programación simple; software y sobre todo hardware ampliable.



[1] **Figura 7** Tarjeta arduino. Fuente: Conociendo a Arduino

*Sensor LM35, Figura 8 es un sensor de temperatura con una precisión calibrada de 1 °C. Su rango de medición abarca desde -55 °C hasta 150 °C. La salida es lineal y cada grado Celsius equivale a 10 mV (150 °C = 1500 mV). Está calibrado directamente en grados Celsius. La tensión de salida es proporcional a la temperatura y tiene una precisión garantizada de 0.5 °C a 25 °C, baja corriente de alimentación (60 μA) y bajo coste, no requiere de circuitos adicionales para calibrarlo externamente. Este integrado es de fácil instalación en un circuito de control. Se encuentra en diferentes tipos de encapsulado., el más común es el TO-92.



Figura 8 Sensor de temperatura LM35.

Metodología a desarrollar

El modelo se desarrolla con material reciclable, el lente fresnel de proyectores y el radiador de un automóvil que ya no son utilizados.

El serpentín es fabricado con tubería de cobre, se aísla en un cajón de madera cubierto de vidrio con la intención de guardar el calor, el radiador es aislado al igual que el serpentín.

Vázquez, V. & Alfonso J. (2012). *La energía solar térmica directa: una opción ignorada por la industria. 2012, de Departamento de Ciencia e Ingeniería de las Superficies y de la Corrosión* Sitio web: http://www.energia2012.es/sites/default/files/Energ%C3%ADa_solar_t%C3%A9rmica_directa.pdf

Ferrón, L. & Pattini, A. & Ángel Lara M. (2013). *Disponibilidad comercial de sistemas de transporte de luz natural. Argentina. XXXIV Conference. Spanish Royal Physical Society Valencia, July 15-19. 2013*

Pigueiras E. (1982) *Contribución a la teoría de diseño y a la tecnología de las lentes de Fresnel para su uso como concentradores en aplicaciones fotovoltaicas. En la Universidad Politécnica de Madrid (España) en 1982.*

Clasificador de configuraciones de un robot humanoide para la realización de patadas

MARÍN-URIAS, Luis*†, HERNÁNDEZ-MELLA, Yahir, PORTILLO, Rogelio de Jesús y PORRAGAS-BELTRÁN, Luis.

Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería. Calzada Ruiz Cortinez #455, Fracc. Costa Verde, Boca del Río, Veracruz, C.P. 94294

Recibido Julio 13, 2016; Aceptado Septiembre 12, 2016

Resumen

Para que un robot pueda llevar a cabo una tarea encomendada, dicho robot debe tener en cuenta muchas variables del entorno, hablando de un caso en particular, la competencia RoboCup ofrece escenarios que presentan problemáticas en varias áreas. Por ejemplo, optar por una posición adecuada para patear una pelota esperando que la pelota logre completar una tarea, ya sea para pasar la pelota a un compañero, para anotar, etc. Lo anterior convierte el problema en la selección diferentes variables: de una patada, de una posición, de una orientación, velocidad, etc. con respecto a la pelota y su objetivo. Este problema ha sido atacado básicamente de dos formas: por un lado usando planificación de movimientos para el cálculo cinemático de los grados de libertad del robot contemplando, o no, la dinámica del robot, esto conlleva a hacer una cantidad enorme de datos dependiendo de cuantas posiciones con respecto a la pelota se analicen o la manera de cómo pegarle; por otro lado se define una patada de manera fija la cual carece de flexibilidad para adaptarse a las diferentes situaciones que pueden presentarse en un partido. En este trabajo se presenta un clasificador de configuraciones deseables denominado MCP que permite seleccionar una configuración de un robot humanoide por medio de redes Neuronales artificiales con el fin de realizar la tarea de dar patadas a un balón en base a un objetivo.

Abstract

In this work it is presented a classifier of configurations named MCP based on different architectures of artificial neural networks. It is placed on a Robocup Scenario, where time may be the reason of achievement or failure. The task encomended to be classified is the kick of a ball and the goal is to reach a position on the field, either to score or to pass the ball.

Artificial Neural Networks, Robocup, classifier, mobile robotics

Lente Fresnel, Energía solar, termómetro analógico

Citación: MARÍN-URIAS, Luis, HERNÁNDEZ-MELLA, Yahir, PORTILLO, Rogelio de Jesús y PORRAGAS-BELTRÁN, Luis Clasificador de configuraciones de un robot humanoide para la realización de patadas. Revista de Prototipos Tecnológicos 2016, 2-5: 49-57

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: luismarin@uv.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Dependiendo de sus propiedades estructurales, los robots necesitan llevar a cabo diferentes configuraciones con el objetivo de realizar tareas específicas, teniendo en cuenta una serie de variables que se encuentran en el entorno. Por ejemplo, un robot es involucrado en situaciones como la presencia de un posible obstáculo, optimización de tiempo o energía, o las propiedades de estabilidad dinámicas.

Tareas simples como tomar un objeto de una mesa, agarrar un refresco o analizar una situación en cierto lugar, normalmente sugieren que un robot autónomo tenga que lidiar el cómo posicionarse a sí mismo alrededor de un objetivo antes de procesar la estrategia de movimiento para completar cierta tarea, como podemos observar en los trabajos [13] y [14].

En un entorno como el de la RoboCup, hay diferentes elementos a considerar; por ejemplo, con el fin de ejecutar una patada, el robot tiene que:

- Establecer una posición deseada: la localización tiene que ser cerca de la pelota, donde el robot sea capaz de realizar la tarea.
- Encontrar la mejor manera de golpear la pelota: la patada podría darse de manera rápida o lenta, incluyendo la decisión de si va a ser con el empeine o con la punta del pie.
- Alcanzar el objetivo: marcar un gol o pasar el balón a un compañero. El objetivo podría variar en la distancia, incluso podría ser a la derecha o a la izquierda.
- Evitar los obstáculos: implica desarrollar un tiro de tal manera que el balón se mueva a través de los oponentes.

Como consecuencia directa, el proceso general que incluyen estas tareas, resulta complicado. Aún mas, cuando las tareas son repetitivas y el proceso de cálculo de rutas de movimiento que hace el robot para alcanzar su objetivo, resulta crucial en términos de tiempo de ejecución.

Cada una de estas actividades pueden ser definidas con diferentes estrategias; sin embargo, una solución particular podría no ser suficiente para ser aplicada en todas las situaciones. Este hecho sugiere la definición de una solución global, a fin de incorporar todos los casos. En este trabajo se presenta una propuesta que incluye a todas estas tareas como una en general, mientras reduce el cálculo en tiempo real.

Trabajo Previo

Un robot que puede jugar fútbol como un humano, es diseñado y construido en [8]. Este robot humanoide es una plataforma humanoide estable capaz de balancearse, caminar, girar y ponerse de pie. La función principal de este robot es jugar fútbol con los humanos u otro robot humanoide mediante la incorporación de estrategias de decisión táctica. En dicho trabajo, una propuesta sistemática permite obtener una relación de velocidad entre la pierna y el balón con el fin de definir la planificación de una trayectoria para ejecutar una patada.

Cuando se requiere patear una pelota, la solución clásica para resolver éste problema implica calcular cómo patear la pelota, con el fin de lograr un objetivo (por ejemplo, marcar un gol, pase de pelota, etc.). Muchas propuestas tienden a resolver el problema a través de cinemática directa o inversa [3], [4], y estas difieren fundamentalmente en la estrategia de control. En [5] se presenta un enfoque que hace posible obtener un punto del pie el cual tiene que impactar la pelota para así patearla en la dirección deseada.

Un enfoque similar es presentado en [11] donde, con un robot humanoide HOAP-3, se propone un método de planeación del movimiento de todo el cuerpo para completar la tarea. En éste caso, se realizaron cálculos de forma continua considerando las condiciones de cambio.

En [1] los autores presentan un actuador de movimiento externo controlado por una estrategia PID en un espacio articulado. Este enfoque se centra en la reducción de los tiempos de cálculo mediante el uso de curvas Bezier usando movimientos articulados, de modo que estas curvas ayudan fácilmente a mantener el centro de masa dentro de la región de estabilidad definido por el punto del momento cero. El trabajo no sólo resuelve el problema del equilibrio, sino también se ocupa de la aproximación de golpear la pelota en una dirección. Sin embargo, el trabajo no toma en cuenta la distancia a la meta.

Cuando se habla de robots humanoides jugando al fútbol, uno de los principales problemas es la estabilidad dinámica, que se vuelve crucial cuando de patear una pelota se trata. En [9] los autores afirman que es mejor para un robot que juega fútbol realizar una patada estable y rápida, que realizar una patada lenta, ya que aumenta el riesgo de caer. Con esta premisa, los autores revisan los métodos de dos patadas en tiempo real: “steady driver kick” y “kick-walk controller”, ambas basadas en el punto de momento nulo y la combinación de la energía de ambos métodos, con el fin patear una pelota sin dejar de caminar. En el experimento permitiendo al robot tener un acercamiento autónomo a la pelota.

El clasificador de configuración de patada

Supongamos que el robot se encuentra en un escenario de Robocup.

El robot está en una posición donde tiene que acercarse a la pelota y pasársela a un compañero; en particular, existen diferentes problemas para resolver esta situación, por ejemplo:

- Auto localización.
- Detección de la pelota.
- La detección de la posición del compañero.
- Detección de la posición oponente.
- Aproximación a la pelota.
- Cálculo del movimiento definido por la patada.
- Ejecución de la patada.

Estas tareas deben ser ejecutadas cada vez que el robot decida hacerlo, pero ¿quién decide cuando sucederá esto? ¿Cómo los módulos a cargo interactúan entre sí? Debe haber una arquitectura de jugador modular donde los módulos sean capaces de interactuar el uno con el otro. En el siguiente apartado se presenta una breve descripción de la arquitectura propuesta donde se establece el Módulo Clasificador de Patadas o MCP.

Arquitectura del Jugador

El MCP obtiene información de los otros módulos acerca de la posición del robot, la pelota y la meta.

Los módulos de la arquitectura que tienen una interacción directa con el MCP, se describen de la siguiente manera:

- **Módulo Supervisor.** Contiene un sistema selector de acción. Se le da a MCP la posición donde el robot tiene que dirigir el balón con el fin de pasar el balón o para anotar con o sin obstáculos.

- **El módulo de auto localización** proporciona suficiente información para obtener la posición de la pelota y el oponente.

- **Módulo Bola Posición.** Permite al robot conocer la posición actual de la pelota en el entorno.

Una vez que tenga esta información, el MCP devolverá una salida para el supervisor que indica dónde y cómo patear la pelota, basado en la configuración del entorno actual.

Funcionamiento Interior del MCP

El módulo MCP, recibe información de la posición de ambos, tanto del robot como de la pelota, de los módulos correspondientes y proporciona la posición en la que el robot tiene que situarse con el fin de patear la pelota con una patada precalculada específica. Basado en estos parámetros, este módulo se define con una red neuronal recurrente (RNN), que está entrenada para obtener la configuración que se ajuste mejor para lograr la tarea deseada.

Como se ha discutido antes, todo el problema de patear la pelota se modela como un problema de clasificación, por lo tanto, el robot tiene que decidir dónde y cómo patear el balón con las habilidades que ya conoce y en base a un conjunto de entrenamiento. El problema de clasificación permitirá entonces acelerar la decisión sin dejar atrás la flexibilidad.

