

Deshidratación de alimentos con energía geotérmica

Eduardo Pérez González

Instituto de Ingeniería de la UNAM, iiDEA, Ciudad Universitaria, México, DF. Correo:

eperezg@iingen.unam.mx

Resumen

El objetivo general del proyecto es establecer un procedimiento para preservar alimentos por largos periodos, sin que pierdan sus propiedades nutrimentales, de manera eficiente y utilizando energía renovable. El procedimiento es la deshidratación, mediante el empleo de un deshidratador diseñado para que opere con fluidos geotérmicos de baja temperatura (90°C). El recurso geotérmico es extraído del pozo y se ingresa a un intercambiador de calor de placas planas en donde cede parte de su energía a un segundo fluido de trabajo (agua blanda), por medio de una bomba. Una vez llevado a cabo este proceso de transferencia de calor, el fluido geotérmico es reinyectado al subsuelo. Posteriormente, el segundo fluido de trabajo, previamente calentado a aproximadamente 80°C, se hace fluir por un intercambiador de calor de tubos aleteados, con un arreglo triangular, que permitirá que la temperatura del aire impulsado por medio de un ventilador se incremente desde la temperatura ambiente hasta 60°C. El aire entrará por un extremo de la cámara de calefacción, y una vez calentado se ingresará a la cámara de secado para la extracción gradual de la humedad de los alimentos, hasta reducirla a un cierto porcentaje. Finalmente el aire utilizado es expulsado a la atmósfera por medio de una campana de extracción. El proceso ofrece un secado más eficaz y eficiente, y con productos de mejor calidad, comparado con los secadores solares convencionales.

Palabras clave: Usos directos, recursos de baja temperatura, intercambiador de calor, secado de alimentos.

Food dehydration using geothermal energy

Abstract

The main purpose with this project is to establish a procedure to preserve food for a long time, including all its nutrimental properties and using renewable energy. The procedure is dehydration using a dehydrator designed to operate with low-enthalpy geothermal energy (90°C). Geothermal fluid is extracted from a well and passed to a heat exchanger, where the fluid gives its thermal energy to another, working fluid, in this case water, using a pump. When this process is completed the geothermal fluid is re-injected into underground. As the working fluid increases its temperature until 80°C, it is pumped into a second heat exchanger with triangular structure through which air is passed. This allows the air temperature be increased from ambient to 60°C. When the air is at 60°C it is ready to enter into the drying room to remove slowly the food humidity, until decrease it up to a certain threshold. Finally, air is expelled to the atmosphere. This process offers a more effective and efficient drying than conventional solar dehydrators, with high quality products.

Keywords: Direct uses, low temperature resources, heat exchanger, drying food.

Nomenclatura

CAD: Computer Aided Design

DGA: Deshidratador Geotérmico de Alimentos

iiDEA: Instituto de Ingeniería (de la UNAM) Desalación y Energías Alternas

IER: Instituto de Energías Renovables (de la UNAM)

IMPULSA: Investigación Multidisciplinaria de Proyectos Universitarios de Liderazgo y Superación Académica

PVC (pvc): Cloruro de polivinilo

1. Introducción

México debe su gran diversidad de frutas, hortalizas y semillas a su privilegiada posición geográfica en el mundo. Si juntáramos todas las frutas y verduras producidas anualmente en México, las naranjas serían lo más abundante de nuestra cosecha, sumando casi 3.67 millones de toneladas, seguidas del jitomate con 2.84 millones de toneladas y el chile verde en tercer lugar con 2.38 millones de toneladas.

El problema originado por la bonanza en producción de los productos hortofrutícolas es la enorme cantidad de productos desperdiciados al año por no lograr ser colocados a tiempo en el mercado, sea por su baja demanda, por la dificultad para transportarlos y/o porque se deterioran antes de llegar.

Siendo México un país en el que más de la mitad de la población vive en situación de pobreza, es intolerable que desperdicie más de una tercera parte de los alimentos que se producen cada año.

En el ámbito energético México cuenta con una enorme riqueza en fuentes de energía geotérmica de baja entalpía. Este recurso puede tener una gran diversidad de aplicaciones y usos directos, pero a la fecha sólo se emplea con fines recreativos, como la balneología.

