



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
ENERGÍA – ECONOMÍA DE LA ENERGÍA

**“VIABILIDAD DE UN PROYECTO DE APROVECHAMIENTO DE
ENERGÍA GEOTÉRMICA DE BAJA ENTALPÍA AL SECTOR INDUSTRIAL”**

TESIS

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA**

**PRESENTA:
FERNANDO GARCÍA TORRES**

**TUTOR PRINCIPAL
PABLO ÁLVAREZ WATKINS, COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD**

MÉXICO, D. F. DICIEMBRE 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

Presidente: DR. VÍCTOR RODRÍGUEZ PADILLA
Secretario: DR. ARTURO GUILLERMO REINKING CEJUDO
Vocal: DRA. M. AZUCENA ESCOBEDO IZQUIERDO
1^{er}. Suplente: M. EN I. HÉCTOR MIGUEL AVIÑA JIMÉNEZ
2^d o. Suplente: M. EN I. FABIOLA RODILES AMARO

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: FACULTAD DE INGENIERÍA, UNAM.

TUTOR DE TESIS:

DR. PABLO ÁLVAREZ WATKINS

FIRMA

(Segunda hoja)

Resumen

Se presenta viabilidad al sector industrial de un proyecto desarrollado por el grupo iiDEA del Instituto de Ingeniería de la UNAM desde 2006 para la deshidratación de alimentos mediante el uso de energía geotérmica de baja entalpía. El orden y contenido de esta tesis es el siguiente:

Capítulo I.- Se justifica la realización del proyecto y se mencionan las bases que permitieron el desarrollo del mismo. También se establece el marco teórico necesario con los conceptos fundamentales para la comprensión del trabajo.

Capítulo II.- Se presenta el principio de funcionamiento del sistema de deshidratación de alimentos, y se establecen los parámetros operativos y características necesarias del recurso geotérmico para que se lleve a cabo el proceso con un nivel de calidad adecuado en los productos finales.

Capítulo III.- Se realiza un estudio de la situación actual de la geotermia y de la deshidratación de alimentos en el país. También se revisa el marco regulatorio aplicable al proyecto para el aprovechamiento de estos recursos energéticos y para la producción y venta de alimentos deshidratados.

Capítulo IV.- Se realiza la evaluación financiera del proyecto y se detalla el estudio de mercado correspondiente de acuerdo con las zonas de aplicación seleccionadas para la implementación del sistema.

Capítulo V.- Se presentan las conclusiones y con base en ellas se proporcionan algunos puntos útiles para posibles trabajos futuros que permitan la finalización del proceso de transferencia del proyecto al sector industrial.

Objetivo general

Conocer la factibilidad de incorporar al sector industrial del país un deshidratador de alimentos que utiliza energía geotérmica de baja entalpía y sus productos, por medio de una evaluación técnico-económica.

Objetivos particulares

- Estudiar los principios básicos de la geotermia y de la deshidratación de alimentos, contemplando el desarrollo histórico de ambos sectores a nivel mundial.
- Proporcionar los conceptos fundamentales que permitan comprender el funcionamiento del sistema de deshidratación geotérmico.
- Describir el deshidratador de alimentos detallando los parámetros operativos del sistema y las condiciones requeridas del recurso energético utilizado.
- Proporcionar un panorama general de la situación actual de los sectores de interés para el proyecto (geotermia y deshidratación de alimentos) a nivel mundial y en México.
- Analizar las características geográficas, sociales y económicas de distintas zonas del país para seleccionar los lugares apropiados para la implementación del sistema.
- Realizar la evaluación financiera del deshidratador, incluyendo el estudio de mercado correspondiente de acuerdo con las zonas de aplicación.
- Determinar la rentabilidad del proyecto y analizar los resultados obtenidos para establecer las conclusiones correspondientes.

Siglas y acrónimos

| | |
|----------|---|
| UNAM | Universidad Nacional Autónoma de México |
| II UNAM | Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México |
| iiDEA | Instituto de Ingeniería Desalación y Energías Alternas |
| CFE | Comisión Federal de Electricidad |
| FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (Food and Agriculture Organization of the United Nations) |
| CAD | Diseño Asistido por Computadora (Computer-Aided Design) |
| MHPS | Mitsubishi Hitachi Power Systems, Ltd. |
| GEODESA | Geodesarrollos Soluciones S.A. de R.L. de C.V. |
| BOP | Construcción-Operación-Transferencia (Build-Operate-Transfer) |
| TMCA | Tasa Media de Crecimiento Anual |
| IED | Inversiones Extranjeras Directas |
| DOF | Diario Oficial de la Federación |
| SENER | Secretaría de Energía |
| COFEPRIS | Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios |
| SENASICA | Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y calidad Agroalimentaria |
| S.Q.F. | Alimentos con Calidad Asegurada (Safe Quality Food) |
| HACCP | Análisis de Riesgos y de Puntos Críticos de Control (Hazard Analysis & Critical Control Points) |
| EGS | Sistemas Geotérmicos Mejorados (Enhanced Geothermal Systems) |
| GHP | Bombas de Calor Geotérmicas (Geothermal Heat Pumps) |
| VPN | Valor Presente Neto |
| TIR | Tasa Interna de Retorno |
| Tr | Tiempo de Retorno |
| CAPM | Modelo de valoración de activos financieros (Capital Asset Pricing Model) |

Tabla de contenido

| | |
|---|----|
| Resumen..... | 3 |
| Objetivo general..... | 4 |
| Objetivos particulares..... | 4 |
| Siglas y acrónimos..... | 5 |
| Lista de figuras..... | 8 |
| Lista de cuadros..... | 10 |
| Desarrollo..... | 11 |
| CapítuloI.- Introducción..... | 11 |
| I. Justificación del proyecto..... | 11 |
| II. Geotermia..... | 11 |
| i. Características Generales..... | 11 |
| ii. Sistemas Geotérmicos Hidrotermales..... | 13 |
| iii. Desarrollo Histórico a Nivel Mundial..... | 13 |
| iv. Desarrollo Histórico en México..... | 16 |
| v. Situación Actual de la Energía Geotérmica en el Mundo..... | 17 |
| III. Deshidratado de Alimentos..... | 21 |
| i. Definición y Características Principales..... | 21 |
| ii. Desarrollo Histórico en el Mundo y en México..... | 22 |
| iii. Principios Básicos y Factores que Intervienen en el Proceso..... | 24 |
| iv. Métodos de Deshidratación de Alimentos..... | 27 |
| v. Situación Actual en el Mundo..... | 28 |
| CapítuloII.- Descripción del Sistema de Deshidratación..... | 31 |
| I. Principio de Funcionamiento..... | 31 |
| II. Características Operativas y Geométricas del Sistema..... | 32 |
| III. Modelo CAD y Planos del Equipo..... | 34 |
| i. Vistas Globales..... | 34 |
| ii. Planos de Fabricación..... | 36 |
| CapítuloIII.- Análisis Nacional de los Sectores y Marco Regulatorio Aplicable al Proyecto. | 39 |
| I. Estudio de los Sectores de Interés en México..... | 39 |
| i. Energía Geotérmica..... | 39 |
| ii. Deshidratado de Alimentos..... | 41 |
| II. Normatividad Aplicable al Proyecto..... | 47 |
| i. Marco Jurídico Para el Uso de la Energía Geotérmica de Baja Entalpía..... | 47 |
| ii. Marco Jurídico Para la Comercialización de Productos Deshidratados..... | 54 |
| CapítuloIV.- Evaluación del Proyecto..... | 57 |

| | | |
|-------------|---|----|
| I. | Metodología General | 57 |
| II. | Formulación y Preparación | 59 |
| i. | Análisis de Mercado | 59 |
| ii. | Estudio Técnico | 67 |
| III. | Evaluación Financiera..... | 67 |
| i. | Rentabilidad..... | 68 |
| ii. | Análisis de sensibilidad y resultados | 78 |
| IV. | Evaluación Social | 86 |
| CapítuloV.- | Conclusiones y Trabajo Futuro | 88 |
| Referencias | | 91 |

Lista de figuras

| | |
|--|----|
| Figura I.1 Zonas mundiales con mayor actividad geotérmica. (Llopis Trillo & Rodrigo Angulo, 2012).. | 12 |
| Figura I.2 Yacimiento Geotérmico Hidrotermal (Pesce, 2013) | 13 |
| Figura I.3 Industria para obtener ácido bórico, Larderello, Italia (Mary H. Dickson & Mario Fanelli, 2012) | 14 |
| Figura I.4 Príncipe Piero Ginori Conti junto a su invento para producir electricidad (Lund, 2004) | 15 |
| Figura I.5 Bomba de calor geotérmica para calefacción doméstica (Mary H. Dickson & Mario Fanelli, 2012) | 15 |
| Figura I.6 Principales aplicaciones de la energía geotérmica (Mary H. Dickson & Mario Fanelli, 2012) | 17 |
| Figura I.7 Capacidad instalada para generación geotermoeléctrica por continente (IGME, 2008) | 18 |
| Figura I.8 Principales países productores de energía geotermoeléctrica. (iiDEA, 2015)..... | 18 |
| Figura I.9 Capacidad instalada de bombas de calor a nivel mundial. (iiDEA, 2015) | 19 |
| Figura I.10 Distribución de la energía geotérmica en usos directos a nivel mundial (University of Groningen, 2012) | 20 |
| Figura I.11 Jitomate deshidratado (Claustronomía. Revista Gastronómica Digital, 2014) | 21 |
| Figura I.12 Secado al sol en el techo de una cabaña (Intermediate Technology Development Group- Peru, 1998) | 22 |
| Figura I.13 Consumo de alimentos deshidratados en el espacio (European Space Agency, 2014) | 23 |
| Figura I.14 Secado al sol de uva en México (Revista Panorama Agrario, 2015)..... | 24 |
| Figura I.15 Curvas de secado (G. Nonhebel, 1979)..... | 27 |
| Figura I.16 Industria de alimentos deshidratados (Los tiempos. Economía, 2015)..... | 28 |
| Figura I.17 Balance de importaciones y exportaciones de frutas deshidratadas en 2010 a nivel mundial (Global Trade Atlas, 2014)..... | 29 |
| Figura II.1 Modelo esquemático del proceso de deshidratación con energía geotérmica (iiDEA, 2015) | 31 |
| Figura II.2 Esquema operativo del deshidratador geotérmico (iiDEA, 2015) | 32 |
| Figura II.3 Modelo CAD del Deshidratador Geotérmico iiDEA | 34 |
| Figura II.4 Vistas del sistema (Frontal, inferior, superior y laterales) iiDEA | 35 |
| Figura II.5 Plano de fabricación del deshidratador (ensamble) | 36 |
| Figura II.6 Plano del intercambiador de calor | 37 |
| Figura II.7 Plano del espiguero | 38 |
| Figura III.1 Mapa de recursos geotérmicos en México °C (SENER, 2013)..... | 39 |
| Figura III.2 Campos geotérmicos en México (El Financiero , 2014) | 40 |
| Figura III.3 Indicadores económicos del sector de alimentos procesados en México (Secretaría de Economía, 2013) | 42 |
| Figura III.4 Características del sector de alimentos procesados en México (Secretaría de Economía, 2013) | 42 |
| Figura III.5 Producción por categoría en 2011 (Secretaría de Economía, 2013)..... | 44 |
| Figura III.6 Balanza comercial de alimentos procesados en México (MD) 2006-2012 (Global Trade Atlas, 2014)..... | 45 |
| Figura III.7 Distribución de las empresas de alimentos procesados en México (Secretaría de Economía, 2013) | 47 |
| Figura IV.1 Proceso de evaluación del proyecto (Amaro, 2015) | 57 |
| Figura IV.2 Zonas factibles para la instalación del deshidratador geotérmico en México | 61 |
| Figura IV.3 Zonas geotérmicas económicamente convenientes para la instalación del sistema | 63 |
| Figura IV.4 Prospectiva de la producción de alimentos deshidratados en México (mmd), 2011-2020 (Secretaría de Economía, 2013) | 65 |
| Figura IV.5 Prospectiva del consumo de alimentos deshidratados en México (mmd), 2011-2020 (Secretaría de Economía, 2013) | 66 |
| Figura IV.7 Comportamiento del VPN con respecto al tiempo | 78 |
| Figura IV.8 Dependencia de la rentabilidad con respecto al porcentaje de pago | 79 |

| | |
|---|----|
| Figura IV.9 Dependencia de la rentabilidad del proyecto con respecto al precio de venta del producto | 80 |
| Figura IV.10 Dependencia de la rentabilidad con respecto al costo de cada sistema de deshidratación | 81 |
| Figura IV.11 Dependencia de la rentabilidad con respecto al financiamiento solicitado..... | 82 |
| Figura IV.12 Variación del VPN calculado a distintas tasas nominales del financiamiento con respecto al VPN del escenario base..... | 84 |
| Figura IV.13 Comportamiento del VPN ajustado en el horizonte de análisis | 86 |

Lista de cuadros

| | |
|---|----|
| Cuadro I-1 Tipos de recursos Geotérmicos (Asociación Geotérmica Mexicana, 2014)..... | 12 |
| Cuadro I-2 Potencia geotermoeléctrica instalada a nivel mundial hasta el año 2012. (Asociación Geotérmica Mexicana, 2014) | 19 |
| Cuadro I-3 Países con mayor capacidad instalada para usos directos. (Pérez., 2007) | 20 |
| Cuadro III-1 Proyectos potenciales de generación geotermoeléctrica CFE (SENER, 2013) | 40 |
| Cuadro III-2 Estimación de la utilización del calor geotérmico en aplicaciones directas (SENER, 2013) | 41 |
| Cuadro III-3 Principales países productores de la industria de alimentos procesados en 2012 (Secretaría de Economía, 2013) | 43 |
| Cuadro III-4 Principales países consumidores de la industria de alimentos procesados en 2012 (Secretaría de Economía, 2013) | 43 |
| Cuadro III-5 Categorías contempladas dentro de los alimentos procesados (Secretaría de Economía, 2013) | 43 |
| Cuadro III-6 Principales empresas mexicanas de alimentos procesados (Secretaría de Economía, 2013) | 45 |
| Cuadro III-7 Normas oficiales mexicanas aplicables a productos deshidratados (Secretaría de Gobernación , 2015) | 55 |
| Cuadro IV-1 Zonas factibles para la instalación del deshidratador geotérmico en México | 61 |
| Cuadro IV-2 Características demográficas de las zonas geotérmicas seleccionadas (INEGI, 2015) | 62 |
| Cuadro IV-3 Balnearios con aguas termales adecuados para instalar el deshidratador | 63 |
| Cuadro IV-4 Precios de los principales productos deshidratados en México en 2015 | 65 |
| Cuadro IV-5 Demanda insatisfecha de productos deshidratados en México | 66 |
| Cuadro IV-6 Premisas de evaluación financiera | 68 |
| Cuadro IV-7 Ingresos totales | 69 |
| Cuadro IV-8 Egresos del proyecto para para la zona centro del país | 70 |
| Cuadro IV-9 Egresos del proyecto para la zona norte del país | 71 |
| Cuadro IV-10 Tasas de depreciación para inversiones | 72 |
| Cuadro IV-11 Impuestos que intervienen en la evaluación | 72 |
| Cuadro IV-12 Características que intervienen en el financiamiento establecido | 73 |
| Cuadro IV-13 Cálculo de los egresos totales del proyecto (por los 6 sistemas) | 73 |
| Cuadro IV-14 Montos correspondientes a costos e inversiones | 74 |
| Cuadro IV-15 Cálculo de los cambios en el capital de trabajo | 74 |
| Cuadro IV-16 Estimación de los ingresos totales | 75 |
| Cuadro IV-17 Cálculo de la depreciación de las inversiones | 75 |
| Cuadro IV-18 Pago total por impuestos | 75 |
| Cuadro IV-19 Componentes del financiamiento y cálculo de las anualidades | 76 |
| Cuadro IV-20 Balance y cálculo del flujo de efectivo | 76 |
| Cuadro IV-21 Parámetros de rentabilidad del proyecto | 77 |
| Cuadro IV-22 Comportamiento del VPN del proyecto ante la variación del porcentaje de pago al balneario. | 79 |
| Cuadro IV-23 Comportamiento del VPN del proyecto ante la variación del precio del producto. | 81 |
| Cuadro IV-24 Comportamiento del VPN del proyecto ante la variación del costo del sistema. | 82 |
| Cuadro IV-25 Comportamiento del VPN acumulado del proyecto y de los intereses totales generados con respecto al porcentaje de financiamiento solicitado. | 83 |
| Cuadro IV-26 Variación del VPN con respecto a la tasa de interés nominal del financiamiento. | 84 |
| Cuadro IV-27 Resumen de resultados obtenidos por el análisis de sensibilidad para la evaluación. | 85 |
| Cuadro IV-28 Parámetros de rentabilidad considerando los resultados obtenidos del análisis de sensibilidad | 85 |

Desarrollo

Capítulo I.- Introducción

I. Justificación del proyecto

El deshidratador de alimentos con energía geotérmica de baja entalpía que se estudia y evalúa en esta tesis fue diseñado y construido por el grupo *Instituto de Ingeniería Desalación y Energías Alternas* (iiDEA) del Instituto de Ingeniería de la UNAM desde el año 2006, el iiDEA se dedica al desarrollo de proyectos para el aprovechamiento de energías alternas, buscando además mejorar la calidad de vida de algunas zonas del país mediante la producción de bienes y servicios como lo son la electricidad, agua potable y alimentos.

Este proyecto se encuentra en su fase final de desarrollo y surge a partir de la necesidad de impulsar el aprovechamiento de fuentes alternas de energía limpia, como la energía geotérmica de baja entalpía, en diversas aplicaciones, siendo una de ellas la producción de alimentos deshidratados a costos menores a los que se tienen actualmente en el mercado mexicano. Se considera que el uso de esta fuente energética representa diversas ventajas, principalmente por su continuidad y costo de utilización prácticamente nulo, ante otras fuentes, y que los productos deshidratados que proporciona el sistema son económicos, de alta calidad, de fácil transporte y almacenamiento, y de largo tiempo de vida, con lo cual es posible reducir la merma de algunos productos agrícolas del país.

En seguida se presentan los conceptos fundamentales necesarios para la comprensión del sistema y el proceso de deshidratación, además de algunas características generales de los temas de interés para este trabajo.

II. Geotermia

i. Características Generales

La geotermia es la disciplina encargada del estudio de los fenómenos térmicos de la tierra y la energía geotérmica es la energía calorífica que proviene del manto terrestre.

Las fuentes que dan origen a esta energía calorífica son el decaimiento radiactivo de minerales de las rocas de la corteza, principalmente isótopos radiactivos de larga vida del Uranio (U238, U235), del Torio (Th 232) y del Potasio (K40), y el calor remanente de la formación del planeta. Se estima que el calor almacenado en el interior de la tierra es de 12.6 billones de exajoules (12×10^{12} EJ), y el que se encuentra hasta una profundidad media de 50 km, en la capa conocida como litósfera, se podría estimar en 5 mil 400 millones de exajoules (5.4×10^9 EJ). Este calor se disipa anualmente en la superficie terrestre a un ritmo de 1,388 exajoules.

De acuerdo con el World Energy Outlook de 2012, el potencial técnico global para usos eléctricos se ha estimado entre 174 y 421 EJ anuales entre los 0 y los 5 Km de profundidad, mientras que el potencial técnico para usos directos del calor se estima entre 10 y 312 EJ anuales. Como medida comparativa, el consumo mundial de energía primaria en 2010 fue de 532 EJ. (Mary H. Dickson & Mario Fanelli, 2012)

Y aunque la Tierra se encuentra en un proceso de enfriamiento muy lento y solo una porción de su energía puede ser aprovechada, no se trata de una fuente energética pequeña, la cual está presente a lo largo de todo el planeta en diferentes escalas y rangos de temperatura dependiendo de la geología de la zona, teniendo una distribución del recurso como se muestra en el siguiente esquema.



Figura I.1 Zonas mundiales con mayor actividad geotérmica. (Llopis Trillo & Rodrigo Angulo, 2012)

Cabe mencionar que este recurso energético se considera como limpio y renovable puesto que el calor proveniente del interior de la tierra es ilimitado para la vida humana. Existen diversos tipos de recursos geotérmicos, como se observa en el cuadro I.1, de los cuales uno es de especial interés para este desarrollo y corresponde al tipo convectivo hidrotermal.

Cuadro I-1 Tipos de recursos Geotérmicos (Asociación Geotérmica Mexicana, 2014)

| Tipos de Recursos Geotérmicos | | | | | |
|-------------------------------|-------------------|--------------------------|-------------|--------------------------|---------------------|
| Tipo | Fluidos Naturales | Subtipo | Temperatura | Uso | |
| | | | | Actual | Potencial |
| Convectivo Hidrotermal | Si | Continental | A, I, B | Eléctrico, usos directos | |
| | | Submarino | A | Ninguno | Eléctrico |
| Conductivo | No | Somero (<400m) | B | Directos (y GHP) | |
| | | Roca seca caliente (EGS) | A, I | Prototipos | Eléctrico, directos |
| | | Cuerpos de magma | A | Ninguno | Eléctrico |
| Sistemas Acuíferos Profundos | Si | Acuíferos hidroestáticos | A, I, B | Directos | Eléctrico, directos |
| | | Geopresurizado | | | |

Notas:

Temperatura: A (Alta): $>180^{\circ}\text{C}$, I (Intermedia): $180-100^{\circ}\text{C}$, B (Baja): $<100^{\circ}\text{C}$

EGS: Sistemas Geotérmicos Mejorados o Artificiales (Enhanced Geothermal Systems).

GHP: Bombas de Calor Geotérmico (Geothermal Heat Pumps).

ii. Sistemas Geotérmicos Hidrotermales

De los distintos tipos de recursos geotérmicos existentes, los más utilizados actualmente son los sistemas hidrotermales, definidos como *formaciones geológicas convencionalmente delimitadas en extensión superficial, profundidad y espesor, que contienen el recurso geotérmico a alta presión y temperatura, y se encuentran confinados por una capa sello impermeable y almacenados en un medio poroso o fracturado*. (Secretaría de Energía, 2014)

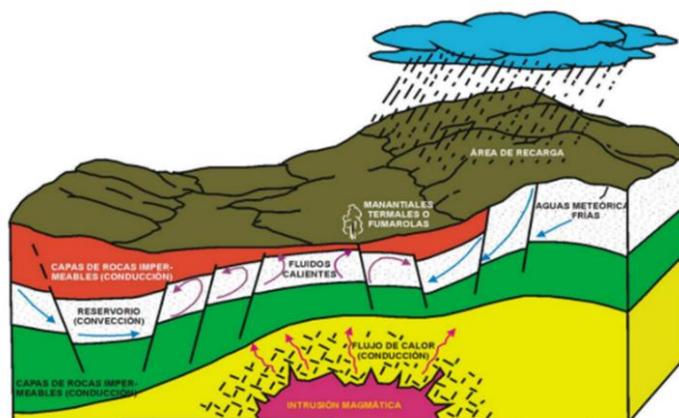


Figura I.2 Yacimiento Geotérmico Hidrotermal (Pesce, 2013)

Estas características los hacen factibles para su aprovechamiento en diversas aplicaciones directas o indirectas, ya que el recurso geotérmico sirve como medio de transporte de la energía del interior de la tierra hacia el exterior, ya sea por procesos de extracción naturales o artificiales.

Para estos sistemas existe otra clasificación utilizada que se encuentra directamente relacionada con los rangos de temperaturas indicados en las notas del cuadro I.1, teniéndose recursos geotérmicos de Alta (A), Media (I) y Baja (B) entalpía respectivamente, siendo éstos últimos los de interés para este trabajo.

En seguida se presenta el desarrollo histórico de la utilización de la energía geotérmica en diversas aplicaciones tanto industriales como directas.

iii. Desarrollo Histórico a Nivel Mundial

Aunque su origen era desconocido, desde hace miles de años comenzó la utilización de la energía geotérmica en el mundo. Existen restos arqueológicos encontrados en Niisato, Japón, que datan de la Tercera Glaciación, hace entre 15,000 y 20,000 años, que corresponden a objetos tallados en piedra volcánica. Por otro lado, hace más de 10,000 años, los Paleo-Indios de América del Norte ya usaban las aguas termales para cocinar alimentos y sus minerales con propósitos medicinales.

Posteriormente los griegos y los romanos utilizaron este recurso en diversas aplicaciones, tales como la calefacción urbana y en los tradicionales balnearios y baños públicos, que se convirtieron en gigantescos centros de ocio, salud y negocio. Así comenzó a expandirse el uso de los recursos geotérmicos por toda Europa, Asia y América principalmente, junto con la extracción de minerales como azufre, caolín y óxidos de hierro de las fuentes geotermales.

En el año 1330 en la región de Chaudes-Aigues, Francia, existía una red de distribución local de agua caliente que era utilizada para calefacción y otras actividades como el lavado de pieles y lana, mientras que en Volterra, Toscana, Italia, vapor a más de 100°C proveniente de lagunas salobres, era usado para extraer ácido sulfúrico concentrado y alumbre. (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, 2008)

A finales del siglo XVI y principios del XVII comenzaron las ideas para aplicaciones industriales. Estas ideas surgieron empíricamente ya que se observaba que en minas recién cavadas la temperatura incrementaba proporcionalmente con la profundidad, llevándose a cabo el primer registro de temperaturas con termómetros en 1740, en Belfort, Francia. En el siglo XIX, gracias a los avances tecnológicos y científicos, fue posible explorar la tierra a mayor profundidad, lo que dio paso al desarrollo de nuevas formas de aprovechamiento.

El inicio de la utilización a nivel industrial del calor proveniente de la tierra se dio en 1827, con la primer industria que utilizaba este recurso energético en sus procesos en lugar del combustible convencional de la época (madera), esta industria fue creada por el francés Francois Larderel y se dedicaba a la extracción de sales de boro de un yacimiento descubierto en 1818.

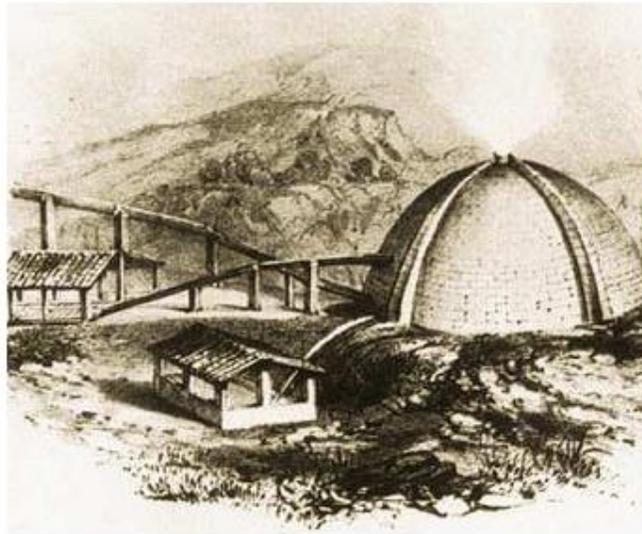


Figura I.3 Industria para obtener ácido bórico, Larderello, Italia (Mary H. Dickson & Mario Fanelli, 2012)

A partir de este hecho comenzó la excavación de pozos profundos, construyéndose el primero en el año de 1883, en el Barrio de Grenelle, en París, cuya profundidad era de 548m. Posteriormente, en 1892, entró en funcionamiento la primera red local de calefacción urbana de gran escala en Boise, Idaho, U.S.A.

Para el año de 1904 comenzó la generación de electricidad a partir de vapor geotérmico en un dispositivo inventado por el Príncipe Piero Ginori Conti, basado en la tecnología utilizada en la

industria de ácido bórico anteriormente citada, lo cual dio pie a la entrada en funcionamiento de la primer central geotermoeléctrica en 1913 con una capacidad de 250 KW. (Lund, 2004)



Figura I.4 Príncipe Piero Ginori Conti junto a su invento para producir electricidad (Lund, 2004)

El desarrollo continuó aumentando, principalmente dirigido a la generación de energía eléctrica, por lo que para el año de 1942 la capacidad geotérmica instalada mundial alcanzaba los 127.65 MWe, más tarde, en 1958, entró en operación una pequeña planta geotermoeléctrica en Nueva Zelanda, en 1959 otra en México y al año siguiente una en Estados Unidos.

De igual forma, las bombas de calor tomaron un auge importante justo después de la Segunda Guerra Mundial, ya que muchos países fueron atraídos por la energía geotérmica al considerarla muy competitiva con respecto de otras fuentes de energía por su disponibilidad en zonas estratégicas y continuidad.

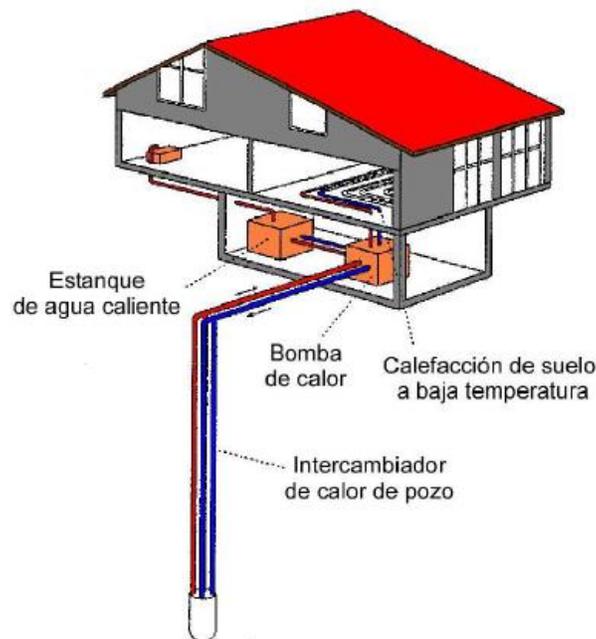


Figura I.5 Bomba de calor geotérmica para calefacción doméstica (Mary H. Dickson & Mario Fanelli, 2012)

A partir de este hecho el desarrollo en las tecnologías de explotación aumentó considerablemente, ya que universidades e industrias mostraron interés en su aprovechamiento. Sin embargo fue entre 1970 y 1990, y debido al alza de los precios del crudo y sus derivados, y a partir de que la contaminación ambiental se convirtió en un problema a nivel mundial, cuando el empleo de bombas de calor geotérmicas empezó a conocer un desarrollo prometedor a nivel internacional. (Armstead, 1989)

Por otro lado, con respecto a usos diversos de esta fuente térmica, se tiene registro de que la primer red moderna de calefacción urbana alimentada por energía geotérmica se instaló en Reikjavik, Islandia, en 1930. Desde entonces, redes de calefacción similares se encuentran en funcionamiento en Francia, Italia, Hungría, Rumanía, Rusia, Turquía, Georgia, China, Estado Unidos y la propia Islandia. En esa misma época comenzó a utilizarse el vapor de la tierra para producir energía mecánica en diversas aplicaciones, como elevar líquidos y mover sistemas de poleas, por ejemplo.

Hasta entonces fue cuando la explotación del recurso dejó de enfocarse solamente en los yacimientos visibles o identificables sobre la corteza terrestre, y se comenzó a fomentar el desarrollo de las exploraciones de campo e investigaciones científicas, con lo cual se inició en todo el mundo una actividad importante en el uso de energía geotérmica para producción de energía eléctrica o para calefacción y suministro de agua caliente, entre otras actividades.

iv. Desarrollo Histórico en México

En México, el desarrollo histórico del uso de la energía geotérmica comenzó desde épocas prehispánicas en actividades recreativas y medicinales como la balneología. Posteriormente se utilizó este recurso en pequeñas aplicaciones directas relacionadas con el acondicionamiento de espacios, la acuicultura y el secado de madera entre otros, todas ellas de baja escala y sin la utilización de tecnologías especializadas ni investigaciones profundas sobre el tema. Sin embargo, para el año de 1959 la Comisión Federal de Electricidad (CFE) comenzó con el desarrollo industrial de la geotermia, instalando la primera planta experimental de 3,500 kW en la zona de Pathé, Hidalgo, en donde se perforaron 17 pozos, pero nunca fue posible obtener suficiente vapor para generar más de 600 kW, por lo que la planta se mantuvo generando únicamente hasta 1973. Este hecho motivó al gobierno federal a continuar con la exploración y desarrollos geotérmicos en otras zonas del país (Grupo ENAL, 2013).