Con el objetivo de clasificar los escenarios del entorno para cada salida (diferentes variables y reducir el cálculo del tiempo tanto como sea posible), ha sido elegida una RNN con tres capas morfológicas. La primera capa con una neurona por entrada; la capa oculta, donde se encuentra el método de entrenamiento, con tres posibles casos con respecto al número de neuronas; y finalmente una capa con las variables de salida deseadas.

La capa de entrada recibe la posición de la pelota y el objetivo en el plano; esta información es requerida para generar la posición deseada, la rotación y el ID que describe una de las diferentes patadas precalculadas. Para seleccionar una estructura con los mejores resultados, se comienza el diseño con tres enfoques diferentes para la RNN. Se diferencian en la capa oculta que aumentará el número de neuronas para mejorar los resultados. Es un hecho que, entre más sea el número de las neuronas en la RNN, más será el tiempo necesario para obtener los resultados; sin embargo, se analizó que la creciente precisión resultante satisface la tarea correspondiente, es por ello que han sido diseñados tres modelos diferentes como bancos de prueba.

Los modelos están definidos para trabajar en un espacio bidimensional con el fin de simular el entorno de RoboCup.

Los escenarios como lo es el de la competencia RoboCup demandan respuestas rápidas con el fin de aumentar la oportunidad de tomar la ventaja del rival. Con el fin de proporcionar una respuesta en un corto período de tiempo, es necesario reducir las operaciones entre las neuronas, por lo tanto, el número de neuronas en la capa oculta serán tan pocas como sea posible minimizando el cálculo del tiempo y el error de ejecución definido en la Sección IV.

En el primer modelo probado la capa oculta tiene tres neuronas, resultando en una configuración de 4-3-4 (Figura 1), secuencialmente la morfología de la RNN cambiará aumentando las neuronas de la capa oculta, pasando a través de las configuraciones 4-4-4 (Figura 2) y 4-5-4 (Figura 3).

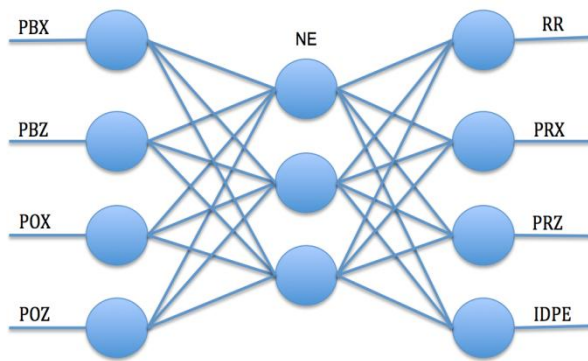


Figura 1 Modelo 4-3-4 de RNN .

Todos los modelos están totalmente conectados entre capas adyacentes, como se puede observar en las Figuras 1, 2 y 3.

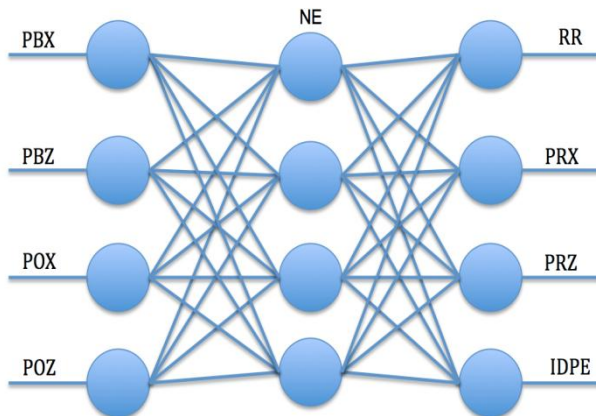


Figura 2 Modelo 4-4-4 de RNN

Para todos los casos, las entradas PBN y POn, donde $n = \{X, Z\}$, son las dos coordenadas en el plano del robot y el objetivo respectivamente, siendo el objetivo, ya sea un compañero o la portería.

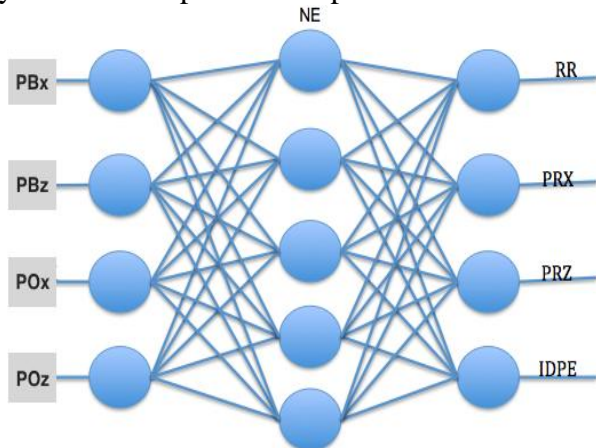


Figura 3 Modelo 4-5-4 de RNN

Como se mencionó antes, las salidas de cada modelo ofrecen la rotación discretizada del robot (RR). Esta rotación es dividida en cinco estados diferentes alrededor de la bola, esto es debido a la necesidad del modelo de convergencia a una configuración específica en la salida. Además, PRX y PRZ describen respectivamente las posiciones X y Z del robot relativos a la pelota, con parámetros discretizados. Juntos, los parámetros definen una matriz de 3 x 3. Esta discretización permite al robot desplazarse el mismo en cualquiera de estas posiciones que rodea el balón en la ubicación (2,2).

Finalmente, la última salida de IDPE es un identificador de la patada que define la forma en la que el pie impacta con el balón. Este ID de patada varía en este trabajo en tres valores diferentes los cuales representan tres diferentes patadas estables pre-calculadas y fijas. Estas opciones de patada se definen por medio de la cinemática inversa del robot, estabilizando el pie en una posición para golpear a una pelota en el lado frontal, derecho o izquierdo del robot.

Con esta información, el módulo clasificador solamente tiene que elegir entre las opciones de patada, en lugar calcular la mejor patada varias veces en tiempo de juego. El golpe frontal, es decir, el impacto con la punta del pie, mientras la patada lateral derecha e izquierda se hace con el costado del pie.

Todos los tiros fueron probados en una plataforma física para hacer seguras las características de estabilidad que consideran las rutas de movimiento y las restricciones físicas.

Implementación y Resultados

Se ha elegido el robot NAO como sistema de banco de pruebas porque es la plataforma estándar para una de las competencias de la RoboCup.

Sin embargo, el módulo MCP definido, no está limitado a la morfología Nao desde que permite flexibilidad en su implementación.

El RNN propuesto ha sido implementado para ser entrenado en un entorno virtual, donde todas las características de la plataforma real son copiadas. El entorno virtual es reproducido con el simulador de plataforma Webots. La razón por la cual es utilizado un entrenamiento virtual en lugar de una implementación en tiempo real, es el tiempo de cálculo, así como experimentos seguros en el aspecto en el que el robot no podría dañarse. Como resultado, este hecho también permite acelerar los lapsos de prueba y entrenamiento

Hay tres grupos diferentes de entrenamiento utilizados para comparar a cada uno de los modelos por el MCP, denotado por simplicidad, experimentos A, B y C, que varían en los valores de posición de la pelota y del objetivo. Cada uno de estos conjuntos tiene 50 eventos con entradas aleatorias con un valor óptimo calculado y se utiliza para entrenar a los diferentes modelos de RNN, ya que ha sido demostrado que después de 45 eventos, los resultados de los experimentos consiguen estabilidad con más información.

Resultados de entrenamiento

Se ha elegido el método de propagación hacia atrás (backpropagation) para entrenar las redes; donde el error acumulado de cada elemento de entrenamiento permite medir la efectividad de cada modelo. Esto se define como:

$$\delta = t_i - y_i \quad (1)$$

Donde t_i es la salida esperada en el conjunto de entrenamiento donde dada por la distancia entre el objetivo y lo obtenido, y y_i es la salida obtenida por la RNN; esto servirá para propagar el error hacia atrás.

Como se puede observar en el Gráfico 1, el modelo 4-3-4 converge antes de que los otros, significa que no es necesario mucho tiempo en el entrenamiento, sólo se necesitan alrededor de 30.000 iteraciones para detener la prueba. El modelo 4-4-4 toma un poco más para estabilizarse, en torno a 180.000 repeticiones; y finalmente el modelo de 4-5-4 que arroja un mejor resultado significativo, pero consiguió estabilizarse hasta 300.000.

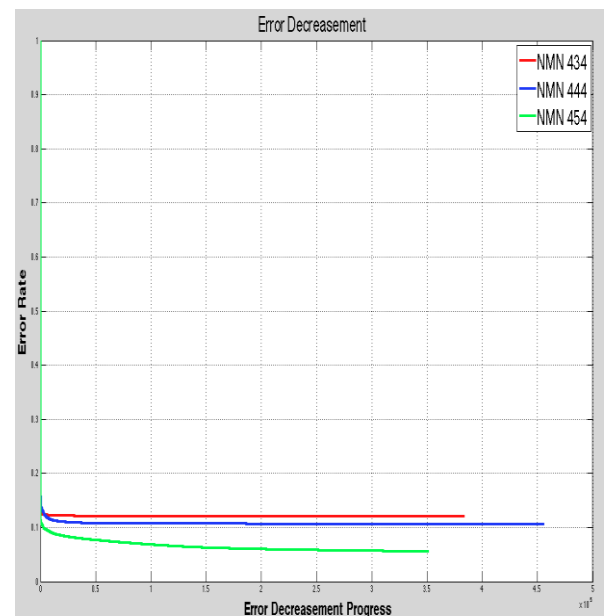


Gráfico 1 Decremento del error de los modelos propuestos 4-3-4, 4-4-4 y 4-5-4.

También es notable que a medida que el número de neuronas aumenta en el diseño de la capa oculta, disminuye el error, de modo que, más modelos fueron entrenados para estar lo más cerca posible de resultados con salida de error cero. Los resultados de modelos 4-6-4, 4-7-4, 4-8-4 y 4-9-4 son tales que la reducción de errores no es considerablemente mejor que el modelo 4-5-4 por lo que no se probaron estos modelos en la simulación.

El tiempo empleado en el entrenamiento aumentará a medida que el modelo aumente de tamaño, a continuación, en 14.400 segundos se puede observar que el número de iteraciones se reduce.

Resultados de Patada

Con el modelo 4-3-4 para el experimento A, hay un 80% de exactitud desde que fue obtenido 40 eventos que pasan el umbral de error y que se define con el valor 0,150 para determinar los "Disparos Aceptables" de más de 50 eventos. En el experimento B la tasa de precisión de la configuración, se reduce a 62% con 31 tiros aceptables y, finalmente, en el experimento C, los resultados de la tasa de precisión son un 76%. En, la tasa media general con esta configuración permanece en 72,66%.

Respecto al modelo 4-4-4, el experimento A se realiza con una precisión resultante de 78%. A pesar de que parece ser menos precisa que el modelo precedente 4-3-4, en el experimento B la tasa de precisión se eleva al 84%, con 42 tiros aceptables y el C con el 86%, lo que significa una tasa promedio del 82,66% de precisión. A partir de este resultado, se puede afirmar que, en comparación con el modelo 4-3-4, el comportamiento de este modelo es más estable.

Por último, el modelo 4-5-4 se muestra un resultado aún más estable con 88% para los experimentos A y B y 92% para el experimento C, dando un 89% en la tasa total de precisión.