A fin de reducir la merma productiva de frutas y verduras y fomentar los usos directos de la geotermia, se propone deshidratar los excedentes de producción utilizando esa fuente de energía. Así lo logrará prolongar la vida de anaquel, aumentar el valor agregado al producto y abrir nuevos mercados.

A partir de un prototipo experimental de un deshidratador, desarrollado por el grupo IMPULSA ahora conocido como grupo iiDEA, se propone el siguiente diseño, con una mayor capacidad y mejores condiciones operativas.

2. Marco teórico

Las diversas aplicaciones que se le pueden dar a un fluido geotérmico dependen en gran medida de su contenido energético térmico, o lo que es lo mismo de su entalpía. Por entalpía debe entenderse la cantidad de energía térmica que un fluido en movimiento puede intercambiar con su entorno. Tiene unidades de medida en kJ/kg o bien kcal/kg.

Actualmente no existe un dispositivo que permita medir la entalpía directamente, pero debido a la estrecha relación que guardan la entalpía y la temperatura es más sencillo determinar la temperatura del fluido geotérmico.

Una manera de clasificar a los recursos geotérmicos es a través de su nivel energético térmico, y así tenemos recursos de baja, media o alta entalpía, como se observa en la Tabla 1. Cabe aclarar que los rangos indicados en la tabla no son los únicos, pero el presente trabajo se apegará a la clasificación hecha por Muffler y Cataldi, en la que se consideran tres posibles categorías: recursos de entalpía **baja, media o intermedia** y **alta**. La facilidad de clasificarlos con este criterio estriba en la rápida identificación de la cantidad de energía que podría ser extraída del fluido y en qué aplicaciones podría aprovecharse.

Así, los recursos geotérmicos con una calidad energética baja se emplean para los usos directos. A continuación se ilustran las actividades que se desarrollan acorde a la calidad energética del recurso geotérmico (Figura 1).

Tipo de recurso (Jaimes, 2008)	Muffler y Cataldi	Micholson	Gunnlaugsson y Axelsson
Recursos de baja entalpía	< 90 °C	≤150 °C	≤190 °C
Recursos de entalpía intermedia	90 – 150 °C	-	-
Recursos de alta entalpía	> 150 °C	> 150 °C	> 190 °C

Tabla 1. Clasificación de los recursos geotérmicos según su temperatura (Jaimes, 2008).



Figura 1. Principales usos de la energía geotérmica como una función de la temperatura (Trillo).

3. Deshidratadores

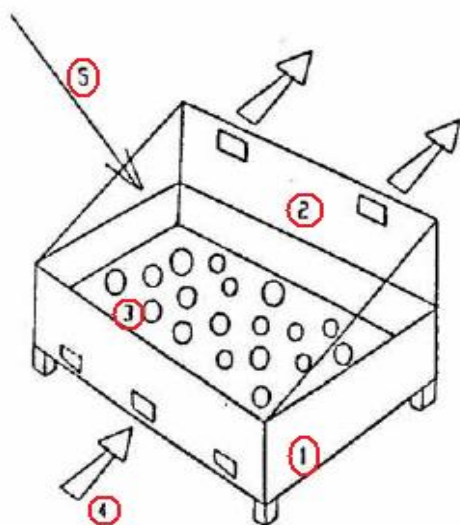
El agua contenida en los alimentos permite la proliferación de microorganismos o el desarrollo de reacciones químicas que los deterioran. Por ello, cuando es necesario conservarlos por algún tiempo, una alternativa es secarlos o deshidratarlos, es decir remover el agua contenida en su interior. Existen varios métodos para lograrlo, pero aquí solamente se considerará la forma más simple: exponer los alimentos a una corriente de aire, con determinadas condiciones de temperatura, humedad y velocidad. Si la actividad de agua presente en los alimentos es removida, se eliminará el medio sin el cual las bacterias, mohos y hongos no pueden proliferar, teniendo así un alimento duradero 100% libre de conservadores y sobre todo nutritivo.

