



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA  
MECÁNICA – MECATRÓNICA

DISEÑO DE COLMENA

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

PRESENTA:  
ROMERO NAVARRO JESÚS MARTÍN

TUTOR PRINCIPAL  
JESÚS MANUEL DORADOR GONZÁLEZ

México, Ciudad de México, Enero de 2017

**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: Dr. Borja Ramírez Vicente  
Secretario: Dra. Lira María Del Pilar  
Vocal: Dr. Dorador González Jesús Manuel  
1<sup>er.</sup> Suplente: Dr. Rocha Cózatl Edmundo Gabriel  
2<sup>d o.</sup> Suplente: M. I. Peñuelas Rivas Ulises Martín

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria.

**TUTOR DE TESIS:**

Dr. Dorador González Jesús Manuel

-----  
**FIRMA**

## Agradecimientos

A mi madre por todo su amor y cariño que siempre me ha brindado, por ser fuente de inspiración y un ejemplo a seguir.

A mi familia, por su apoyo y cariño incondicional.

A mis amigos por todos los momentos que hemos compartido y por su gran afecto que me han proporcionado.

Al Dr. Jesús Manuel Dorador González por guiarme en el desarrollo del presente trabajo y por su apoyo en las distintas etapas que he pasado en la Facultad de Ingeniería

Al MVZ Daniel Prieto Merlos, a MVZ Adriana Correa Benítez, a MVZ Ángel López Ramírez y a los profesores y alumnos de servicio social de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM por brindarme su apoyo y conocimientos que fueron fundamentales para este trabajo.

**¡Muchas Gracias!**

## Resumen

El cambio climático, los pesticidas, los monocultivos, la africanización de las abejas, el estancamiento del precio de la miel, así como muchos otros factores están ocasionando que la apicultura comercial sea una actividad que cada día sea más difícil de llevar a cabo y menos rentable, trayendo como consecuencia una amenaza mundial debido a que las abejas son los principales polinizadores del planeta, ya que cerca del 85% de la polinización es llevada a cabo por ellas. Por lo anterior es necesario invertir tiempo y dinero en desarrollar tecnología que no solo ayude a los apicultores a poder realizar mejor su trabajo, sino también asegurar la supervivencia de las abejas.

Considerando lo anterior, se decidió emprender en el desarrollo de una colmena la cual facilite las tareas de los apicultores y de las abejas, para favorecer así que las colmenas puedan tener una mayor producción de miel, sea más fácil controlar y combatir las plagas y enfermedades, pero principalmente convertir a la apicultura en una actividad más rentable. Algo muy característico de los apicultores a nivel mundial, es que ellos mismos van creando soluciones a los problemas que se les van presentando, utilizando los materiales que tienen a la mano. En muchas ocasiones, se convierten en carpinteros debido a que la mayoría de los elementos que utilizan están elaborados con este material.

# Índice

1	Antecedentes .....	1
1.1	Introducción .....	1
1.1.1	Las abejas melíferas .....	1
1.1.2	La apicultura .....	2
1.1.3	La colmena .....	3
1.1.4	Colmena tecnificada:.....	4
1.1.5	Equipo de protección. ....	6
1.1.6	Accesorios de la colmena .....	6
1.1.7	Instalación de un apiario .....	7
1.2	La apicultura en México .....	8
1.2.1	Regiones apícolas en México .....	12
1.2.2	Las colmenas en México.....	13
1.2.3	Enfermedades, plagas y africanización de las abejas.....	15
1.2.4	Consumo nacional e internacional de los productos de la colmena.....	17
1.2.5	Clima.....	17
2	Planteamiento del problema .....	20
2.1	Objetivo .....	20
3	Metodología a utilizar .....	21
3.1	Diseño Centrado en el Usuario (UCD).....	21
3.2	Métodos a emplear en el desarrollo de la colmena .....	23
4	Requerimientos:.....	24
4.1	Entrevista con los usuarios.....	24
4.2	Entrevistas con especialistas.....	25
4.3	Observación de los usuarios / Estudio de campo .....	25
4.4	Contexto de uso .....	26
4.5	Evaluación de sistemas existentes. ....	27