Como era de esperarse, que cuanto mayor sea el número de neuronas en la capa oculta, más grande será la diferencia entre los errores y los tiros exitosos. En cuanto al destino final de la pelota una vez que el saque se ejecuta con los modelos de 4-4-4 y 4-5-4, se puede afirmar que el rendimiento es lo suficientemente bueno para un jugador en un juego, tomando como indicador el más alto jugador clasificado (Toni Kross) en la categoría de pase completo, en la Copa Mundial de FIFA 2014. En ese resultado la acción tiene una tasa de precisión del 91,26% (360/394).

Sin embargo, el equipo ganador (Alemania) alcanzó 88,23% en sus estadísticas de tasa de precisión (2378/2695) [6].

En cuanto al tiempo la arquitectura más lenta tarda en clasificar 0.02 segundos.

Conclusiones

En este trabajo se ha presentado un nuevo enfoque basado en redes neuronales artificiales con el fin de obtener diferentes configuraciones y acciones para llevar a cabo una tarea. El problema de tener rutas de movimiento para la ejecución de tareas deseadas que no sean en tiempo real, es la falta de flexibilidad. Para hacer frente a este problema, la óptima solución es una aplicación en tiempo real, pero lleva a otro problema, el tiempo de procesamiento.

Como se ha demostrado, el módulo MCP utiliza un método muy rápido para obtener la posición donde el robot tiene que colocarse a sí mismo con el fin de lograr la tarea, además de esto, las redes neuronales proporcionan un enfoque flexible que podría adaptarse a nuevas situaciones. Sin embargo, deberían ser adaptada una prueba para tareas diferentes y más complejas, tales como aprovechar la información recibida desde el obstáculo detector y tenerla en cuenta en el resultado final.

Por otra parte, más rutas de movimiento de patadas también proporcionarían incluso soluciones más flexibles. La velocidad de los motores podría ser otra de las mejoras a introducir en el módulo, por lo que se permitirá afinar el tiro del robot.

Referencias

- [1] Mller, Judith, Tim Laue, and Thomas Rfer. "Kicking a ball—modeling complex dynamic motions for humanoid robots." RoboCup 2010: Robot Soccer World Cup XIV. Springer Berlin Heidelberg, 2011. 109-120
- [2] Jos and Zagal, JuanCristbal and Ruiz-del-Solar, Javier, Learning toKick the Ball Using Back to Reality, RoboCup 2004: Robot Soccer World Cup VIII, Lecture Notes in Computer Science, p.335-346, Vol. 3276, 2005.
- [3] Baerlocher, Paolo and Boulic, Ronan, An Inverse Kinematics Architecture Enforcing an Arbitrary Number of Strict Priority Levels, Vis.Comput., August 2004, vol. 20, num.6, issn 0178-2789, pages 402–417.
- [4] Tang, Z., Sun, Z., and Zhou, C.. GA Based Optimization for Humanoid Walking. ICGST-ARAS international Journal on Automation, Roboticsand Autonomous Systems, 2006, 5, 1-10.
- [5] Wenk, Felix, and Thomas Rfer. "Online generated kick motions for the NAO balanced using inverse dynamics." RoboCup 2013 (2013).
- [6] Shergold, Adam, Daily mail, July 2nd, 2014. <http://www.dailymail.co.uk/sport/worldcup2014/article-2677692/Germany-new-pass-masters-Lionel-Messi-King-dribble-Marouane-Fellaini-dirtiest-player-left-Your-ultimate-World-Cup-stats-guide.html>.
- [7] Shih-An and Hsieh, Ming-Hua and Ho, Cheng-Yao and Chen, Kung-Han and Lin, Ciao-Yun and Wong, Ching-Chang, Task Allocation Design for Autonomous Soccer Robot, Intelligent Robotics Systems: Inspiring the NEXT Communications in Computer and Information Science, vol. 13 2013.
- [8] Hossain, Alamgir, et al. "Design and Kick Analysis of a Soccer Playing Robot." Proceedings of 2013 International Conference on Control, Mechatronics and Automation. 2013.
- [9] Yi, Seung-Joon, Stephen McGill, and Daniel D. Lee. "Improved Online Kick Generation Method for Humanoid Soccer Robots." 8th workshop of humanoid soccer robots, Humanoids Conference. 2013.
- [10] Joydeep Biswas, Juan Pablo Mendoza, Danny Zhu, Benjamin Choi, Steven Klee, and Manuela Veloso. 2014. Opponent-driven planning and execution for pass, attack, and defense in a multi-robot soccer team. In Proceedings of the 2014 international conference on Autonomous agents and multi-agent systems (AAMAS '14). International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems, Richland, SC, 493-500.
- [11] Sung, ChangHyun, Takahiro Kagawa, and Yoji Uno. "Whole-Body Motion Planning for Humanoid Robots by Specifying Via-Points." International Journal of Advanced Robotic Systems 10 (2013).
- [12] Seung-Joon Yi and Stephen McGill and Daniel D. Lee "Improved Online Kick Generation Method for Humanoid Soccer Robots", In Proceedings of 8th Workshop on Humanoid Soccer Robots, 13th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots (Humanoids), Atlanta, GA, 2013.
- [13] Sisbot, Emrah Akin and Marin-Urias, Luis Felipe and Alami, Rachid and Simeon, Thierry "A human aware mobile robot motion planner" Robotics, IEEE Transactions on, pg. 874-883 Vol. 23 No. 5, 2007

[14] Sisbot, Emrah Akin and Marin-Urias, Luis Felipe and Broquere, Xavier and Sidobre, Daniel and Alami, Rachid "Synthesizing robot motions adapted to human presence", International Journal of Social Robotics, Pg. 329-343, Vol. 2, Issue 3, 2010.

Diseño y manufactura de Microturbina de vapor saturado generado con energía solar

FRANCO-MARTÍNEZ, David*†, GONZÁLEZ, Brayan y MARTÍNEZ-ALDAMA, Marco.

Recibido Julio 8, 2016; Aceptado Septiembre 2, 2016

Resumen

El objetivo del artículo es el de mostrar los procesos de diseño de una microturbina de 10 kw de potencia en un campo de colectores solares cilíndrico parabólicos con vapor saturado, tomando en cuenta que la radiación promedio en la Ciudad de Nezahualcoyotl estado de México es de 650 w/m² el área mínima requerida es de 15.3 m², requiriendo cuatro concentradores, cada concentrador cilíndrico parabólico (CCP) tiene 2 m de largo y 1,50 m de ancho, con un ángulo de apertura de 90 ° y una razón de concentración de 5, con aluminio súper pulido y una reflexión de 0,8 el cual se utilizó como material reflectante. El cual proporcionó el vapor de agua como fluido de trabajo. Esta investigación engloba el diseño y manufactura de la microturbina a través de programas CAD, CAM, para poder fabricarla y simular un proceso completo de fabricación, y así optimizar y corregir cada detalle y problema que este prototipo presente.

Lente Fresnel, Energía solar, termómetro analógico

Abstract

The objective of this article is to show the design process of a microturbine of 10 kw, it feeded with a field of cylindrical solar parabolic with saturated steam, taking into account that the average radiation in the City of Nezahualcoyotl state of Mexico is 650 w / m², the minimum area required is 15.3 m², requiring four concentrators each cylindrical parabolic concentrator (CPC) is 2 m long and 1.50 m wide, with an opening angle of 90 ° and concentration ratio of 5, constructed with super polished aluminum and a reflection of 0.8 which was used as a reflective material. It will provide steam as the working fluid. This research includes the design and manufactures of the microturbine through programs CAD, CAM, to manufacture it and simulate a complete manufacturing process, and optimize and fix every detail and problem that this prototype present.

Artificial Neural Networks, Robocup, classifier, mobile robotics

Citación: FRANCO-MARTÍNEZ, David, GONZÁLEZ, Brayan y MARTÍNEZ-ALDAMA, Marco. Diseño y manufactura de Microturbina de vapor saturado generado con energía solar. Revista de Prototipos Tecnológicos 2016, 2-5: 58-68

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: davd_francom@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Dentro de la industria el uso de programas de computadora es indispensable, las compañías dedicadas al diseño y a la manufactura han invertido y apostado al uso de estas herramientas de trabajo al grado de considerarlas básicas a la hora de seleccionar y evaluar el conocimiento de su personal de trabajo.

El software de ingeniería y diseño SolidWorks 2014 permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos técnicos como otro tipo de información necesaria para la producción. Es un programa que funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD. El proceso consiste en trasvasar la idea mental del diseñador al sistema CAD, "construyendo virtualmente" la pieza o conjunto. Posteriormente todas las extracciones (planos y ficheros de intercambio) se realizan de manera bastante automatizada.

Actualmente SolidWorks lidera el mercado de software de ingeniería de tipo CAD-CAE, el 10% de las ventas globales de SolidWorks se llevan a cabo en México, esto nos da una idea de que más del 40% de las compañías dedicadas al diseño y a la manufactura emplean como software primario a SolidWorks.

Con esta información a la mano y teniendo en cuenta que este paquete de ingeniería es altamente completo decidimos emplearlo en la construcción de la microturbina de vapor, pues también ya se tenía el antecedente del prototipo de la microturbina.

Cada componente de la microturbina (carcasas, eje, turbina, tubos de desagüe) fue elaborado virtualmente con este programa obteniendo resultados óptimos, ya que los formatos son compatibles con otros programas de tipo CAM que utilizaremos posteriormente.

Para el caso de nuestra Microturbina de Vapor Saturado experimental la definimos como parte de un ciclo Rankine simple, pues el vapor será reutilizado e introducido en forma de agua al colector solar para completar dicho ciclo; la clasificamos como una turbina térmica pues el fluido de trabajo es vapor, esto quiere decir que la energía térmica del vapor será transformada en energía mecánica que se verá reflejada en el eje; la dirección del fluido es de dos tipos: Radial ya que el paso de vapor se realiza siguiendo todas las direcciones perpendiculares al eje de la turbina y se podría definir como tangencial debido a que los chorros están dirigidos al punto tangente del impulsor y del eje; y por último la clasificamos como una microturbina monoetapa de reacción ya que su potencia y capacidad es pequeña y el salto entálpico o expansión de vapor se lleva a cabo solo en el impulsor (rotor).

Dentro del proceso de evaluación se siguió la siguiente metodología:

- 1) Características de la microturbina de evaluación.
- 2) Armado del sistema. Colocación de los sistemas de toma de mediciones de presión, temperatura y flujo.
- 3) Toma de mediciones y cálculos de balance de energía utilizando la primera y segunda ley de la Termodinámica.
- 4) Análisis de resultados, Generación de recomendaciones para el diseño de la nueva microturbina.

Dentro del presente artículo se dará a conocer los procedimientos experimentales y analíticos por los cuales se llegó al diseño de una nueva microturbina de vapor saturado.

Características de la microturbina de evaluación

La microturbina experimental fue obtenida a partir de un modelo de impulsor de una bomba centrifuga radial y después se procedió a obtener un modelo en plástico para poder realizar la fundición con aluminio en un horno de arena; la configuración es de 6 alabes separados en 360°, esta disposición permite que el caudal de vapor sea constante en la cara frontal de los alabes y así haya un mayor aprovechamiento de la energía potencial. Las dimensiones principales de la turbina son: 61.520 mm de diámetro y 5.80 mm de espesor, solo en el disco principal el cual está en azul (figura 1).