Para este proceso se necesita invertir entre 1000 y 2000 kJ de energía térmica por kilogramo de agua. El secado no sólo implica la evaporación paulatina del líquido contenido en los sólidos sino que también potencializa el aporte nutritivo brindan al ser ingeridos. Si un alimento es expuesto a cualquier fuente de calor su composición química se alterará, es decir habrá una degradación de nutrientes y propiedades benéficas que aportan al cuerpo cuando se consumen frescos. Por esta razón debe controlarse la temperatura, entre otras variables como la humedad, flujo másico y peso, para tener un proceso estandarizado y eficiente y obtener productos de calidad con menos pérdida de nutrientes.

Dentro de la industria agroalimentaria los secadores solares utilizados se clasifican en:

- Directos o por Convección.
- Indirectos
- Mixtos
- Híbridos

3.1. Secadores Solares Directos



- 1.- Gabinete o caja.
- 2.- Paredes transparentes, con orificios de salida para el aire caliente.
- 3.- Interior de la caja.
- 4.- Orificios para ingresar el aire.
- 5.- Pared con ángulo de inclinación para recibir la radiación solar perpendicular a su superficie.

Figura 2. Secador solar directo (Finck-Pastrana, 2013).

En estos secadores el aire se calienta en la misma cámara de secado. Esto es posible gracias al acrílico con el que está fabricado. Las caras de la incubadora contenedoras del alimento son transparentes,

permitiendo el paso de luz solar pero impidiendo la salida de la luz ultravioleta y generando un efecto invernadero que aumenta así la temperatura del aire que rodea al producto. El contenedor tiene una serie de orificios tanto en su base como en la parte superior de las caras, con la intención de generar un efecto convectivo natural (ver Figuras 2 y 3).

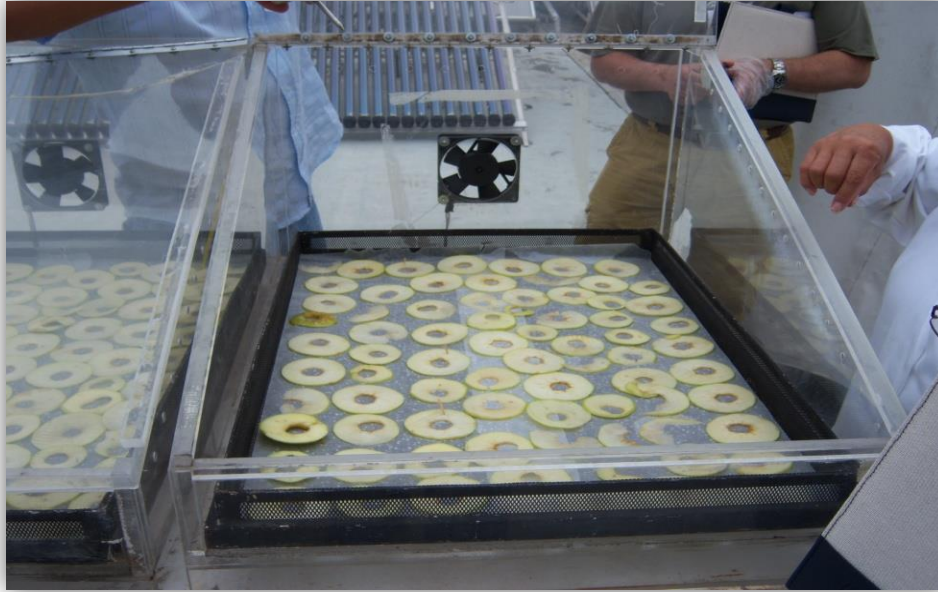
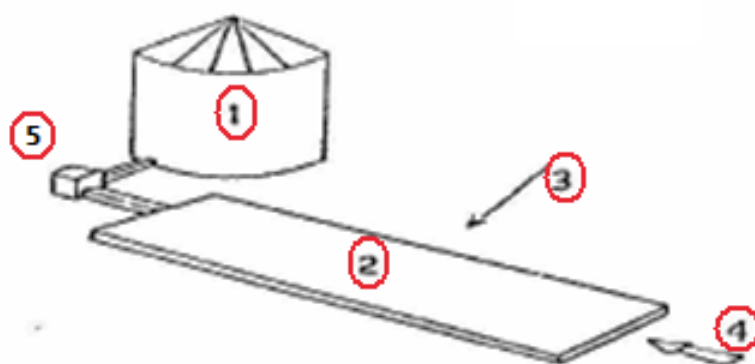


Figura 3. Deshidratadores directos en el IER.