Este desarrollo a nivel nacional continuó el 12 de octubre de 1973, cuando el campo de Cerro Prieto, a 30 Km de la Ciudad de Mexicali en Baja California, entró en operación comercial. En este campo se perforaron más de 300 pozos con profundidades entre 700 y 4,300 metros, y se instalaron cinco unidades de 37.5 MW cada una. Para el año de 1979 se adicionaron otras dos unidades de 37.5 MW y posteriormente, en 1981, entró en operación una unidad de baja presión de 30 MW. Entre 1985 y 1987 entraron en operación cuatro centrales más de 110 MW cada una y en el año 2000 entró en operación la central Cerro Prieto IV que consta de cuatro unidades de 25 MW cada una. El registro actual del campo es de 13 unidades que suman un total de 720 MW instalados en la central.

Por otro lado, en el campo geotérmico de Los Azufres, Michoacán, se perforaron los primeros pozos productores en el año de 1977 y entró en operación comercial el 14 de septiembre de 1982. A la fecha se han perforado más de 80 pozos con profundidades entre 600 y 3,544 m alcanzando temperaturas de hasta 358°C, los cuales alimentan la central cuya capacidad

instalada es de 188 MW distribuidos en una unidad de condensación de 50 MW, cuatro de flasheo simple de 25 MW y siete de contrapresión de 5 MW, además de dos de ciclo binario de 1.5 MW que actualmente se encuentran sin operar.

Con respecto al campo de Los Humeros en Puebla, en 1982 se perforó el primer pozo profundo para estudios del potencial energético del lugar, pero fue hasta el 30 de mayo de 1991 que se inició la explotación comercial del yacimiento con un total de 8 unidades instaladas con capacidad total de 40 MW. El Hasta 2008 se tenían más de 40 pozos productores con una capacidad instalada de 35 MW en siete unidades de 5 MW cada una.

Y por último, el campo de Las Tres Vírgenes ubicado en la parte norte de la Península de Baja California, cuya explotación comenzó en el año de 1986. La central entró en operación comercial el 26 de Julio de 2001 con dos unidades y un total de 10 MW de capacidad instalada. (Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2008)

En cuanto a otros usos del recurso térmico de la tierra, en el país los principales usos han sido y siguen siendo la balneología, la calefacción urbana y el secado de madera, sin embargo la escala de aprovechamiento comparada con el potencial energético que se tiene es muy baja.

v. Situación Actual de la Energía Geotérmica en el Mundo

Como se ha descrito, las aplicaciones de la energía geotérmica son muy variadas, y su uso depende directamente del potencial energético del fluido contenido en los distintos tipos de yacimientos y sus características. En el siguiente esquema se aprecian las principales aplicaciones del recurso geotérmico de acuerdo con su temperatura.



Figura I.6 Principales aplicaciones de la energía geotérmica (Mary H. Dickson & Mario Fanelli, 2012)

Como se puede apreciar en la figura I.6, a pesar de que es mayor el aprovechamiento de las fuentes de alta temperatura, existen muchas aplicaciones que requieren niveles más bajos de energía, lo cual representa áreas de oportunidad para los futuros desarrollos.

En seguida se presentan algunos datos correspondientes al uso de la energía geotérmica en el mundo.

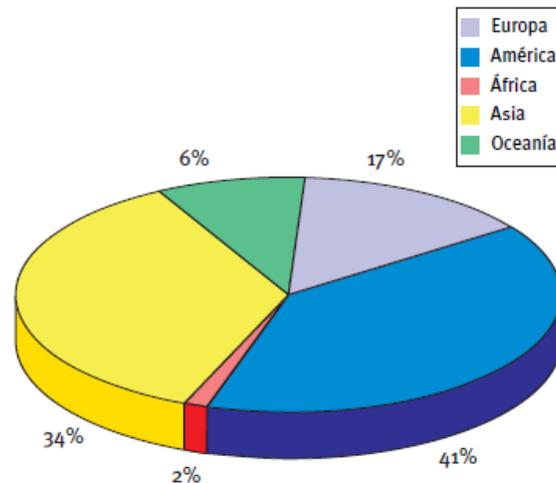


Figura I.7 Capacidad instalada para generación geotermoeléctrica por continente (IGME, 2008)

De los porcentajes mostrados en la gráfica, los mayores usos del recurso corresponden a bombas de calor y producción de energía eléctrica. En el año 2000, la capacidad geotermoeléctrica instalada a nivel mundial era de 8,000 MWe, pasando a 9,000 MWe en el año 2005 y llegando a 11,772 MWe en 2013 (Asociación Geotérmica Mexicana, 2014), y en cuanto a los usos no eléctricos, en el año 2000 la capacidad instalada en 59 países era de unos 15,000 MWt. En 2008, la capacidad instalada en 72 países ascendió a alrededor de 28,000 MWt, de los cuales unos 15,000 MWt correspondían a bombas de calor geotérmicas.



Figura I.8 Principales países productores de energía geotermoeléctrica. (iiDEA, 2015)

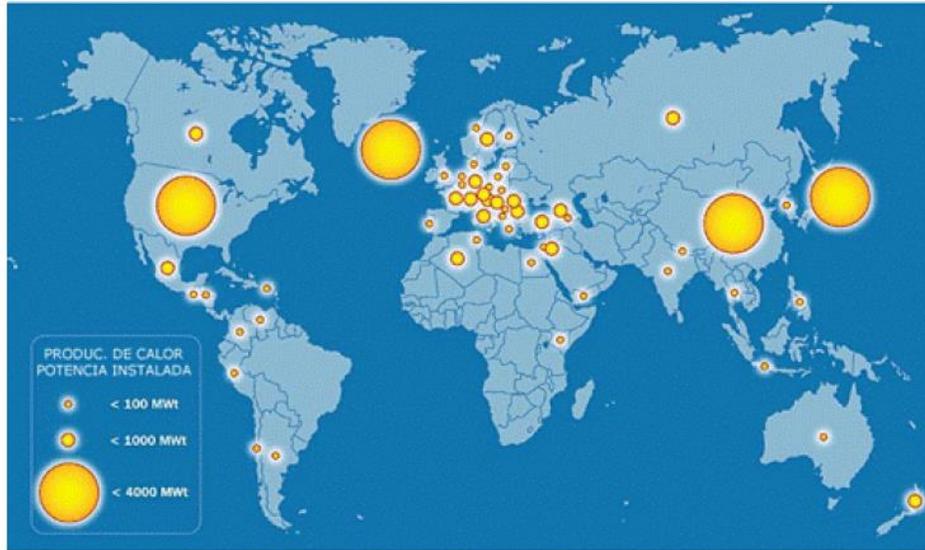


Figura I.9 Capacidad instalada de bombas de calor a nivel mundial. (iiDEA, 2015)

A continuación se presenta la lista de los países con mayor capacidad instalada para producción eléctrica.

Cuadro I-2 Potencia geotermoeléctrica instalada a nivel mundial hasta el año 2012. (Asociación Geotérmica Mexicana, 2014)

| No. | País | MWe |
|-----|----------------|---------|
| 1 | Estados Unidos | 3,151.5 |
| 2 | Filipinas | 1,904.0 |
| 3 | Indonesia | 1,197.3 |
| 4 | México | 958.0 |
| 5 | Italia | 882.5 |
| 6 | Islandia | 664.6 |
| 7 | Nueva Zelanda | 628.0 |
| 8 | Japón | 536.0 |
| 9 | Costa Rica | 207.1 |
| 10 | El Salvador | 204.4 |

Debido a la carencia de distintas fuentes energéticas, ya sea por la geografía del lugar o por las condiciones sociales, en los últimos años algunos países han apostado por el uso de la energía geotérmica en diversas aplicaciones, tal es el caso de Islandia que recientemente duplicó su capacidad de potencia instalada llegando a 664.6 MWe, convirtiéndose en el único país que produce el 99.9% de electricidad a partir de energías renovables (geotérmica e hidráulica), utilizando solamente combustibles fósiles para el sector transporte.

Por otro lado, con respecto a los usos directos de la energía geotérmica se presenta el siguiente cuadro que muestra la capacidad instalada de los principales países productores a nivel mundial.

Cuadro I-3 Países con mayor capacidad instalada para usos directos. (Pérez., 2007)

| País | Energía tj/año | Capacidad mw _t |
|----------------|-------------------|------------------------------|
| China | 45,373 | 3,687 |
| Suecia | 36,000 | 3,840 |
| Estados Unidos | 31,239 | 7,817 |
| Islandia | 23,813 | 1,791 |
| Turquía | 19,623 | 1,177 |
| Hungría | 7,940 | 694 |
| Italia | 7,554 | 607 |
| Nueva Zelanda | 7,086 | 308 |
| Brasil | 6,622 | 360 |
| Georgia | 6,307 | 250 |
| Rusia | 6,143 | 308 |
| Francia | 5,196 | 308 |
| Japón | 5,161 | 413 |
| otros | 53,361 | 6,264 |
| Total | 261,418 | 27,824 |

Como se observa en el cuadro I.3, aunque México cuenta con un gran potencial geotérmico y utiliza el recurso en diversas aplicaciones, por la baja capacidad aprovechada no aparece en la lista mostrada, por lo cual es importante impulsar el desarrollo de tecnologías para el aprovechamiento de esta energía térmica.

Para tener un panorama más detallado, en la figura I.10 se presenta la distribución por sector de aplicación del recurso:

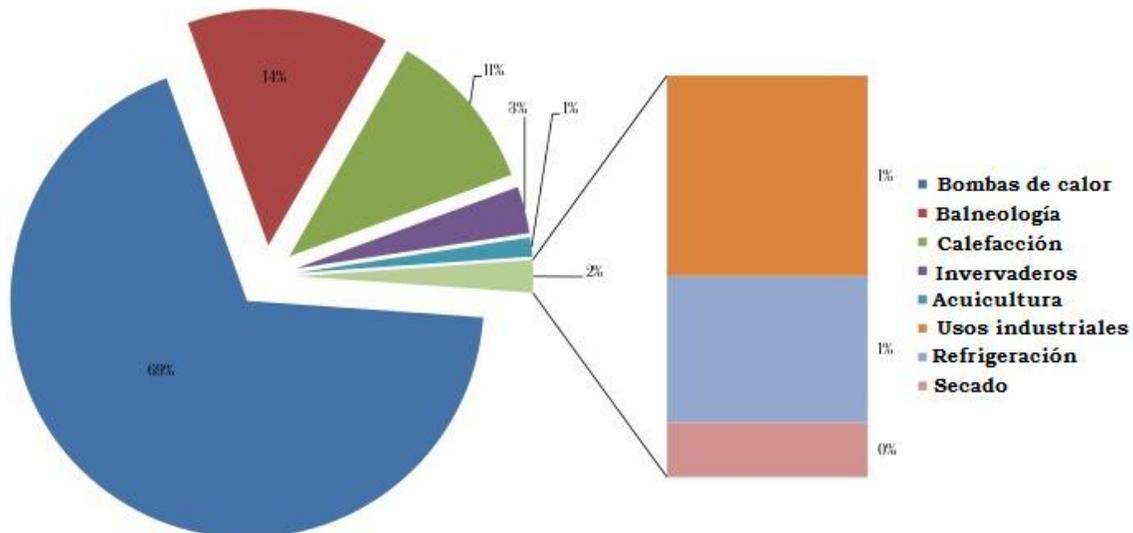


Figura I.10 Distribución de la energía geotérmica en usos directos a nivel mundial (University of Groningen, 2012)

Y como se observa, el principal uso directo a nivel mundial son las bombas de calor, seguido por la balneología y siendo prácticamente nulo el uso en el secado de productos.

Una vez establecidos los conceptos fundamentales de la geotermia y revisado el panorama general de su aprovechamiento, se procede a realizar un estudio del otro tema de interés para esta tesis, referente al proceso de deshidratación de alimentos, y se hace una revisión general del sector partiendo del desarrollo histórico hasta llegar a la situación actual.

III. Deshidratado de Alimentos

En este tercer apartado del capítulo I se muestran los aspectos más importantes del proceso de deshidratación de alimentos y el panorama que existe de este sector a nivel mundial mediante datos y estadísticas de producción, así como algunas otras características que permiten la comprensión del trabajo.

i. Definición y Características Principales

La deshidratación de alimentos sirve para preservar los productos por un largo tiempo, muy por encima del que poseen en su estado natural, por lo cual este proceso es utilizado en muchas industrias. El proceso consiste básicamente en la eliminación del agua contenida en los alimentos, lo cual inhibe el crecimiento de microorganismos en el producto y reduce, e incluso en algunos casos elimina, las reacciones químicas del propio alimento, así como la actividad enzimática. En general, el proceso reduce el volumen del producto en un 80% y el peso del mismo un 90% aproximadamente, haciendo más fácil su transporte y manejo.

Aunque comúnmente se consideran equivalentes los términos de secado y deshidratado, es necesario mencionar las diferencias existentes entre ambos métodos, las cuales se refieren al porcentaje de agua contenida en el producto final y al proceso en sí mismo. Estrictamente no existe un valor a partir del cual se marque la diferencia entre secado y deshidratado, sin embargo comúnmente se considera que el secado es un método tradicional próximo a la desecación natural en el que el producto final contiene más de 8% de agua, como los frutos secados al sol por ejemplo; mientras que la deshidratación es una técnica artificial, que consiste en someter el alimento a una corriente de aire caliente a condiciones específicas controladas durante periodos de tiempo establecidos, en la que como resultado se tiene menos de 8% de agua.



Figura I.11 Jitomate deshidratado (Claustronomía. Revista Gastronómica Digital, 2014)

ii. Desarrollo Histórico en el Mundo y en México

La deshidratación de alimentos por distintos métodos y procesos ha sido utilizada desde que el hombre adoptó el sedentarismo como estilo de vida y se formaron las primeras comunidades, cuya actividad principal era la agricultura.

Hace más de 3,000 años los Incas de Perú producían papas y verduras secas aplicando los principios de la liofilización, un proceso de secado que se basa en sublimar el hielo de un alimento congelado, aprovechando las bajas temperaturas nocturnas para congelar las verduras que al día siguiente eran aplastadas para que exudaran los jugos, la operación se repetía hasta obtener capas muy finas que eran puestas al sol. Este proceso se realizaba a presiones atmosféricas reducidas debido a la altitud de las montañas (alturas superiores a los 3,000 metros).

De forma similar, las tribus indias de los Siux y Cree de América del Norte desecaban la carne de búfalo disponiéndola en tiras, para golpearlas y extenderlas al sol, a la vez que le agregaban ácidos procedentes de los zumos de moras y nueces, para posteriormente sumergirlas en grasa con lo cual finalizaba el proceso de secado. A esta carne seca le llamaban *pemmican*.

Por otro lado, los aztecas ponían a secar al sol semillas de calabaza, granos de maíz, pescado e incluso algas, que eran consumidas como condimento de otros alimentos o acompañadas de tortillas.

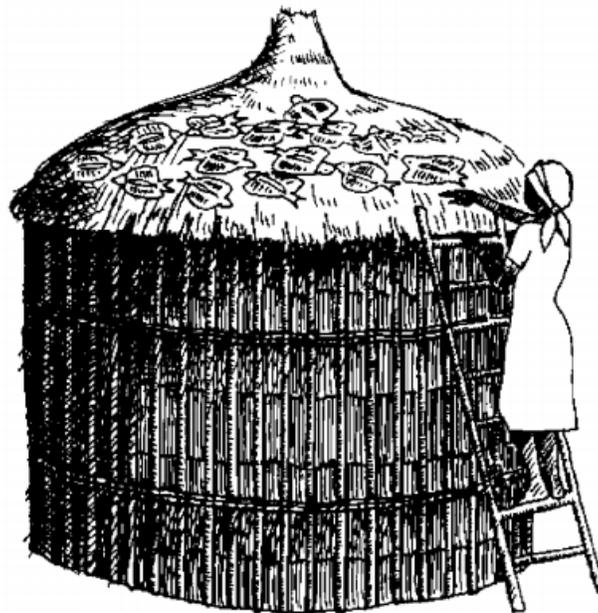


Figura I.12 Secado al sol en el techo de una cabaña (Intermediate Technology Development Group- Peru, 1998)

La técnica de la deshidratación de alimentos mediante aire caliente como se conoce actualmente surge desde hace dos siglos en Italia y España como consecuencia de la importación de fruta desde África. Posteriormente, durante el siglo XIX, se empezaron a desarrollar en Estados Unidos los primeros secadores artificiales que sustituyeron a los solares, que eran los más comunes. Durante la primera Guerra Mundial comenzó el deshidratado de

gran escala debido a la necesidad de suministrar alimentos a los ejércitos, transportando productos agrícolas como col, zanahorias, apios, papas, maíz y nabos, secos a grandes distancias.

Durante la Segunda Guerra Mundial en Estados Unidos entraron en operación más de 160 plantas de deshidratación, y para el año de 1975 en Francia se instaló el primer deshidratador artificial con control de temperatura de 40°C y un flujo continuo de aire caliente el cual era utilizado para secar rodajas delgadas de frutas y vegetales.

Actualmente el auge y ventajas de estos productos es tal que se utilizan en diversas aplicaciones, como misiones espaciales, quedando como muestra el programa Gemini que duró 14 días de vuelo en el espacio, para los que se necesitaron 0.58 Kg/día de comida deshidratada por astronauta.



Figura I.13 Consumo de alimentos deshidratados en el espacio (European Space Agency, 2014)

Con el paso del tiempo se fueron desarrollando diversos métodos para la preservación de alimentos como el uso de sales, encurtidos, pasteurización, conservantes, y más recientemente, la radiación, sin embargo el más utilizado siempre ha sido el deshidratado natural o artificial mediante el uso de distintas fuentes energéticas, como la solar por ejemplo, aunque estos procesos generalmente requieren grandes cantidades de tiempo para obtener las condiciones deseadas en el producto final, lo cual provoca la degradación y pérdida de algunas otras propiedades del alimento, e incluso la contaminación de los mismos si el proceso se lleva a cabo de manera rudimentaria y sin los cuidados necesarios.

En México, al igual que en el mundo, desde que llegaron las primeras civilizaciones surgió la necesidad de conservar los alimentos, esto debido a las largas distancias que se recorrían continuamente y por la dificultad de obtener ciertos alimentos en determinadas épocas del año. Dentro de estas formas de conservación la más común y sencilla fue el secado al sol, seguida de la salazón para carnes y pieles, el ahumado y la cocción, el enchilado, la obtención de pastas, el tostado de ciertos alimentos y hasta llegar a la más compleja de aquellas épocas que corresponde a la fermentación; todas ellas surgieron de la observación y la experimentación.



Figura 1.14 Secado al sol de uva en México (Revista Panorama Agrario, 2015)

Con el paso del tiempo se han ido perfeccionando las técnicas de conservación y se han realizado estudios científicos para determinar los factores que intervienen en mayor grado durante proceso, por lo cual a continuación se presentan algunos de los conceptos más utilizados.

iii. Principios Básicos y Factores que Intervienen en el Proceso

Antes y durante el proceso de deshidratado se tienen una serie de parámetros que influyen en la calidad del producto y definen las limitantes que puede tener dicho proceso. Durante el secado el material sólido se presentan dos subprocesos, la transferencia de materia debida al movimiento de la humedad dentro del sólido por su temperatura y humedad, y la transferencia de energía con el aire de secado que depende de las condiciones externas, entre las cuales se encuentran las siguientes.

Acondicionamiento del aire, que se refiere al control de sus propiedades termodinámicas como la temperatura, humedad, distribución y pureza, para lo cual se involucran diversos parámetros que permiten analizar su comportamiento, entre los que se encuentran la composición, el calor específico, el peso específico, el volumen específico y su entalpía.

Humedad absoluta y relativa. La primera se define como el cociente de la masa de vapor de agua contenida en el aire entre la masa de aire seco; mientras que la humedad relativa es el cociente entre la masa de vapor de agua contenida entre la máxima que puede contener, por lo que la humedad relativa en el aire es un parámetro de gran utilidad en la deshidratación de alimentos ya que mientras mayor sea la temperatura del mismo menor será la humedad relativa, por lo que el aire podrá absorber más humedad proveniente del alimento.

ω : Humedad absoluta (kg vapor/kg aire seco)

HR: Humedad relativa (%)

Temperatura de Rocío, que indica la temperatura a la cual el aire se satura cuando se enfría. Si se disminuye la temperatura del aire atmosférico aumenta su humedad relativa y al alcanzar el 100% cualquier decremento en la temperatura ocasionará una condensación de vapor de agua

para mantener la condición de aire saturado. Esta es igual a la temperatura de saturación correspondiente a la presión de vapor.

Actividad del agua en el alimento. El agua es el principal componente de los alimentos y pese a que podemos tener diferentes productos con la misma cantidad de líquido, su comportamiento depende mucho el tipo de enlaces presentes en la estructura. Por tal motivo, la actividad de agua es un concepto muy importante en la industria de los alimentos ya que su control permite detener el crecimiento microbiano, la velocidad de reacción de los procesos químicos y la inhibición del deterioro enzimático, controlando así la vida media de los alimentos.

La A_w es algunas veces definido como “agua libre”, esto quiere decir, agua no enlazada y que está disponible en el sistema. Cierta fracción del contenido de agua en los alimentos está ligada por enlaces químicos a sitios específicos con grupos como hidroxil de polisacáridos, carbonil o amino de proteínas, entre otros sitios polares.

Prácticamente en los procesos de deshidratación se busca eliminar una parte o la totalidad del “agua libre”, transformándola en “no disponible” contribuyendo a prolongar la vida de anaquel del producto deshidratado. El principal objetivo del secado es disminuir la A_w de los materiales perecederos a valores inferiores de 0.5% de la cantidad inicial.

La actividad de agua sirve como índice de cómo se está controlando el comportamiento del agua en un alimento por lo que se considera como una medida de la humedad relativa (HR) que se da en el sistema cerrado de deshidratación, cuando éste está en equilibrio. Cabe mencionar que, como la presión parcial de vapor del agua dentro del alimento es inferior o igual a la presión de vapor del agua pura a la misma temperatura, la actividad de agua está comprendida entre cero y uno.

Agua Ligada, En los alimentos existen diferentes estados en los que se encuentra el agua, es decir, no toda el agua de un producto tiene las mismas propiedades fisicoquímicas debido a las diversas estructuras internas propias de cada tejido, como los microcapilares que se forman, así como la presencia de lípidos que no permiten la coexistencia del agua con sus alrededores, entre otros.

Mediante la congelación de los alimentos es posible comprobar lo anterior puesto que en general un alimento se congela a -20°C , pero aún en estas condiciones una fracción del agua permanece líquida y requiere de temperaturas más bajas, por ejemplo -40°C , para que se solidifique completamente.

El agua ligada es un término relacionado con éste comportamiento y se refiere a la porción que no se congela a -20°C , por lo que también se le llama agua no congelable.

Presión de vapor. En el equilibrio dinámico del proceso de evaporación se mantienen constantes la presión y la temperatura, y el número de moléculas que salen del líquido por evaporación es igual al número de moléculas que entran por condensación, en este caso, la presión de vapor (P_v) se define como la presión que ejercen estas moléculas a una temperatura determinada. Este concepto puede aplicarse al proceso de deshidratación de los alimentos.

Humedad en Equilibrio Dinámico. Cuando un alimento con muy poca humedad (ejemplo polvos) se coloca en un lugar con una humedad relativa de 60%, el alimento toma agua del aire

que hay a su alrededor para alcanzar una condición de equilibrio, lo cual aplica de manera inversa si el alimento posee humedad mayor a la del aire. La humedad alcanzada, una vez que se ha logrado el equilibrio, es llamada “Humedad en equilibrio dinámico”, ya que el flujo de moléculas del agua del medio al alimento y viceversa es un intercambio dinámico.

Humedad del alimento. Como se ha mencionado, la cantidad de agua en los alimentos depende del tipo, la forma y textura. Esta humedad puede expresarse en base húmeda o en base seca.

Humedad base húmeda. Es utilizada para medir el contenido de agua de un alimento mediante la relación de la cantidad de agua perdida respecto a todo el sistema.

Humedad base seca, que relaciona la humedad perdida respecto a la muestra completamente seca o deshidratada.

Consumo específico de energía del proceso de deshidratación. Este consumo varía conforme a las diferentes etapas de secado y comúnmente se expresa como la cantidad de kilojoules consumidos por kg de agua evaporada. Este concepto permite realizar comparaciones energéticas en las distintas tecnologías utilizadas para el proceso.

Procesos de transferencia de calor y masa. Como se ha visto, el proceso de secado es un proceso termodinámico, el cual implica tener bien presentes los balances energéticos y de masa. Mucha de la teoría de la deshidratación se basa en la transferencia de calor del aire al alimento fresco (húmedo) y la transferencia de masa (agua evaporada) del alimento al aire seco. Debe contemplarse la superficie de transferencia de calor para que se lleve a cabo de la manera más eficiente dicho fenómeno termodinámico.

Curvas de secado. Es indispensable contemplar las características de los alimentos que se someterán al proceso de secado, por ejemplo: humedad de equilibrio, sensibilidad de material a la temperatura y los límites de temperatura alcanzable con la fuente de calor en particular. El comportamiento de secado de los sólidos es caracterizado 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, esto se conoce como cinética de secado.

Si la curva se normaliza con la tasa inicial de secado y el contenido medio de humedad, todas las curvas pueden ser aproximadas a menudo a una sola curva característica de una sustancia en particular, esta es la “curva característica de secado”.

De igual modo, existe otra curva característica del proceso que relaciona el contenido de humedad con la velocidad de secado. Ambas curvas se muestran en los siguientes esquemas que indican a su vez cada etapa por la que pasa el alimento hasta llegar a su estado final.

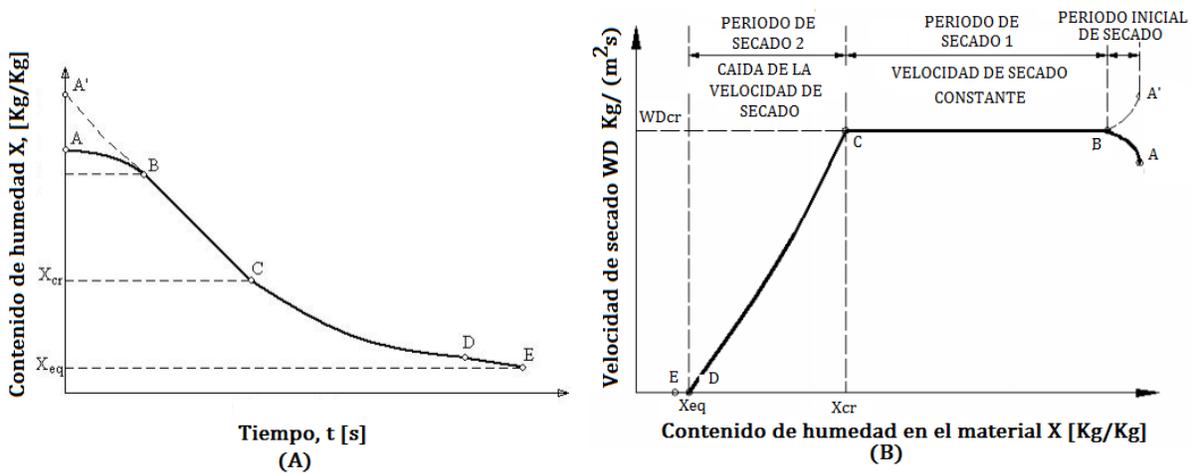


Figura I.15 Curvas de secado (G. Nonhebel, 1979)

iv. Métodos de Deshidratación de Alimentos

Actualmente existen diversos métodos de deshidratación de alimentos usados en la industria, entre los cuales se encuentran los siguientes:

Deshidratación por aire. Es el método más utilizado en la industria alimenticia por las capacidades de producción que mantiene y las características del producto deshidratado, y es el método que se emplea en este sistema de deshidratación con energía geotérmica. En este método es necesario que la presión de vapor de agua que rodea al producto a deshidratar sea significativamente inferior que la presión parcial saturada a la temperatura de trabajo. En sus fases iniciales se hace pasar un elevado flujo de aire que se reduce conforme avanza el producto a deshidratar, normalmente se usan velocidades de 3 a 10 metros por segundo, temperaturas de bulbo húmedo menores a 50°C y de 90 a 100°C en el bulbo seco.

Deshidratación por rocío (spray). Este método es usado para productos disueltos en líquidos que requieren de un ventilador, un sistema de calentamiento y un atomizador, en este proceso el producto líquido se atomiza en una contracorriente de aire seco y caliente, así las pequeñas gotas son secadas y caen en el fondo del equipo, su principal ventaja es debida a su rapidez.

Deshidratación osmótica. Es uno de los métodos más eficientes energéticamente, ya que el proceso de deshidratación se lleva a cabo sin energía térmica sino mecánica, se basa en la difusión del agua en una membrana permeable, inducida al sumergir la fruta (pulpa) en una solución que contenga una mayor concentración de azúcar que la misma fruta. Sin embargo esta técnica no conserva la mayoría de los nutrientes, aunado a que el tiempo del proceso es bastante largo.

Deshidratación por liofilización (congelación), usada en la industria del café instantáneo, leche en polvo, frutas, entre otras, se trata del uso de un ambiente de baja presión y temperatura, por debajo del punto triple del agua, con la cual se sublima el hielo. Se compone por una fase de sobrecongelación, desecación primaria y una desecación secundaria.

Deshidrocongelación. Es un método compuesto por una primera etapa de deshidratación en la cual se pierde la mitad del agua del producto, seguido por una rápida congelación. Se reduce

el tiempo de deshidratación y rehidratación sin embargo el producto final presenta arrugas, lo cual hace que sea más usado en productos industriales.

Deshidratación al vacío. Utiliza presiones bajas causando la evaporación del agua, en el cual la transferencia de calor se da por conducción y radiación; la calidad de los productos obtenidos es comparable con la liofilización y se usa en vegetales.

Cabe mencionar que actualmente la gran mayoría de empresas deshidratadoras operan mediante el uso de combustibles fósiles, principalmente gas LP o natural, como fuentes de energía para sus procesos, aunque algunas otras utilizan la energía solar mediante el uso de captadores solares, en su mayoría de placa plana.

v.Situación Actual en el Mundo

El principal uso de los alimentos deshidratados es como ingrediente y/o condimento en la elaboración de platillos, dándole a estos un valor agregado tanto por la presentación como por el sabor. Los productos que mayormente se deshidratan corresponden a hortalizas y en muchos casos son utilizados, a nivel industrial, como colorantes, condimentos y saborizantes, entre otros. Las principales ventajas que representan estos productos en comparación con el uso de alimentos frescos son el tiempo de vida de los mismos, la considerable reducción de espacio para su almacenamiento y su fácil transporte y embalaje.

En el caso de las frutas, se tiene preferencia por frutas tropicales deshidratadas como: piña, plátano, papaya y mango como una alternativa a “snaks” o colaciones bajas e incluso libres de grasas, los cuales causan un impacto positivo al verlos como un alimento saludable, al igual que con otros productos como pescado, carnes, té, café, azúcar, almidones, sopas, comidas precocidas, especias, hierbas, etc.