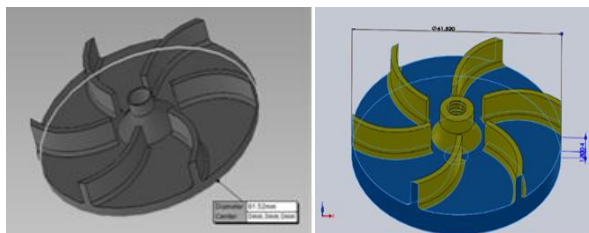


Figura 1 Diseño de microturbina de vapor en solidworks

El diseño de la microturbina consta de varias partes:

Carcasas. Son un conjunto de dos carcasas gemelas las cuales acorazan al impulsor y en ellas se genera la mayor presión del mecanismo, estas carcasas son sujetadas entre sí mediante sujeción mecánica (tornillo y tuerca), entre el acoplamiento existe una junta metálica con una configuración macho-hembra la cual evita pérdidas de presión, en la carcasa inferior se localiza la junta macho y en la carcasa superior se localiza la junta hembra. También los agujeros donde se introduce el vapor, es decir, donde van conectadas las toberas se localizan en la carcasa superior.

Eje. Esta acoplado directamente al impulsor y es el que transmite la energía rotativa al generador de electricidad, consta de un arillo que actúa como tope donde descansa el impulsor y este a su vez está sujetado mediante rosca izquierda para que no pierda torque y sufra un aflojamiento al momento de incidir los chorros de vapor sobre el impulsor, a la distancia total de las carcasas existen dos ranuras donde irán colocadas dos arandelas de seguridad para evitar la salida de los rodamientos.

Tubos de desagüe. Su finalidad es actuar como purgas de presión y salidas del caudal de vapor, son acoplados a las carcasas mediante rosca tipo BSPT (rosca cónica para tubería). Una vez el vapor salga de la turbina este puede ser reutilizado mediante un ciclo Rankine.

Aditamentos mecánicos. El mecanismo completo de la Microturbina de Vapor Saturado cuenta con dos rodamientos de doble hilera, seis conjuntos de tornillo-tuerca cabeza Hexagonal, seis rondanas de seguridad, dos arandelas de seguridad y dos sellos mecánicos rotativos.

Cabe señalar que el rotor se construyó en forma empírica como un experimento de ver que capacidades se tenía y se podrían desarrollar dentro de la ES Aragón para un diseño más riguroso de una nueva microturbina, para las demás partes de la microturbina se generaron planos y se mandó a maquinar. Una vez terminado el trabajo de diseño y maquinado *el prototipo* desarrollado quedó como se muestra en la figura 3.

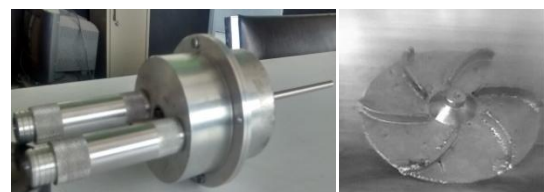


Figura 2 Prototipo de Microturbina de Vapor Saturado. Primeras dos fotos turbina terminada con todos sus elementos y tercera foto rotor fundido en aluminio.

Toma de mediciones y cálculos de energía utilizando la primera y segunda ley de la Termodinámica.

Con respecto de los datos del prototipo de la microturbina de vapor y el análisis termodinámico realizado, se obtuvieron los datos de presión, temperatura y revoluciones por minuto medidas al ser acoplada al CP, tabla 1.

Fluido de trabajo	Vapor saturado
Presión de caudal de vapor	6 bares
Presión de salida	3.5 bares
Revoluciones por minuto (rpm)	1800-rpm mínima. - 2000-rpm máxima.
Caudal de vapor	0.375 lt/min

Tabla 1 Mediciones del desempeño de la microturbina.

Aplicación de la Primera y segunda ley de la Termodinámica

El diagrama representa una turbina a través de la cual pasa una unidad de masa de fluido en condiciones de flujo estacionarias. La presión, entalpía específica y velocidad del fluido, varían a su paso por la máquina. al tiempo que fluye la unidad de masa fluida, tiene lugar una transferencia de trabajo y calor.

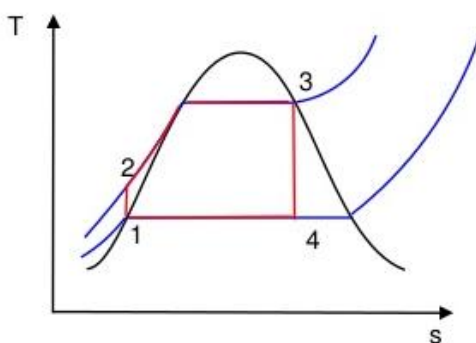


Figura 3 Ciclo de Carnot de la microturbina experimental.

De 3 a 4 tenemos el trabajo de la microturbina de una presión de 6 bar a 3.5 bar, de 4 a 1 el proceso de condensado alrededor de los 45°C, de 1 a 2 existe el efecto termosifón por la diferencia de presiones y densidades provocando un efecto de flujo del agua como si fuera una bomba, y de 2 a 3 el calentamiento del agua por medio del colector solar llegando a una presión de 6 bar y temperatura de saturación de 165.029 °C

Normalmente, la velocidad en la tubería de entrada y de salida es parecida, y baja en comparación de las velocidades dentro de la turbina, por lo que:

$$q = h_2 - h_1 + w \quad (1)$$

En la práctica, las turbinas son máquinas compactas que trabajan a altas velocidades másicas, y aunque se produzca una transferencia de calor, la transferencia de calor por unidad de masa unitaria suele ser lo bastante pequeña como para poder despreciarse.

Por consiguiente

$$w = h_1 - h_2 \quad (2)$$

Expansión isentrópica

La expansión en una turbina ideal se produciría sin pérdida o ganancia de calor (es decir, adiabática) y sin ninguna disipación de la energía disponible debido a la fricción, el estrangulamiento, etc. (es decir, reversible). Un proceso reversible y adiabático es isentrópico (entropía constante).

Si se representa dicha expansión en un diagrama de entalpía - entropía, se puede determinar la transferencia ideal de trabajo.

Rendimiento isentrópico

Debido a las irreversibilidades de una auténtica turbina, la transferencia real de trabajo será menor que en una máquina ideal, y por lo tanto, la entalpía específica de salida será mayor que h_2' . Los estados finales de una turbina real serán los siguientes, pudiéndose observar la disipación de energía disponible.

Las pérdidas de energía en una turbina de acción son:

- Fricción del fluido en el estator (toberas).
- Fricción del fluido en los pasajes del rotor (álabes).
- Pérdidas de fluido en las puntas de los álabes o en las juntas.
- Fricción entre el rotor y el fluido.
- Pérdidas por ventilación.
- Energía cinética rechazada en el rotor.

Debido a la variación de entalpía a través de la turbina, la temperatura de escape estará normalmente por arriba de la del ambiente, por lo que habrá la correspondiente transferencia de calor a la caja.

Antes de calcular las variables que se piden procedemos a calcular la entalpía 1 (h_1) y la entalpía 2 (h_2).

Entramos en las tablas termodinámicas por P absoluta de 6 bar con el título ($X=1$), sabiendo que nos encontramos con vapor saturado seco y determinamos $h_1 = 2762.83$

Usamos la siguiente fórmula del título de vapor con los datos extraídos de tablas.

$$X = (S_2 - S_f) / (S_g - S_f) \quad (3)$$

Obtenemos el Título de vapor (X) con el cual calcularemos h_2 .

Finalmente para obtener h_2 ocupamos la fórmula:

$$h_2 = hf_2 + X * hfg_2 = 2744.5 \text{ kJ/kg} \quad (4)$$

$$\text{Por consiguiente } w = h_1 - h_2 = 2762.83 - 2744.5 = 18.33 \text{ kJ/kg}$$

La eficiencia térmica de la turbina se calcula como:

$$\eta = W_u / A_c G_b \quad (a)$$

Donde:

W_u es el trabajo útil

G_b es la radiación solar = 650 w/m^2 (obtenidos de datos de una estación meteorológica del Centro Tecnológico, FES Aragón)

A_c es el área bruta del colector

Por lo cual la eficiencia térmica de la microturbina fue de 9.15 %, la eficiencia resulta muy baja debido a la gran cantidad de pérdidas, pérdidas de flujo rozamiento alta presión de salida, etc, estas pérdidas se deberán reducir en el diseño de la nueva microturbina.

Construimos una microturbina que generó 25 Wh de electricidad. También evaluamos el CP resultando en 70% de eficiencia y potencia de entrega de 1092 W.

Análisis de resultados, Generación de recomendaciones para el diseño de la nueva microturbina

De acuerdo a lo resultados de evaluación de la microturbina experimental se está diseñando y analizando las características Fluido-dinámicas de una nueva microturbina, se ha partido del punto que se requiere una potencia de salida del nuevo prototipo de 10kW, y de ahí se han establecido los siguientes requerimientos termo-mecánicos estableciendo las variables termodinámicas de entrada para la nueva microturbina y que trabaje con vapor saturado y se muestran a continuación:

Fluido de trabajo saturado seco	Vapor
Presión de caudal de vapor bares	10
Presión interna de microturbina 20 bares en expansión interna	18 a
Presión de salida de vapor bares	3
Velocidad angular (rpm) rpm mínima. - 2000-rpm máxima.	1800-
Caudal de vapor kg/min	1

La microturbina de vapor saturado que genere aproximadamente 5 kW de potencia eléctrica la cual no se encuentra en el mercado actual de turbinas de vapor comerciales, tomando como base que la tarifa DAC que está en los 500 kWh por bimestre (de acuerdo a lo reportado en la página de CFE), se espera que el sistema pueda generar 600 kWh por mes durante 4 horas al día, esto rebasaría el consumo pero debido a la intermitencia de la energía solar podría el sistema generar menos.

Por otro lado la idea sería tener un medidor bidireccional para suministrar energía a la red durante el día y en la noche se consumiría lo de la red, podríamos compensar los consumos y reducir el costo por demanda de electricidad.

La microturbina propuesta para los requerimientos del ciclo y de acuerdo a la bibliografía analizada se recomienda que se use una turbo máquina de flujo axial del tipo Drag Turbine, este tipo de turbina tiene una configuración de flujo axial de impulso muy similar a la turbina de De Laval con alabes simétricos y admisión parcial de flujo. Tendrá un diámetro con alabes de 300 mm y un ancho de 25 mm. Este tipo de configuración para el rotor es conocida como rueda Curtis.

Dado el pequeño volumen específico del vapor a la entrada de la turbina será necesaria la admisión parcial del flujo, por lo que la altura de los alabes en el rotor se verá reducida, midiendo aproximadamente 30 mm. La configuración del rotor, de admisión parcial y régimen de giro alto, como el que se establece, es reducido a una sola etapa de acción o una sola etapa de velocidad. El objetivo principal de esta configuración radica en la facilidad de la regulación por la admisión parcial (siendo de esta manera más barato de fabricar). Sin embargo, el mayor inconveniente podrá ser que este esquema en la rueda de alabes presente cargas dinámicas y los efectos termo mecánicos que puedan tener los diferentes elementos que constituyen, por lo que en el siguiente periodo serán parte de los análisis a desarrollar.

Pasos a seguir en el diseño del nuevo prototipo.