3.2. Secadores Solares Indirectos

Estos secadores se componen de dos partes. La primera se le conoce como túnel de calefacción y la segunda es la cámara de secado. El túnel de calefacción está diseñado para calentar el aire con los rayos solares, utilizando el mismo fenómeno que el dispositivo anterior (efecto invernadero), y con el uso de un soplador se fuerza una corriente convectiva hacia la cámara de secado (Fig. 4).

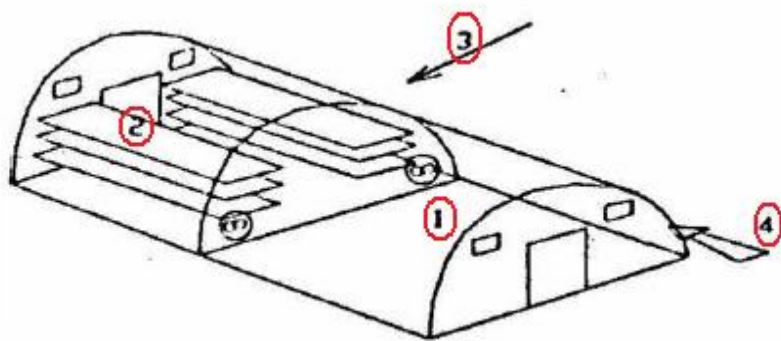


- 1.- Cámara de secado
- 2.- Túnel de calefacción
- 3.- Radiación solar
- 4.- Entrada de aire
- 5.- Soplador

Figura 4. Secador solar indirecto (Finck-Pastrana, 2013).

3.3. Secadores solares mixtos

Los dos conceptos anteriores se integran en un tercer tipo de equipo, llamado mixto o radiante-convectivo. Las charolas con el producto a deshidratar se disponen en una serie de pilas en una cámara transparente, elaborada con hule pvc especial para invernaderos o cualquier otro material que permita el paso de la luz solar, para calentar el aire y el alimento. En otra cámara se ingresa aire para ser acondicionado y forzado a entrar a la primera cámara con la ayuda de unos sopladores (Fig. 5).



- 1.- Cámara de secado de aire
- 2.- Cámara de deshidratado
- 3.- Radiación solar
- 4.- Ingreso de aire

Figura 5. Secador de calentamiento mixto (Finck-Pastrana, 2013).

3.4. Secadores solares híbridos

Con los equipos anteriores sólo se puede deshidratar mientras haya sol, lo cual sin duda es un problema para aquellos alimentos que requieren un tiempo mayor a las horas de sol diarias, como es el caso del jitomate. Este es uno de los alimentos con mayor actividad de agua y su tiempo de deshidratado es alrededor de 24 horas para 100 kg de producto fresco. Para resolver este problema se le agregaron calentadores solares de agua y un termo-tanque a un equipo de deshidratado solar indirecto, con lo cual se puede continuar la deshidratación por la noche (ver Fig. 6).



Figura 6. Secador de bandejas que trabaja con energía solar en el IER.

4. Pruebas experimentales

Se hicieron una serie de pruebas experimentales para comprender la dinámica de secado, obtener información precisa sobre las condiciones operativas que cada alimento requiere para su secado y poder dimensionar adecuadamente el deshidratador para una capacidad de trabajo de 85 kg de jitomate.

Una de las principales actividades a realizar fue la obtención de las curvas de secado. Estos gráficos permiten contemplar las características de los alimentos que se someterán al proceso de secado, por ejemplo: humedad de equilibrio, sensibilidad del material a la temperatura y los límites de temperatura alcanzable con la fuente de calor en particular. El comportamiento de secado de los sólidos puede caracterizarse por la medición de la pérdida de contenido de humedad como una función de tiempo. Los métodos utilizados son por diferencia de humedad, pesado continuo, y pesado intermitente. Con esta información es posible obtener una gráfica que describe la relación entre el tiempo de secado y la humedad perdida en el proceso.

A continuación se presentan las curvas de secado para diversos alimentos (Figuras 7, 8 y 9).