A nivel internacional los productos más demandados son:

- Frutas: Mango, piña, plátano, aguacate, papaya, ciruelas y marañones.
- Hortalizas: Zanahorias, tomates, cebollas, ajos, chiles picantes y dulces.
- Hierbas: Aromáticas (cilantro, perejil, apio, mentas, etc.)
- Infusiones: Rosa de Jamaica, manzanilla, flor de naranja, té de limón y azahares.
- Especias: Laurel, tomillo, romero, oréganos, etc.

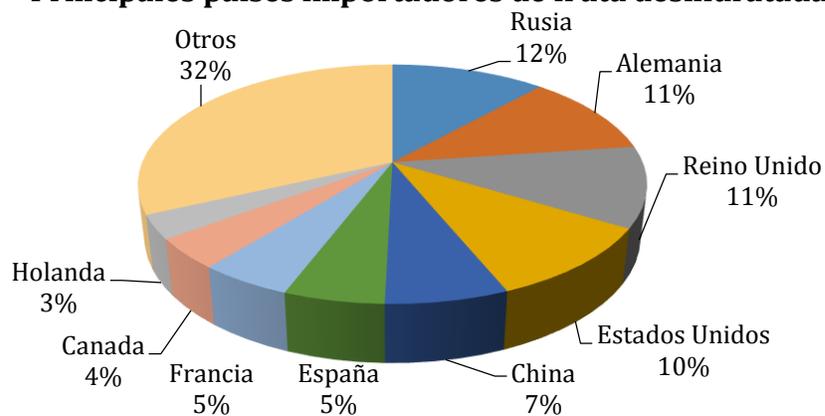


Figura I.16 Industria de alimentos deshidratados (Los tiempos. Economía, 2015)

Del total de exportaciones de productos deshidratados, las frutas tropicales como el mango, la piña, la papaya y el aguacate corresponden al 90% debido a que este tipo de frutas se caracterizan por su mayor valor comercial en promedio comparado con las demás frutas. De acuerdo con datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)) la tasa de crecimiento anual de las frutas tropicales es del 6%, seguidas por uvas 5.3% y bayas 4.7%.

Con base en los datos de proICHILE y del Global Trade Atlas, durante el 2010 las importaciones de frutas deshidratadas crecieron un 9.55% con respecto al 2009, lo que significa una suma de 1,504.87 millones de dólares y representa el auge que están tomando estos productos en el sector alimenticio.

Principales países importadores de fruta deshidratada



Principales países exportadores de fruta deshidratada

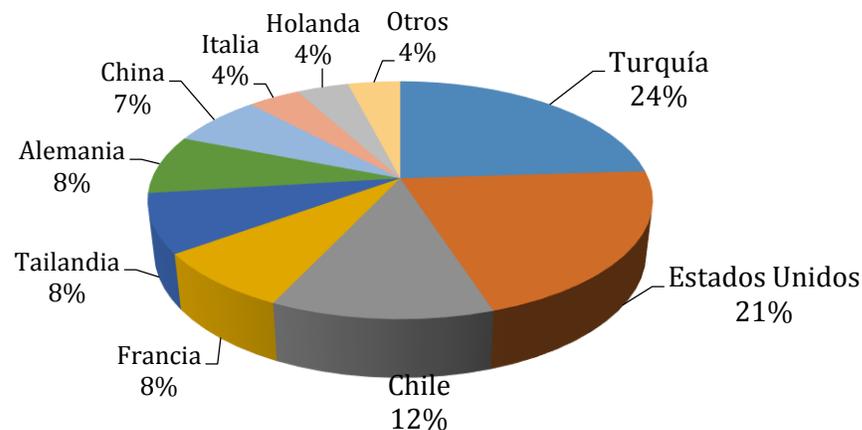


Figura 1.17 Balance de importaciones y exportaciones de frutas deshidratadas en 2010 a nivel mundial (Global Trade Atlas, 2014)

Cabe mencionar que Turquía lideró la lista de países exportadores con embarques por 294.67 millones de dólares, seguido por EU con 264 millones de dólares y en tercer lugar Chile con una suma de 163.81 millones de dólares. Con respecto a México, el país se encuentra ubicado en el

puesto número 14 del ranking de países importadores y presenta el incremento interanual más alto de la lista con un 38.97%, seguido por China (38.34%) y Rusia (24.03%).

Hasta ahora, con la información proporcionada es posible comprender la razón por la cual el desarrollo del proyecto presenta características que lo hacen potencialmente conveniente, tanto por el tipo de recurso energético que utiliza, como por los productos que se obtienen. En el siguiente capítulo se detalla el principio de funcionamiento del sistema y algunas otras características importantes.

Capítulo II.- Descripción del Sistema de Deshidratación

En este capítulo se presentará la descripción y explicación técnica del sistema de deshidratación de alimentos sobre el cual se realizará la evaluación técnico-económica para determinar su factibilidad de ser incorporado al sector industrial del país. Como ya se ha mencionado, el diseño y fabricación del sistema fue realizado por integrantes del grupo iiDEA desde el año 2006 y se basó en los conceptos descritos en el capítulo anterior, los cuáles son los parámetros más relevantes que intervienen en su operación. El sistema se encuentra en proceso de obtención de patente por lo que la información que aquí se presenta es propiedad del Instituto de Ingeniería de la UNAM y se encuentra protegida por la Ley de la Propiedad Industrial, por lo que su uso requiere previa autorización.

El producto obtenido del proceso de diseño corresponde a un prototipo funcional, seguro, confiable, competitivo, útil y que se puede fabricar y comercializar en cualquier lugar, siempre y cuando se cuente con los requerimientos técnicos e intelectuales necesarios para ello. Es necesario mencionar que el prototipo se encuentra en su última etapa de desarrollo, por lo que muy probablemente sufrirá ciertas modificaciones, de diseño principalmente; sin embargo, el principio de funcionamiento y el concepto se conservarán en todo momento.

I. Principio de Funcionamiento

La figura II.1 muestra el funcionamiento esquemático del sistema de deshidratación, en donde la fuente de calor es el recurso geotérmico de baja entalpía (fluido primario) que se obtiene por medio del pozo de extracción (1) y que al pasar por el intercambiador de placas planas (5) provoca un aumento en la temperatura del agua desmineralizada (fluido secundario) que fluye a través de los demás dispositivos del sistema. Una vez realizado el intercambio térmico se reinyecta el recurso geotérmico a la fuente de origen por medio del pozo de reinyección (2) o en su defecto se utiliza este flujo con energía remanente en otras aplicaciones directas.

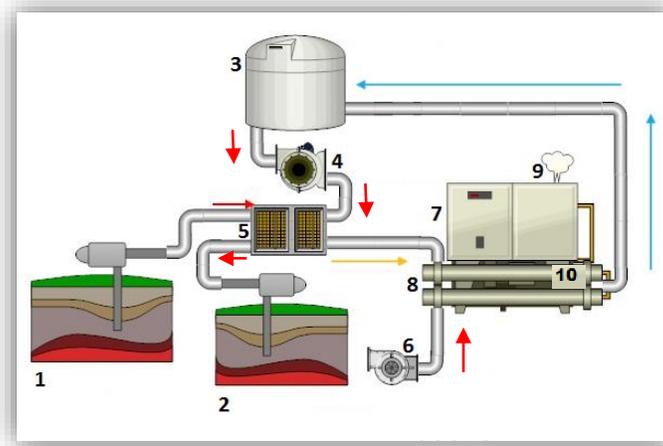


Figura II.1 Modelo esquemático del proceso de deshidratación con energía geotérmica (iiDEA, 2015)

De la misma figura, el agua desmineralizada se hace pasar a través del segundo intercambiador de calor (8) en donde cede su energía a una corriente de aire impulsada por medio de un ventilador (6) y posteriormente es enviada a un tanque de almacenamiento (3), para comenzar de nuevo el proceso de calentamiento, esto con ayuda de una bomba (4) que le proporciona la presión necesaria para ello. Por otro lado, el aire caliente se ingresa al deshidratador (7) para extraer gradualmente la humedad del alimento que se encuentra acomodado en charolas sostenidas por espiguetos acomodados en dos columnas verticales (10) y finalmente es expulsado a través de una chimenea (9).

A continuación se muestra sistema de deshidratación de alimentos indicando la dirección de los flujos de aire y agua caliente que intervienen en el proceso.

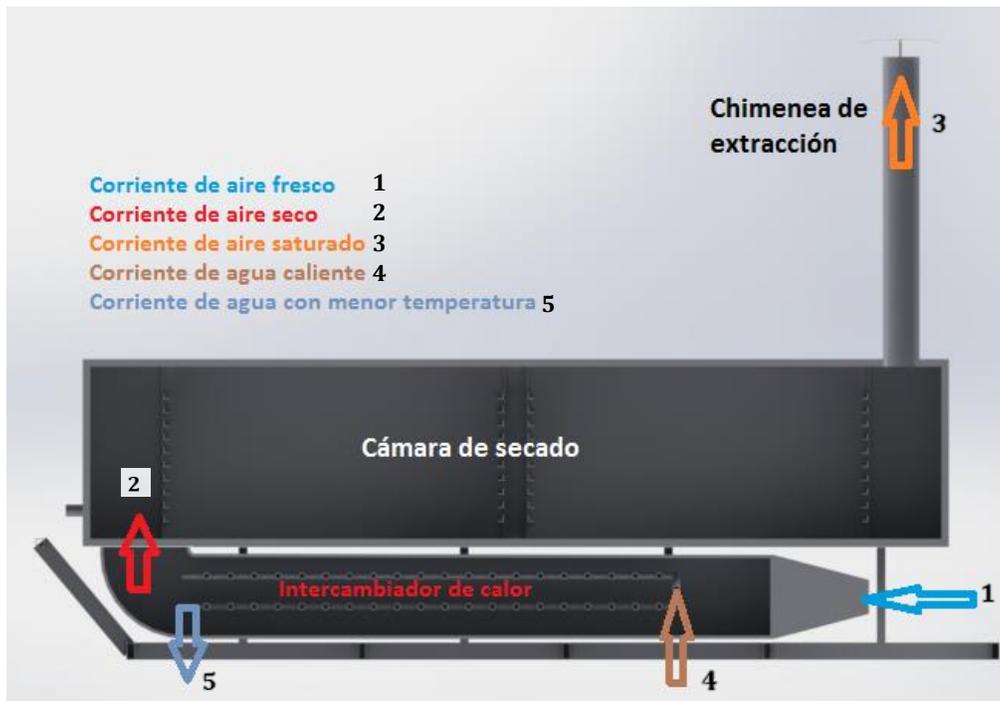


Figura II.2 Esquema operativo del deshidratador geotérmico (iiDEA, 2015)

En seguida se presentan los parámetros operativos obtenidos de la metodología de cálculo y diseño seguida por integrantes del grupo iiDEA.

II. Características Operativas y Geométricas del Sistema

Para realizar el diseño fue necesario establecer un producto a deshidratar y las condiciones operativas de una localidad en donde se pudiera llevar a cabo el proceso bajo condiciones ambientales severas, por lo que en este caso se trabajó con **jitomate bola**, por su amplia disponibilidad y niveles producción en diversas zonas del país, y se tomaron como referencia las condiciones de la **Península de Baja California**, en Ensenada, ya que en esta zona se cuenta con una gran cantidad de recurso geotérmico y con personal disponible capaz de llevar a cabo las tareas requeridas para la operación del sistema en sitio.

El diseño de este equipo se realizó utilizando los principios básicos de la termodinámica y transferencia de calor, para lo cual se consideraron factores climáticos como temperaturas, humedades relativas, salinidad en el ambiente, y uno muy importante, el tipo de alimento a deshidratar, ya que el jitomate por ser un alimento con mucha humedad en su interior (95%), es el alimento con el que el dispositivo operaría en estado crítico.

Los parámetros utilizados y obtenidos del proceso de diseño del equipo se describen a continuación, comenzando por las condiciones operativas del lugar:

- ~ Temperatura máxima promedio: 36.5°C
- ~ Temperatura mínima promedio: 1.1°C
- ~ Temperatura bulbo seco: 34°C
- ~ Temperatura bulbo húmedo: 28°C
- ~ Presión atmosférica: 101.235 kPa
- ~ Cp agua: 4.193 kJ/ kg K
- ~ Cp aire: 1.008 kJ/ kg K
- ~ Densidad agua: 974.9 kg/m³
- ~ Densidad aire: 1.301 kg/m³
- ~ Viscosidad dinámica agua: 3.778 E-04 kg/m s
- ~ Viscosidad dinámica aire: 1.960 E-05 kg/m s
- ~ Conductividad térmica agua: 0.667 W/m*K
- ~ Conductividad térmica aire: 0.0275 W/m*K

Con respecto a la operación del sistema se determinó que:

Con recurso geotérmico a 85°C y un flujo másico de 2.5 kg/s (disponible en Ensenada y varias otras zonas de la República Mexicana) es posible calentar 2.23 kg/s de agua desmineralizada de 36.5°C a 80°C, ganando el fluido una cantidad energética de 406.47 kWt. Este flujo de agua desmineralizada caliente se introduce en un intercambiador de calor para ceder 93.4 kWt de energía al aire que ingresa a la cámara de deshidratado, permitiendo que éste mantenga una temperatura de 60°C y 16% de humedad relativa. A la salida del deshidratador, el aire habrá ganado 46% de humedad y disminuido su temperatura 20°C.

Cabe mencionar que es indispensable que estas condiciones se mantengan constantes durante todo el proceso para evitar en lo posible la degradación de las propiedades organolépticas del alimento.

En cuanto a las dimensiones del deshidratador, las cuales se derivaron de los requerimientos establecidos para la capacidad de producción deseada (85 Kg de producto fresco), de las investigaciones, cálculos realizados y de los materiales disponibles en el mercado, la cámara de secado o gabinete mide 2.56 m de largo por 0.55 m de ancho y 0.57 m de alto, los espesores de paredes son de 19 mm, el ingreso de aire al gabinete es de 45X20 cm y la salida es de 12.5 cm de diámetro. Los bastidores están separados 4 cm uno de otro y el túnel que encierra el intercambiador de calor mide 2.3 m de largo por un área transversal de 22X40 cm; dicho intercambiador mide 1.70 m de largo por 0.35 m de ancho y está compuesto por tubos aletados de 5/8" y diámetro de tubería de 1", que se encuentran separados 8 cm entre sí. Las bandejas miden 1X0.5 m.

En el apartado III se muestran los modelos computacionales generados que permitieron el análisis y la construcción del sistema.

III. Modelo CAD y Planos del Equipo

Una vez explicado el principio de funcionamiento del deshidratador geotérmico y los parámetros operativos más importantes, así como las características principales de diseño del mismo, se presentan los modelos de Diseño Asistido por Computadora (Computer-Aided Design (CAD)) y los planos fabricación generados.

i. Vistas Globales

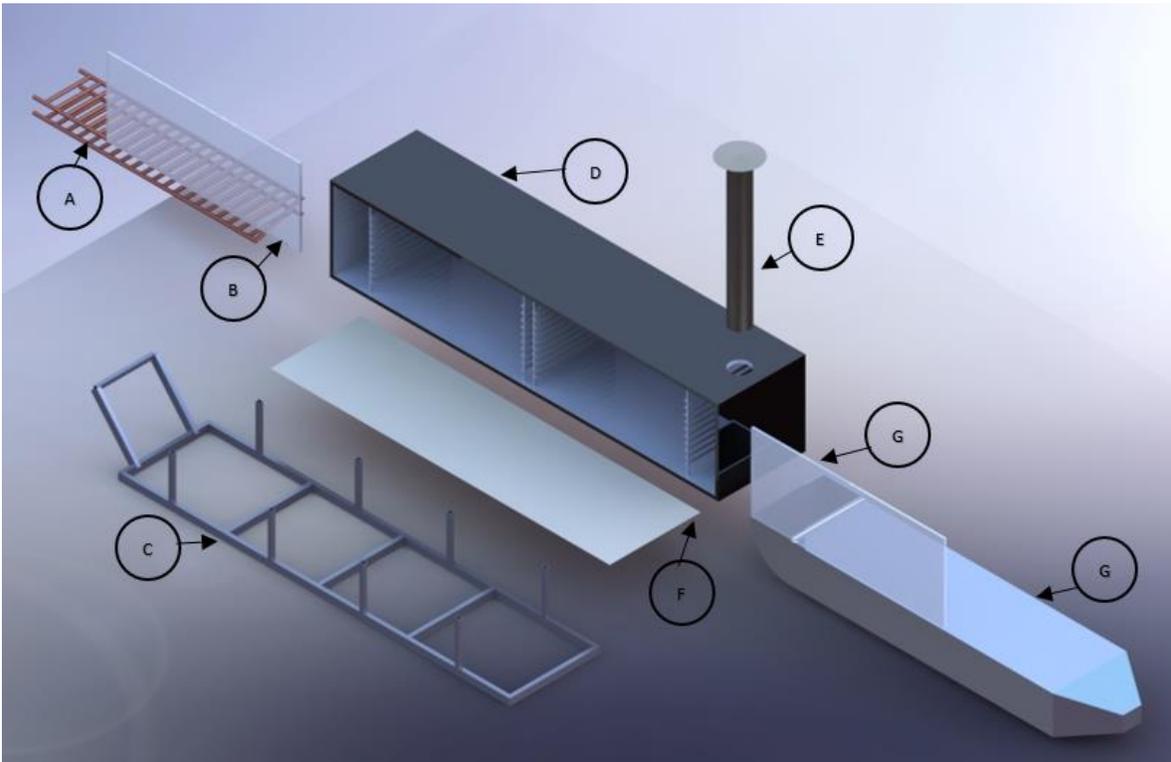


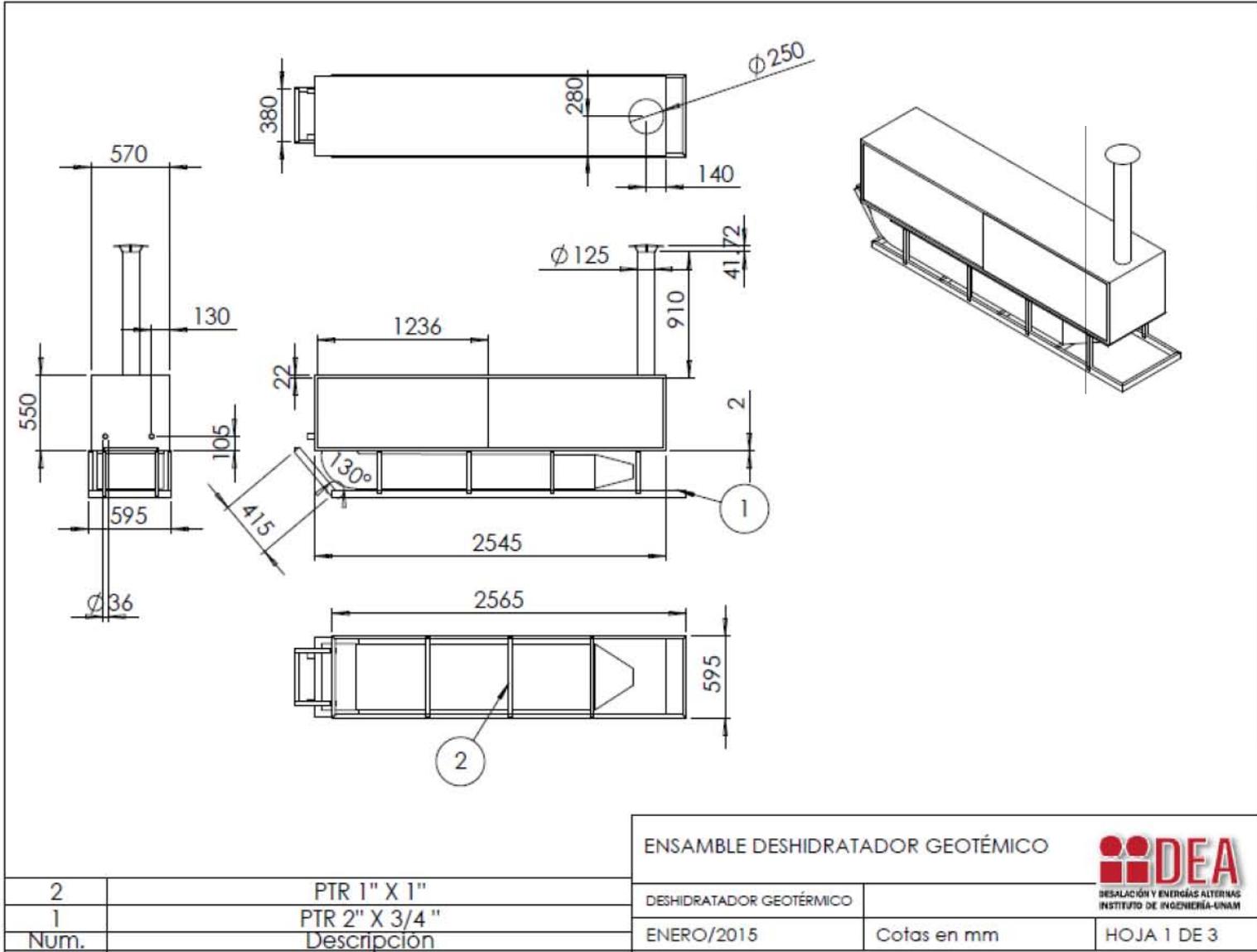
Figura II.3 Modelo CAD del Deshidratador Geotérmico iiDEA

| | |
|----------|------------------------------------|
| A | Intercambiador de calor |
| B | Puerta izquierda de deshidratador |
| C | Soporte de deshidratador |
| D | Cámara de deshidratado |
| E | Chimenea de aire húmedo |
| F | Base de la gaveta de deshidratador |
| G | Puerta derecha de deshidratador |



Figura II.4 Vistas del sistema (Frontal, inferior, superior y laterales) iiDEA

Figura II.5 Plano de fabricación del deshidratador (ensamble)



ii. Planos de Fabricación

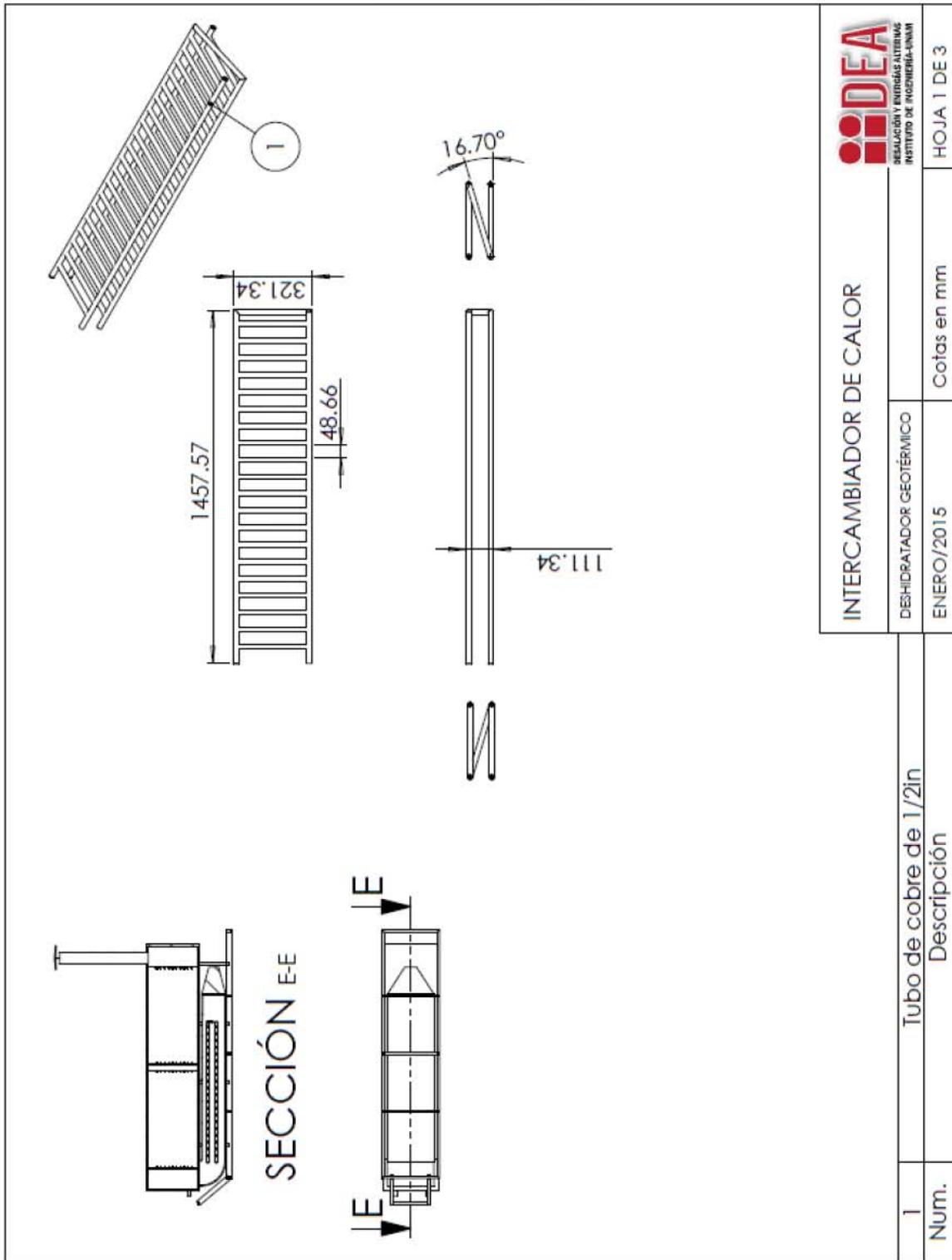


Figura II.6 Plano del intercambiador de calor

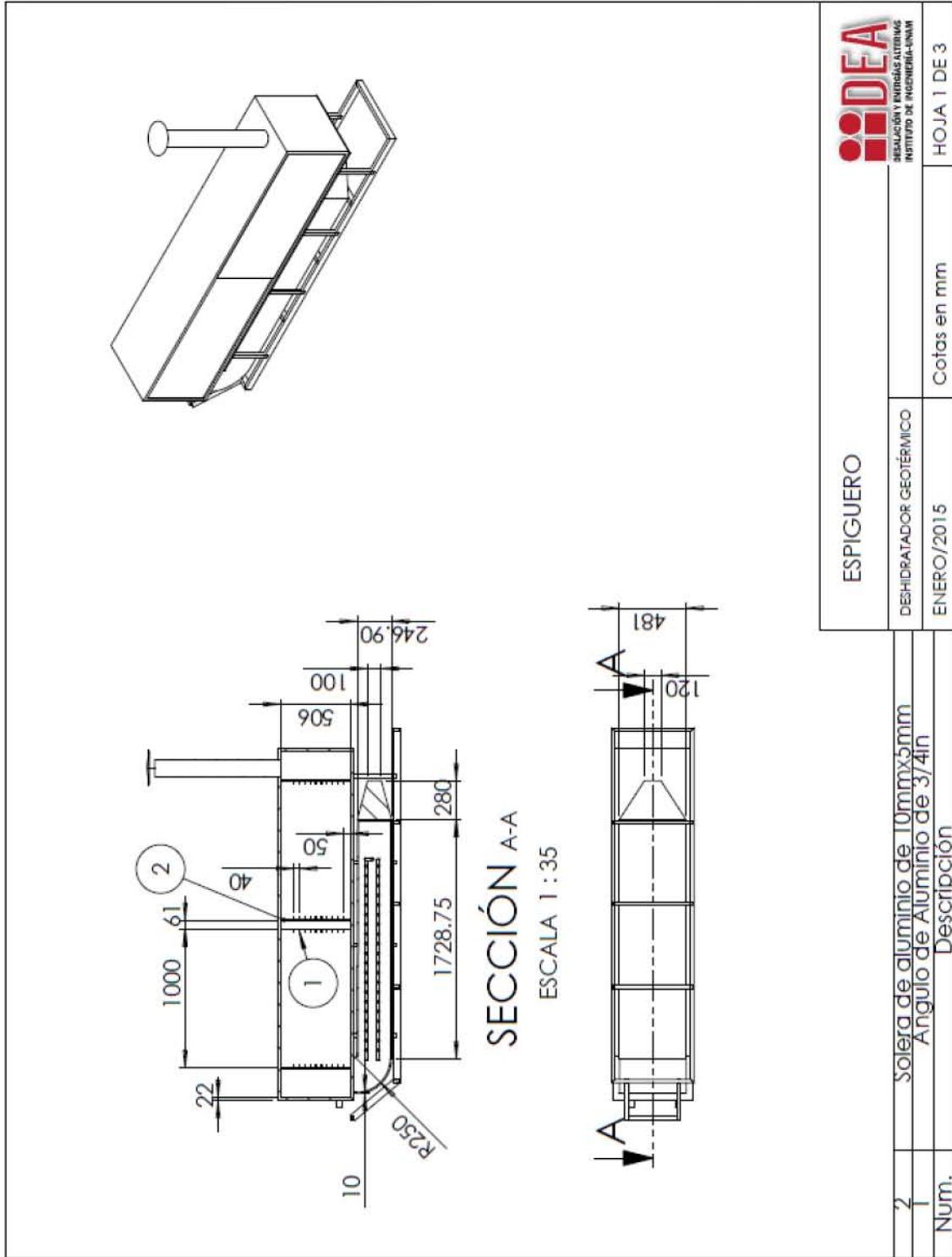


Figura II.7 Plano del espigero

Cabe mencionar que los planos presentados anteriormente se encuentran normalizados y poseen la información necesaria para construir las piezas del sistema real de deshidratación. A continuación se realiza una revisión de la situación actual del país con respecto a los temas de interés (geotermia y deshidratación) y se establece el marco regulatorio aplicable al proyecto.

Capítulo III.- Análisis Nacional de los Sectores y Marco Regulatorio Aplicable al Proyecto.

I. Estudio de los Sectores de Interés en México

i. Energía Geotérmica

Con respecto al tema, a lo largo del Capítulo I se proporcionaron los conceptos fundamentales de la geotermia y se realizó una revisión del desarrollo histórico del aprovechamiento de este recurso energético, y como se menciona para el caso particular de México, aunque se cuenta con un gran potencial, el uso de esta fuente térmica se ha limitado a la balneología como principal uso directo y a la generación de energía eléctrica a nivel industrial.

En el presente capítulo se realiza un análisis más profundo del sector a nivel nacional, basado en los principales aspectos técnicos, económicos y sociales que intervienen en la utilización de la energía geotérmica.