- a) Potencia de salida deseada (5kW), y de ahí la energía requerida así como el flujo de vapor. Por lo tanto para poder generar 5 kW de potencia eléctrica, con una eficiencia global del colector esperada del 70% y una eficiencia estimada de la turbina de 80% y realizar el balance de energía térmica requeriremos de 107kW térmicos.
- b) Datos de entrada: presiones y temperaturas de entrada, flujo y fluido de trabajo. De acuerdo al análisis anterior y a la experiencia adquirida con la experimentación del primer prototipo se ha decidido establecer los parámetros de entrada:

Fluido de trabajo	Vapor saturado.
Presión de caudal de vapor	10 bares
Presión interna de microturbina	18 a 20 bares en expansión interna
Presión de salida de vapor	3 bares
Velocidad angular (rpm)	1800-rpm mínima - 2000-rpm máxima.

Tabla 2 Mediciones del desempeño de la nueva microturbina.

De acuerdo a estos datos y realizando un balance de energía la cantidad de energía requerida por la microturbina es la siguiente:

$$Q_{entrada} = m' (h_1 - h_2) \quad (5)$$

Para conocer el flujo másico despejamos m' :

$$m' = Q_{entrada} / (h_1 - h_2) \quad (6)$$

h_1 se obtiene de tablas de vapor saturado seco a 10 bary se calculará ahora h_2 , para esto necesitamos calcular el título de vapor, como sabemos que el proceso es isoentrópico. Esto implica que:

$$S_1 = S_2 = S_f + X * S_{fg} \quad (7)$$

$$S_1 = 6.58281 = 1.67166 + X * 6.31926$$

$$X = 0.77$$

Por lo tanto realizando cálculos $h_2 = 2227.11456$ kJ/kg

Realizando los cálculos adecuados y utilizando segunda ley de la termodinámica establecemos que:

$$\text{Caudal de vapor} \quad 12 \text{ kg/s}$$

- c) Ciclo termodinámico: Ciclo Rankine simple.

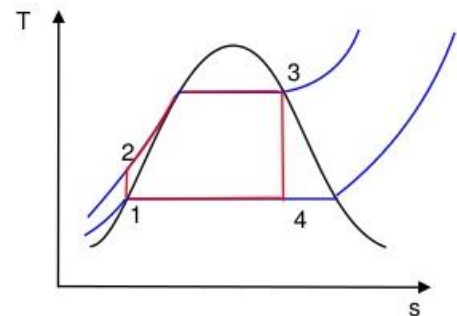


Figura 4 Ciclo de Rankine simple de la nueva microturbina.

De 3 a 4 tenemos el trabajo de la microturbina de una presión de 10 bar a 3 bar, de 4 a 1 el proceso de condensado alrededor de los 45°C, de 1 a 2 proceso de bombeo para el flujo del agua, y de 2 a 3 el calentamiento del agua por medio del colector solar llegando a una presión de 10 bar y temperatura de saturación de 184 °C.

- d) Tipo de microturbina a diseñar: Turbo máquina de flujo axial del tipo Drag Turbine con alabes simétricos y admisión parcial de flujo. Se está revisando el proceso de diseño y se han analizado dos opciones.
- e) Creación de planos y método de fabricación. En proceso

- f) Evaluación de costos y fabricación. Por realizar.
- g) Ensamble de ciclo. Por realizar.
- h) Evaluación y pruebas. Por realizar.
- i) Conclusiones y recomendaciones. Por realizar.

En el proceso de diseño puede retornarse en algún punto para rectificar cálculos y o estimaciones.

Dimensionamiento del campo de colectores

A partir de estos resultados anteriores se procedió al diseño de la nueva parábola para el campo de colectores, tomando en cuenta que la radiación promedio en la Ciudad de Nezahualcoyotl estado de México es de 650 w/m², promediados con datos de una estación meteorológica en la Facultad de Estudios Superiores Aragón, para 2015.

De acuerdo a los datos generados en el concentrador modelo y tomando en cuenta la eficiencia de la turbina para convertir el calor útil del vapor a energía eléctrica, el cálculo del área requerida será expresado con la siguiente ecuación:

$$A_r = Q_{\text{útil}} / (\text{global} * G_b * \text{turbina}) \quad (8)$$

Por lo tanto para poder generar 5 kW de energía, con una eficiencia global del colector esperada del 70% y una eficiencia estimada de la turbina de 80%, se requerirán un área mínima de aproximadamente 14 m².

El conjunto de 5 concentradores generará la energía térmica, alrededor de 7 kW térmicos para gasto volumétrico de agua de 8 litros por minuto y generación de vapor saturado a una presión de 10 bar, requerida por la microturbina de vapor.

Se ha logrado hasta el momento el corte de 16 soportes para cuatro concentradores y está en proceso su armado para su evaluación, para de esta forma empezar con las pruebas del sistema de soporte y seguimiento solar, para de ahí hacer pruebas de calentamiento del agua y eficiencia térmica, y diseñar el sistema de acoplamiento con la nueva microturbina de vapor saturado de 5 kW de potencia eléctrica.

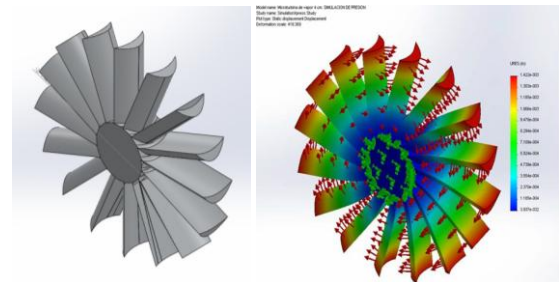


Figura 5 Bosquejo de diseños preliminares.

Preparación de cada sólido para simulación de maquinado en mastercam x7

El software de ingeniería y diseño SolidWorks 2014 permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos técnicos como otro tipo de información necesaria para la producción. Es un programa que funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD. El proceso consiste en trasvasar la idea mental del diseñador al sistema CAD, "construyendo virtualmente" la pieza o conjunto. Posteriormente todas las extracciones (planos y ficheros de intercambio) se realizan de manera bastante automatizada.

Con esta información a la mano y teniendo en cuenta que este paquete de ingeniería es altamente completo decidimos emplearlo en la construcción de la microturbina de vapor, pues también ya se tenía el antecedente del prototipo de la microturbina.

Cada componente de la microturbina (figuras 7 y 8) fue elaborado virtualmente con este programa obteniendo resultados óptimos, ya que los formatos son compatibles con otros programas de tipo CAM que se utilizarán para la manufactura que se realizará por un proveedor externo.

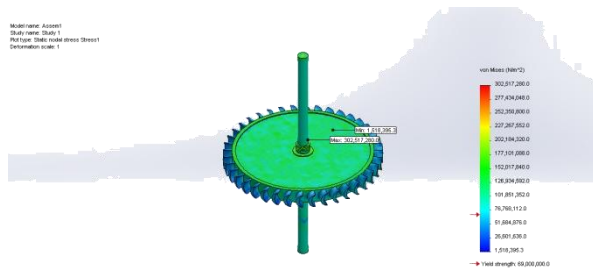


Figura 6 Análisis de prototipo final en solid Works.

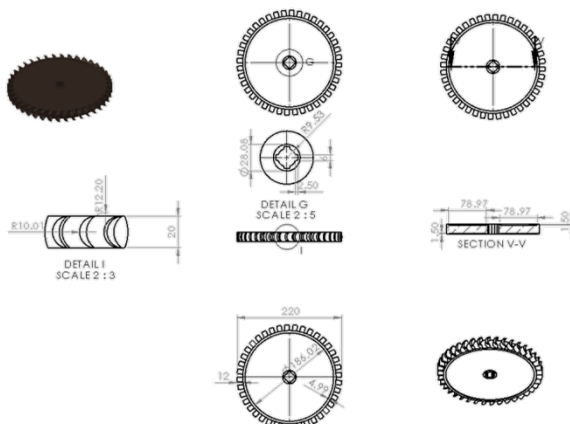


Figura 7 Planos de prototipo final en solid Works.

MasterCAM X7 es el programa CAD/CAM más usado para manufactura en máquinas de control numérico y centros de maquinado CNC. MasterCAM X7 abarca la programación de fresadoras, centros de maquinado, tornos, el módulo Blade Expert para alabes, electroerosionadoras de corte por alambre, cortadoras por láser, oxicorte, routers, y más. MasterCAM X7 ofrece una gama de módulos para aplicaciones especiales, también incluye módulos de modelado 3D y la producción de dibujos 2D para la preparación de la geometría 3D antes del CAM.

El sistema SolidWorks 2014 engloba dentro de su plataforma opciones y formatos para preparar un sólido 3D en un sólido maquinable dentro de un sistema CAM, esta conexión que existe entre ambos sistemas es de gran ayuda ya que se puede realizar un proyecto metalmeccánico completa a través de estas dos poderosas herramientas. La forma de realizar esta conversión es a través de formatos.

SolidWorks guarda los archivos en un formato (sld.) el cual no es compatible con la plataforma de MasterCAM X7, por lo tanto se debe guardar el archivo en una extensión de formato específica dependiendo del tipo de trabajo que se vaya a realizar en MasterCAM X7, para ello se cuenta con dos formatos.

- Parasolid (*.x_t). Este formato se usa para dar maquinados siguiendo los vectores y líneas en el diseño 3D, también se pueden utilizar las superficies.
- IGES (*.igs). Este formato se utiliza para dar maquinados siguiendo las superficies, también se usa para dar maquinados por vectores o contornos.

Para usar formato IGES se tiene que hacer lo siguiente: en la pantalla de guardar como, de SolidWorks 2014, poner el nombre que se prefiera, en tipo seleccionar IGES y dar un clic en opciones

Una vez que la pantalla este en las siguientes opciones, dar en aceptar y luego guardar. Ya con esto hecho, se puede abrir el archivo desde la plataforma de MasterCAM X7.

Dentro de este proyecto el formato que se eligió para preparar cada uno de los sólidos y realizar los maquinados con MasterCAM X7 fue la extensión Parasolid (*.xt), la cual incluye rutas de herramienta tanto en vectores como en superficies.

Una vez guardados todos los archivos con esta extensión de formato la preparación de cada sólido está concluida.

Debido a que se requieren patrones en dos dimensiones para poder generar las rutas de herramienta y hacer posible una trayectoria correcta, MasterCAM cuenta con un apartado de niveles, es decir, se puede trabajar en entornos en donde es posible desaparecer momentáneamente un dibujo completo y sobrescribir otro sin que esto sea un inconveniente a la hora de dibujar o que nos llegara a confundir tantas entidades, esta herramienta es muy similar a la herramienta LAYOUT de AutoCAD.

MasterCAM cuenta, como la mayoría de los programas de diseño, con una pantalla de gráficos, barras de herramientas y un apartado para la secuencia de operaciones (Operations Manager). Las herramientas más importantes que caracterizan a MasterCAM son: Machine Type, Toolpaths y Xform, se resume que sin estas herramientas MasterCAM no sería MasterCAM.

Machine Type básicamente son las diferentes máquinas CNC y post procesadores que tiene MasterCAM, hablamos de tornos y fresadores desde 3 ejes, hasta los complejos centros de maquinado multiaxiales, electroerosionadoras, router, etc.

Agradecimientos

Agradezco por su apoyo al ingeniero Everardo Esquivel Sánchez por el apoyo y accesorias. Especialmente a la “Dirección General de Asuntos del Personal Académico” (PAPIIT DGAPA).