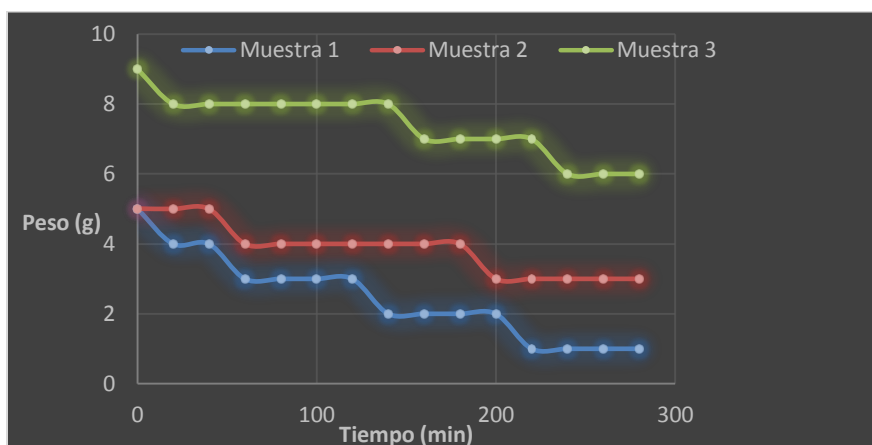


Fig. 7. Curva de secado para el jitomate.

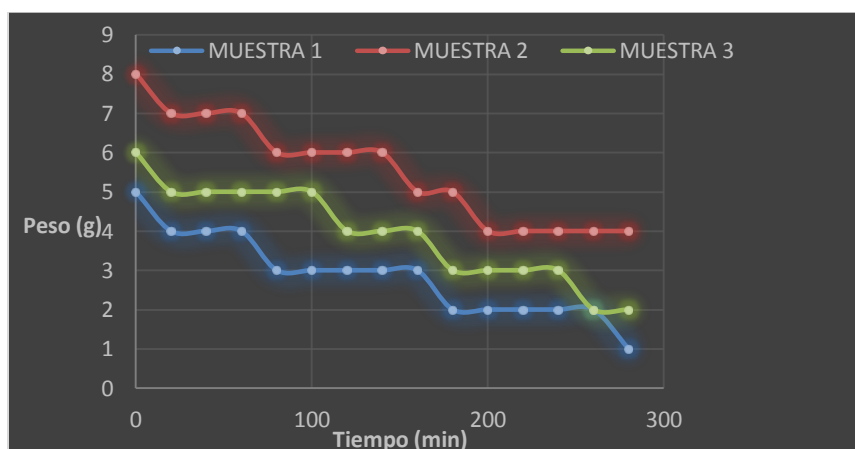


Fig. 8. Curva de secado para la piña.

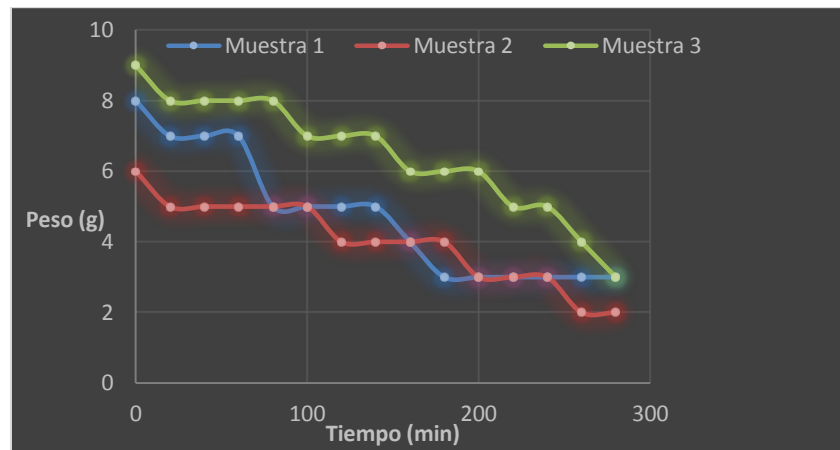


Fig. 9. Curva de secado para el mango.

5. Propuesta de diseño

El diseño es un proceso innovador y altamente iterativo, en el cual se deben tomar decisiones con muy poca información en algunas ocasiones, en otras con apenas la cantidad adecuada y en ocasiones con un exceso de información parcialmente contradictoria. Algunas veces las decisiones se toman de manera tentativa, por lo cual es conveniente reservarse el derecho de hacer ajustes a medida que se obtengan más datos.