En el Inventario Nacional de Energías Renovables, emitido por la Secretaría de Energía, se presenta un mapa del potencial geotérmico calculado con base en el censo de más de 1,300 focos termales, realizado por la Comisión Federal de Electricidad mediante la determinación analítica de parámetros químicos como el sodio, potasio, calcio, magnesio, cloruros, sulfatos, sílice, entre otros, necesarios para determinar el origen y clasificación de los recursos, y para el cálculo de las temperaturas de equilibrio agua-roca como indicativo de las temperaturas probables en el subsuelo, el cual se presenta en la siguiente figura. (SENER, 2014)

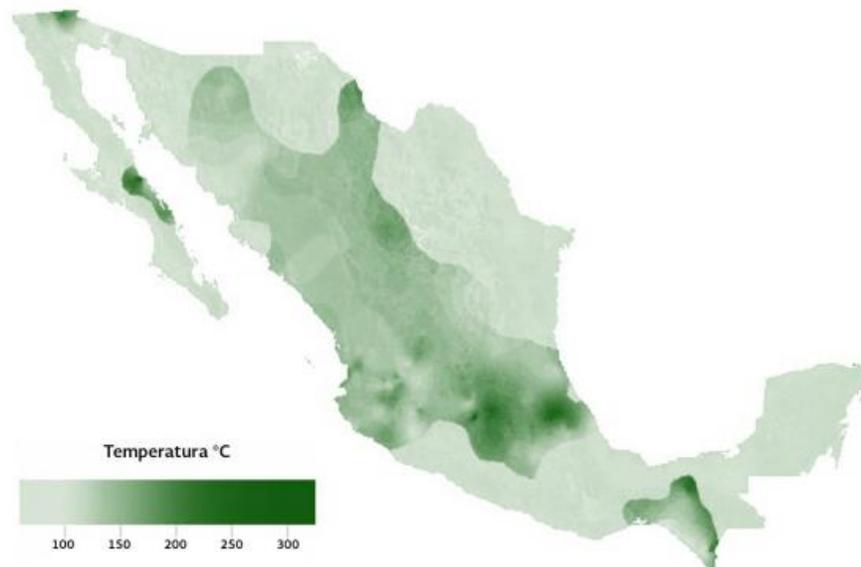


Figura III.1 Mapa de recursos geotérmicos en México °C (SENER, 2013)

Como se observa, el recurso es muy variado y se encuentra distribuido a lo largo de todo el territorio nacional, razón por la cual ha sido posible que México ocupe el cuarto lugar a nivel mundial en cuanto a producción de energía geotermoeléctrica, con una capacidad instalada de

958 MW que aportan 7% del total de energía producida con esta fuente y que corresponde al 2% de la capacidad instalada en el país; esta capacidad se encuentra distribuida en los cuatro campos geotérmicos activos: Cerro prieto, Los azufres, Los Humeros y Las Tres Vírgenes, además de los proyectos planeados por parte de la CFE para incrementar la generación de energía geotermoeléctrica, los cuales se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro III-1 Proyectos potenciales de generación geotermoeléctrica CFE (SENER, 2013)

| | | | | | | |
|---------------------|------------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------|-------------|--------------------|
| Proyecto | Los Azufres III Fase I | Los Humeros III Fase A | Ciclo Binario tres Vírgenes | Los Humeros III Fase B | Los Azufres | Cerritos Colorados |
| Capacidad MW | 50 | 25 | 1.7 | 25 | 25 | 25 |
| Estado | Construcción | Adjudicado | Proyecto | Proyecto | Proyecto | Proyecto |
| Operación | Dic. 2014 | Sep. 2015 | 2016 | 2018 | 2018 | 2019 |
| Localización | Michoacán | Puebla | Baja California Sur | Puebla | Michoacán | Jalisco |

Entre las mayores ventajas de la geotermia, además de su continuidad y estabilidad, se encuentra su bajo costo variable de generación, que en promedio es de 52 dólares por cada megawatt-hora (MWh), frente a los 280 dólares de la solar a gran escala, o los 100 dólares que cuesta la eólica marina y los 131 de la biomasa, de acuerdo con datos de la Prospectiva de Energías Renovables de la Secretaría de Energía. (SENER, 2013)

Por otro lado, se ha estimado que el país cuenta con un potencial de generación eléctrica de 10,644 MW contemplando las reservas posibles (7,423 MW), las reservas probables (2,77 MW) ubicadas en las localidades de la Primavera, San Marcos y Los Hervores en el estado de Jalisco, zonas cercanas a Los Humeros en Puebla, Araró, Ixtlán y San Agustín, en Michoacán, y San Bartolomé y Puroaguita en Guanajuato, y las reservas probadas (1,144 MW) incluyendo Cerro Prieto, Baja California, Los Azufres, Michoacán, Los Humeros, Puebla y Cerritos Colorados, en Jalisco.



Figura III.2 Campos geotérmicos en México (El Financiero , 2014)

Cabe mencionar que con la nueva Ley de Energía Geotérmica publicada el 11 de agosto de 2014 se dio apertura a inversiones privadas para el desarrollo de proyectos de aprovechamiento de esta energía, siendo el primero de ellos un proyecto de generación que corre a cargo de una empresa privada y se construirá en el Domo de San Pedro, en el estado de Nayarit, en el medio oeste de México. En dicho proyecto la empresa japonesa Mitsubishi Hitachi Power Systems, Ltd. (MHPS) recibió una orden por parte del Grupo Dragón a través de Geotérmica para el Desarrollo SAPI de CV (GEODESA), empresa de generación de energía en México, para construir una planta de generación de energía geotérmica de 25 MW. Este pedido representa para la compañía nipona el suministro de la planta número 13 en México. La nueva central se espera que entre en funcionamiento en 2016.

En el proyecto de construcción MHPS será responsable de la ingeniería, fabricación, adquisición e instalación de los componentes principales, incluyendo la turbina de vapor, bajo la modalidad *Construir-Operar-Transferir* (BOP), así como obras de ingeniería civil y la puesta en marcha. (Grupo ENAL , 2014)

Por otro lado, con respecto a los usos directos se estima que la capacidad instalada es de aproximadamente 164 MWt, distribuidos en más de 160 sitios en 19 estados del país, siendo las principales actividades las que se presentan en el siguiente cuadro junto con su participación energética.

Cuadro III-2 Estimación de la utilización del calor geotérmico en aplicaciones directas (SENER, 2013)

| Tipo | Capacidad (MWt) | Energía (TJ/año) |
|-------------------------------|-----------------|------------------|
| Secado de productos agrícolas | 0.01 | 0.18 |
| Balneología | 164.00 | 3,913.44 |
| Invernaderos | 0.00 | 0.11 |
| Calefacción de edificios | 0.46 | 13.19 |
| Otros (cultivo de hongos) | 0.17 | 4.95 |
| Total | 164.64 | 3,931.87 |

Como se muestra en el cuadro III.2, la balneología es prácticamente el único uso de la energía geotérmica diferente a la producción eléctrica y su nivel de aprovechamiento es muy reducido comparado con el nivel energético del país, por lo que existe una gran cantidad de calor disponible para aprovecharla en otros usos como el que se presenta en esta tesis.

En seguida se establece el estudio correspondiente al sector de la deshidratación de alimentos y sus productos en el país.

ii. Deshidratado de Alimentos

De acuerdo con la Unidad de Inteligencia de Negocios de la Secretaría de Economía, en el documento "Alimentos Procesados" publicado en Junio de 2013, los alimentos deshidratados pertenecen a este grupo, cuyos indicadores económicos principales a nivel nacional son los siguientes. Algunas de las cifras están dadas en millones de dólares (md) y otras en miles de millones de dólares (mmd), indicándose en cada parte correspondiente.



Figura III.3 Indicadores económicos del sector de alimentos procesados en México (Secretaría de Economía, 2013)

En la figura III.3 se observa que prácticamente el país produce la totalidad de lo que consume, y puesto que la tasa media de crecimiento anual de la producción (TMCA) proyectada para el periodo 2012-2020 es ligeramente mayor a la de consumo se podría decir que siguiendo esta tendencia rápidamente se llegará a un punto de equilibrio. Por otro lado, las inversiones extranjeras directas (IED) reflejan que existe interés en esta área, por lo que el valor de las exportaciones podría crecer rápidamente en los próximos años. Algunos otros datos de interés se muestran en seguida:



Figura III.4 Características del sector de alimentos procesados en México (Secretaría de Economía, 2013)

En donde es necesario resaltar que la presencia de cadenas comerciales de gran escala a lo largo del país representa una oportunidad para introducir los alimentos deshidratados con mayor fuerza en el mercado interno, y aunque éstos no tienen una participación considerable en las exportaciones más adelante se revisará la importancia que se tiene a nivel nacional. Las empresas transnacionales más importantes de alimentos procesados son Nestlé, Pepsico, Unilever, General Mills, Grupo Bimbo, Mondeléz International, Danone, Marz y Kellogg's.

Cabe mencionar que tanto en producción como en consumo de la industria de alimentos procesados, México se encuentra entre los primeros 10 países con mayor influencia a nivel mundial y presenta una de las tasas de crecimiento anual más altas (7.4%), solamente por debajo de China (11.5%) y otras regiones de Asia del Pacífico (9.8%). (Secretaría de Economía, 2013)

Cuadro III-3 Principales países productores de la industria de alimentos procesados en 2012 (Secretaría de Economía, 2013)

| País | Producción 2012 (mmd) | % Part. 2012 |
|--------------|-----------------------|---------------|
| China | 1,041 | 22.4% |
| EE.UU. | 732 | 15.7% |
| Japón | 312 | 6.7% |
| Brasil | 242 | 5.2% |
| Alemania | 175 | 3.8% |
| Francia | 161 | 3.5% |
| Italia | 137 | 2.9% |
| Rusia | 130 | 2.8% |
| México | 124 | 2.7% |
| India | 111 | 2.4% |
| Otros | 1,492 | 32.0% |
| Total | 4,657 | 100.0% |

Cuadro III-4 Principales países consumidores de la industria de alimentos procesados en 2012 (Secretaría de Economía, 2013)

| País | Consumo 2012 (mmd) | % Part. 2012 |
|--------------|--------------------|--------------|
| China | 1,044 | 22.5% |
| EE.UU. | 732 | 15.8% |
| Japón | 349 | 7.5% |
| Brasil | 205 | 4.4% |
| Alemania | 174 | 3.7% |
| Francia | 164 | 3.5% |
| Rusia | 148 | 3.2% |
| Italia | 146 | 3.1% |
| México | 125 | 2.7% |
| Reino Unido | 122 | 2.6% |
| Otros | 1,434 | 30.9% |
| Total | 4,643 | 100% |

Por otro lado, en el mismo documento de Alimentos Procesados referido anteriormente, se define que dentro de la industria de alimentos procesados se consideran 13 categorías, las cuales se muestran en el siguiente cuadro junto con su participación en el mercado internacional.

Cuadro III-5 Categorías contempladas dentro de los alimentos procesados (Secretaría de Economía, 2013)

| Categorías | Descripción | % Participación en el mercado 2012 |
|------------|---|------------------------------------|
| Panadería | Alimentos horneados, biscochos y cereales para desayuno | 21.1% |

| | | |
|---|--|-------------|
| Lácteos | Leche, queso, productos de leche para beber y yogurt | 19.8% |
| Alimentos procesados refrigerados | Pescado, pasta, pizza, carne procesada, sopa, ensaladas preparadas, frutas, etc. | 10.5% |
| Confitería | Confitería de azúcar, chicles, confitería con chocolate | 8.8% |
| Alimentos procesados deshidratados | Sopas, postres, pasta, fideos y arroz | 6.8% |
| Botanas dulces y saladas | Papas fritas, nueces, palomitas, tortillas y botanas a base de maíz, pretzels, etc. | 5.4% |
| Alimentos procesados congelados | Comidas instantáneas, postres, fideos, productos del mar, vegetales, etc. | 5.3% |
| Aceites y grasas | Mantequilla, aceite para cocinar, margarina, aceite de oliva, aceite de semillas y vegetal | 5.3% |
| Salsas, aderezos y condimentos | Salsas para cocinar, dips, productos en vinagre, pasta y purés de tomate, etc. | 5.2% |
| Comida enlatada y conservada | Frijoles, frutas, pasta, sopas, tomates, vegetales, etc. | 4.3% |
| Fideos, pastas y sopas | Pasta seca, enlatada o refrigerada, fideos instantáneos, etc. | 4.1% |
| Helados | Yogurt congelado, helado artesanal, helado para consumo en el hogar | 3.3% |
| Comida para bebé | Comida preparada y fórmula de leche | 2.2% |
| Total | | 100% |

Para el caso de estudio del presente trabajo, los productos obtenidos del sistema de deshidratación geotérmica entran en la categoría de Comida Enlatada y Conservada, la cual asciende al 4.3% de la participación total en el mercado mundial; y debido a que México cuenta con gran capacidad productiva y disponibilidad de materias primas para el abasto, el país resulta atractivo para las empresas nacionales y extranjeras que buscan introducirse en este mercado. La distribución de la producción nacional de esta industria en el año 2011 se dio de la siguiente manera:

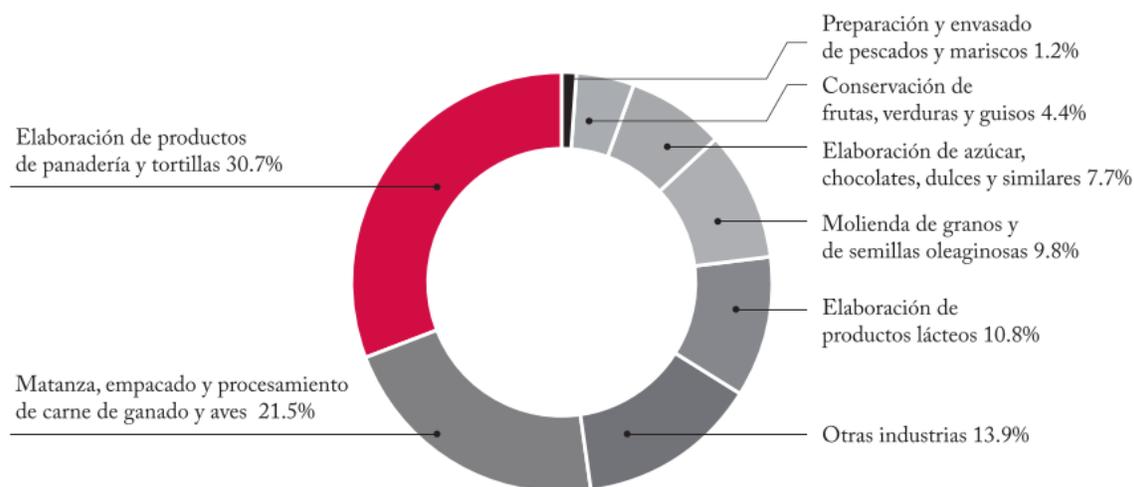


Figura III.5 Producción por categoría en 2011 (Secretaría de Economía, 2013)

En donde resulta conveniente resaltar que la categoría de interés (conservación de frutas, verduras y guisos) asciende al 4.4% del total de producción en el país.

En cuanto al comercio exterior, para el año 2012 el principal destino de las exportaciones mexicanas fue Estados Unidos con el 69% del total, seguido por Japón con el 6.3%, Guatemala con el 2.4% y el resto de los países con participaciones por debajo de los dos puntos porcentuales; y de acuerdo con el crecimiento de estas exportaciones en los últimos años, se espera que pronto Japón, Bélgica y España compitan por el primer lugar, ya que desde 2011 han crecido a un ritmo anual del 24.4%, 85.5% y 27.9% respectivamente, mientras que estados Unidos ha disminuido 5.7%.



Figura III.6 Balanza comercial de alimentos procesados en México (MD) 2006-2012 (Global Trade Atlas, 2014)

De este tema es importante mencionar que del total de alimentos procesados exportados por México, los productos deshidratados, secos o conservados por otros medios corresponden al 7.7% y presentaron un crecimiento promedio del 10% en el periodo de 2011-2012; mientras que para el mismo periodo, la inversión extranjera directa en el sector ascendió a 185 md, siendo los Países Bajos, Estados Unidos y Suiza los países con mayor participación acumulando casi el 95% del total y presentando grandes intereses en el tema, lo cual permitirá ampliar considerablemente la producción nacional. Y en cuanto a la industria mexicana, también se cuenta con un amplio número de empresas en el sector, tal como se indica en el cuadro III.6.

Cuadro III-6 Principales empresas mexicanas de alimentos procesados (Secretaría de Economía, 2013)

| Empresa | Ventas 2011 (md) | Trabajadores | Línea de negocio |
|---------------------------------|------------------|--------------|------------------------------------|
| Grupo Bimbo, SAB de CV | 9,550 | 91,355 | Panificación, botanas y confitería |
| Gruma, S.A.B. de C.V. 4,940 | 4,940 | 21,318 | Harina de maíz |
| Grupo Industrial Lala, SA de CV | 4,220 | 35,006 | Productos lácteos |

| | | | |
|--|-------|--------|--|
| Industrias Bachoco, S.A.B. de C.V. | 3,020 | 25,326 | Pollo y huevo fresco, guisados, alimentos prácticos como carne molida y chorizo |
| Sigma Alimentos, SA de CV | 2,930 | 27,923 | Procesamiento de frutas y verduras, carnes frías, queso y yogurt |
| Ganaderos Productores de Leche Pura, SA de CV | 864 | 10,000 | Productos lácteos |
| Grupo Hérdez, SA de CV | 692 | 6,000 | Produce y comercializa, salsas, frutas y verduras conservadas, salsas, pastas alimenticias. |
| Grupo La Moderna, SA de CV | 514 | 4,347 | Pastas, galletas y harinas. |
| Grupo Bafar, SAB de CV | 454 | 8,702 | Elaboración, producción y distribución de carnes frías |
| Grupo Minsa, S.A.B. de C.V. | 359 | 1,100 | Harina de maíz |
| Pescados Industrializados, SA de CV | 332 | 1,000 | Atún enlatado |
| Lechera Guadalajara, SA de CV | 289 | 3,500 | Productos lácteos |
| Sabormex, SA de CV | 217 | 1,290 | Producción y distribución de salsas, café, alimentos enlatados y conservados, bebidas energéticas y mermeladas |
| Chilchota Alimentos, SA de CV | 143 | 750 | Derivados lácteos |
| Derivados de Leche La Esmeralda, SA de CV | 116 | 1,700 | Quesos, cremas y mantequillas |
| Conservas La Costeña, SA de CV | - | 2,210 | Frutas y verduras conservadas, comida enlatada, salsas, sopas, mermelada, enlatados. |

Cuya distribución a lo largo del territorio nacional se da de la siguiente manera, siguiendo la nomenclatura que se muestra en la siguiente figura:

| Estado | Confitería con cacao  | Confitería sin cacao  | Preparaciones de frutas y hortalizas  | Café  | Harinas y cereales  | Preparaciones alimenticias y salsas  | Total de empresas exportadoras por estado |
|------------------|---|---|---|---|--|--|---|
| Distrito Federal | 26 | 41 | 39 | 11 | 29 | 96 | 242 |
| Jalisco | 17 | 37 | 30 | 2 | 21 | 52 | 159 |
| Nuevo León | 6 | 30 | 23 | 1 | 35 | 49 | 144 |
| Estado de México | 12 | 19 | 17 | 3 | 26 | 47 | 124 |
| Baja California | 8 | 10 | 16 | -- | 19 | 16 | 69 |
| Michoacán | 2 | 2 | 45 | -- | 1 | 12 | 62 |
| Guanajuato | 1 | 6 | 20 | -- | 7 | 18 | 52 |
| Chihuahua | 3 | 8 | 12 | -- | 9 | 14 | 46 |
| Puebla | 2 | 8 | 5 | 2 | 11 | 14 | 42 |
| Yucatán | 3 | 3 | 10 | -- | 7 | 17 | 40 |
| Otros | 56 | 90 | 119 | 87 | 106 | 204 | 662 |
| Total | 136 | 254 | 336 | 106 | 271 | 539 | 1642 |

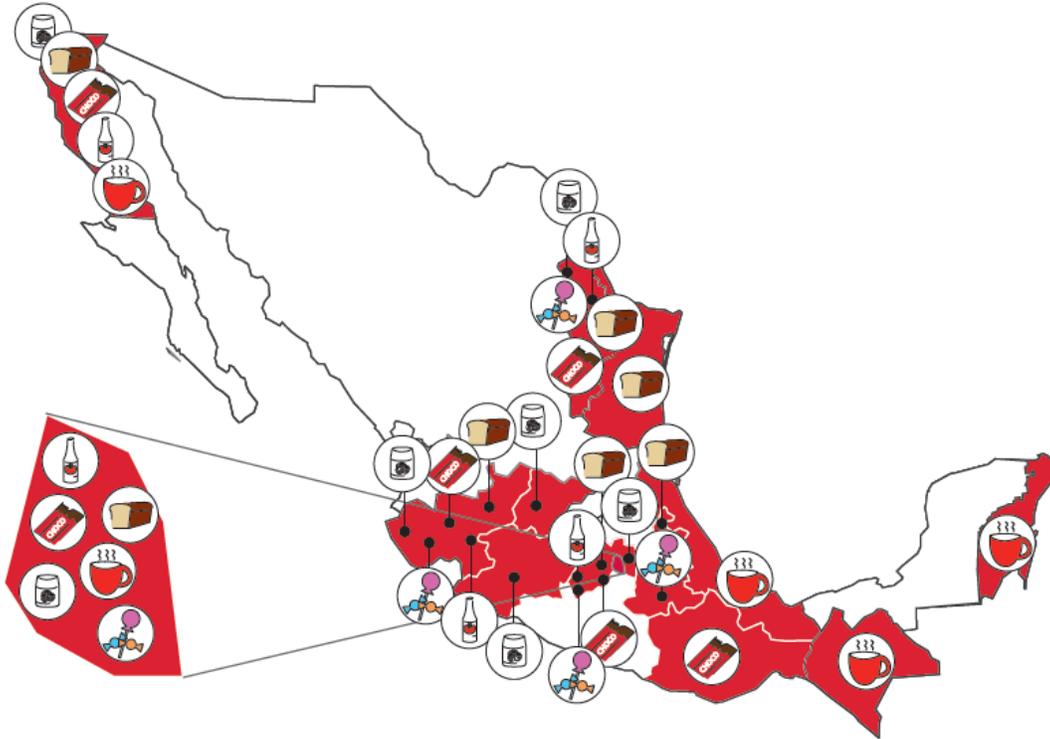


Figura III.7 Distribución de las empresas de alimentos procesados en México (Secretaría de Economía, 2013)

En donde es necesario mencionar que las industrias de productos deshidratados se concentran en la zona centro y norte del país lo cual, como se verá más adelante, resulta conveniente para la evaluación del proyecto.

A continuación se define el marco regulatorio aplicable al proyecto para cada una de las principales actividades involucradas: aprovechamiento de la energía geotérmica y producción de alimentos deshidratados.

II. Normatividad Aplicable al Proyecto

i. Marco Jurídico Para el Uso de la Energía Geotérmica de Baja Entalpía

Actualmente en México el aprovechamiento de la energía geotérmica se encuentra regulado básicamente por la Ley de Energía Geotérmica y su Reglamento, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 11 de Agosto y 31 de Octubre del 2014 respectivamente. El objeto de estos ordenamientos es establecer los requisitos, procedimientos y demás actos que permitan la realización de las actividades de Reconocimiento, Exploración y Explotación de Recursos Geotérmicos, para el aprovechamiento de la energía térmica del subsuelo dentro de los límites del territorio nacional, con el fin de generar energía eléctrica o destinarla a usos diversos (directos).

En estos documentos se establece que la energía geotérmica corresponde a una energía limpia y en el segundo artículo de la Ley de Energía Geotérmica se definen algunos conceptos de interés para este trabajo, los cuales se presentan en seguida.

Agua geotérmica: *Agua propiedad de la Nación, en estado líquido o de vapor que se encuentra a una temperatura aproximada o superior a 80°C en forma natural en un yacimiento geotérmico hidrotermal, con la capacidad de transportar energía en forma de calor, y que no es apta para el consumo humano;*

Área geotérmica: *Área delimitada en superficie y proyectada en el subsuelo con potencial de explotación del recurso geotérmico;*

Concesión: *Acto jurídico por el cual el Estado, a través de la Secretaría, confiere a un particular, a la Comisión Federal de Electricidad o a las empresas productivas del Estado, los derechos para la explotación de los recursos geotérmicos de un área determinada, conforme a lo dispuesto en esta Ley, su Reglamento y demás disposiciones aplicables, con el propósito de generar energía eléctrica o para destinarla a usos diversos;*

Concesionario: *Titular de una concesión para explotar un área geotérmica;*

Exploración: *Conjunto de actividades que contribuyen al conocimiento geológico, geofísico y geoquímico del área geotérmica; así como las obras y trabajos realizados en superficie y en el subsuelo, con el objeto de corroborar la existencia del recurso geotérmico y delimitar el área geotérmica, dentro de las cuales se encuentra el acondicionamiento del sitio, obras civiles asociadas, montaje de maquinaria y equipo, perforación y terminación de pozos exploratorios geotérmicos;*

Explotación: *Conjunto de actividades, con fines comerciales, que permiten obtener energía eléctrica y otros aprovechamientos por medio del calor del subsuelo, a través de la perforación de pozos, o cualquier otro medio, incluyendo las demás obras necesarias para la construcción, extracción, puesta en marcha, producción y transformación del recurso geotérmico;*

Manejo sustentable del recurso geotérmico: *Aquél que permite que la explotación del recurso se desarrolle de forma tal que procure la preservación del contenido energético del mismo y su carácter renovable;*

Permisionario: *Titular de un permiso para explorar un área geotérmica;*

Permiso: *Acto jurídico por el cual el Estado, a través de la Secretaría, reconoce el derecho de un particular, de la Comisión Federal de Electricidad o las empresas productivas del Estado, para explorar un área geotérmica;*

Pozo exploratorio geotérmico: *Perforación del subsuelo con fines exploratorios, bajo los lineamientos que señale la presente Ley, su Reglamento y demás disposiciones aplicables, y que tenga como propósito obtener información térmica, litológica y geoquímica de una posible área geotérmica;*

Reconocimiento: *Actividad que permite determinar, por medio de la observación y la exploración a través de estudios de geología por fotos aéreas, percepción remota, toma y análisis de muestras de rocas, muestreo geoquímico y geohidrológico, entre otras, si determinada área o*

territorio puede ser fuente de recursos geotérmicos para la generación de energía eléctrica o destinarla a usos diversos;

Usos diversos: *De acuerdo con la fracción VIII del artículo 2° del Reglamento de la Ley de Energía Geotérmica, por “Usos Diversos” debe entenderse: Aquellos usos en los que se puede aprovechar la energía geotérmica diferente a la generación de energía eléctrica, entre los que se encuentran, la calefacción urbana o de invernaderos, elaboración de conservas, secado de productos agrícolas o industriales, deshielo, lavado de lana y tintes, refrigeración por absorción o por absorción con amoníaco, extracción de sustancias químicas, destilación de agua dulce, recuperación de metales, evaporación de soluciones concentradas, fabricación de pulpa de papel, los cuales deberán señalarse en el título de Concesión que al efecto otorgue la Secretaría.*

Recurso geotérmico: *Recurso renovable asociado al calor natural del subsuelo, que puede ser utilizado para la generación de energía eléctrica, o bien, para destinarla a usos diversos;*

Registro: *Acto jurídico mediante el cual el Estado, a través de la Secretaría, otorga a un particular, a la Comisión Federal de Electricidad o a las empresas productivas del Estado, la facultad de realizar actividades de reconocimiento en el territorio nacional, como trabajos preparatorios para una fase posterior de exploración de recursos geotérmicos;*

Yacimiento geotérmico: *La zona del subsuelo compuesta por rocas calientes con fluidos naturales, cuya energía térmica puede ser económicamente explotada para generar energía eléctrica o en diversas aplicaciones directas;*

Yacimiento geotérmico hidrotermal: *Formación geológica convencionalmente delimitada en extensión superficial, profundidad y espesor que contiene agua geotérmica, a alta presión y temperatura aproximada o mayor a 80°C, confinados por una capa sello impermeable y almacenados en un medio poroso o fracturado, y*

Secretaría: *Secretaría de Energía.*

Para este caso de estudio, la temperatura del recurso geotérmico que se utiliza en el sistema de deshidratación de alimentos se encuentra alrededor de 85°C por lo cual su explotación está regida esencialmente por la Ley de Energía Geotérmica y su Reglamento, cuyo cumplimiento y supervisión se encuentra a cargo de la Secretaría de Energía (SENER).

Dado que esta Ley y su Reglamento se enfocan principalmente en el aprovechamiento de la energía geotérmica para la producción eléctrica y no profundizan en los usos diversos de la misma, para un mejor entendimiento y comprensión de la Ley se presentó ante la SENER, por parte del grupo iiDEA del Instituto de Ingeniería de la UNAM, una solicitud de información detallada para la obtención de concesiones para la utilización del recurso térmico de baja temperatura en usos diversos o directos el día 19 de Marzo del 2015, recibándose como respuesta un documento con número de oficio DGEL/211/589/2015 emitido el día 30 de Marzo del mismo año con los puntos de interés explicados a detalle, el cual se presentan a continuación.

“Con fundamento en lo dispuesto por el artículo 8 de la Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos , los artículos 3,7. Fracción VI de la Ley de Energía Geotérmica, 3 del Reglamento de la Ley de Energía Geotérmica, los artículos 2° apartado C, fracción II y 25 fracción I del reglamento Interior de la Secretaría de Energía, se emite el presente oficio.

El pasado 19 de Marzo de 2015, se presentó ante esta Dirección General de Energías Limpias de la Subsecretaría de Planeación y Transición Energética de la SENER una solicitud de información detallada de los procedimientos y requisitos que se debe cumplir para el aprovechamiento de la energía geotérmica de baja temperatura para usos diversos, respecto de la cual se provee lo siguiente.

La Ley de Energía Geotérmica establece en su primer artículo que la misma es de interés y orden público, y tiene por objeto regular el reconocimiento, la exploración y la explotación de recursos geotérmicos para el aprovechamiento de la energía térmica del subsuelo dentro de los límites del territorio nacional, con el fin de generar energía eléctrica o destinarla a usos diversos.

Por lo anterior, debe exaltarse que la Ley de Energía Geotérmica y su reglamento, regulan la exploración y explotación de los recursos geotérmicos para usos diversos, tal como se procede a discurrir:

En términos de los artículos 2 fracción III y 28 de la Ley de Energía Geotérmica para solicitar el otorgamiento de un título de concesión para la explotación de los recursos geotérmicos de un área determinada, con el propósito de destinarlos a usos diversos, es requisito indispensable ser permisionario del área geotérmica de que se trate, por lo anterior para llevar a cabo un proyecto de aprovechamiento de recursos geotérmicos para usos diversos es requisito *sine qua non* ser permisionario.

En tal orden de ideas, como se describe por el artículo 13 de la Ley de Energía Geotérmica para el otorgamiento de permisos de exploración, el interesado deberá presentar su solicitud ante esta dependencia, la cual deberá acompañarse de los documentos que acrediten su capacidad jurídica, técnica y financiera para la realización de trabajos de exploración de un área determinada, y demostrar su experiencia en este ramo.

Asimismo, el interesado deberá expresar la viabilidad técnica de su proyecto y establecer un programa técnico de trabajo con metas calendarizadas, el cual deberá ser congruente con la extensión de terreno que se solicita, así como un esquema financiero que detalle la inversión que se realizará en cada etapa.

Los permisos de exploración de recursos geotérmicos para usos diversos deberán otorgarse en términos del numeral 17 de la Ley de Energía Geotérmica: tendrán una extensión de hasta 150 Km², una vigencia de tres años y podrán ser prorrogados por única vez, por tres años más.

Cabe aclarar que, dado que los usos diversos de los recursos geotérmicos pueden requerir una menor duración en la etapa de exploración, según se prescribe en el segundo párrafo del artículo 18 de la Ley de Energía Geotérmica una vez que el permisionario considere que los estudios e información obtenida en la etapa exploratoria son suficientes para determinar la existencia del recurso geotérmico que se pretenda explotar, podrá solicitar ante la Secretaría la concesión correspondiente, sin necesidad de completar el plazo de 3 años.

Agotada la etapa de exploración, habiendo cumplido con los requisitos aplicables a los permisionarios pueden solicitar una concesión de recursos geotérmicos, presentando a esta Secretaría evidencia documental y/o de campo que permita determinar que en los trabajos de explotación que se realizarán, no habrá interferencia con acuíferos adyacentes al yacimiento geotérmico.