Conclusiones

De acuerdo a los resultados de las pruebas aplicadas al CCP modelo, se espera que la eficiencia global de cada concentrador del nuevo campo de colectores solares sea del 70%, y en conjunto de 5 concentradores genere la energía térmica, algo así como 7 kW térmicos para un flujo de agua de 12 kilogramos por segundo y generación de vapor saturado, requerida por la microturbina de vapor.

Se ha logrado el dimensionamiento de la nueva microturbina de vapor conociéndose las condiciones de entrada y salida de presión, temperatura y flujo másico, se está bosquejando dos diseños y se están generando las memorias de cálculo de estos diseños. De forma teórica y demostrativa, se desarrolló un patrón de herramienta virtual, con la finalidad de que cada pieza sea maquinada de la mejor forma, sabiendo que un buen operador respetará cada trazo reflejado en el sólido 3D, utilizando las herramientas adecuadas y los parámetros establecidos en esta tesis, de esta forma demostramos que los sistemas CAD, CAM son la puerta hacia el futuro y que su importancia va más allá de simplemente hacer dibujos en 3D.

Referencias

Birnbaum J., Feldhoff J., Fitchner M., Hirsch T., Jöcker M., Pitz-Paal R., and Zimmermann G., “Steam temperature stability stability in a direct steam generation solar power plant”, Solar Energy Vol 85, 2011, 660 - 668.

Duffie A. J., Beckman A. W., Solar Engineering of Thermal Processes, 3rd edition, John Wiley and Sons, Inc., Wisconsin, 2006.

Eck M., Zarza E., “Saturated steam process with direct steam generating parabolic troughs”, Solar Energy, Vol. 80, 2006, 1424 - 1433.

Peirs, Jan. Reynaerts, Dominiek. Verplaetsen, Filip A microturbine for electric power generation Elsevier, B_elgica, (2004).

Sibasish, Patnaik. Sachdev, Ankur Design and development of microturbine Rourkela, India (2009).

Construction and design of a Solar Concentrator, with low cost materials for water disinfection and its application in marginalized communities

CACHO-LÓPEZ, Livier*† y MENDOZA-ARAUJO, Luis.

Universidad Tecnológica de Querétaro, Av. Pie de la Cuesta 2501, Unidad Nacional, 76148 Santiago de Querétaro, QRO, México

Recibido Julio 6, 2016; Aceptado Septiembre 6, 2016

Resumen

Objetivos: Desarrollar un colector solar con materiales de bajo costo disponibles en la comunidad; Que pueden ser construidos por personas de cualquier edad, sexo o educación y ayudar a la eliminación de agentes biológicos en agua para consumo humano, cumpliendo con las disposiciones de la Reglamentación Oficial Mexicana vigente. Contribución: Mejorar la calidad de vida de las personas que viven en comunidades marginadas, con la elaboración de un prototipo de bajo costo. La calidad de vida si los países ricos y pobres del planeta crecen debido a diferentes factores, entre ellos hay el aumento de la tasa de crecimiento en las naciones más humildes. Se estima que tres cuartas partes de la población mundial viven en naciones humildes, mientras que el resto se encuentra en las regiones conocidas como países del primer mundo. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), se registra que hay 502.000 muertes por diarrea al año, causadas por enfermedades como la diarrea y el cólera. Los coliformes fecales y la bacteria E-coli en particular, han sido seleccionados como indicadores en el grupo de tifoidea-paratifoidea y su alta concentración en diferentes tipos de muestras. En algunas comunidades del país, algunas organizaciones civiles y el gobierno habían hecho esfuerzos para dotar a las comunidades de tecnologías apropiadas para la desinfección del agua. Sin embargo, muchas de estas tecnologías son caras e inaccesibles para muchas personas, por eso es importante contar con un sistema simple, funcional y eficiente.

Agua potable, coliformes, enfermedades, desinfección

Abstract

Objectives: Develop a solar collector with low cost materials available in the community; that can be built by people of any age, sex or education and help the elimination of biological agents in water for human consume, obeying with the provisions of the Official Mexican Regulations in force. Contribution: Improve the quality of life of the people that live in high marginalized communities, with the elaboration of a low cost prototype. The quality of life if rich and poor countries in the planet grow because of different factors, among them there's the increase in growth rate in the humblest nations. It is estimated that three quarters of the world population live in humble nations, while the rest is in the regions known as first world countries. According to the World health Organization (WHO), it is registered that there are 502,000 deaths because of diarrhea per year, caused by diseases such as diarrhea and cholera. The fecal coliforms and the E-coli bacterium in particular, have been selected as indicators in the group of typhoid-paratyphoid and to their high concentration in different types of samples. In some communities of the country efforts had been done by some civil organizations and the government for endowing the communities with appropriated technologies for the disinfection of the water. Nevertheless, a lot of these technologies are expensive and inaccessible for many people, that's why it is important to count with a simple, functional and efficient system.

Potable water, coliforms, diseases, disinfection

Citación: CACHO-LÓPEZ, Livier y MENDOZA-ARAUJO, Luis. Construction and design of a Solar Concentrator, with low cost materials for water disinfection and its application in marginalized communities. Revista de Prototipos Tecnológicos 2016, 2-5: 69-75

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: livier.cacho@uteq.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introduction

In the high marginalized communities of the country, one of the most frequent problematic situations is the lack of services. The deficiency of potable water is one of the problems that are presented most frequently and it can cause diarrheic illnesses which can cause even the death.

On the other hand the lack of drain and sewer services, generate fecalism in the open air; this situation joined with the lack of piped water and potabilisation systems cause severe gastrointestinal disease problems in the communities. The contamination of water bodies (such as fountains and springs used by human consume) caused by the movement of fecal matter is also very common.

The measurement of the quality of the water used for human consume establish a set of criteria that are in the "Norma Oficial Mexicana Nom-127-SSA1-1994" Which concludes that the water used for human consume should be submitted to a potabilisations process. Among the water criteria it is used as indicator organism of biological quality, the parameters of total coliforms and fecal coliforms, which are directly related to the contamination sources previously mentioned. The LMP for these parameters is 2MPN/100 ml and no detectable/100 ml, respectively.

The difficult access to the communities and the high price per unit of purified water makes hard and almost impossible to consume good quality water. The consume of water from springs, streams, rivers and rain water harvest are the alternatives to satisfy the basic needs related to water.

The use of methods such as disinfection by systems like chlorination, boiling water and the use of filters acquired through social programs, bring with them different problems. The bad taste generated by disinfection because of the excessive use of chlorine, causes rejection from people; adding to this, there are studies that reveal that the improper use of chlorine can generate problems of cancer; Because, in the presence of organic matter it forms as byproducts chloroform and carbon tetrachloride, substances considered as carcinogenic. Disinfection by boiling water causes in communities, problems related to inappropriate use of forest resources because the firewood is used as a general gas, also because of the emission of polluting gases. When the water is boiled, it acquires an unpleasant taste; for the water to have the optimum organoleptic properties is necessary to oxygenate it, the most common way is to pass it from a container to another one, but there is also the risk of crossed contamination.

The filters provided through social assistance programs does not represent, in the first instance, any type of problem, on the contrary, they represent an excellent alternative due to its high efficiency in processes of removal of contaminants of biological, physical and chemical nature; however, the constant government changes, cause the lack of tracing on the social problems, which leads to the end of useful life of the cartridges which lose their effectivity, to acquire them by the user in the community is hard because of the cartridge high cost.

Solar disinfection is not something new or revolutionary. There are different models that take advantage of sunlight as a source of disinfection either by heating or inactivation of bacteria and microorganisms resulting from the effects of UV radiation from sunlight, these have advantages as the use of clean energy, practically inexhaustible, which does not generate gas emissions, also it doesn't change the organoleptic properties of water, either its physicochemical properties so it is not necessary to transfer between different containers. The use of suitable containers does not involve the generation or release of materials harmful to health.

Explanation of the article sections:

Objective:

1. Develop a solar collector with low cost materials available in the community; that can be built by people of any age, sex or education and help the elimination of biological agents in water for human consume, obeying with the provisions of the Official Mexican Regulations in force.

Methodology:

2.1 Problem approach

2.2 Design of prototypes

2.3 Testing

2.5 Election of the Prototype

2.5 Results

2.6 Results analysis

2.7 Conclusion

Conclusion

The development of a solar disinfection low cost system aims to solve the problems related with the current disinfection systems used in communities, because they are built from elements such as wood, PTR, platen, and also during its use, it involves the disinfection of water in plastic bottles. The main problem is, on the one hand, working with these materials is difficult because of the context of most rural populations in Mexico and on the other, is the health factor, since the use of plastic bottles is not recommended under the conditions from the use of the device, that is to say that it is not recommended to place plastic bottles under the ray of sunlight or use it several times.

The construction of this prototype aims to solve these disadvantages, without compromising the quality of the water that must be used by people of the communities for its consumption.

The Technological University of Queretaro has made several projects for the improving of the quality people life, including:

- Implementation of green technologies in the community of El Pinalillo.
- Design and development of a prototype of a basic unit of a rural housing.
- Model of decision maker for the installation of hidrotechnologies and management of basins in the disperse localities of high marginalization.

The participation of staff and students of the institution has let identified the various problems in the country communities.

Justification

In Mexico diarrheal diseases are among the leading causes of infant mortality, is one of the major public health problems.

Usually due to bacterial, viral and parasitic infections that are transmitted by food consumption especially fruits, vegetables and water contaminated with both, human and animal fecal matter, or with fluids such as urine. According to the WHO (1) in the world there are 2.2 million deaths from gastrointestinal illness-related deaths in a year.

From 1990 to 1997 in Mexico 103 812 (2) persons died from intestinal infectious diseases according to INEGI data, in the year 2000 there are reported 5207 deaths (3) The most common bacteria are Salmonella tophi, Listeria monocytogenes, Vibrio cholera, Escherichia coli are reported and Leptospira interrogans, which cause typhoid fever, gastroenteritis, cholera, diarrhea.

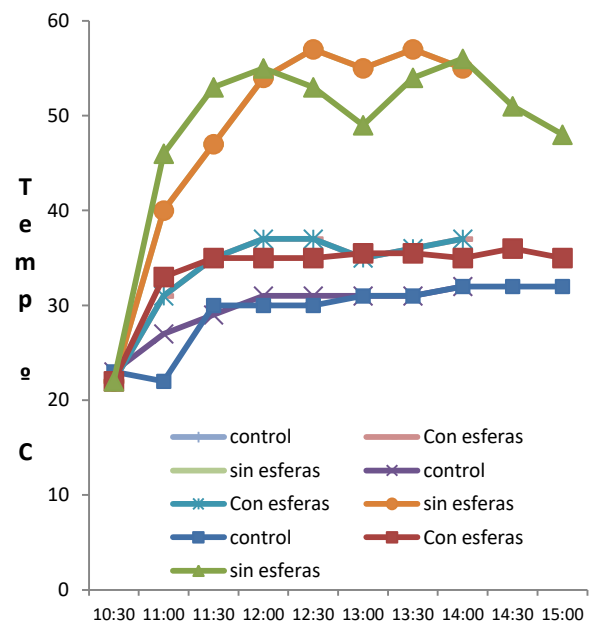
These parasites are due inadequate practices for the disposition of excreta and environmental sanitation. Both, water and food are very easy to pollute.