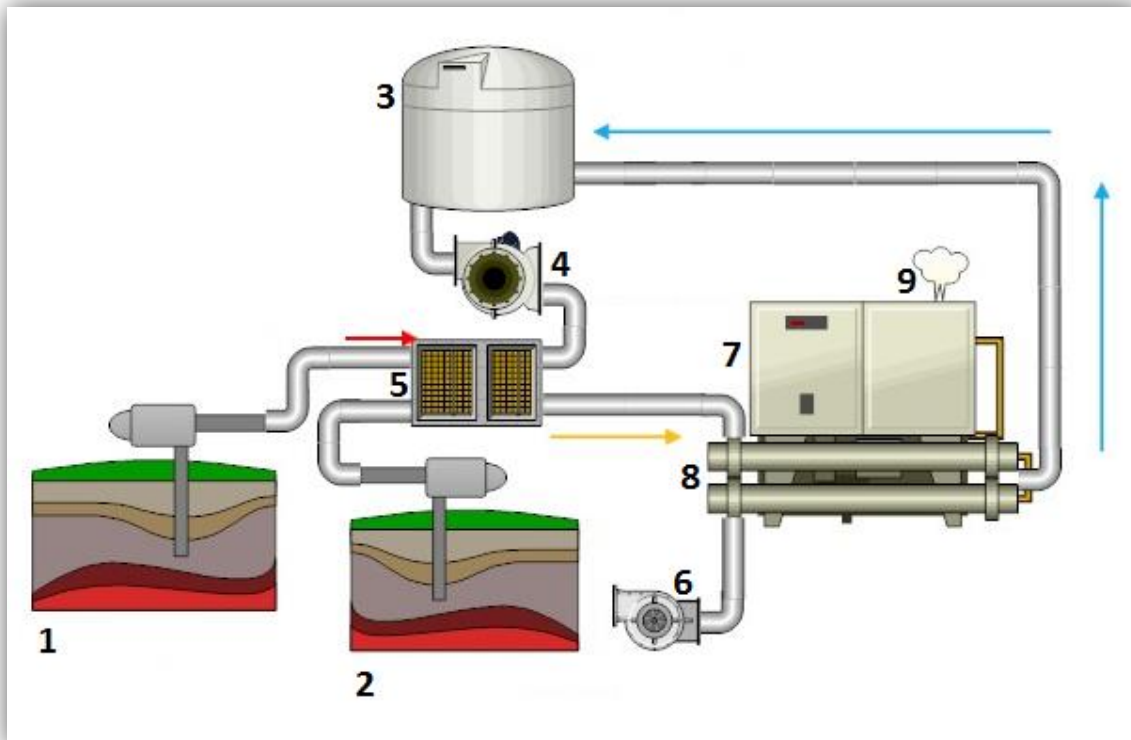


Figura 10. Diagrama del proceso de secado. (1) Pozo geotérmico de extracción; (2) Pozo geotérmico de inyección; (3) Tanque de alimentación; (4) Bomba de agua; (5) Intercambiador de calor de placas planas agua-agua; (6) Extractor de aire; (7) Cámara de secado; (8) Intercambiador de calor de tubos aletados agua-aire; (9) Chimenea.

La Figura 10 muestra el funcionamiento del deshidratador geotérmico, donde la fuente de calor es el recurso geotérmico de baja entalpía y el agua desmineralizada será calentada con dicho recurso, empleando un intercambiador de placas planas. Una vez calentada el agua, se bombea el agua caliente blanda a través del segundo intercambiador de calor para de este modo secar el aire. Cuando el contenido de humedad del aire ha disminuido, es forzado por el ventilador a ingresar dentro de la cámara de secado. Una vez desecado el alimento, el aire es retirado y expulsado por la chimenea hacia el exterior.

La Figura 11 presenta un boceto con la conceptualización del diseño, y la Figura 12 el prototipo de deshidratador diseñado con CAD.