Aclarado lo anterior, se realizará una enumeración de los requisitos señalados tanto por la Ley de Energía Geotérmica, como por su Reglamento para solicitar permisos y concesiones de recursos geotérmicos:

- a) Requisitos para otorgar permisos de exploración de recursos geotérmicos:
- I. Se trate de personas físicas o morales constituidas conforme a las leyes mexicanas;
 - II. Indicar domicilio para oír y recibir notificaciones ;
 - III. Indicar clave del registro federal de contribuyentes, que incluya la homoclave correspondiente;
 - IV. Indicar el nombre de su representante legal, en su caso;
 - V. Señalar la ubicación del Área Geotérmica, en su caso;
 - VI. Señalar los datos del Registro, Permiso o Concesión, en su caso;
 - VII. Estar firmada por el promovente o por su representante legal;
 - VIII. Acompañarse de los documentos que acrediten su capacidad jurídica¹, técnica² y financiera³;
 - IX. Expresar la viabilidad técnica de su proyecto y establecer un programa técnico de trabajo con metas calendarizadas, el cual deberá ser congruente con la extensión del terreno que se solicita, así como, un esquema financiero que detalle la inversión que se realizará en cada etapa;
 - X. Señalar el Área Geotérmica solicitada en kilómetros cuadrados, señalando el Punto de Partida y las Coordenadas Geodésicas en un plano a escala 1:10,000, en formato digital guardado en un disco compacto,
 - XI. Presentar la documentación que acredite que tienen derechos de uso, goce o disfrute sobre el área geotérmica que solicita;

¹ En términos del artículo 10 del Reglamento de la Ley de Energía Geotérmica los interesados en obtener un Registro, Permiso o Concesión deberán acreditar su capacidad jurídica para llevar a cabo las actividades de Reconocimiento, Exploración y Explotación conforme a lo siguiente:

- I. Las personas físicas deberán presentar copia certificada de su identificación oficial, y
- II. Las personas morales deberán presentar copia certificada de su escritura constitutiva y de la documentación que acredite que su constitución se realizó conforme a las leyes mexicanas y que su objeto social le permite realizar las actividades de Reconocimiento, exploración o Explotación que pretenda realizar, así como de sus estatutos sociales.

Los interesados en obtener una concesión también deberán acreditar su capacidad administrativa a través de la experiencia demostrada de su personal, y que están en posibilidades de planificar, organizar, dirigir y canalizar sus recursos al logro de los programas de trabajo y esquemas financieros.

² Según prevé el artículo 11 del reglamento de la Ley de Energía Geotérmica los interesados en obtener un Registro, Permiso o Concesión deberán acreditar su capacidad técnica para llevar a cabo las actividades de Reconocimiento, Exploración y Explotación conforme a lo siguiente:

- I. Presentar un lista de los países y proyectos donde el solicitante haya realizado actividades de Reconocimiento, Exploración o Explotación durante los último cinco años, según corresponda, y
- II. Contar con personal técnico a su servicio que cuente con experiencia para la realización de actividades de Reconocimiento, Exploración o Explotación, para lo cual se deberán incluir los currículos del personal con cargo de nivel mando.

³ Como se señala en el numeral 12 del reglamento de la Ley de Energía Geotérmica los interesados en obtener un Registro, Permiso o Concesión deberán acreditar su capacidad financiera para llevar a cabo las actividades de Reconocimiento, Exploración y Explotación presentando la información que acredite su condición financiera, incluyendo sus estados financieros correspondientes a los dos ejercicios fiscales anteriores, la cual será evaluada de manera fundada y motivada por la Secretaría.

- XII. Propuesta de programa técnico de trabajo con metas calendarizadas, el cual incluirá el número de Pozos Exploratorios Geotérmicos que pretende perforar, en su caso;
- XIII. Propuesta del esquema financiero que detalle al inversión que realizará, el cual deberá cumplir con lo siguiente:
 - i. Congruencia con las actividades de Exploración que se pretenden realizar
 - ii. La proyección de balance general y estado de resultados a tres años
 - iii. La proyección de flujo de efectivo y plan de liquidez a tres años, y
 - iv. La descripción de fuentes de financiamiento;

El solicitante deberá adjuntar la documentación que acredite los incisos de esta fracción;
- XIV. Los datos, en su caso, del Registro que la Secretaría le haya entregado sobre el Área Geotérmica Solicitada.

b) Requisitos para otorgar concesiones de explotación de recursos geotérmicos:

- I. Se trate de personas físicas o morales construidas conforme a las leyes mexicanas;
- II. Indicar domicilio para oír y recibir notificaciones;
- III. Indicar clave del registro federal de contribuyentes que incluya la homoclave correspondiente;
- IV. Indicar el nombre de su representante legal, en su caso;
- V. Señalar la ubicación del Área Geotérmica, en su caso;
- VI. Señalar los datos del Registro, Permiso o Concesión, en su caso;
- VII. Estar firmada por el promovente o por su representante legal;
- VIII. Señalar el nombre o denominación social del solicitante y copia certificada de sus estatutos sociales;
- IX. En el caso de personas morales, su objeto social se deberá referir a la exploración y explotación de recursos geotérmicos;
- X. Adjuntar planos de la localización del Área Geotérmica objeto de la solicitud de concesión, donde se especifique la superficie, medidas y colindancias;
- XI. Señalar el presupuesto detallado del proyecto;
- XII. Remitir documentación que acredite su capacidad jurídica, técnica, administrativa y financiera, para desarrollar, operar, mantener las instalaciones necesarias para la explotación de recursos geotérmicos;
- XIII. Adjuntar los cronogramas calendarizados de trabajo y financieros a realizar durante la etapa de explotación del área geotérmica, indicando un detalle cada una de las actividades por efectuar y los objetivos de las mismas;
- XIV. Haber obtenido y cumplido con los términos y condiciones del permiso de exploración;

- XV. Pago de derechos y aquellos establecidos en las disposiciones en materia ambiental;
- XVI. Señalar el Área Geotérmica solicitada en kilómetros cuadrados, señalando el Punto de Partida y Coordenadas Geodésicas en un plano a escala de 1:100,000, en formato digital guardado en un disco compacto;
- XVII. Presentar la documentación que acredite que tienen derechos de uso, goce o disfrute sobre el Área Geotérmica que se solicita;
- XVIII. Señalar el número de Permiso a que se refiere la solicitud de concesión;
- XIX. Presentar la evidencia documental y de campo que permita a la Secretaría constatar que los trabajos que se realizarán no interferirán con acuíferos adyacentes al Yacimiento Geotérmico;
- XX. Presentar el programa de inversión, el cual deberá cumplir con lo siguiente:
 - i. Congruencia con las actividades de Explotación que se pretenden realizar ;
 - ii. La proyección de balance general y estado de resultados a cinco años;
 - iii. La proyección de flujo de efectivo y plan de liquidez a cinco años, y
 - iv. La descripción de fuentes de financiamientos a las que se pretende acceder;El solicitante deberá adjuntar la documentación que acredite los incisos de esta fracción;
- XXI. Presentar la propuesta del programa de desarrollo de Explotación:
 - i. Descripción de los pozos productores que se pretenden perforar, así como los métodos, técnicas y el equipo con el que se propone desarrollar el Área Geotérmica solicitada;
 - ii. Pruebas de producción, las cuales deberán contener la medición que se realice de las toneladas de vapor por hora que se extraen de los pozos productores, en su caso;
 - iii. Informe de evaluación del potencial geotérmico del Área Geotérmica solicitada y predicción del comportamiento del Yacimiento Geotérmico;
 - iv. Información del estudio realizado en la etapa de exploración que determine la existencia del Recurso Geotérmico, y
 - v. Cronograma de trabajo y financiero a realizar durante la etapa de Explotación del Área geotérmica.
- XXII. Presentar la solicitud de Concesión de Agua Geotérmica, en su caso;

La Secretaría evaluará las solicitudes que hayan sido aceptadas y podrá requerir al solicitante, por única vez, las aclaraciones que estime pertinentes, así como señalar las irregularidades u omisiones que deban subsanarse.

Por todo lo expuesto, se considera que han sido aclarados los requisitos para llevar a cabo proyectos de aprovechamiento de Recursos Geotérmicos para usos diversos.

Firma de responsable el Director General de Energías Limpias, el Licenciado Efraín Villanueva Arcos.”

El escrito citado anteriormente hace referencia tanto a la Ley de Energía Geotérmica como a su Reglamento por lo que dicha respuesta se considera como suficiente en materia legislativa para el aprovechamiento de los recursos geotérmicos de baja temperatura en usos diversos.

Cabe mencionar que de acuerdo con el artículo 6 de la Ley de Energía Geotérmica, las concesiones para el aprovechamiento de las aguas geotérmicas serán materia de la Secretaría de Energía y ya no de la Comisión Nacional del Agua como solía hacerse anteriormente.

ii. Marco Jurídico Para la Comercialización de Productos Deshidratados

Para la comercialización del producto deshidratado que se obtiene del sistema geotérmico existen dos opciones, la primera corresponde a la venta directa al consumidor sin ningún control de calidad ni garantía y empaque, mejor conocido como venta a granel. Esta opción no es recomendable ya que, aunque no representa costos considerables para el proceso, el riesgo que conlleva es muy alto tanto para los usuarios como para el productor puesto que no existe ningún documento de respaldo en caso de que se presente algún problema o inconveniente con el producto, lo cual también limita el tamaño del mercado y el precio de venta del mismo.

La otra opción es aquella que mantiene un control de calidad del producto y del proceso, y que permite tener diversos certificados mediante el cumplimiento de normas específicas, para lo cual existen en México dependencias encargadas de la regulación de alimentos procesados, dentro de los cuales, como ya se ha mencionado, se encuentran los alimentos deshidratados. Esta opción si es recomendable puesto que la confianza en el producto y el tamaño de su mercado se incrementan considerablemente. Dichas instituciones son las siguientes.

La **Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS)** es la autoridad encargada del control sanitario de productos, servicios y de su importación y exportación, así como de los establecimientos dedicados al proceso de los productos. Es por ello que en materia de alimentos esta institución emite distintos documentos tales como el certificado de exportación de libre venta, certificado de análisis de producto, el certificado de buenas prácticas y el certificado de sólo exportación, los cuáles se requerirían en el caso de que se pretenda comercializar el producto a nivel internacional.

Por otro lado, se encuentra la asociación civil **México Calidad Suprema** integrada por productores, empaques y sus organizaciones, con el fin impulsar, junto con el Gobierno Federal, el desarrollo y fortalecimiento de la competitividad del campo mexicano a través de actividades de difusión, capacitación, consultoría, coordinación de la certificación y promoción nacional e internacional de la Marca "México Calidad Suprema". Los sistemas de certificación en los cuales apoya son: Sistemas de Reducción de Riesgos de Contaminación del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y calidad Agroalimentaria (SENASICA), MexicoG.A.P. y Alimentos de Calidad Asegurada (Safe Quality Food (S.Q.F.)), principalmente.

Cabe resaltar que México cuenta con un estándar homologado para la subcategoría de frutas y hortalizas y acuicultura conocido como MexicoG.A.P.® El cual aplica completamente el Reglamento General de GlobalG.A.P.®, además de adaptar los puntos de control y criterios de cumplimiento con la legislación mexicana. Las buenas prácticas agrícolas establecidas en MéxicoG.A.P.®, abarcan desde la selección de la semilla y el terreno, hasta la cosecha y

operaciones de almacenamiento y empaquetado. El esquema de certificación MéxicoG.A.P.® atiende las preocupaciones de los consumidores respecto a la producción y manejo de frutas y hortalizas y abarca tanto la inocuidad alimentaria, basada en Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (HACCP), como la protección del medio ambiente y el bienestar del trabajador. (Secretaría de Economía, 2013)

Con respecto a las normas aplicables a productos deshidratados, en México se cuenta con las siguientes, cuya verificación y vigilancia está a cargo de la Secretaría de Economía, por conducto de la Dirección General de Normas, y de la Procuraduría Federal del Consumidor, conforme a sus respectivas atribuciones (Secretaría de Gobernación, 2015):

Cuadro III-7 Normas oficiales mexicanas aplicables a productos deshidratados (Secretaría de Gobernación, 2015)

| Norma | Nombre | Objetivo | Campo de Aplicación |
|--------------------------|--|---|---|
| NOM-002-SCFI-2011 | Productos preenvasados- Contenido neto Tolerancias y métodos de verificación. | Esta Norma Oficial Mexicana establece las tolerancias y los métodos de prueba para la verificación de los contenidos netos de productos preenvasados y los planes de muestreo usados en la verificación de productos que declaran su contenido neto en unidades de masa o volumen. | Productos de fabricación nacional y/o de importación que se comercialicen en Territorio Nacional. Nota: La presente Norma Oficial Mexicana no es aplicable a los productos a granel. |
| NMX-Z-12/1-1987 | Muestro para la inspección por atributos. Parte 1: Información general y aplicaciones. | Esta primera parte de la norma proporciona información general sobre los conceptos y los procedimientos básicos de muestreo en general y en especial, el muestreo por atributos, proporcionando los elementos para la aplicación apropiada de la inspección por muestreo, de gran utilidad para personal de los departamentos de control de calidad, diseño o ingeniería, personal que labora normas y especificaciones, y en general a todas aquellas personas relacionadas con los problemas de inspección; dando a estas las bases y ejemplos para la toma de decisiones en el campo de la inspección por muestreo, ya sea en materias primas, materiales en proceso, componentes, productos y operaciones en las distintas fases de los procesos, así como en registros y procedimientos administrativos. | Productos de fabricación nacional y/o de importación que se comercialicen en Territorio Nacional. |
| NOM-050-SCFI-2004 | Información comercial- Etiquetado general de productos. | Establecer la información comercial que deben contener los productos de fabricación nacional y de procedencia extranjera que se destinen a los consumidores en el territorio nacional y establecer las características de dicha información. | Productos de fabricación nacional y de procedencia extranjera destinados a los consumidores en territorio nacional. Nota: La presente Norma Oficial Mexicana no aplica a: a) Productos que estén sujetos a disposiciones de información comercial contenidas en normas oficiales mexicanas |

| | | | |
|---------------------------|---|--|--|
| | | | específicas o en alguna otra reglamentación vigente. |
| | | | b) Los productos a granel. |
| NOM-030-SCFI-2006, | Información comercial-Declaración de cantidad en la etiqueta y especificaciones | Esta Norma Oficial Mexicana establece la ubicación y dimensiones del dato cuantitativo referente a la declaración de cantidad, así como de las unidades de medida que deben emplearse conforme al Sistema General de Unidades de Medida y las leyendas: contenido, contenido neto y masa drenada, según se requiera en los productos preenvasados que se comercializan en territorio nacional al consumidor. | Productos de fabricación nacional y de procedencia extranjera destinados a los consumidores en territorio nacional. Nota: Esta Norma Oficial Mexicana no aplica a los productos que se venden a granel ni aquellos que se comercializan por cuenta numérica en envases que permiten ver el contenido o que contengan una sola unidad, o que presenten un gráfico del producto siempre y cuando en este gráfico no aparezcan otros productos no incluidos en el envase. |
| NMX-F-090-S-1978. | Determinación de fibra cruda en alimentos. | Esta Norma Mexicana establece el procedimiento para la determinación de fibra cruda en productos alimenticios. | Productos de fabricación nacional y de procedencia extranjera destinados a los consumidores en territorio nacional. |
| NMX-F-068-S-1980. | Alimentos. Determinación de proteínas. | Esta Norma Mexicana establece el procedimiento para determinar proteínas en productos alimenticios. | Productos de fabricación nacional y de procedencia extranjera destinados a los consumidores en territorio nacional. |

Las cuales, de acuerdo con el plan de comercialización y producción establecido, se deben cumplir para obtener cualquiera de las certificaciones anteriormente mencionadas y poder vender el producto al público con la calidad necesaria, aclarando que todas ellas mantienen como requisito mínimo un alto nivel de sanidad del proceso con características específicas determinadas por quien certifica.

Una vez establecidos los conceptos fundamentales para comprender el proyecto y habiendo revisado el marco regulatorio aplicable, así como analizado la situación actual del país en los temas de interés, se procede en el siguiente capítulo a realizar la evaluación financiera, que corresponde a uno de los temas primordiales de este trabajo y para lo cual se utilizó toda la información anteriormente referenciada.

Capítulo IV.- Evaluación del Proyecto

I. Metodología General

El objetivo principal de esta tesis es determinar la factibilidad de incorporar el proyecto de deshidratación de alimentos con energía geotérmica de baja entalpía al sector industrial del país mediante el estudio de la conveniencia económica de llevar a cabo su implementación, por lo que en primera instancia se buscó contar con un amplio conocimiento del mismo, con la finalidad de tener las herramientas necesarias y suficientes que permitieran realizar dicho análisis.

En este capítulo se analizan las variables que intervienen en la determinación del valor potencial del negocio, tales como estudios de mercado, proyecciones de venta, determinación de las zonas apropiadas para la producción, precios y formas de comercialización, entre otras.

El proceso anteriormente mencionado puede representarse mediante el diagrama mostrado en la figura IV.1

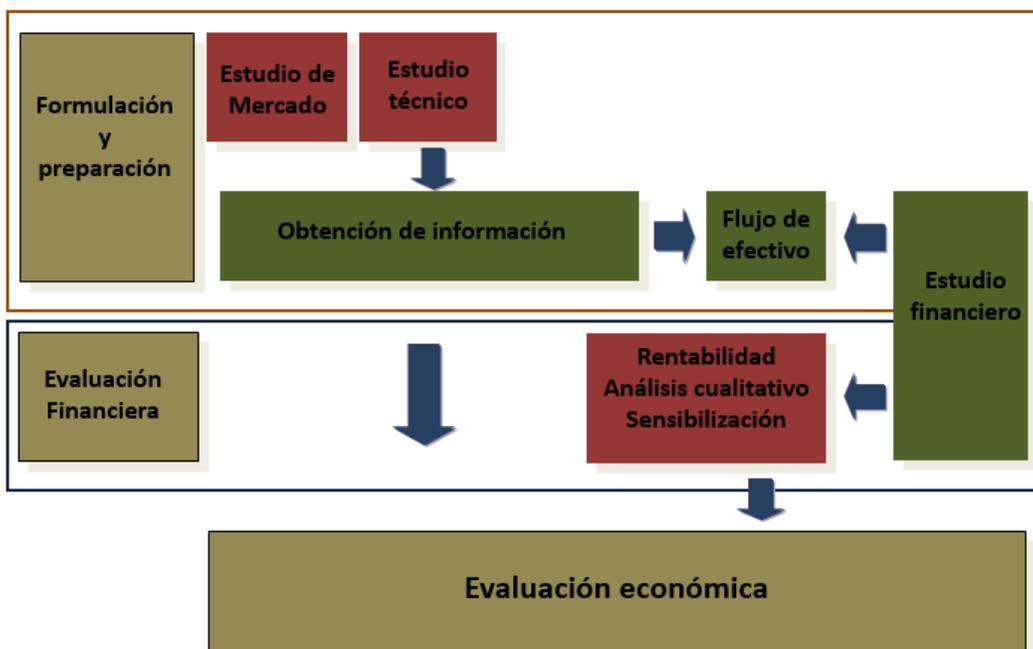


Figura IV.1 Proceso de evaluación del proyecto (Amaro, 2015)

Y, derivado de lo anterior, se estableció una metodología general para realizar la evaluación del proyecto, cuya estructura es la siguiente.

1. Definición de conceptos fundamentales.

Se realizó en el primer capítulo, a través de un marco teórico que sirvió como punto de partida para comprender el proyecto.

2. Descripción del proyecto.

Este tema se desarrolló a lo largo del segundo capítulo y se explicó a detalle el principio de funcionamiento del sistema de deshidratación de alimentos con energía geotérmica, así como las características técnicas principales que intervienen en la implementación y operación del equipo.

3. Análisis de la situación actual del país con respecto al uso de la energía geotérmica y a la deshidratación de alimentos.

Este estudio se realizó en el tercer capítulo del presente trabajo, en el cual se proporcionó la información necesaria para realizar el análisis desde una perspectiva técnica y económica de ambos sectores en el país, resaltando el potencial económico que pudiera tener el proyecto debido a sus características energéticas y al tipo de producto que se obtiene del sistema.

4. Marco jurídico aplicable.

Al igual que el punto 3, este tema se desarrolló a lo largo del tercer capítulo. Se definió el marco legal que se debe cumplir para la utilización del recurso energético y para la producción y comercialización de alimentos deshidratados.

5. Análisis del mercado.

Para este tema, en el presente capítulo se muestra un estudio de mercado realizado para determinar las zonas, técnica y económicamente, factibles para la implementación del proyecto y con base en ello se estableció un plan de producción y comercialización que se detalla más adelante.

6. Evaluación financiera del proyecto.

Para determinar el valor del proyecto se utilizó el método de flujos de efectivo descontados, que no solamente sirve para determinar si el proyecto es viable, sino que muestra el comportamiento en un horizonte de tiempo establecido, con lo cual es posible realizar una toma de decisiones oportuna en caso de que se presente un panorama desfavorable. Los aspectos más importantes de este método son los siguientes, y más adelante se explica a detalle cada uno de ellos con su respectiva justificación:

- a. Definición de las premisas de análisis.
- b. Análisis de ingresos.
- c. Análisis de egresos (costos, gastos, inversiones y contraprestaciones).
- d. Horizonte de análisis.
- e. Análisis financiero.
- f. Análisis de rentabilidad del negocio.

7. Análisis de sensibilidad y resultados.

El objetivo de este análisis es conocer el comportamiento de las variables que poseen mayor influencia en la evaluación del proyecto para poder definir los valores que cada una de ellas debe tomar a fin de llegar a un estado de mayor rentabilidad. Con base en la información obtenida se proporcionan y analizan los resultados para establecer las conclusiones

correspondientes, así como para determinar el trabajo futuro necesario para complementar la evaluación.

8. Evaluación social.

Por su naturaleza, el proyecto también representa beneficios sociales a distintos niveles y magnitudes, por tal razón en este rubro se mencionan los principales de ellos.

En seguida se presenta el desarrollo de las diversas etapas del estudio siguiendo la estructura definida anteriormente y tomando como base la organización propuesta en la figura IV.1.

II. Formulación y Preparación

i. Análisis de Mercado

Objetivo

Este estudio de mercado se realizó para determinar el número de individuos, empresas o entidades económicas que bajo ciertas condiciones determinaron la demanda y justificaron los volúmenes de producción, las especificaciones del producto y el precio que los consumidores pueden pagar por el mismo en un periodo de tiempo establecido, así como las localidades adecuadas para la instalación y venta.

Este dimensionamiento del mercado sirvió de base para la toma de decisiones de inversión y brindó los elementos necesarios para llevar a cabo una buena estrategia de comercialización, así como para la planeación de investigaciones e inversiones posteriores.

Identificación del producto

Existen dos productos que pueden ser objeto del estudio de mercado, por un lado se encuentra el deshidratador de alimentos con energía geotérmica y por otro lado los alimentos deshidratados que se obtienen del sistema; ambos van de la mano y pueden ser considerados como productos de consumo final o de consumo intermedio, dependiendo del mercado al cual van dirigidos. Una vez determinada la dimensión de este mercado se estableció la mejor forma de producir y comercializar los productos, ya sea de manera individual o en conjunto.

Cabe mencionar que este sistema de deshidratación cuenta con características innovadoras con respecto a los sistemas tradicionales, las cuales corresponden al uso de la energía geotérmica en el proceso, que además de ser continua y estable tiene costo de utilización prácticamente nulo, y a la configuración y equipos utilizados en el proceso, como lo son los distintos tipos de intercambiadores de calor que derivan en una reducción del mantenimiento requerido, por ejemplo. Otra ventaja de este equipo comparado con los existentes en el mercado es su capacidad de producción, ya que se encuentra en un rango intermedio entre los caseros y los industriales, y es posible ampliarlo mediante el acoplamiento de dos o más de estos sistemas modulares.

En cuanto a los productos deshidratados del sistema, que en general poseen mejores características organolépticas (sabor, textura, olor y apariencia) que los que se comercializan en el país debido a los tiempos empleados para el proceso, son competitivos por su bajo costo de fabricación a causa del tipo de recurso energético empleado, y si se considera aprovechar la

merma de los agricultores locales, el costo de la materia prima sería muy bajo, resultando en una disminución adicional en el precio de venta al público.

Con respecto al costo del sistema, producir un deshidratador cuesta alrededor de \$40,000.00, contemplando únicamente los materiales (detallados en el capítulo apartado III del capítulo II) y el proceso de manufactura, y sin tomar en cuenta los costos del herramental necesario para el ensamble de algunas partes, los cuales entrarán en el cálculo más adelante. El peso total del sistema de deshidratación es de 160 Kg considerando el equipo y la tubería externa para el recurso energético; y el espacio total necesario es de 16m² para instalación, operación y empaquetado del producto.

Se considera que para la comercialización de los alimentos deshidratados, los productos tendrán una presentación final de 100g empaquetados al vacío en bolsas de plástico, cuyo precio de venta se fijará posteriormente mediante un análisis financiero de sensibilidad, sin embargo es conveniente mencionar que en el mercado el precio de venta promedio por la misma cantidad de distintos productos deshidratados es de \$40.

Análisis de la demanda y oferta actuales

Dado que la limitante principal para la operación del deshidratador es la disponibilidad y localidad del recurso geotérmico de baja entalpía, se realizó un estudio del potencial energético a lo largo del país, determinando que de los más de 1,300 focos termales analizados por la Comisión Federal de Electricidad, 601 corresponden a emanaciones superficiales de baja entalpía con temperaturas inferiores a los 100°C y distribuidos a lo largo de varios estados de la República Mexicana, principalmente en Aguascalientes, Baja California, Coahuila, Chiapas, Colima, Durango, Estado de México, Guerrero, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora, Veracruz y Zacatecas (Torres Rodríguez & Arellano Gómez, 1993).

Estos puntos son técnicamente apropiados para alimentar el sistema de deshidratación, sin embargo la gran mayoría de ellos mantiene una temperatura promedio de 38°C por lo que para su aprovechamiento sería necesario realizar perforaciones de pozos, que de acuerdo con la Cámara de la Industria de la construcción (CMIC, 2006) el costo integrado para la perforación de pozos para agua es de aproximadamente \$170,000 por cada 100 metros de profundidad, con un diámetro nominal de 12 pulgadas y contemplando los costos de transporte, instalación y desmantelamiento del equipo de perforación, lo cual eleva considerablemente el costo de instalación y actualmente hace no rentable al proyecto. En estos casos también existe la posibilidad de utilizar un combustible auxiliar, sin embargo estos aspectos no se encuentran contemplados dentro de los objetivos del presente trabajo por lo que no se tratarán a detalle.

Debido a ello se filtraron los puntos que mantienen temperaturas superficiales suficientes para suministrar de energía térmica al equipo, partiendo del hecho de que para llevar a cabo el proceso y obtener productos de buena calidad la temperatura mínima requerida es de 69°C. El resultado obtenido fue que existen solamente 18 zonas que cubren los requerimientos establecidos, las cuales se muestran en el cuadro IV.1, y que definen el dimensionamiento del mercado para la instalación del equipo de deshidratación de alimentos a nivel nacional.

Con base en esta información, se decidió que no es conveniente realizar un plan de producción en serie del sistema ya que el número de entidades que podrían requerir un equipo de

deshidratación con estas características es muy reducido, por lo que se determinó que el mercado apropiado para esta evaluación no se enfocaría en la producción en línea de la tecnología, sino en su instalación y operación en dichas zonas del país que resulten económicamente adecuadas para la producción y comercialización de alimentos deshidratados.

Cuadro IV-1 Zonas factibles para la instalación del deshidratador geotérmico en México

| Estado | Municipio | Localidad Geotérmica | Temperatura superficial [°C] |
|-----------------|--------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Baja California | Loreto | El Centavito | 70 |
| | Los cabos | San Lucas | 72 |
| | Mexicalí | Laguna Salada | 77 |
| | Ensenada | Puertecitos | 91 |
| | Comondú | Piedras Rodadas | 82 |
| | La Paz | Agua Caliente | 80 |
| Guanajuato | Abasolo | Balneario La Caldera | 72.5 |
| Jalisco | Tequila | Los Borbollones- El Orito 3 | 95 |
| | Atotonilco El Alto | La Esperanza | 69 |
| | Poncitlán | San Luis Agua Caliente 2 | 69 |
| | Chapala | San Juan Cosala 4 | 78 |
| Chapala | San Juan Cosala 5 | 89 | |
| | Puruándiro | Hervideros | 81 |
| Michoacán | Tzitzio | Agua Caliente | 81 |
| Nayarit | Acaponeta | El Pinacate | 70 |
| | Compostela | Hervidero El Molote | 90 |
| | Compostela | El Chico Molote | 86 |
| | Compostela | Los Hervidero El Molote II | 90 |

En la figura IV.2 se muestra la ubicación de las zonas seleccionadas y posteriormente se presenta el análisis realizado sobre ellas.

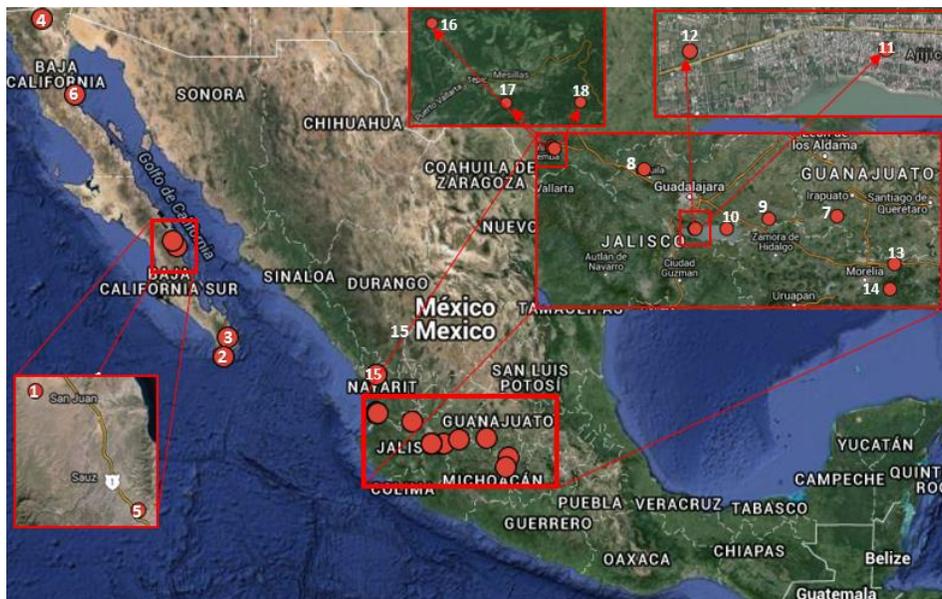


Figura IV.2 Zonas factibles para la instalación del deshidratador geotérmico en México

Cabe mencionar que la variación en las temperaturas de las fuentes termales no afectan las propiedades organolépticas de la mayoría de los alimentos que pueden ser deshidratados, solamente varía el tiempo de duración del proceso, el cual va desde las 6 hasta las 19 horas dependiendo del producto que se esté deshidratando.

Una vez realizada la segmentación geográfica de las zonas técnicamente apropiadas para la operación del sistema, se procedió a determinar cuáles de ellas son realmente factibles para la instalación, operación y comercialización de los productos deshidratados, para lo cual se llevó a cabo una segmentación demográfica, contemplando las características principales de cada entidad, tal como se muestra en el cuadro IV.2.