Development

Two prototypes were elaborated to evaluate the efficiency of the temperatures that could reach the bottles when they were in sun exposure. The first prototype was made by lining a plastic ball with newspaper and glue with several layers to make the mold of the sphere, after obtaining the mold; we proceeded to line it inside with reflective paper food products like cookies, candy, sabritas, etc. In the second prototype we made the mold of the sphere in the same way as the first one, with newspaper and reflective material, But we placed inside this sphere ball form a smaller size that were firstly lined with reflective material such as the first ones.

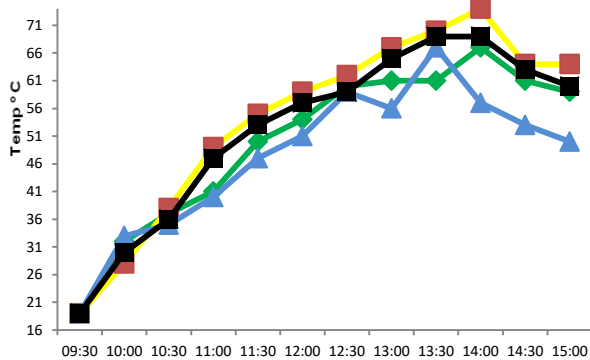
Data is analyzed to select the collector with higher temperatures. In this case, the collector that has no spheres.

From these test results, it is observed that there is no a significant temperature difference.



Graphic 1 Selection of the collector.

Once having selected the type of collector there are measured different types of container, for it we select that glass bottles that are easily to get. Bottles of different colors are selected: green, amber, clear, blue and then it is painted a bottle with black matte paint. This test assesses if the color of the bottle has an effect on the temperature of the water that is pretended to be irradiated. The tests are performed during the month of Novembers 2013.

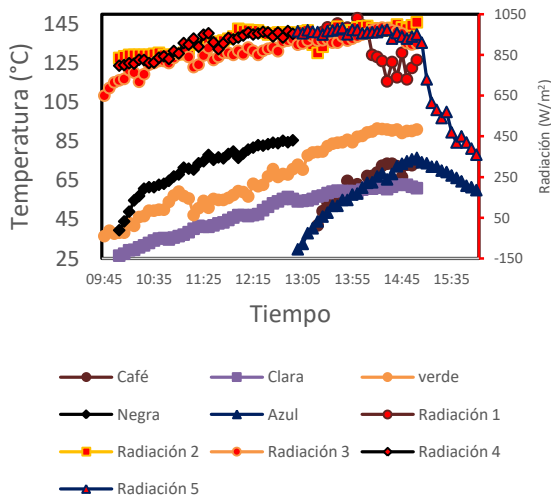


Graphic 2 Selection of container

From these test results, it is observed that there is no a significant temperature difference.

Because the results do not show that the color of the bottle influences the results in a clear way, it is necessary the realization of tomograms searching a more concrete result.

Promedio de Temperaturas vs Radiación



Graphic 3 Termography

It can be concluded that it is checked the measured firstly and it does not exist a behavior that helps us to define the best type of container for the final tests, that's why the criteria for defining the ideal container will be done by the facility for obtaining it in the community and it is chosen the amber container.

The next stage of the research: the different containers are injected with rising amounts of inoculum. This inoculum is taken as the following way: the containers are filled with tap water and mixed with sanitary wastewater without any type of treatment. Different amounts of inoculum are analyzed seeking to reach high concentrations in the number of coliforms and to try the different containers.

Results

Test 1. January 14 containers with 700 ml of tap water + 5 ml of AR.

Test 2. Feb. 4, containers with 700 ml of tap water + 10 ml of AR.

Test 3. February 17 containers with 700 ml of tap water + 15 ml of AR.

In all containers the same results were obtained. Based on the PROY-NMX-AA-042-SCFI-2011 standard the result of all tests are <2 MPN / 100 ml.

03-Mar-14	
Nombre	
Variación en tiempo de exposición	
Condiciones	
5 Contenedores AMBAR y testigo con 700 mL de agua de la llave + 20 mL de AR	
Se irradian de las 10 a las 18 hr , Parcialmente nublado a partir de las 14:00 hr	

Table 1 Test Conditions variation exposure periods

	A	B	C	D	E
10:00	x				
11:00	x				
12:00	x	x			
13:00	x	x			
14:00	x	x	x		
15:00	x	x	x		
16:00	x	x	x	x	
17:00	x	x	x	x	x
18:00	Cancelado por lluvia				

Table 2 Test conditions of varying exposure periods

Contenedor	NMP 100 mL de mtra	
	CT	CF
A	0	0
B	0	0
C	0	0
D	2400	210
E	2400	1100
Testigo	2400	2400

Table 3 The above test results.

Different variations in the experiments were made increasing the concentration of residual water to obtain results without bacterial growth, until arriving on the next test.

06-Junio 14
Nombre
Concentrador esférico
Condiciones
2 Contenedores AMBAR , con 1000 mL de AR (SIN DILUCIÓN) Se irradian de las 9:00 a las 18 hr ,

Table 4 Test conditions without dilution.

Giving as a negative result: <2 MPN / 100 ml. A safety test is performed with the following conditions.

- This test was performed in the amber bottles

- It was worked with concentrated wastewater without dilution
- The bottles are irradiated on 21 July from 8 hours to 18 hours.
- It is sat overnight and it begins to sow on July 22
- The samples are stored at room temperature in dark conditions and replant every 24h
- And the following results are obtained:

:

	Horas después de la insolación	Resultados NMP / 100 mL
Martes 22 julio	24	< 2
Miércoles 23 de julio	48	< 2
Jueves 24 de julio	72	< 2
Viernes 25 de julio	96	< 2
Sábado 26 de julio	120	< 2

Table 5

Conclusions

Solar thermal energy is an inexhaustible source of energy and it can be used to improve water quality for human consumption at a very low cost in marginalized communities.

The color of each bottle was not significant for the elimination of coliforms.

The safety test shows that coliform bacteria can be inactivated for more than seven days, that's why we believe that they were completely eliminated.

The prototype was tested under different exposure conditions to test its robustness, evaluating exposure periods and reached temperatures..

There were eliminated total and fecal coliforms in wastewater samples with concentrations greater than 2400 MPN / 100ml, with temperatures above 55 ° C and a longer time exposure to 4 hours.

We have to remark that the tests were made between October and April, where the amount of solar radiation in the state of Queretaro is not the maximum, so it is possible to use this technology throughout the whole year and in areas with lower index radiation.

References

Enkerlin Hoeflich, E. C., Cano Cano, G., Garza Cuevas, R. A., & Vogel Martínez, E. (1997). *Ciencia ambiental y desarrollo sostenible*. México: Thomson Editores.

Madrid Vicente, A. (2009). *Curso de Energía Solar*. Madrid: Mundi Prensa.

Madrid Vicente, A. (2009). *Energía solar térmica y de concentración. Manual práctico de diseño, instalación y mantenimiento*. Madrid: AMV ediciones.

<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/presentacion1.pdf>
<http://purewater.com/pages/Doulton/Gravity.html>

http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/diarrhoea/en/
http://www.inegi.org.mx/lib/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=11144

<http://bvs.insp.mx/rsp/articulos/articulo.php?id=000276>

NOM-127-SSA1-1994 Salud Ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización

PROY-NMX-AA-042-SCFI-2011 Análisis de agua - detección y enumeración de organismos coliformes, organismos coliformes termotolerantes y Escherichia Coli Presuntiva – método del número más probable En tubos múltiples

Propuesta de diseño de mesa de trabajo automatizada para la disminución de tiempo y esfuerzos de traslado de equipo en el taller de mantenimiento

FERNÁNDEZ-GARCÍA, Luis*†, GÁLVEZ-CASTRO, Rubén, RUIZ-DEL ANGEL, Raymundo y ESTRADA-CASTILLO, Francisco.

Universidad Tecnológica de Altamira, Blvd. de los Ríos Km. 3+100, Puerto Industrial, 89603 Altamira, TAMP, México

Recibido Julio 13, 2016; Aceptado Septiembre 7, 2016

Resumen

La Universidad Tecnológica de Altamira cuenta con una Taller para el área de mantenimiento Industrial, donde comúnmente se requiere el traslado de maquinaria, herramienta u objetos en general de gran peso. Además de que es inherente el traslado de material hacia la zona de almacén, la de trabajo y de regreso al mismo. En búsqueda de mejorar las condiciones operativas para traslado y manejo de equipo del taller en las ejecuciones prácticas se propone una mesa de trabajo móvil automatizada con los siguientes elementos:

- Sistema de poleas (diferencial) para la elevación del objeto. Controlada por motor.
- Sistema electromecánico para sujeción de objeto y control de compuertas.
- Tablero de control.
- Sistema mecánico de riel para movilidad de estructura de soporte.

Mesa de Trabajo, Sistemas de Control, Sistema Electromecánico, Tablero de Control

Abstract

Altamira University of Technology has a Workshop for Industrial maintenance area where commonly moving machinery, tools or objects generally of high weight is required. Besides inherent transfer of material to the storage area, the work and return to it. In seeking to improve operating conditions for transfer and management of workshop equipment at table implementations, automated mobile workforce is proposed with the following elements:

- Pulley system (differential) for lifting the object. Controlled motor.
- Electromechanical system for fastening object and control gates.
- Control panel.
- Mechanical rail system for mobility support structure.

Work Table, Control Systems, Electromechanical System, Control Panel

Citación: FERNÁNDEZ-GARCÍA, Luis, GÁLVEZ-CASTRO, Rubén, RUIZ-DEL ANGEL, Raymundo y ESTRADA-CASTILLO, Francisco. Propuesta de diseño de mesa de trabajo automatizada para la disminución de tiempo y esfuerzos de traslado de equipo en el taller de mantenimiento. Revista de Prototipos Tecnológicos 2016, 2-5: 76-79

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: Ifernandez@utaltamira.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Los alumnos de la universidad tecnológica de Altamira trabajan con objetos pesados en el taller de mantenimiento existe una problemática para el traslado de herramientas, maquinaria entre varios tienen que mover los motores, bombas y equipo pesado en general. Es por eso que se pensó en un proyecto para eliminar este problema. Nos basamos en los siguientes conceptos:

- Una mesa de trabajo es un mueble esencial en todas las viviendas, edificios, talleres, etc. Su función comúnmente es para posar objetos de forma temporal o en caso de alguna necesidad.
- Un sistema de control es un sistema que está constituido por un conjunto de componentes que regulan el comportamiento de un sistema (o de sí mismos) para lograr un objetivo.
- El sistema electromecánico es una combinación de las ciencias del electromagnetismo de la ingeniería eléctrica y la ciencia de la mecánica.

Desarrollo

El proyecto de la mesa de trabajo para el taller de mantenimiento fue diseñado para poder disminuir el tiempo y esfuerzo de traslado de maquinaria, herramienta u objetos en general de gran peso.

Lo importante de este proyecto es que no se cuenta con alguna herramienta y/o aparato con esta función, la mesa de trabajo esta automatizada con diferentes sistemas de trabajo:

- Sistema de poleas (diferencial) para la elevación del objeto. Controlada por motor.

- Sistema electromecánico para sujeción de objeto y control de compuertas.
- Tablero de control.
- Sistema mecánico de riel para movilidad de estructura de soporte.

La base de la mesa (compuertas) estará dividida para permitir la apertura y cierre y así subir y posicionar el objeto. El sistema electromecánico estará para cuando la pieza u objeto este en la base este no se mueva y para controlar la apertura y cierre de las compuertas. El soporte donde ira montada la polea estará a su vez sobre un riel para dar desplazamiento cuando se requiera. Todos los actuadores estarán controlados por un tablero principal.