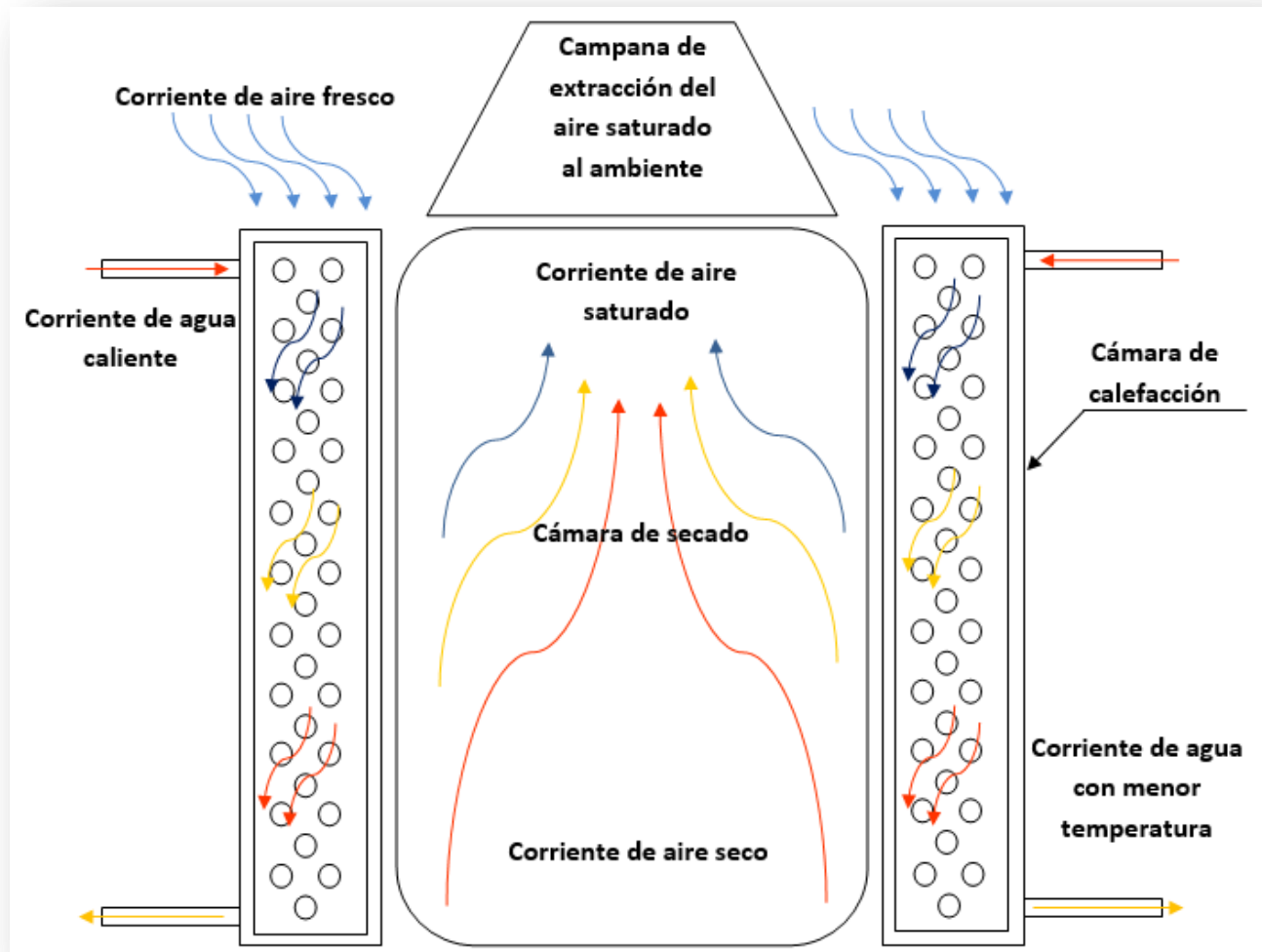


Fig. 11. Propuesta de diseño.

Bibliografía

Asociación Geotérmica Mexicana, 2013. Geotermia. Recuperado el 06/09/2013. Disponible en: http://www.geotermia.org.mx/geotermia/?page_id=688

Finck-Pastrana, M.A., 2013. Curso de Actualización. Curso Taller de Secado Solar. Temixco, Morelos: IER. Inédito.

Jaimes, O.G., 2008. Los recursos geotérmicos de baja entalpía: una opción en la generación eléctrica y la desalación de agua de mar. Tesis de licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM. Inédito.