Cuadro IV-2 Características demográficas de las zonas geotérmicas seleccionadas (INEGI, 2015)

| Estado | Municipio | Habitantes | IDH | Actividades económicas principales | Principales productos agrícolas |
|-----------------|--------------------|------------|--------|--|--|
| Baja California | Loreto | 72,654 | 0.7370 | Agricultura, ganadería, pesca, minería, comercio, generación de energía eléctrica, suministro de agua y gas. | Chile verde, uva, trigo, jitomate , frambuesa, fresa, mango, cebolla, ajo, algodón, avena, naranja, limón y calabaza. |
| | Los cabos | 238,487 | 0.8760 | | |
| | Mexicalí | 689,775 | 0.8657 | | |
| | Ensenada | 1,012,099 | 0.8657 | | |
| | Comondú | 72,654 | 0.7370 | | |
| | La Paz | 251,871 | 0.8989 | | |
| Guanajuato | Abasolo | 84,332 | 0.8565 | Agricultura, ganadería, manufactura, comercio y transportes. | Fresa, jitomate , pepino, zanahoria, trigo, sorgo, alfalfa, brócoli y maíz. |
| Jalisco | Tequila | 40,697 | 0.8704 | Agricultura, ganadería, manufactura, comercio y educación. | Melón, papa, papaya, café mango, aguacate, plátano, guayaba, sandía, limón, maíz, sorgo, trigo, jitomate y agave. |
| | Atotonilco El Alto | 57,717 | 0.8784 | | |
| | Poncitlán | 48,408 | 0.8711 | | |
| | Chapala | 48,839 | 0.8825 | | |
| Michoacán | Paruandiro | 67,837 | 0.8491 | Agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, pesca y caza. | Aguacate, zarzamora, guayaba, fresa, limón, manzana, jitomate y cebolla. |
| | Tzitzio | 9,166 | 0.7388 | | |
| Nayarit | Acaponeta | 36,572 | 0.8597 | Agricultura, comercio y servicios inmobiliarios. | Tabaco, sandía, jitomate , mango, plátano, caña de azúcar, piña, arroz, frijol y sorgo. |
| | Compostela | 70,399 | 0.8818 | | |

El Índice de Desarrollo Humano (IDH) nacional se encuentra en 0.756, y como se observa en el cuadro anterior, la mayoría de las zonas filtradas cuentan con índices superiores, a excepción de Loreto, Comondú y Tzitzio, lo que nos indica que en general no son zonas marginadas y que cuentan con un nivel económico promedio o ligeramente mayor; por otro lado, para todas ellas la agricultura representa una de las actividades económicas principales y algunos de sus productos pueden ser deshidratados en este sistema geotérmico, con lo cual ya se cuenta con dos ventajas locales que son la disponibilidad del recurso energético y la materia prima para producir. Sin embargo, es conveniente mencionar que aunque la densidad poblacional de los municipios es alta, no en todos los casos se concentra cerca de las emanaciones geotérmicas de interés.

Por lo anterior se aplicó otro filtro que permitió identificar aquellas zonas que cuentan con las mejores condiciones económicas para la implementación del proyecto, tomando en cuenta además de los aspectos ya mencionados, las vías de acceso y comunicación, la seguridad y la disponibilidad de energía eléctrica necesaria para alimentar los equipos auxiliares del sistema de deshidratación, obteniendo como resultado que las mejores de ellas son las que cuentan con balnearios de aguas termales, ya que tienen la ventaja de ser zonas turísticas conocidas a nivel mundial y su nivel de concurrencia es alto durante prácticamente todo el año. Dichas zonas se presentan en el cuadro IV.3.

Cuadro IV-3 Balnearios con aguas termales adecuados para instalar el deshidratador

| Estado | Municipio | Balneario | Producto locales que se puede deshidratar |
|-----------------|--------------------|---------------------------------|---|
| Baja California | Ensenada | 1 Rancho San Carlos | Chile verde, uva, jitomate , frambuesa, fresa, mango, cebolla, ajo, naranja, limón y calabaza. |
| Guanajuato | Abasolo | 2 Parque Acuático La Caldera | Fresa, jitomate , pepino, zanahoria. |
| Jalisco | Atotonilco El Alto | 3 Parque Acuático Los Chorritos | Melón, papa, papaya, café mango, aguacate, plátano, guayaba, sandía, limón y jitomate . |
| | | 4 Spa Cosala | |
| | Chapala | 5 Balneario San Juan Cosala | |
| Michoacán | Puruándiro | 6 Balneario Los Hervideros | Aguacate, zarzamora, guayaba, fresa, limón, manzana, jitomate y cebolla. |

En la figura IV.3 se indica la ubicación geográfica de las zonas de interés.

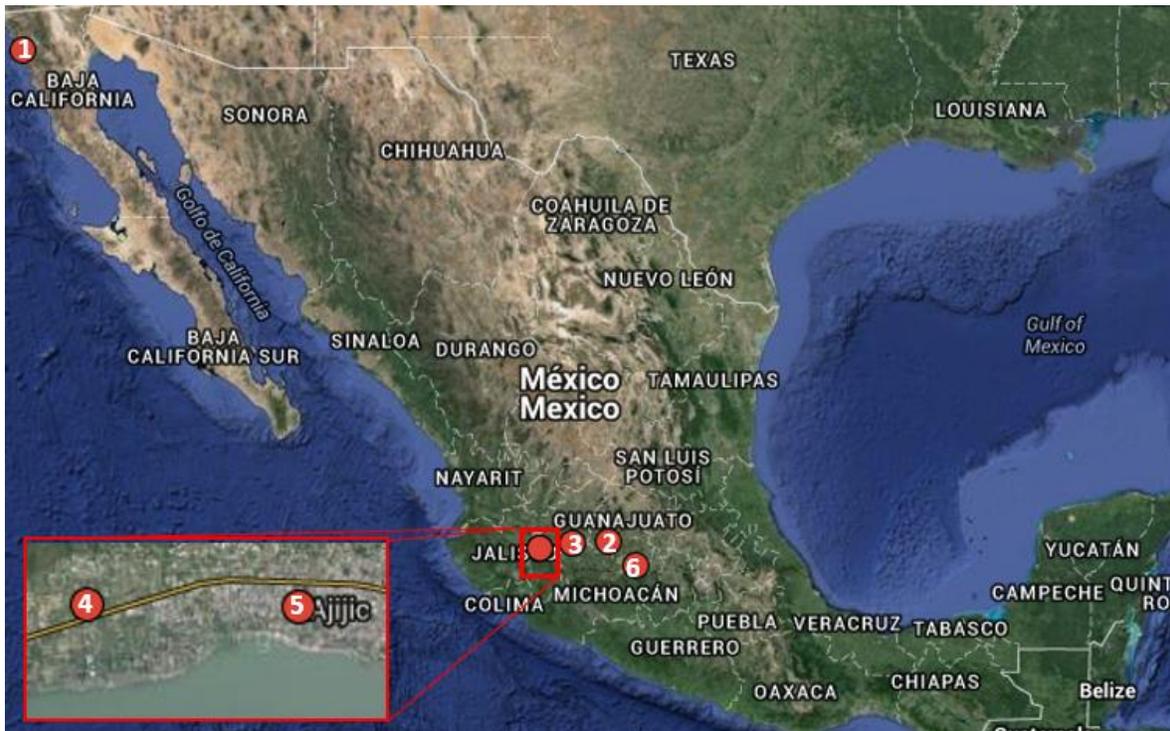


Figura IV.3 Zonas geotérmicas económicamente convenientes para la instalación del sistema

Es importante resaltar el hecho de que en estos balnearios de aguas termales el recurso geotérmico es enfriado naturalmente antes de llenar las albercas, desde la temperatura de emanación hasta aproximadamente 40°C, esto es debido a que su temperatura a la salida de la tierra es muy alta, por lo cual se puede establecer que la energía que se pierde en este proceso de enfriamiento sería la que se utilizaría en el sistema de deshidratación, por lo que no se verían afectadas las condiciones de trabajo de los establecimientos. Haciendo una analogía con los procesos de cogeneración, podría denominarse cogeneración renovable turística, ya que con una misma fuente de calor se estarían realizando dos actividades que producen beneficios económicos.

Otro aspecto importante es que el derecho sobre el uso del recurso energético y sobre el uso del suelo se encuentra a cargo del grupo ejidal de cada región, representado por un comisariado ejidal con la facultad de otorgar el permiso para instalar y operar el sistema de deshidratación en los términos que se establezcan con quien así lo solicite, según se determine, y en su caso se apruebe, en una asamblea general con la participación de más del 50% de los integrantes del mismo núcleo, inscritos en el Registro Agrario Nacional, con las condiciones y términos que se estipulen. En este caso se tendría la posibilidad de solicitar el permiso para utilizar también los medios de difusión electrónicos y no electrónicos de cada balneario para promocionar los productos, todo ello a cambio de una renta que será determinada a través del análisis financiero posterior o el beneficio que se acuerde en el documento correspondiente.

Por lo anterior, se considera que la opción más viable para la implementación del proyecto en estos sitios es por medio de un reparto de utilidades entre quien es dueño de la tecnología y quien se encuentra a cargo del balneario, siendo éste último el encargado de operar el sistema y comercializar los productos dentro de sus instalaciones o fuera de ellas, en la misma localidad, y estableciendo una producción y venta mínima anual como condición principal.

Por otro lado, con respecto a la demanda, de acuerdo con la figura III.7 del capítulo anterior, en los estados seleccionados (Baja California, Guanajuato, Jalisco y Michoacán) se cuenta con una alta cantidad de industrias dedicadas a la producción de alimentos deshidratados, con un total de 111 empresas en el ramo que ascienden a más del 30% de la participación y producen cerca del 60% de los alimentos deshidratados consumidos en México, las cuales satisfacen la demanda local y de otras zonas del país.

Debido a ello, sabiendo que cada sistema de deshidratación produce en promedio 4Kg diarios y que el consumo anual es del orden de miles de toneladas de productos debidamente certificados, se establece que el impacto dado el volumen extra de mercancía que el proyecto tendría en el mercado sería prácticamente nulo, logrando comercializar la totalidad de la producción, y ya que la demanda es mayor a la oferta y se espera que se siga esta tendencia en los próximos años, en caso de que no se logre la comercialización de toda la producción con los turistas de cada balneario sería posible vender los productos con los habitantes de la misma región ya sea de manera directa o por medio de cadenas comerciales de diversas escalas.

En cuanto a los precios de productos deshidratados en el país, se cuenta con la siguiente información correspondiente a los precios promedio que manejan las cadenas comerciales a lo largo del país.

Cuadro IV-4 Precios de los principales productos deshidratados en México en 2015

| Producto | Puntos principales de distribución | Precio promedio \$/100g |
|----------|---|-------------------------|
| Jitomate | Superama/Walmart | 45 |
| Mango | Superama/Walmart/En línea/Liverpool/Mega/Soriana/Chedraui | 42 |
| Manzana | Superama/Walmart | 70 |
| Fresa | Superama/Walmart/Mega/Soriana/Chedraui | 28 |
| Durazno | Superama/Walmart | 35 |
| Piña | Superama/Walmart/Liverpool/Mega/Soriana/Chedraui | 38 |
| Uva | Superama/Walmart | 18 |
| Plátano | Superama/Walmart | 43 |

La información anterior fue obtenida directamente de las tiendas y permitió definir un precio máximo de venta al público de los productos, mediante el cálculo financiero que se presenta más adelante.

Proyección de las tendencias y variables

En el apartado **ii** del capítulo 3 referente al análisis del sector de alimentos deshidratados en México se establecieron los valores de la oferta y demanda de alimentos procesados a nivel nacional en miles de millones de dólares por año (mmd/año), con dichos valores y con la participación de los alimentos deshidratados en el mercado se puede estimar el comportamiento en los siguientes años, dando como resultado los siguientes gráficos.

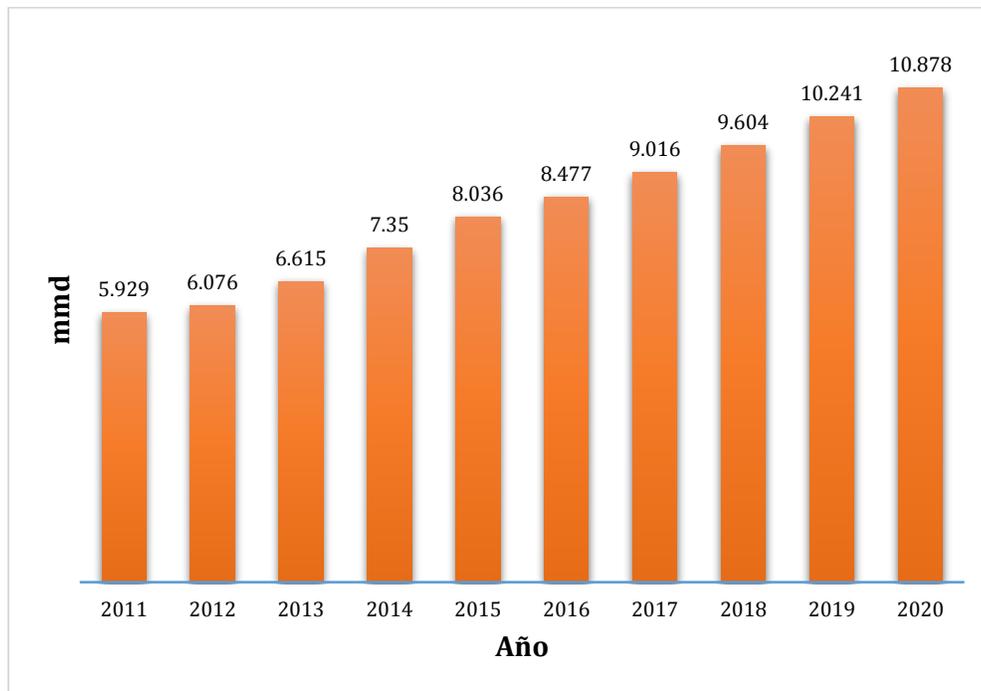


Figura IV.4 Prospectiva de la producción de alimentos deshidratados en México (mmd), 2011-2020 (Secretaría de Economía, 2013)

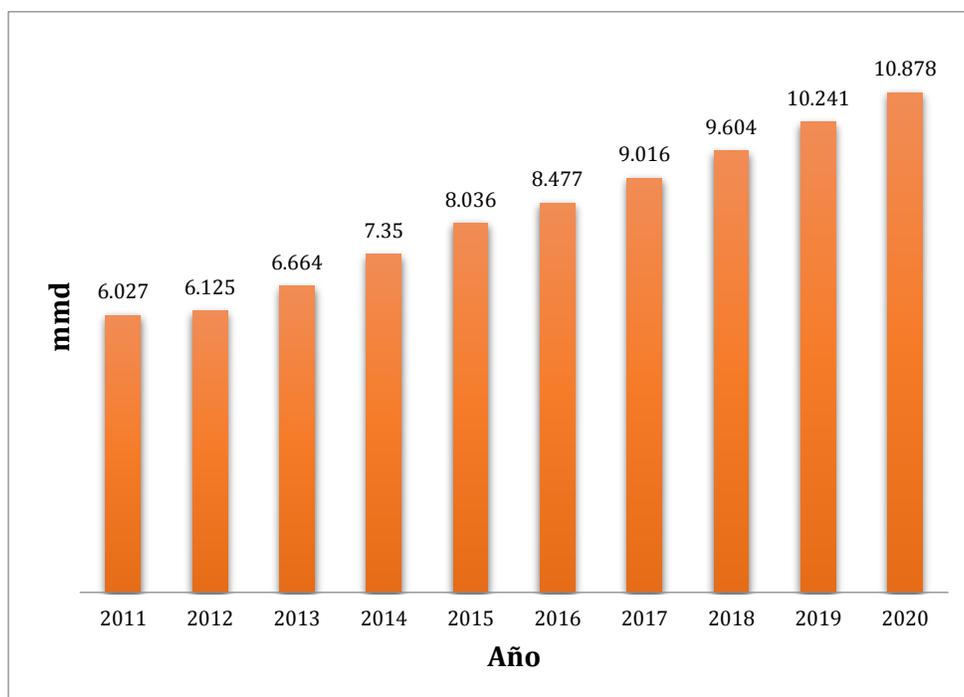


Figura IV.5 Prospectiva del consumo de alimentos deshidratados en México (mmd), 2011-2020 (Secretaría de Economía, 2013)

Con la información anterior es posible conocer el comportamiento de la demanda insatisfecha para el mismo periodo de análisis, tal como se muestra en el cuadro IV.5.

Cuadro IV-5 Demanda insatisfecha de productos deshidratados en México

| Año | Producción de deshidratados (mmd) | Consumo de deshidratados (mmd) | Demanda insatisfecha (mmd) |
|------|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| 2011 | 5.929 | 6.027 | 0.098 |
| 2012 | 6.076 | 6.125 | 0.049 |
| 2013 | 6.615 | 6.664 | 0.049 |
| 2014 | 7.35 | 7.35 | 0 |
| 2015 | 8.036 | 8.036 | 0 |
| 2016 | 8.477 | 8.477 | 0 |
| 2017 | 9.016 | 9.016 | 0 |
| 2018 | 9.604 | 9.604 | 0 |
| 2019 | 10.241 | 10.241 | 0 |
| 2020 | 10.878 | 10.878 | 0 |

De acuerdo a los datos obtenidos, se observa que a partir del año 2014 no existe una demanda insatisfecha en el mercado a quien se pueda ofrecer el producto, lo que nos permite saber que para entrar en este sector se debe competir con los productores ya establecidos. Por lo cual, al analizar la oferta es posible concluir que la única ventaja que haría al sistema de deshidratación

geotérmico competitivo en el mercado podría ser un costo de producción y operación relativamente bajo que permitiera mantener un precio de venta al público inferior al de los competidores dentro de un margen amplio.

ii. Estudio Técnico

En el capítulo II se establecieron las condiciones operativas del sistema y los requerimientos térmicos para llevar a cabo el proceso en condiciones críticas, también se detallaron las dimensiones del equipo de deshidratación y su capacidad. Por otro lado, por medio del estudio de mercado se determinaron las zonas factibles tanto técnica como económicamente adecuadas para la instalación, así como los alimentos que pueden ser deshidratados y la manera de llevar a cabo el proceso de comercialización en cada una de ellas, con lo cual se estableció que los balnearios de aguas termales seleccionados cuentan con las mejores condiciones para implementar el proyecto.

Cabe mencionar que en cada zona existen diversas opciones de materia prima para alimentar el sistema, lo cual brinda mayor flexibilidad a la operación y comercialización de productos, aclarando que la cantidad y precio de los insumos requeridos estará en función del tipo de alimento a deshidratar y el tiempo necesario para ello.

Por otro lado, para la instalación del equipo en cada zona se requiere un espacio cerrado que lo proteja de los factores externos que puedan afectar su operación y reducir su tiempo de vida, esta infraestructura deberá cubrir por lo menos el sistema y contar con espacio para la operación y empaquetado del producto. El espacio contemplado para ello se estima en un área de 16m² (4X4) y su costo detallado se incluyó en el cálculo financiero. Dentro de este recinto no se considera espacio para necesidades ajenas a la producción como baños, gabinetes para artículos personales de los trabajadores o estancias, ya que los balnearios en donde serán instalados los equipos ya cuentan con estos servicios dentro de sus instalaciones.

III. Evaluación Financiera

Puesto que el proyecto se evaluó considerando el valor del dinero en el tiempo, el criterio que se utilizó para determinar la rentabilidad del mismo fue el del Valor Presente Neto (VPN), sin embargo se realizó la estimación de la Tasa Interna de retorno (TIR) como factor de estudio y se calculó el Tiempo de Retorno de la inversión (Tr) como parámetro para el análisis de sensibilidad.

El tiempo de deshidratado promedio para los alimentos producidos en las zonas seleccionadas es de 9 horas, en función principalmente del tipo de productos a deshidratar, el cual se considera como una jornada laboral del operador, y dependiendo del producto, en algunos casos sería posible deshidratar dos o más cargas al día, sin embargo en el presente trabajo se considera solamente una carga diaria, con lo cual se asegura que los montos obtenidos del cálculo representen la situación más desfavorable para el negocio, y cualquier aumento de producción genere un incremento sustancial en los ingresos, ya sea para quien opera el sistema o para quien lo proporciona.

Es importante aclarar que debido a la distancia significativa entre Ensenada y los otros puntos de análisis, para ciertos rubros este sitio se contempló como un caso independiente, mientras que las otras zonas se analizan en conjunto por su similitud geográfica.

i. Rentabilidad

En seguida se muestran los datos correspondientes a cada parte de la evaluación en donde se detalla el concepto por el cual se establece la cantidad reportada y su respectiva justificación. Algunas cantidades son fijas ya que dependen de las características técnicas del sistema y las cantidades variables que se presentan son aquellas que se consideraron convenientes para la evaluación pero que están sujetas a posibles cambios.

Premisas de evaluación financiera

Como punto de partida se establecieron los datos fijos de entrada al modelo para el cálculo financiero, los cuales se especifican en el cuadro IV.6.

Cuadro IV-6 Premisas de evaluación financiera

| Premisas de evaluación | | |
|--|----------------------|---|
| Concepto | Cantidad fija | Justificación |
| Unidades de deshidratación para la zona centro del país | 5 | Del estudio de mercado se determinaron 6 zonas factibles para la instalación de los sistemas de deshidratación, de las cuales 5 se encuentran en la zona centro del país por lo cual se analizarán de manera independiente ya que sus costos son similares. |
| Unidades de deshidratación para Ensenada | 1 | Es la zona técnica y económicamente factible ubicada al norte del país, determinada por el estudio de mercado. Para este caso se considera que el equipo de deshidratación se construiría cerca del sitio de instalación, por lo que se contempla la renta de un taller y algunos otros costos que se especificarán más adelante. |
| Costo unitario de los sistemas de deshidratación | \$ 40,000.00 | Corresponde al costo estimado con base en cotizaciones de material necesario y los procesos de manufactura requeridos para fabricar un sistema y las conexiones correspondientes. |
| Capacidad unitaria de producto fresco [Kg/día] | 80 | Corresponde a la capacidad recomendada del sistema a la que se ha operado obteniendo buenos resultados. La capacidad de diseño es de 85 Kg, sin embargo no se establece dicho valor para contemplar los posibles errores en el acomodo del producto fresco. |
| Producción unitaria de deshidratado [kg/día] | 4 | Contemplando que el equipo de deshidratación logra reducir en promedio un 95% la humedad del alimento se obtendrían 4 kilogramos por día de alimento deshidratado. |
| Días de operación por año | 300 | Debido a la continuidad de la energía geotérmica es posible operar el equipo los 365 días del año, sin embargo se establece este tiempo considerando que los balnearios no operan un día a la semana y algunos días festivos. Cabe mencionar que como beneficio extra para los propietarios del lugar y como parte de la negociación, se podría dejar abierta la posibilidad de que produzcan durante los días restantes con ganancia directa para ellos. |
| Contenido por paquete [gr] | 100 | Tomando como ejemplo los productos que actualmente se encuentran activos en el mercado nacional, del estudio de mercado se determinó que esta es la presentación adecuada para la comercialización del producto. |

Análisis de ingresos

Se establece que los únicos ingresos del proyecto son los debidos a las ventas de los productos deshidratados, para los cuales se fijó un plan de producción variable durante los primeros años, esto es debido al tiempo requerido para que se dé a conocer el producto y se posicione como un competidor dentro del mercado, lo cual le permitiría vender el 100% de su capacidad diaria.

Considerando que se opera 300 días al año y que se produce solamente una carga diaria de 80 Kg de producto fresco, al año se obtendrían 720,000 empaques de 100g cada, sin embargo se definió que durante el primer año de operación se produciría y comercializaría solamente el 50% del total (360,000 empaques), al segundo año un 75% (540,000 empaques) y el 100% se alcanzaría hasta el tercer año, estabilizándose hasta el final del periodo de análisis. Los montos correspondientes a estas variaciones se muestran más adelante.

Cuadro IV-7 Ingresos totales

| Ingresos | | |
|---|--------------------------|--|
| Concepto | Cantidad variable | Justificación |
| Precio de venta al público (pesos/empaque) | \$ 15.00 | Se establece esta cantidad como precio base para ingresar y competir en el mercado, considerando que el precio promedio de productos similares en cadenas comerciales se encuentra alrededor de \$40. Cabe mencionar que con este precio se pretende competir con la comida chatarra, lo cual representaría un aumento en la seguridad de comercializar los productos obtenidos de cada sistema. |
| Ventas en el sitio de producción | 100% | Este porcentaje corresponde a las ventas anuales estimadas dentro de las instalaciones de cada balneario. Se fija el 100% para evitar los costos extras de comercialización que surgirían al vender los productos fuera del sitio de producción. |

Análisis de egresos

Dentro de este rubro se consideran las premisas para el cálculo de costos, gastos, inversiones y contraprestaciones del proyecto, esto es debido a que todos ellos representan salidas de efectivo. Sin embargo, es necesario tener en cuenta sus diferencias ya que dentro del cálculo financiero son considerados de manera independiente.

En este punto conviene aclarar que la parte de contraprestaciones solamente incluye un pago anual o mensual, según se acuerde, que se dará a los dueños de los balnearios y que será establecido como un porcentaje del total de los ingresos, esto con la finalidad de asegurar un volumen mínimo de producción diaria y la venta del total de los empaques.

Este pago cubre los derechos por utilización del espacio para la operación, del recurso energético y de los demás servicios del lugar (agua, luz, medios de publicidad, etc.), y compromete a los propietarios del recinto a ser los encargados de la operación del sistema y comercialización de los productos, para lo cual serán debidamente capacitados por el dueño de la tecnología.

En el cuadro IV.8 se detallan los egresos y se justifican los valores utilizados para el cálculo financiero.

Cuadro IV-8 Egresos del proyecto para para la zona centro del país

| Egresos (zona centro) | | |
|--|--------------------------|--|
| Concepto | Cantidad variable | Justificación |
| Número del personal técnico para la fabricación e instalación de los sistemas. | 3 | Se estima que se requieren tres técnicos para la fabricación, instalación y puesta en marcha de los equipos de deshidratación y capacitación del personal de operación propuesto por los propietarios de los balnearios. El tiempo necesario para realizar estas actividades es de dos meses, por lo que el sueldo mensual se considera contemplando este periodo. |
| Número del personal de mantenimiento. | 5 | Anualmente, un especialista dará mantenimiento preventivo a cada sistema instalado. Existe la posibilidad de que el especialista sea local e incluso puede ser la misma persona para los 5 sistemas. Independientemente de esto, se contempla un pago fijo por cada mantenimiento. |
| Pago por derecho de uso del recurso energético, por producción y comercialización de los empaques, y por el uso de los servicios del lugar (porcentaje sobre el total de ingresos). | 25% | Tal como se indicó anteriormente, este porcentaje corresponde al pago que se le dará a los propietarios de los balnearios y se calcula sobre los ingresos por ventas del lugar, bajo la condición de asegurar la producción mínima diaria, de acuerdo con el plan de producción establecido, y la venta total de la misma, asumiendo que el producto a deshidratar corresponderá al alimento que resulte más conveniente para cada zona. Este pago cubrirá también el costo por utilizar el lugar y sus servicios (energía eléctrica, agua, acceso a sistemas de publicidad, recurso geotérmico, vigilancia de producción y seguridad), además del personal de operación que proporcionará el mismo establecimiento y que será capacitado por el personal técnico encargado de la puesta en marcha del sistema. |
| Salario mensual por cada técnico. | \$15,000.00 | Establecido para cada integrante del personal técnico requerido, con base en un promedio del salario para personal de actividades similares de cada zona. Se estima un tiempo de 2 meses desde que se inicia la fabricación hasta la puesta en marcha del equipo en sitio dentro de la cabina de operación. |
| Pago anual por cada mantenimiento. | \$5,000.00 | Como ya se ha mencionado, una vez al año un especialista revisará cada sistema de deshidratación y realizará las actividades correspondientes que aseguren el buen funcionamiento del mismo. La vida útil de cada sistema es de más de 15 años, por lo que este mantenimiento aseguraría por lo menos este periodo de operación sin necesidad de inversiones significativas ni reemplazo de equipos. |
| Costo de la infraestructura requerida para la instalación de cada sistema de deshidratación (cabina de operación). | \$55,000.00 | Esta inversión se realiza al arranque del proyecto y contempla una cabina de panel de 4X4m para la operación del sistema con una ventana de 1.2X1m de aluminio y una puerta de aluminio también de 1.5X2m, una mesa de trabajo, los utensilios de cocina requeridos para la producción diaria y una empaquetadora. El material de la cabina se eligió por sus características de resistencia ante las condiciones climatológicas de cada sitio y la cantidad registrada corresponde a un promedio de diversas cotizaciones realizadas para cada rubro contemplado en las zonas de interés. El costo incluye también la instalación en el sitio y la infraestructura está pensada para que sea una estructura fácilmente desmontable en cualquier momento que fuera necesario, ya que la realización de una infraestructura fija de concreto y ladrillos, además de ser más cara no sería bien vista por los propietarios del lugar ya que sería considerada como una pérdida definitiva de su espacio. |
| Costo del medio de transporte para el personal | \$200,000.0 | Se considera adecuada la compra de una camioneta Tornado 2015 (\$185,000), Marca Chevrolet, con capacidad de 734 Kg y 105 Hp. Placas y seguro por un año (\$6,500 y \$8,500 |

| | | |
|--|-------------|---|
| y equipo necesarios para la instalación de los sistemas. | | respectivamente) para el transporte del personal y materiales en el periodo de instalación de los sistemas de deshidratación dentro de las cabinas de operación. Además de los montos mencionados, se estima un gasto promedio anual en la camioneta de \$3,500 para refacciones, tenencia, verificación y demás situaciones que surjan a partir del primer año de operación. |
| Costo de la materia prima [\$/KG]. | \$ 5.00 | Este costo es independiente del alimento que se esté deshidratando y se fijó como un promedio basado en información proporcionada por los dueños de bodegas de la central de abastos del Distrito Federal, contemplando las diversas opciones de alimentos producidos en cada sitio y considerando que puede ser utilizada materia prima de merma o de mediana calidad de la producción local. El costo real está sujeto a incrementos o decrementos que estarán en función de los arreglos que se lleven a cabo con los productores de las zonas de operación. |
| Costo mensual destinado a la compra de material de operación necesario para cada deshidratador. | \$ 350.00 | Incluye material de limpieza e higiene, empaques para el producto y cajas de almacenamiento. |
| Número de visitas anuales por sistema instalado. | 3 | Se estima que son necesarios tres viajes a cada una de las zonas, distribuidos de la siguiente manera: uno para la instalación del deshidratador, otro para la capacitación del personal de operación correspondiente y otro para realizar el mantenimiento preventivo anteriormente mencionado. |
| Gastos Administrativos y de comercialización anuales. | \$15,000.00 | Monto destinado a la impresión de anuncios, difusión en línea, trámites, papelería, etc., teniendo en cuenta que también será posible utilizar los medios de difusión de los balnearios, ya sean físicos o electrónicos. |
| Costo por viaje programado a un balneario. | \$5,000.00 | Esta cantidad incluye el costo de la gasolina para la camioneta, el pago por casetas y las comidas de tres personas en promedio, con una duración de un día para cada viaje. Se contempla que la camioneta se utiliza solamente en los viajes programados ya que no es necesario transportar los productos a otras zonas para su comercialización. |
| Maquinaria y equipo de fabricación del deshidratador. | \$30,000.00 | Contempla el herramental necesario para la fabricación de los sistemas de deshidratación, como taladros, cortadoras de metal, remachadoras y demás herramientas utilizadas. El monto se estimó mediante la realización de cotizaciones en distintos establecimientos. |

Cuadro IV-9 Egresos del proyecto para la zona norte del país

| Egresos (Ensenada) | | |
|---|--------------------------|---|
| Concepto | Cantidad variable | Justificación |
| Costo por construcción del equipo de deshidratación. | \$15,000.00 | Costo de contratación de un taller para la construcción del sistema de deshidratación. |
| Costo por viaje para instalación y capacitación. | \$15,000.00 | Se contempla que el personal técnico proviene de la zona centro del país. El monto establecido incluye los gastos totales de dos personas con traslado en avión y viáticos, con una duración de tres días y con la renta de una camioneta para el transporte del deshidratador al balneario. Este personal además estará encargado de la instalación y capacitación del operario del sistema. |
| Número de personal técnico necesario para instalación. | 2 | Como se menciona en el rubro anterior, se necesitan dos personas para la instalación del equipo y para la capacitación. |

| | | |
|---|------------|--|
| Pago para cada persona técnica. | \$5,000.00 | Además de los gastos totales del viaje, se contempla este monto como pago a cada una de las dos personas técnicas mencionadas. |
| Número de personal de mantenimiento. | 1 | Al igual que para la zona centro del país, una vez al año un especialista revisará el sistema y le dará mantenimiento preventivo, conviene que esta persona sea de la región para evitar los costos transporte establecidos anteriormente, en caso de que quien de mantenimiento provenga de la zona centro. |
| Pago anual por mantenimiento. | \$5,000.00 | Este monto es un ingreso libre, es decir, es independiente de los gastos del propio mantenimiento y del especialista durante el tiempo del trabajo. |

Horizonte de análisis

Por los parámetros legales descritos en el Apartado II del tercer capítulo, y por la falta de certeza en la predicción del comportamiento del mercado, el horizonte de análisis se fija en 10 años.