Esta mesa está diseñada para optimizar tiempos y reducir el esfuerzo humano al levantar cosas pesadas desde la superficie del suelo, también para trasladar equipos como, motores, bombas, entre muchos más de una manera cuidadosa sin exponerlos a algún tipo de daño ya sea al equipo o al factor humano, los materiales que componen esta mesa están diseñados para soportar una carga de máxima de 300 kg.

Ergonomía

Esta mesa cuenta con tres posiciones de trabajo de acuerdo a la ergonomía que es la disciplina que se encarga del diseño de lugares de trabajo, herramientas y tareas, de modo que coincidan con las características fisiológicas, anatómicas, psicológicas y las capacidades del trabajador, las medidas con las que esta mesa cuenta se ven ilustradas en la Figura 1.

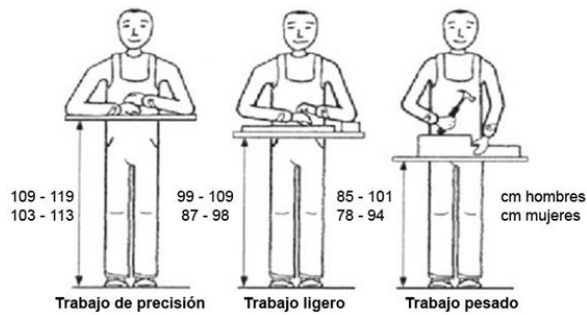


Figura 1 Posición de la mesa de acuerdo al trabajo a realizar.

Diseño

Esta mesa consiste en una superficie con compuertas que puedan abrir y cerrarse de acuerdo al criterio del operador, estas son levantadas a través del accionamiento de solenoides con un embolo que es el que levanta las compuertas para poder ceder el paso al elemento que se levantara desde la superficie del suelo, como se muestra en la Figura 2.

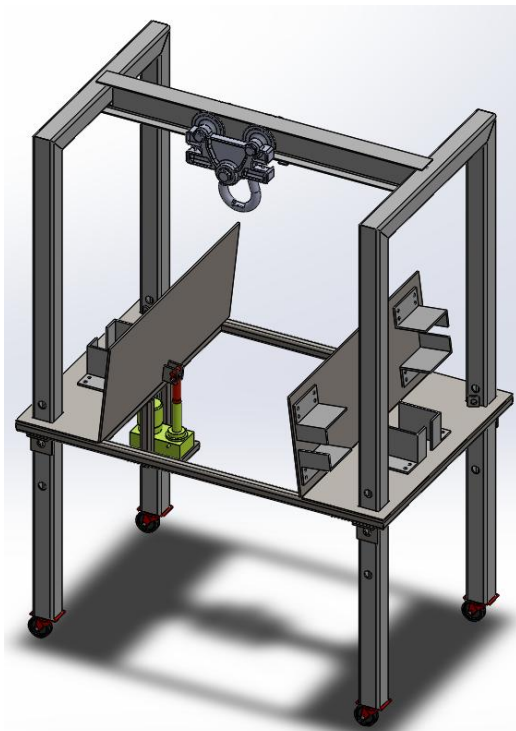


Figura 2 Accionamiento de las compuertas a través de actuadores electromecánicos.

El elemento que es levantado desde la superficie del suelo, es cargado través de un polipasto con capacidad de media tonelada. Una vez que el objeto está en el punto superior de la mesa, se cierran las compuertas para proceder a bajarlo y quede asentado sobre la superficie de la misma, si se desea transportar el objeto a un lugar diferente de trabajo, esta mesa cuenta con cuatro bases para soporte uno por cada lado de la mesa, Figura 3.

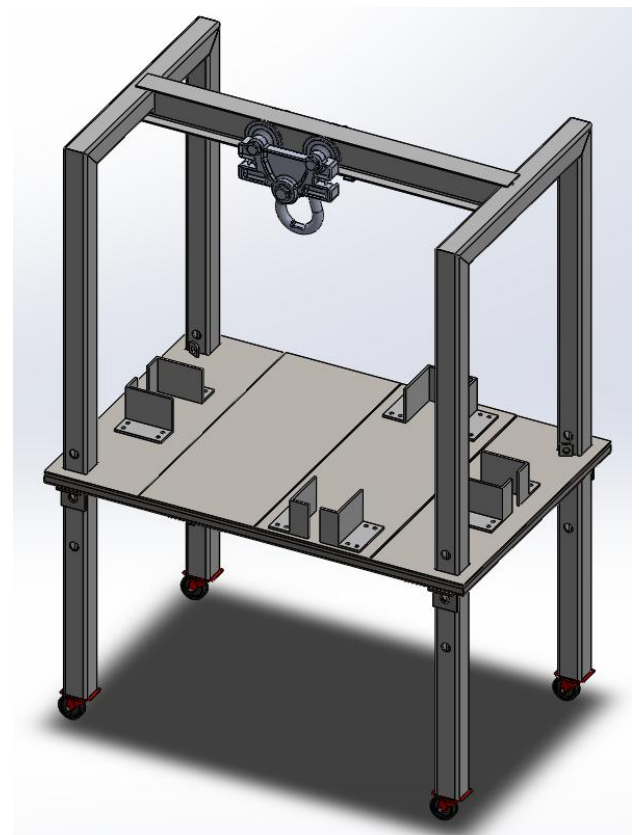


Figura 3 Polipasto levantando objeto desde la superficie del suelo

Por otro lado, cuenta con un riel en la parte superior el cual va acoplado al polipasto para este ser desplazado de izquierda a derecha, el riel tiene medio metro sobrado después de la orilla de la mesa con el fin de poner objetos en una superficie de trabajo diferente, el objeto junto con el polipasto son desplazados a través del riel ya mencionado anteriormente por medio de dos motores de CA los cuales se encuentran en los extremos del riel, estos se encargan de jalar al polipasto con el objeto hacia los extremos del mismo (Figura 4).

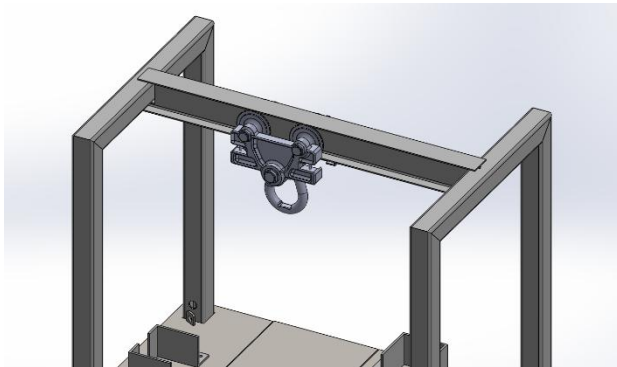


Figura 4 Riel en la parte superior con motores de CA en los extremos para su desplazamiento.

Cuenta con un sistema eléctrico oculto, ya que el cableado se encuentra por dentro de los tubos de la estructura y esto hace lucir más estética la vista del diseño, Figura 5.



Figura 5 Cableado por el interior de los tubos.

Agradecimiento

A la Universidad Tecnológica de Atamira por el apoyo brindado hacia los alumnos para el desarrollo de tecnología y conocimiento.

Conclusiones

Gracias a este proyecto los alumnos podrán transportar la maquinaria y/o herramienta de trabajo de un área a otra sin problema alguno, disminuyendo el tiempo y esfuerzo.

Este proyecto inspirará los alumnos a visualizar proyectos para su mismo beneficio y mejorar la comodidad en el trabajo del taller de mantenimiento de la institución, algunos grupos de jóvenes ya piensan en proyectos para poner en marcha.

Este proyecto se puede mejorar buscando ideas alternativas para ahorrar costos en su construcción.

Referencias

Creus A. “Instrumentación industrial”, Alfaomega, 4ta. Edición. 1989.

SolidWorks para dibujo y diseño mecánico Edición 1ª Editorial I. T. Ciudad Juárez. 2002

Instrucciones para Autores

[Titulo en Times New Roman y Negritas No.14]

Apellidos en Mayusculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayusculas -2do Nombre de Autor
Correo institucional en Times New Roman No.10 y Cursiva

(Indicar Fecha de Envio:Mes,Dia, Año); Aceptado(Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

Resumen

Titulo

Objetivos, metodología

Contribución

(150-200 palabras)

Abstract

Title

Objectives, methodology

Contribution

(150-200 words)

Keyword

Indicar (3-5) palabras clave en Times New Roman y Negritas No.11

Cita: Apellidos en Mayúsculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayusculas -2do Nombre de Autor. Titulo del Paper. Título de la Revista. 2015, 1-1: 1-11 – [Todo en Times New Roman No.10]

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Instrucciones para Autores

Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?

Enfocar claramente cada una de sus características

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del artículo

Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Artículos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

En el *contenido del artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[Indicando el título en la parte inferior con Times New Roman No.10 y Negrita]

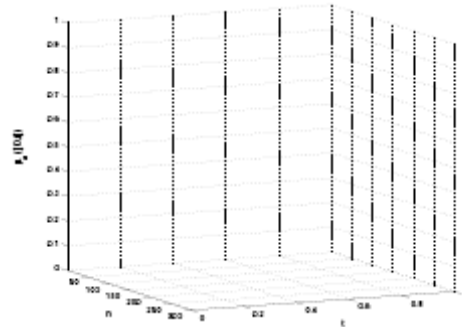


Gráfico 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

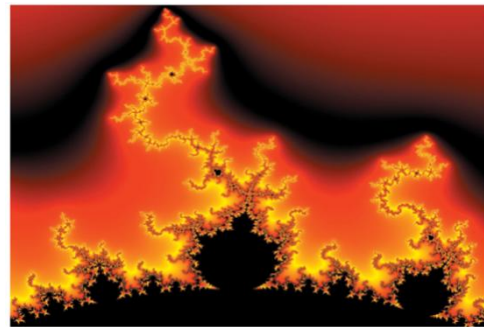


Figura 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

Tabla 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

Cada artículo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Titulo secuencial.

Instrucciones para Autores

Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:

$$Y_{ij} = \alpha + \sum_{h=1}^r \beta_h X_{hij} + u_j + e_{ij} \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

Metodología a desarrollar

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del artículo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Agradecimiento

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

Conclusiones

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

Referencias

Utilizar sistema APA. **No** deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del artículo.

Ficha Técnica

Cada artículo deberá presentar un documento Word (.docx):

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencia

Formato de Originalidad



Madrid, España a ____ de ____ del 20 ____

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables por lo que deberán firmar los autores antes de iniciar el proceso de revisión por pares con la reivindicación de ORIGINALIDAD de la siguiente Obra.

Artículo (Article):

Firma (Signature):

Nombre (Name)

Formato de Autorización



Madrid, España a ____ de ____ del 20____

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables. En caso de ser aceptado para su publicación, autorizo a ECORFAN-Spain difundir mi trabajo en las redes electrónicas, reimpresiones, colecciones de artículos, antologías y cualquier otro medio utilizado por él para alcanzar un mayor auditorio.

I understand and accept that the results of evaluation are inappealable. If my article is accepted for publication, I authorize ECORFAN-Spain to reproduce it in electronic data bases, reprints, anthologies or any other media in order to reach a wider audience.

Artículo (Article):

Firma (Signature)

Nombre (Name)

Revista de Prototipos Tecnológicos