Trillo, G.L., s/f. Breve historia de la energía geotérmica. Guía de la Energía Geotérmica (pág. 26.34), Madrid: La Suma de Todos.

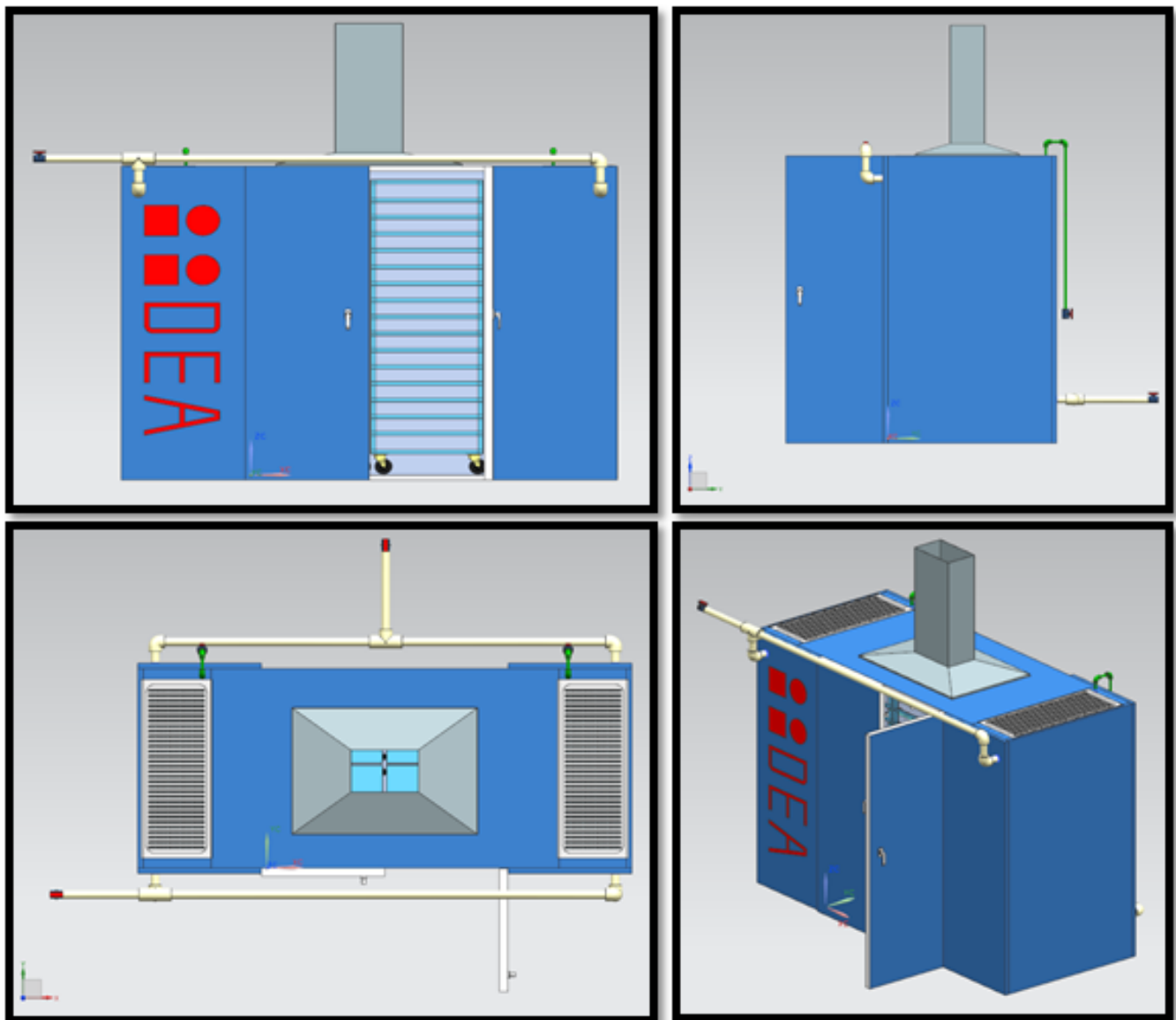


Fig. 11. Elaboración del CAD del deshidratador geotérmico.