Análisis financiero

Para realizar el cálculo de flujo de efectivo durante el periodo de análisis es necesario contemplar algunos otros factores diferentes a los ingresos y egresos, dichos factores están relacionados con los conceptos de depreciación, pago de impuestos y financiamiento, los cuales se detallan en seguida.

Con respecto a la depreciación, se aplica sobre inversiones del proyecto que para este caso corresponden a los propios equipos de deshidratación, las herramientas, las casetas para instalación y operación de los sistemas, y a la camioneta descrita anteriormente. Los porcentajes anuales de depreciación se presentan en el cuadro IV.10 y para este análisis se considera que La Ley del ISR se mantendrá sin cambios durante todo el horizonte de análisis.

Cuadro IV-10 Tasas de depreciación para inversiones

| Depreciación | | |
|--|--------------------------|----------------------|
| Concepto | Cantidad variable | Justificación |
| Tasa de depreciación de infraestructura | 5% | De La Ley del ISR |
| Tasa de depreciación para maquinaria y equipo (sistemas de deshidratación y herramientas) | 15% | |
| Tasa de depreciación de sistemas de transporte (Camioneta) | 25% | |

Por otro lado, también asumiendo que La ley del ISR no cambiará durante todo el horizonte de análisis, el único impuesto que aplica al proyecto es el Impuesto Sobre la Renta y se calcula como un porcentaje sobre la utilidad de operación, definida como el total de ingresos menos el total de los egresos.

Cuadro IV-11 Impuestos que intervienen en la evaluación

| Impuestos | | |
|------------------|--------------------------|----------------------|
| Concepto | Cantidad variable | Justificación |
| ISR | 30% | De La Ley del ISR |

Y en cuanto al financiamiento, en esta evaluación se está considerando que para llevar a cabo la implementación del proyecto se recurre a un préstamo de capital con las características que se describen en el cuadro IV.12

Cuadro IV-12 Características que intervienen en el financiamiento establecido

| Financiamiento | | |
|--|-------------------|--|
| Concepto | Cantidad variable | Justificación |
| Porcentaje financiado del monto total necesario. | 80% | Se establece el porcentaje de financiamiento y el periodo con base en los recursos propios disponibles, y se calcula la tasa real con los datos obtenidos por créditos similares que mantienen una tasa nominal del 17%, contemplando una tasa de inflación de 3.5%. Cabe mencionar que el uso de este financiamiento representa un pago anual compuesto por pago a capital y por intereses generados, dichos montos fueron considerados en el balance de flujos de efectivo, el cual se detalla posteriormente. |
| Tasa de interés del monto financiado. | 13.4% | |
| Duración del financiamiento en años. | 10 | |

En seguida se presentan los cálculos correspondientes al análisis financiero, para lo cual se consideró la información anteriormente citada. Por conveniencia, las cifras que se muestran son en miles de pesos mexicanos.

Cuadro IV-13 Cálculo de los egresos totales del proyecto (por los 6 sistemas)

| EGRESOS (MILES DE PESOS) | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|---|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------|
| Equipos de deshidratación | \$240.0 | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- |
| Pago de renta anual por los balnearios | \$- | \$13 5.0 | \$20 2.5 | \$27 0.0 | \$270.0 |
| Casetas para operar los sistemas | \$330.0 | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- |
| Materia prima total (independientemente del producto que se esté deshidratando) | \$- | \$12 0.0 | \$120.0 |
| Gastos administrativos y de comercialización | \$15.0 | \$15. 0 | \$15.0 |
| Material de operación | \$- | \$25. 2 | \$25.2 |
| Maquinaria y equipo para la construcción de los sistemas | \$30.0 | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- |
| Camioneta para visitas y transporte | \$185.0 | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- |
| Seguro de la camioneta | \$8.5 | \$8.5 | \$8.5 | \$8.5 | \$8.5 | \$8.5 | \$8.5 | \$8.5 | \$8.5 | \$8.5 | \$8.5 |
| Placas y documentación | \$6.5 | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- |
| Gasto anual en la camioneta (operación, | \$- | \$3.5 | \$3.5 | \$3.5 | \$3.5 | \$3.5 | \$3.5 | \$3.5 | \$3.5 | \$3.5 | \$3.5 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| mantenimiento y trámites) | | | | | | | | | | | |
| Viajes para instalación | \$25.0 | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- |
| Viajes para capacitación | \$25.0 | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- |
| Viajes para mantenimiento | \$- | \$25.0 | \$25.0 | \$25.0 | \$25.0 | \$25.0 | \$25.0 | \$25.0 | \$25.0 | \$25.0 | \$25.0 |
| Pago al personal técnico para la construcción | \$90.0 | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- |
| Pago al personal de mantenimiento | \$- | \$25.0 | \$25.0 | \$25.0 | \$25.0 | \$25.0 | \$25.0 | \$25.0 | \$25.0 | \$25.0 | \$25.0 |
| Pago a un taller para el ensamble en Ensenada | \$15.0 | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- |
| Viaje de Instalación y capacitación para Ensenada | \$15.0 | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- |
| Pago al personal de instalación y capacitación Ensenada | \$10.0 | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- |
| Pago al personal de mantenimiento para Ensenada | \$- | \$5.0 | \$5.0 | \$5.0 | \$5.0 | \$5.0 | \$5.0 | \$5.0 | \$5.0 | \$5.0 | \$5.0 |
| Total de egresos | \$995.0 | \$362.2 | \$429.7 | \$497.2 |

Como mencionó anteriormente, para el cálculo de depreciación, es necesario diferenciar las inversiones de los demás egresos, cuyos montos anuales se presentan en los cuadros IV.14 y IV.15 respectivamente.

Cuadro IV-14 Montos correspondientes a costos e inversiones

| EGRESOS GENERALES E INVERSIONES (MILES DE PESOS) | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| Costos, gastos y contraprestaciones | \$210.00 | \$362.20 | \$429.70 | \$497.20 | \$497.20 | \$497.20 | \$497.20 | \$497.20 | \$497.20 | \$497.20 | \$497.20 |
| Inversiones | \$785.00 | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- |

Para este caso, el capital de trabajo corresponde a los egresos menos inversiones, cuyos cambios son necesarios para determinar el flujo de efectivo libre y se muestran en el cuadro IV.15.

Cuadro IV-15 Cálculo de los cambios en el capital de trabajo

| CAMBIOS EN EL CAPITAL DE TRABAJO (MILES DE PESOS) | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| Capital de trabajo neto | \$210.00 | \$362.20 | \$429.70 | \$497.20 | \$497.20 | \$497.20 | \$497.20 | \$497.20 | \$497.20 | \$497.20 | \$497.20 |
| Cambios capital de trabajo neto | - | \$152.20 | \$67.50 | \$67.50 | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- |

Con respecto a los ingresos, se calculan con base en el número de productos totales por los seis sistemas al año, siguiendo el plan de producción establecido, en el cual para el primer año se producen 360,000 empaques, para el segundo 540,000 y 720,000 a partir del tercer año, y el precio de venta al público de \$15. Como se ha mencionado, para el cálculo se considera que se logra comercializar el total de la producción dentro de los balnearios, ya que en caso contrario se tendrían que estimar los costos extras dentro de otro análisis que se encuentra fuera del alcance de los objetivos de esta tesis.

Cuadro IV-16 Estimación de los ingresos totales

| INGRESOS (MILES DE PESOS) | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|--|----------|-----------|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Total de ingresos por ventas en sitio | \$- | \$54 0 | \$810. 00 | \$1,08 0.00 |

Por otro lado, los montos de depreciación calculados sobre las inversiones (sistemas de deshidratación, herramientas y equipos, infraestructura y la camioneta), considerando las tasas obtenidas de La Ley del ISR reportadas anteriormente, se muestran en el cuadro IV.7.

Cuadro IV-17 Cálculo de la depreciación de las inversiones

| DEPRECIACIÓN (MILES DE PESOS) | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|-------------------------------------|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Depreciación Infraestructura | \$- | \$16.5 0 | \$16. 50 | \$16.5 0 | \$16.5 0 | \$16. 50 | \$16.5 0 | \$16.5 0 | \$16.5 0 | \$16.5 0 | \$16.5 0 |
| Depreciación equipos | \$- | \$40.5 0 | \$40. 50 | \$40.5 0 | \$40.5 0 | \$40. 50 | \$40.5 0 | \$27.0 0 | \$- | \$- | \$- |
| Depreciación transporte | \$- | \$46.2 5 | \$46. 25 | \$46.2 5 | \$46.2 5 | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- | \$- |
| Total | \$- | \$103. 25 | \$10 3.25 | \$103. 25 | \$103. 25 | \$57. 00 | \$57.0 0 | \$43.5 0 | \$16.5 0 | \$16.5 0 | \$16.5 0 |

En cuanto al impuesto aplicable al proyecto, el ISR del 30% se calcula sobre la utilidad acumulada de operación (ingresos menos egresos), obteniéndose los siguientes resultados. Cabe mencionar que para los años en que dicha utilidad es negativa no se realiza este pago, sino hasta que la utilidad se vuelve positiva.

Cuadro IV-18 Pago total por impuestos

| IMPUESTOS (MILES DE PESOS) | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|----------------------------------|----------|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Total ISR | \$- | \$- | \$114. 09 | \$174. 84 |

Para el financiamiento, el monto de crédito se calcula como un porcentaje sobre el total del capital necesario para implementar el proyecto, el cual se requiere en el año 0. Utilizando los datos reportados en el cuadro IV.12, referentes a las características del crédito y su duración, y considerando un financiamiento con anualidades fijas, en el cuadro IV.19 se presenta el cálculo correspondiente a este rubro.

Cuadro IV-19 Componentes del financiamiento y cálculo de las anualidades

| FINANCIAMIENTO (MILES DE PESOS) | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|---------------------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Saldo | \$79 6.00 | \$79 6.00 | \$752. 88 | \$704. 13 | \$649. 02 | \$586. 73 | \$516. 31 | \$436. 70 | \$346. 71 | \$244. 99 | \$129. 99 |
| Pago Total | \$1,4 69.4 9 | \$14 6.95 | \$146. 95 |
| Pago Principal | \$- | \$43. 12 | \$48.7 5 | \$55.1 1 | \$62.2 9 | \$70.4 2 | \$79.6 1 | \$89.9 9 | \$101. 73 | \$114. 99 | \$129. 99 |
| Pago Interés | \$- | \$10 3.83 | \$98.2 0 | \$91.8 4 | \$84.6 6 | \$76.5 3 | \$67.3 4 | \$56.9 6 | \$45.2 2 | \$31.9 5 | \$16.9 6 |
| Total a pagar (anualidad) | \$- | \$14 6.95 | \$146. 95 |

Con base en los cálculos anteriores y la información proporcionada, en el cuadro IV.20 se presenta el balance general para obtener el flujo libre de efectivo.

Cuadro IV-20 Balance y cálculo del flujo de efectivo

| BALANCE (MILES DE PESOS) | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|-----------------------------------|-----------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Ingresos (+) | - | 540.0 0 | 810.0 0 | 1,080. 00 |
| Egresos (-) | 210. 00 | 362.2 0 | 429.7 0 | 497.2 0 |
| Utilidad de operación (=) | - 210. 00 | 177.8 0 | 380.3 0 | 582.8 0 |
| Depreciación (-) | - | 103.2 5 | 103.2 5 | 103.2 5 | 103.2 5 | 57.00 | 57.00 | 43.50 | 16.50 | 16.50 | 16.50 |
| Pago de intereses (-) | - | 103.8 3 | 98.20 | 91.84 | 84.66 | 76.53 | 67.34 | 56.96 | 45.22 | 31.95 | 16.96 |
| Utilidad antes de impuestos (=) | - 210. 00 | - 29.28 | 178.8 5 | 387.7 1 | 394.8 9 | 449.2 7 | 458.4 6 | 482.3 4 | 521.0 8 | 534.3 5 | 549.3 4 |
| Impuesto Sobre la Renta ISR (-) | - | - 63.00 | 114.0 9 | 174.8 4 |
| Utilidad después de impuestos (=) | - 210. 00 | 33.72 | 64.76 | 212.8 7 | 220.0 5 | 274.4 3 | 283.6 2 | 307.5 0 | 346.2 4 | 359.5 1 | 374.5 0 |
| Depreciación (+) | - | 103.2 5 | 103.2 5 | 103.2 5 | 103.2 5 | 57.00 | 57.00 | 43.50 | 16.50 | 16.50 | 16.50 |
| Suma de Recursos Producidos (=) | - 210. 00 | 136.9 7 | 168.0 1 | 316.1 2 | 323.3 0 | 331.4 3 | 340.6 2 | 351.0 0 | 362.7 4 | 376.0 1 | 391.0 0 |
| Aportación de capital (-) | 199. 00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Entrada de recursos | | | | | | | | | | | |
| Capital propio | 199. 00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Crédito | 796.00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Salida de recursos | | | | | | | | | | | |
| Inversiones | 785.00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Saldo neto (+) | 210.00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Cambios en Capital de trabajo (+) | -210.00 | 152.20 | 67.50 | 67.50 | - | - | - | - | - | - | - |
| Pago de principal (-) | - | 43.12 | 48.75 | 55.11 | 62.29 | 70.42 | 79.61 | 89.99 | 101.73 | 114.99 | 129.99 |
| Valor de rescate (+) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 165.00 |
| Flujo de efectivo | -409.00 | 58.35 | 51.76 | 193.51 | 261.01 | 261.01 | 261.01 | 261.01 | 261.01 | 261.01 | 426.01 |

Cabe mencionar que el monto que aparece para el décimo año como valor de rescate corresponde al valor no depreciado de la infraestructura, este monto sirve para evaluaciones del valor del proyecto al final del horizonte de análisis y es útil en la toma de decisiones para saber si conviene vender las instalaciones o seguir utilizándolas después de los 10 años de operación.

En seguida se muestra el análisis de rentabilidad realizado sobre los valores de flujo de efectivo libre calculados.

Análisis de rentabilidad del negocio

Como se especificó en el tercer apartado del presente capítulo, los parámetros útiles para el análisis de la rentabilidad de este proyecto corresponden a la Tasa Interna de Retorno (TIR), al Valor Presente Neto (VPN) y al Tiempo de Retorno de la Inversión (Tr), cuyos valores calculados con base en las premisas propuestas se muestran en el cuadro IV.21.

Cuadro IV-21 Parámetros de rentabilidad del proyecto

| RENTABILIDAD | Valor |
|----------------|--------------|
| TIR | 31% |
| VPN (Pesos) | \$671,376.59 |
| Tr (Meses) | 55.17 |

Cabe mencionar que en el cuadro anterior se presenta un VPN acumulado de los 10 años de análisis, sin embargo es importante indicar que el Tr corresponde al tiempo para el cual el VPN es igual a cero, por lo que a continuación se presenta una gráfica con el comportamiento de dichas variables a lo largo del periodo de estudio, en donde se comprueba que la inversión se recupera hasta los 55.17 meses (4.6 años).

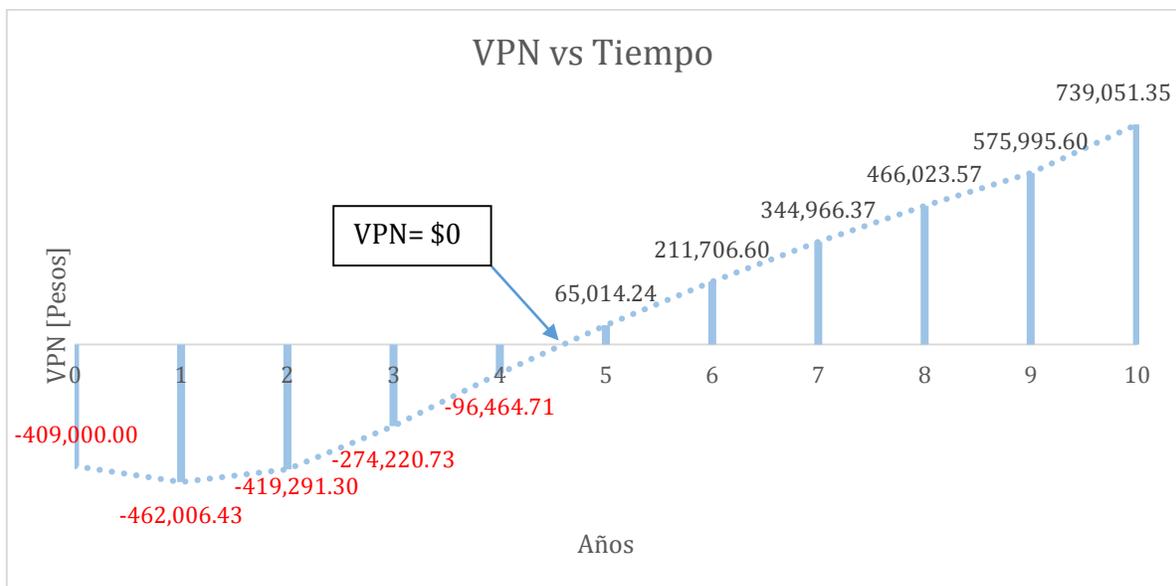


Figura IV.6 Comportamiento del VPN con respecto al tiempo

De la información anterior se puede asegurar que, de acuerdo con los datos del modelo financiero y los cálculos realizados, el proyecto resulta ser rentable en el horizonte de análisis ya que la TIR y el VPN resultaron positivos, además de que el tiempo de retorno (4.6 años) es menor que los 10 años propuestos.

Por otro lado, para el cálculo del VPN se utilizó una tasa de descuento del 10.08% que corresponde a la tasa del sector de alimentos procesados en México, obtenida mediante el Modelo de Valoración de Activos Financieros (Capital Asset Pricing Model (CAPM)), la cual es mayor a la tasa de oportunidad que proporcionaría un banco como tasa de rendimiento por guardar el dinero requerido para implementar el proyecto (alrededor del 4%), con lo que se justifica y se reafirma que la inversión en este sector si es conveniente.

En seguida se muestra el análisis de sensibilidad que permitió determinar las condiciones óptimas del negocio y que sirvió de base para establecer las conclusiones correspondientes.

ii. Análisis de sensibilidad y resultados

En este apartado se presentan las gráficas de sensibilidad, en donde se observa la variación y dependencia de los factores de análisis de rentabilidad del proyecto (VPN, TIR y Tr) con respecto a los parámetros más importantes del estudio (porcentaje de pago a los dueños de los balnearios, precio de venta al público del producto deshidratado, costo del sistema de deshidratación y el porcentaje de financiamiento), con la finalidad de identificar aquellos que afectan en mayor grado la evaluación.

En primer lugar se muestra la influencia que tiene el porcentaje de pago sobre ventas que se le dará a los dueños de los balnearios, cualquiera de ellos, por el derecho a utilizar los recursos del lugar y los demás servicios mencionados, manteniendo el precio de venta al público de los productos, el costo del sistema, el precio de la materia prima (sin importar cuál sea) y los demás factores constantes.

Variación de la TIR y el Tr con respecto al porcentaje de pago al balneario

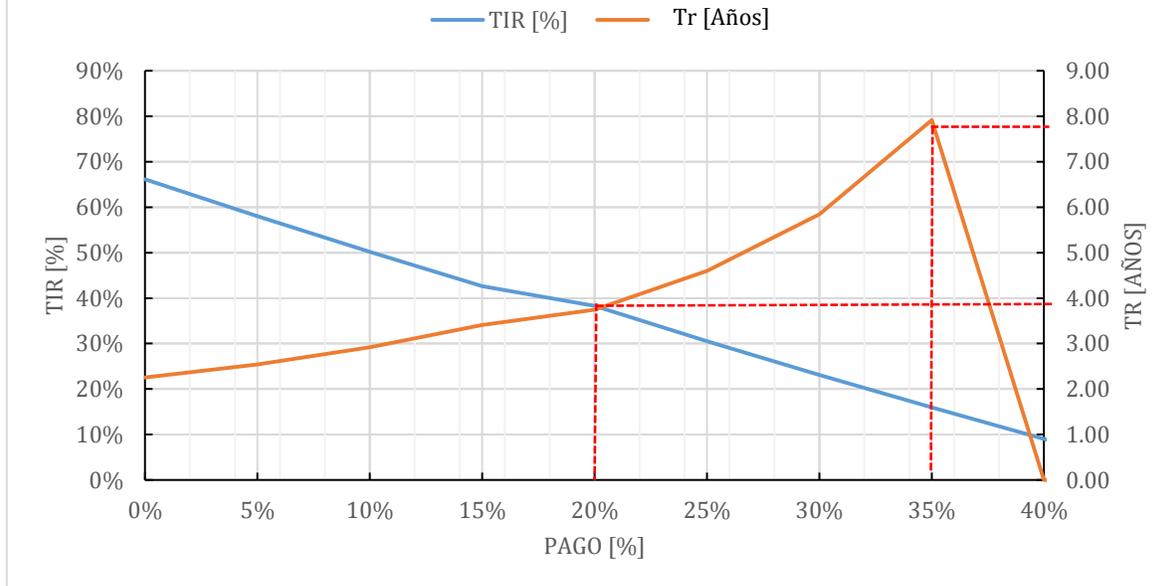


Figura IV.7 Dependencia de la rentabilidad con respecto al porcentaje de pago

En la gráfica anterior se observa que el punto crítico se presenta para un porcentaje de pago cercano al 35% con un Tr cercano a los 8 años, ya que cualquier valor superior genera una discontinuidad en Tr debida a que el VPN se vuelve negativo, tal como se indica en el cuadro IV.22, por lo que este porcentaje es el máximo que puede ofrecerse sin tener pérdidas ni ganancias en el proyecto.

Cuadro IV-22 Comportamiento del VPN del proyecto ante la variación del porcentaje de pago al balneario.

| Pago (%) | VPN (Pesos) |
|----------|-----------------|
| 0% | \$ 1,773,296.11 |
| 5% | \$ 1,544,108.48 |
| 10% | \$ 1,314,920.86 |
| 15% | \$ 1,085,733.24 |
| 20% | \$ 907,248.70 |
| 25% | \$ 671,376.59 |
| 30% | \$ 435,504.47 |
| 35% | \$ 199,632.36 |
| 40% | - \$36,239.75 |
| 45% | - \$272,111.86 |

De la figura IV.8, se establece que el rango de porcentajes de pago más conveniente para el dueño de la tecnología se da para valores inferiores al 20%, ya que en cualquiera de estos

puntos la TIR incrementa y el Tr disminuye, en comparación con cualquier porcentaje superior a este punto de equilibrio.

En un esquema que busque un beneficio compartido entre ambas partes del negocio, un pago del 20% a los dueños del balneario con un Tr de casi 4 años representa la mejor negociación ya que brinda beneficios a ambas partes de manera equitativa.

A continuación se presenta un análisis similar para el precio de venta al público del producto deshidratado, manteniendo fijos los demás rubros mencionados anteriormente.

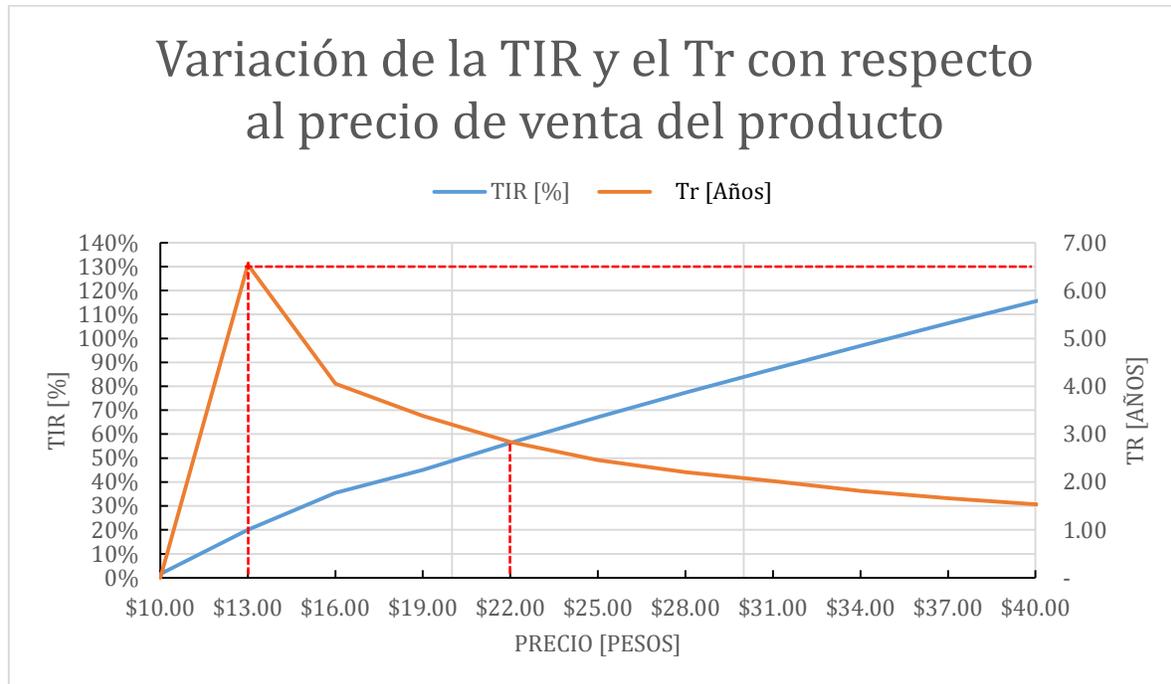


Figura IV.8 Dependencia de la rentabilidad del proyecto con respecto al precio de venta del producto

Es lógico que a medida que aumenta el precio de venta de los empaques se tienen más ingresos y por lo tanto la TIR aumenta mientras que el Tr disminuye, sin embargo, en la gráfica de la figura IV.9 se pueden identificar puntos clave para el negocio.

Se observa que existe una discontinuidad en Tr para un valor cercano a los \$13.00 por empaque, lo cual significa que para precios inferiores el VPN se vuelve negativo y nos proporciona el valor a partir del cual se puede realizar la comercialización del producto sin pérdidas (costo de operación); cabe mencionar que el precio de venta establecido para el análisis (\$15) se encuentra muy cercano al límite inferior, con lo que se refuerza la idea de que aunque el cálculo realizado se estimó para un panorama del negocio poco conveniente, el proyecto es rentable.

Por otro lado, el punto de equilibrio definido por la intersección entre la TIR y Tr se da para un valor aproximado de \$22.00 que se refiere al valor a partir del cual se obtienen los mejores beneficios para el proyecto, ya que para cualquier valor superior disminuye el tiempo de recuperación de la inversión y aumenta la TIR, al igual que el VPN tal como se indica en el cuadro IV.23.

Cuadro IV-23 Comportamiento del VPN del proyecto ante la variación del precio del producto.

| Precio (pesos) | VPN (pesos) |
|----------------|-----------------|
| \$ 10.00 | - \$230,676.06 |
| \$ 13.00 | \$ 310,555.53 |
| \$ 16.00 | \$ 851,787.11 |
| \$ 19.00 | \$ 1,322,262.15 |
| \$ 22.00 | \$ 1,843,440.28 |
| \$ 25.00 | \$ 2,364,618.40 |
| \$ 28.00 | \$ 2,885,796.52 |
| \$ 31.00 | \$ 3,406,974.64 |
| \$ 34.00 | \$ 3,928,152.76 |
| \$ 37.00 | \$ 4,449,330.89 |
| \$ 40.00 | \$ 4,970,509.01 |

Cabe mencionar que el precio máximo de venta se encuentra definido por las condiciones del mercado y asciende a los \$40.00, por lo que, dependiendo del producto, para el proyecto se cuenta con un rango muy amplio que permite fijar costos competitivos sin sacrificar beneficios.

En cuanto a relación de la rentabilidad del proyecto con respecto al precio de cada sistema de deshidratación de alimentos con energía geotérmica, se presenta la siguiente gráfica.

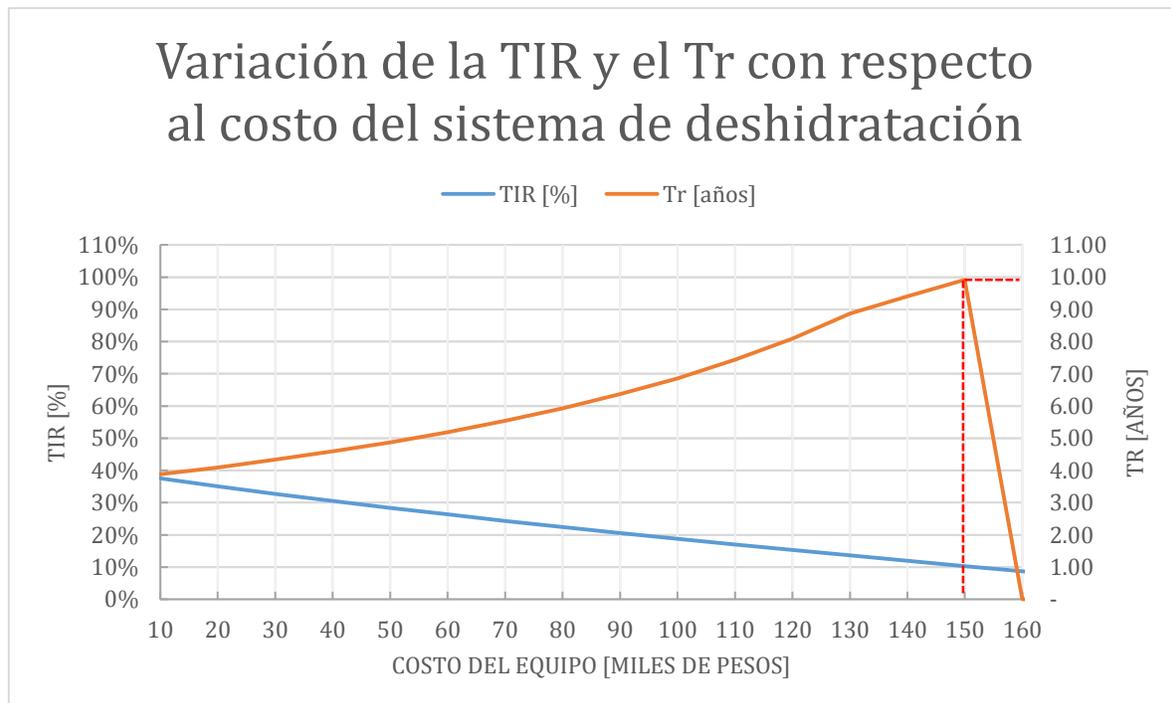


Figura IV.9 Dependencia de la rentabilidad con respecto al costo de cada sistema de deshidratación

En donde se observa que el Tr máximo se presenta para un costo aproximado del equipo de \$150,000.00 ya que un costo superior genera una discontinuidad debida a que el VPN del proyecto se vuelve negativo, tal como se indica en el cuadro IV.24.

Cuadro IV-24 Comportamiento del VPN del proyecto ante la variación del costo del sistema.

| Costo (pesos) | VPN (pesos) |
|---------------|---------------|
| \$ 40,000.00 | \$ 671,376.59 |
| \$ 50,000.00 | \$ 611,182.11 |
| \$ 60,000.00 | \$ 550,987.63 |
| \$ 70,000.00 | \$ 490,793.16 |
| \$ 80,000.00 | \$ 430,598.68 |
| \$ 90,000.00 | \$ 370,404.21 |
| \$ 100,000.00 | \$ 310,209.73 |
| \$ 110,000.00 | \$ 250,015.26 |
| \$ 120,000.00 | \$ 189,820.78 |
| \$ 130,000.00 | \$ 129,626.31 |
| \$ 140,000.00 | \$ 69,431.83 |
| \$ 150,000.00 | \$ 9,237.35 |
| \$160,000.00 | - \$50,957.12 |

Para este trabajo, el horizonte de análisis es igual al Tr máximo, por lo que se puede asegurar que si cada sistema de deshidratación cuesta menos de \$150,000.00 y las premisas de evaluación se mantienen constantes, el proyecto es rentable durante los 10 años analizados; sin embargo, para trabajos futuros se debe buscar que se mejore el rendimiento del equipo y que el costo de los sistemas disminuya para tener mejores beneficios del proyecto.

En seguida se muestra la influencia que tiene el porcentaje de financiamiento estimado sobre la rentabilidad del proyecto.

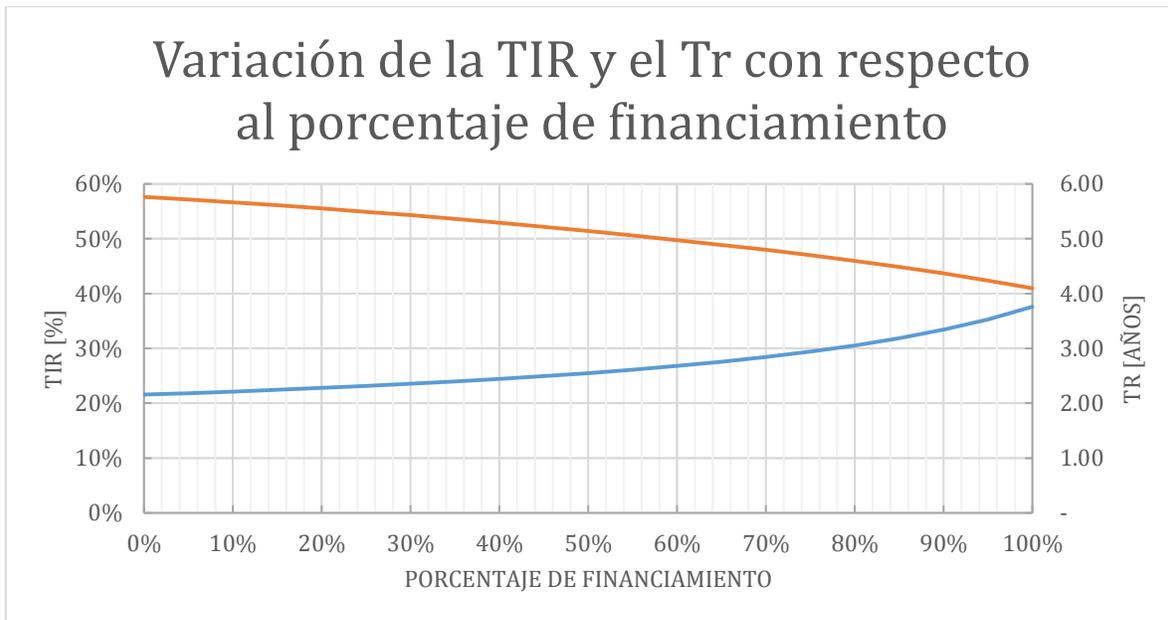


Figura IV.10 Dependencia de la rentabilidad con respecto al financiamiento solicitado

Se observa que a medida que incrementa el porcentaje de financiamiento se tiene un beneficio en la rentabilidad del proyecto puesto que la TIR aumenta y el Tr disminuye, lo cual se debe a que se reduce el capital propio que se aporta al proyecto y por lo tanto la inversión se recupera más rápido. Otro beneficio al incluir un financiamiento es la reducción del riesgo de la inversión, ya que se reparte el mismo entre quien implementa el proyecto y quien proporciona los recursos; sin embargo se debe tener en cuenta que, a medida que aumenta el monto financiado, los intereses generados son mayores por lo que anualmente se tiene una salida de efectivo más grande que se refleja como una disminución en el VPN acumulado, tal como se indica en el cuadro IV.25.

Cuadro IV-25 Comportamiento del VPN acumulado del proyecto y de los intereses totales generados con respecto al porcentaje de financiamiento solicitado.

| Financiamiento | VPN | Intereses Totales |
|-----------------------|---------------|--------------------------|
| 0% | \$ 765,713.56 | \$ - |
| 5% | \$ 759,817.50 | \$ 42,093.43 |
| 10% | \$ 753,921.44 | \$ 84,186.85 |
| 15% | \$ 748,025.37 | \$ 126,280.28 |
| 20% | \$ 742,129.31 | \$ 168,373.70 |
| 25% | \$ 736,233.25 | \$ 210,467.13 |
| 30% | \$ 730,337.19 | \$ 252,560.55 |
| 35% | \$ 724,441.13 | \$ 294,653.98 |
| 40% | \$ 718,545.07 | \$ 336,747.41 |
| 45% | \$ 712,649.01 | \$ 378,840.83 |
| 50% | \$ 706,752.95 | \$ 420,934.26 |
| 55% | \$ 700,856.89 | \$ 463,027.68 |
| 60% | \$ 694,960.83 | \$ 505,121.11 |
| 65% | \$ 689,064.77 | \$ 547,214.54 |
| 70% | \$ 683,168.71 | \$ 589,307.96 |
| 75% | \$ 677,272.65 | \$ 631,401.39 |
| 80% | \$ 671,376.59 | \$ 673,494.81 |
| 85% | \$ 665,480.52 | \$ 715,588.24 |
| 90% | \$ 659,584.46 | \$ 757,681.66 |
| 95% | \$ 653,688.40 | \$ 799,775.09 |
| 100% | \$ 647,792.34 | \$ 841,868.52 |

Por lo anterior, para elegir un porcentaje de financiamiento se deben considerar tanto los beneficios como los inconvenientes.

Dentro del tema del financiamiento existe otro factor propenso a sufrir cambios, referente a la tasa de interés nominal del crédito, por lo que resulta conveniente analizar su comportamiento y la afectación que tiene sobre el proyecto, para lo cual se presenta el cuadro IV.26, en donde se realiza la comparativa del VPN calculado para una tasa nominal específica con respecto al VPN calculado para el escenario base con una tasa nominal del 17%.

Cuadro IV-26 Variación del VPN con respecto a la tasa de interés nominal del financiamiento.

| Tasa de interés nominal (%) | VPN (Pesos) | Porcentaje respecto a la base |
|-----------------------------|--------------|-------------------------------|
| 10% | \$879,192.79 | 24% |
| 11% | \$851,181.38 | 21% |
| 12% | \$822,585.04 | 18% |
| 13% | \$793,419.14 | 15% |
| 14% | \$763,699.35 | 12% |
| 15% | \$733,441.59 | 8% |
| 16% | \$702,661.94 | 4% |
| 17% | \$671,376.59 | 0% |
| 18% | \$639,601.75 | -5% |
| 19% | \$607,353.63 | -11% |
| 20% | \$574,648.36 | -17% |
| 21% | \$541,501.94 | -24% |
| 22% | \$507,930.21 | -32% |
| 23% | \$473,948.80 | -42% |
| 24% | \$439,573.10 | -53% |
| 25% | \$404,818.23 | -66% |

Como se muestra, la variación de este parámetro afecta considerablemente el VPN acumulado del proyecto, lo cual se debe a que esta tasa de interés nominal afecta todo el horizonte de análisis disminuyendo o aumentando el pago anual de intereses generados, sin embargo, se debe tener en cuenta que dicha afectación no es lineal, tal como muestra en la figura IV.12.

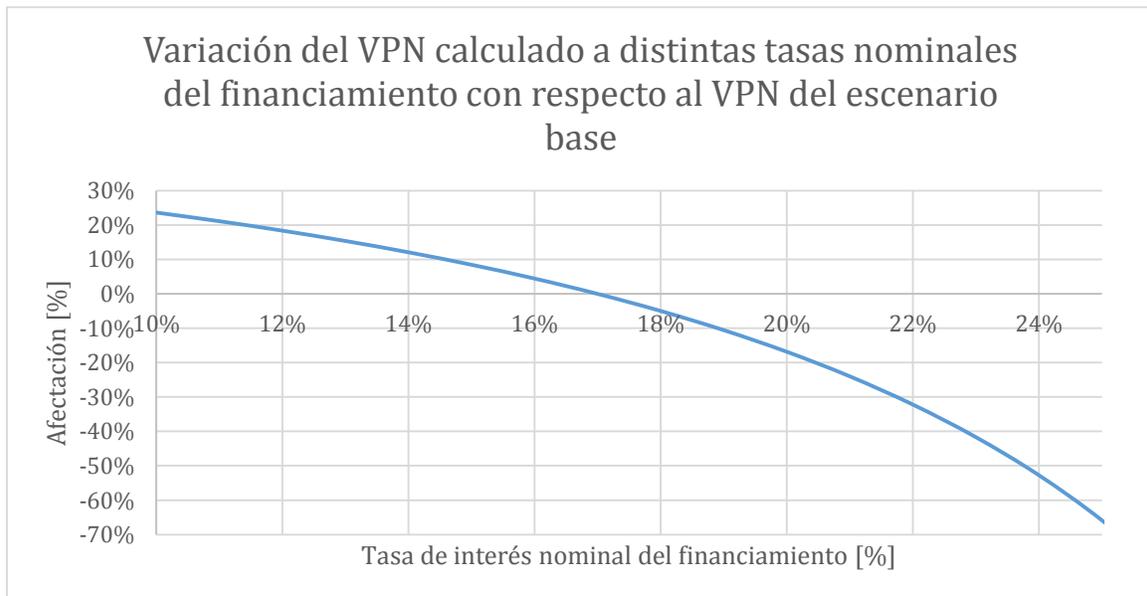


Figura IV.11 Variación del VPN calculado a distintas tasas nominales del financiamiento con respecto al VPN del escenario base

Con base en el análisis anterior se concluye que al solicitar un financiamiento se debe buscar que la tasa de interés nominal sea lo más baja posible para no tener pérdidas considerables por pago de intereses generados.

Con la información obtenida de este análisis de sensibilidad, a continuación se presenta un cuadro resumen de los valores convenientes para el proyecto que a su vez representan mejores ganancias para los dueños de los balnearios.

Cuadro IV-27 Resumen de resultados obtenidos por el análisis de sensibilidad para la evaluación.

| Concepto | Cantidad |
|--|-------------|
| Porcentaje sobre los ingresos de pago a cada balneario (se tomó el valor porque corresponde al punto intermedio entre el porcentaje a partir del cual se tienen las mejores ganancias para el dueño de la tecnología y el porcentaje máximo que puede ser ofrecido como pago al balneario) | 27% |
| Precio de venta al público del producto (sin importar el tipo de alimento deshidratado) | \$22.00 |
| Costo por sistema de deshidratación (ya que aún no se realizan modificaciones, el costo se mantiene igual que en el cálculo anteriormente presentado) | \$40,000.00 |
| Porcentaje de financiamiento (se eligió este valor para no reducir tanto el VPN del proyecto considerando que sería posible aumentar el capital propio) | 60% |
| Tasa de interés nominal del financiamiento (Dado que es un dato que depende de la fuente de financiamiento se mantuvo el porcentaje de 17% a reserva de que se busque una disminución) | 17% |

Con los valores anteriores se realizó nuevamente el cálculo financiero obteniéndose los resultados que se muestran en el cuadro IV-28.

Cuadro IV-28 Parámetros de rentabilidad considerando los resultados obtenidos del análisis de sensibilidad.

| RENTABILIDAD | Valor |
|----------------|----------------|
| TIR | 44% |
| VPN (Pesos) | \$1,732,567.78 |
| Tr (Meses) | 40 |

Y, considerando las modificaciones mencionadas en el cuadro IV-27, se determinó el comportamiento del VPN acumulado a lo largo de la vida del proyecto, el cual se presenta a continuación.

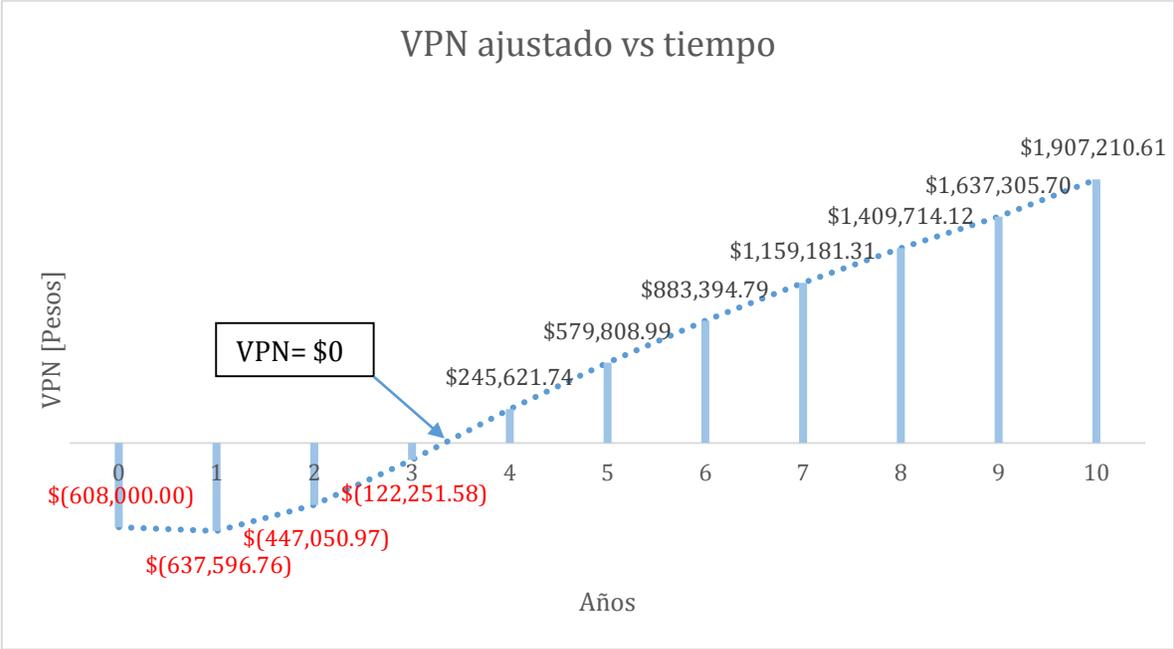


Figura IV.12 Comportamiento del VPN ajustado en el horizonte de análisis

En comparativa con el cuadro IV.21, la TIR aumentó un 13% y el VPN alcanzó 2.58 veces el valor del VPN de la propuesta original, mientras que el Tr se redujo de 55.17 meses a 40 (3.33 años). Y se debe tener presente que el precio de venta al público aún tiene un margen amplio de incremento ya que el tope del mercado se ubica en \$40.00, por lo que conforme transcurra el tiempo, si el precio aumentara el proyecto resultaría aún más rentable para ambas partes del negocio.

IV.Evaluación Social

Esta evaluación se relaciona directamente con el beneficio social que el proyecto ofrece por su implementación, ya sea en el sitio de operación o fuera del mismo. En este caso se cuentan con diversas ventajas a distintos niveles.

A nivel regional, los primeros lugares beneficiados con la implementación del proyecto son los balnearios seleccionados, puesto que se están generando empleos y ganancias adicionales para los mismos habitantes de la zona. Esto es posible ya que estos sitios pertenecen a grupos ejidales que se encargan de operar dichas instalaciones y generan ingresos con sus actividades recreativas, a la vez que se auto emplean y promueven el comercio local.

Por otro lado, también se genera un beneficio para los productores de la materia prima ya que se está considerando un consumo local de productos de merma o que no cuenten con la calidad suficiente para poder comercializarse en mercados tradicionales, con lo cual se está apoyando a la actividad agrícola de la región, a la vez que se le proporciona un ingreso adicional a los

trabajadores que en vez de desechar ese producto, como habitualmente se hace, lo vendan a un precio razonable, que para este proyecto se propone de \$5.00 por kilogramo.

Otro beneficio es que se están produciendo alimentos saludables a precios relativamente bajos que pueden competir directamente con la comida chatarra. Esto puede lograr que se prefieran por el mejoramiento en la salud que conlleva su consumo y se fomente una alimentación sana en cualquier sitio en donde se tenga acceso a los mismos, la vez que se dejan de emitir contaminantes por la obtención de estos productos.

A nivel nacional, se está impulsando el desarrollo de tecnologías para el aprovechamiento de energías alternas, al mismo tiempo que se está produciendo un servicio tan básico e indispensable para la sociedad como lo son los alimentos, por lo que reforzar este sector permite que crezca el país y se cumpla una de las principales metas de México, no solamente para posicionarse mejor en el mundo, sino para que su sociedad tenga una mejor calidad de vida.

Por otro lado, se está demostrando la alta rentabilidad de este tipo de proyectos con lo cual se promueve que estas tecnologías no se queden en trabajos académicos o prototipos funcionales, sino que se lleven más allá y se introduzcan al sector industrial, lo cual ayuda a eliminar los esquemas tradicionales de seguir utilizando los mismos procesos que continúan agotando ciertos recursos naturales de manera inapropiada, abriendo el panorama hacia nuevas oportunidades de mejora y desarrollo.

Otra de las principales razones que determina la conveniencia de implementar estos proyectos es que el costo energético de los procesos es muy alto en prácticamente cualquier sistema que utilice fuentes tradicionales, por lo que un ahorro en este sector significa un incremento sustancial en los beneficios a corto plazo, a la vez que se promueve el aprovechamiento sostenible de los recursos del país.

Capítulo V.- Conclusiones y Trabajo Futuro

La revisión de los conceptos fundamentales de la geotermia y de la deshidratación de alimentos, tanto en México como en el mundo, permitió establecer un punto de partida para comprender el proyecto, ya que son los pilares fundamentales que le dieron origen.

Dada la situación actual de agotamiento de los recursos energéticos tradicionales, es importante desarrollar nuevas aplicaciones para el aprovechamiento de este recurso térmico, cuyo uso se encuentra limitado a actividades recreativas por la falta de tecnologías apropiadas para ello, por lo que este campo representa un área de oportunidades muy grande para la ciencia y para los inversionistas, ya que se cuenta con un gran potencial geotérmico de baja entalpía distribuido a lo largo de prácticamente todo el territorio.

En cuanto a la producción de alimentos, es una actividad esencial para la supervivencia humana, por esta razón la búsqueda de nuevas formas de producirlos es indispensable, y no solamente en grandes cantidades, sino cuidando también que la calidad sea la óptima para su consumo y que el beneficio nutricional y de salud que se tenga sea el mayor posible, es por eso que la deshidratación de alimentos naturales resulta tan conveniente, lo cual aunado al auge que han tomado estos productos en la industria alimentaria en los últimos años, refleja la ventaja de incluir esta tecnología en el mercado, ya que cuenta con numerosas características que lo encaminan hacia una producción económicamente competitiva, tanto por la fuente térmica que se utiliza en el proceso, como por el tipo de productos que se obtienen. Se está utilizando un recurso renovable en un proceso que además resulta económicamente viable y permite cuidar la salud de quien los consume.

Para el caso particular de México este proyecto resulta aún más conveniente, ya que por un lado en el país se cuenta con una gran abundancia de este recurso térmico, que es continuo y estable, y por otro lado la agricultura representa una de las principales actividades económicas del país, por lo que el empleo conjunto de ambos sectores significa la apertura de un nuevo mercado e impulsa el desarrollo nacional. Además de que en México hay muchos otros balnearios que pudieran en un futuro aprovechar este recurso para su operación y para la producción de alimentos deshidratados u otro servicio similar, con lo cual el mercado de aplicación no se vería tan limitado y el desarrollo de tecnologías como ésta cobraría mayor importancia. Se abre la puerta a esta y otras aplicaciones que utilizan energía de baja entalpía que ayudan al país a cumplir el aumento en el uso de energías renovables y a reducir la emisión de contaminantes.

Con respecto al sistema diseñado, se establecieron las principales características operativas del deshidratador geotérmico considerando su funcionamiento en estado crítico, por lo que para deshidratar otros productos se requerirá un suministro energético menor, con lo que se amplía el rango de zonas geotérmicas adecuadas para la instalación del equipo y reduce el tiempo estimado para la producción requerida. Es conveniente aclarar que existe una gran variedad de alimentos hortofrutícolas que pueden ser deshidratados y para algunos de ellos se determinó, mediante pruebas experimentales y trabajos de colaboración con instituciones y carreras de investigación en temas relacionados, que es posible utilizar recursos geotérmicos con temperaturas desde los 68°C sin pérdidas en las propiedades organolépticas de los productos.

Cabe mencionar que la alta calidad de los productos que se obtienen del sistema es debida a que el proceso de deshidratación del alimento se lleva a cabo a temperaturas menores a las convencionales y en tiempos más largos. Esto es posible debido a que para este caso la energía es prácticamente gratis.

Por otro lado, aunque del estudio de mercado se determinó que actualmente no sería conveniente realizar la producción en serie de los sistemas para su comercialización, por los costos que conlleva su utilización en zonas que no cuentan con los requerimientos energéticos suficientes, se asentaron en el trabajo las bases legales necesarias para que en un futuro se lleve a cabo dicha tarea, así como la normativa aplicable para la comercialización de los productos deshidratados a gran escala e incluso no solo a nivel nacional sino internacional. Si en un futuro fuera posible reducir los costos de perforación sería posible pensar en la producción en línea del sistema de deshidratación para su instalación y operación en muchas otras zonas del país, con lo cual se podría pensar en explorar nuevas zonas para comercializar los alimentos deshidratados, diferentes a los lugares de producción, como el Distrito Federal por ejemplo.

Esto representaría nuevos retos para el proyecto ya que se tendría que realizar un estudio de las vías de distribución y transporte de los empaques, almacenamiento, capacidad de producción y capacidad de consumo de estos nuevos sitios, así como de la reglamentación necesaria para ello, e incluso si se pensara en operaciones internacionales se tendría que evaluar la posibilidad de operar los sistemas en otros países o en la exportación de los productos de acuerdo con las normas aplicables. Todo depende del nivel que se desee alcanzar y de los recursos con que se cuente.

Con respecto a la evaluación económica del proyecto, de acuerdo con los datos utilizados en el cálculo y considerando el análisis de sensibilidad realizado, se determinó que aún bajo un escenario crítico es rentable y que posee un amplio rango de variación que mejoraría su rendimiento económico. Sin embargo, se debe tener presente que el modelo de análisis establecido depende principalmente de que se logre comercializar la totalidad de los productos de cada balneario, de acuerdo con el plan de producción establecido, siendo este tema el principal punto débil del análisis, ya que si no se cumple esta suposición se ven disminuidos los beneficios estimados y el comportamiento a lo largo del horizonte de análisis no correspondería al esperado. Por lo anterior, se concluye que vale la pena realizar estudios de mercado presenciales y con una profundización mayor para cada una de las zonas de interés, que permitan la implementación del proyecto y aseguren la demanda requerida, o en su defecto disminuyan el riesgo de la inversión.

Como trabajo futuro, se ha mencionado que el equipo que se evalúa en esta tesis no corresponde a la versión final y está sujeto a mejoras técnicas para aumentar su eficiencia, el tiempo de secado, disminuir sus dimensiones, etc., por lo que después de realizar estas modificaciones y una vez obtenido el prototipo final del sistema de deshidratación, se deberán llevar a cabo las pruebas en campo correspondientes que aseguren su operación y buen funcionamiento bajo condiciones reales, además de ser necesario realizar un diseño industrial del equipo pensando en que en un futuro se pudiera realizar la producción en serie del mismo, lo cual permitiría que industrias con energía remanente u otras fuentes térmicas se interesen en el proceso y decidan invertir en el sistema, con lo que se incrementaría el mercado y se abriría a vender los equipos, en lugar de instalarlos y operarlos únicamente.

Cabe mencionar que al final del proceso de desarrollo tecnológico se debe contar con manuales de operación que involucren además de los aspectos técnicos, los temas de seguridad y sanidad que garanticen un buen funcionamiento y una buena calidad en los productos finales para que puedan ser consumidos sin riesgo alguno. En este rubro se debe considerar la obtención de las certificaciones descritas anteriormente para respaldar la producción y venta de los alimentos, y sus respectivos costos.

En cuanto a la propiedad intelectual del proyecto, el sistema está en proceso de obtención de patente y se ha asegurado que corresponde a un equipo innovador lo cual representa una de las principales ventajas a nivel nacional e internacional ya que en el mercado actual no existen competidores directos de la tecnología.

Como conclusión final, se puede decir que se cumple el objetivo principal del trabajo ya que por medio de la evaluación técnico-económica realizada y considerando el análisis de los sectores de interés se determinó que el proyecto es rentable y que los beneficios no solamente son financieros sino sociales también, y que además se dan a distintos niveles, por lo que su inclusión al sector industrial resulta viable y factible.

Referencias

- Amaro, F. R. (Marzo de 2015). Evaluación de Proyectos de Energía. Ciudad de México, Distrito Federal, México.
- Armstead, H. C. (1989). *Energía Geotérmica*. México: Limusa Noriega.
- Asociación Geotérmica Mexicana. (11 de Septiembre de 2014). *Geotermia.org.mx*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2014, de <http://www.geotermia.org.mx/geotermia/>
- Claustronomía. Revista Gastronómica Digital. (2014). *jitomates Deshidratados sin horno*. Obtenido de <http://www.ucsj.edu.mx/claustronomia/index.php/investigacion/69-jitomates-deshidratados-sin-horno>
- CMIC. (2006). *Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción*. Obtenido de Comisión Ejecutiva de la CMIC: <https://composicionarqudatos.files.wordpress.com/2008/09/catalogo-de-precios-unitarios-de-perforacion-de-pozos-para-agua.pdf>
- El Financiero . (1 de Abril de 2014). *Energía geotérmica, una de las apuestas fuertes a futuro*. Obtenido de Economía : <http://www.elfinanciero.com.mx/economia/energia-geotermica-una-de-las-apuestas-fuertes-del-futuro.html>
- European Space Agency. (2014). *La comida en el espacio* . Obtenido de http://www.esa.int/esaKIDSes/SEMW1S6TLPG_LifeinSpace_0.html
- Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. (02 de Enero de 2008). (G. L. Trillo, & V. R. Angulo, Editores) Recuperado el 07 de Enero de 2015, de Guía de la Energía Geotérmica: <http://www.fenercom.com/pages/publicaciones/publicacion.php?id=50>
- G. Nonhebel, A. A. (1979). *El secado de sólidos en la industria química*. Barcelona: Reverte.
- Global Trade Atlas. (2014). *Global Trade Information Services*. Recuperado el Enero de 2015, de Your Gateway to Market Intelligence: http://www.prochile.gob.cl/wp-content/blogs.dir/1/files_mf/documento_11_03_10175650.pdf
- Grupo ENAL . (14 de Febrero de 2013). *Piensa en Geotermia* . Obtenido de HISTORIA DE LA GEOTERMIA EN MÉXICO: <http://piensageotermia.com/archives/17721>
- Grupo ENAL . (29 de Octubre de 2014). *GRUPO DRAGÓN DA LUZ VERDE A LA CONSTRUCCIÓN DE DOMO DE SAN PEDRO, MÉXICO*. Obtenido de Piensa en Geotermia: <http://piensageotermia.com/archives/24064>
- IGME. (Junio de 2008). *Manual de Geotermia*. (G. d. España, Ed.) Recuperado el Febrero de 2015, de http://www.igme.es/Geotermia/Ficheros%20PDF/Manual_Geotermia_2,5.pdf
- iiDEA. (10 de Febrero de 2015). *Instituto de Ingeniería- Desalación y Energías Alternas*. Obtenido de iiDEA: <http://proyectos2.iingen.unam.mx/IIDEA/>

- INEGI. (Mayo de 2015). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Obtenido de <http://www.inegi.org.mx/>
- Instituto de Investigaciones Eléctricas. (1 de Julio de 2008). *La energía geotérmica: una opción tecnológica y económicamente madura*. Obtenido de Tendencias Tecnológicas : <http://www.iie.org.mx/boletin032008/tendencias.pdf>
- Intermediate Technology Development Group- Peru. (1998). *Técnicas de Secado* . Obtenido de Libro de consultas sobre tecnologías aplicadas al ciclo alimentario: <http://www.unh.edu.pe/facultades/fca/escuelas/agroindustrias/biblioteca/TECNICAS%20DE%20SECADO.PDF>
- International Energy Agency. (Noviembre de 2012). *World Energy Outlook 2012*. Obtenido de <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Spanish.pdf>
- Llopis Trillo , G., & Rodrigo Angulo, V. (2012). *Guía de la Energía Geotérmica*. (U. P. Madrid, Ed.) Recuperado el Febrero de 2015, de <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-de-la-energia-geotermica.pdf>
- Los tiempos. Economía. (2015). *Frutas secas salen a cinco países y crece la demanda*. Obtenido de http://www.lostiempos.com/diario/actualidad/economia/20090712/frutas-secas-salen-a-cinco-paises-y-crece-la_25345_39604.html
- Lund, J. W. (Septiembre de 2004). *100 Years of Geothermal Power Production*. (G.-H. Center, Ed.) Recuperado el 07 de Enero de 2015, de <http://geoheat.oit.edu/bulletin/bull25-3/art2.pdf>
- Mary H. Dickson & Mario Fanelli. (2012). *International Geothermal Association*. Recuperado el 29 de Diciembre de 2014, de Istituto di Geoscienze e Georisorse, CNR, Pisa, Italia: http://www.geothermal-energy.org/317,spanish_translation.html
- Pérez., J. D. (2007). *Análisis Teórico-Experimental de un deshidratador solar combinado (Térmico-Fotovoltaico) para el tratamiento de arroz*. Temixco, Morelos: CIE.
- Pesce, L. A. (2013). *La Geotermia y su Importancia en el Desarrollo Económico*. (SEGEMAR, Ed.) Recuperado el 19 de Diciembre de 2014, de Capítulo Argentino del Club de Roma: http://www.clubderoma.org.ar/documentos/Geotermia_Pesce.pdf
- Revista Panorama Agrario. (25 de Marzo de 2015). *Panorama Agrario*. Obtenido de <http://panoramaagrario.com/2014/04/produccion-de-pasa-de-uva-en-mexico/>
- Secretaría de Economía. (Junio de 2013). *Alimentos Procesados*. (L. A. Martínez, Ed.) Obtenido de ProMéxico: http://mim.promexico.gob.mx/work/sites/mim/resources/LocalContent/72/2/130704_DS_Alimentos_procesados_ES.pdf
- Secretaría de Energía. (11 de Agosto de 2014). *Ley de Energía Geotérmica*.
- Secretaría de Gobernación . (1 de Abril de 2015). *Diario Oficial de la Federación* . Obtenido de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5263188&fecha=10/08/2012

- SENER. (2013). *Prospectiva de Energías Renovables 2013-2027*. Obtenido de http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2013/Prospectiva_Energias_Renovables_2013-2027.pdf
- SENER. (2014). *INVENTARIO NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES (INER)*. Obtenido de Subsecretaría de Planeación: <http://www.energia.gob.mx/portal/Default.aspx?id=2923>
- Torres Rodríguez, V., & Arellano Gómez, V. (1993). *Geotermia en México* (Primera ed.). (C. d. Programa Universitario de Energía, Ed.) Ciudad de México.
- University of Groningen. (19 de Septiembre de 2012). Direct Utilization of geothermal power. Groningen.