4.5.1 Sun beehive .....	27
4.5.2 Top bar .....	28
4.5.3 Warré.....	28
4.5.4 Thermo beehive .....	29
4.5.5 Beehaus .....	29
4.5.6 Bastidores y hoja estampada. ....	30
4.5.7 Bastidores de Madera .....	30
4.5.8 Bastidores de Plástico .....	30
4.5.9 Bastidores de la marca FLOW .....	31
4.5.10 Alimentadores Artificiales .....	31
4.6 Actividades realizadas en la apicultura .....	33
4.7 Identificación de funciones que desempeña cada elemento, así como consideraciones a tomar en cuenta:.....	34
4.8 Consideraciones más importantes:.....	35
4.9 Conjunto de metas de usabilidad.....	36
4.10 Necesidades .....	36
4.11 Especificaciones .....	38
5 Diseño.....	40
5.1 Lluvias de ideas.....	40
5.2 Áreas de oportunidad .....	41
5.2.1 Cajones de cámara de cría y alzas .....	41
5.2.2 Bastidores.....	43
5.2.3 Alimentadores .....	45
5.2.4 Soporte para la colmena .....	46
5.2.5 Sistema de deshumidificación.....	47
5.2.6 Soporte de bastidores para la revisión.....	47
5.2.7 Sistema de identificación y registro. ....	47
5.3 Prototipos de función crítica .....	47
5.3.1 Prototipo de cámara de cría.....	48
5.3.2 Sistema de adquisición de datos.....	49

5.4 Propuesta de diseño conceptual.....	54
5.4.1 Materiales .....	57
5.4.2 Cajones de cámara de cría y de alzas .....	58
5.4.3 Bastidores de cámara de cría y de alzas.....	60
5.4.4 Piso .....	62
5.4.5 Techo y tapa interna .....	63
5.4.6 Alimentador.....	63
5.4.7 Colores.....	63
6 Conclusiones.....	65
7 Trabajo a futuro.....	65
Referencias.....	67

# 1 Antecedentes

Para poder desarrollar el diseño de la colmena es importante comprender lo que engloba el medio en el cual es usada, es decir la apicultura. En el presente trabajo se hará énfasis en la apicultura mexicana debido a que la colmena estará enfocada a este mercado.

## 1.1 Introducción

### 1.1.1 Las abejas melíferas

Las abejas melíferas son insectos sociales que forman colonias de más de 40 mil individuos (SAGARPA, 2012), pero a pesar de contar con una enorme población, cada colonia se considera como una sola entidad dado que las abejas que lo integran no pueden sobrevivir por sí mismas. Las abejas cuentan con un complejo sistema organizacional en el cual se reparten las actividades a realizar. Cada colonia tiene un olor característico que es provocado por las feromonas de la abeja reina de la colmena y que sirve para diferenciarse de las otras colmenas.

Las abejas melíferas se han convertido en insectos altamente especializados en la recolección de néctar, polen y propóleos, los cuales utilizan como fuente de carbohidratos, proteínas, vitaminas, minerales y grasas. El proceso en el cual las abejas salen de la colmena y van en busca de estos elementos se le conoce como pecoreo, actividad que solo puede ser realizada por las abejas obreras.

Las colonias de abejas están compuestas por 3 castas: la abeja reina, las obreras y los zánganos, cada una de estas castas cumplen con funciones específicas las cuales son determinadas según su casta, edad y situación de la colmena, factores climáticos, disponibilidad de alimentos, presencia o no de la abeja reina, entre otros.

La reina: Es la abeja más importante de la colonia puesto que es la única hembra que tiene la capacidad de poner huevos fecundados y sin fecundar. Dentro de las características fisiológicas la distingue de las otras castas tenemos: la longitud de su cuerpo es mayor que las otras, sus alas son muy cortas en relación al cuerpo. Posee aguijón, pero este sólo lo llega a utilizar para matar a otras reinas. La celdilla en la que se desarrolla es mayor que las demás y su forma varía respecto a la de las obreras y la de los zánganos, es decir tiene forma de bellota o de cacahuete. La fecundación natural de la reina se lleva a cabo fuera de la colmena, en el llamado "vuelo nupcial", en el que un grupo de zánganos sale tras ella, siendo fecundada por los más fuertes y veloces, los zánganos que llegan a fecundarla pierden la vida tras fecundarla, esto garantiza la no consanguinidad de las abejas. Después aparearse con varios zánganos, la abeja regresa a la colmena, la abeja reina puede realizar varios vuelos nupciales hasta que llene su espermateca, es decir la cavidad en donde guarda el semen. Una vez que llegó a la colmena con el espermateca lleno no vuelve a salir a menos que sea para formar una nueva colonia u otros casos particulares. La reina puede vivir hasta 5 años, es continuamente rodeada por un conjunto de abejas obreras las cuales cuidan de ella, la alimentan de jalea real y la limpian.

Las abejas obreras: En una colmena, la mayoría de las abejas son obreras, es decir entre 25,000 y 40,000, estas abejas a pesar de ser hembras, en condiciones normales no ponen huevos como lo

hace la reina. Estas abejas cumplen con muchas funciones dentro y fuera de la colmena las cuales varían según su edad, de la cantidad de alimento disponible y otros factores. Al nacer, se dedican a limpiar las celdillas y a proporcionar calor a los huevos y larvas. Del cuarto día al doceavo se dedican a preparar y dar alimento a las larvas. A partir del treceavo día atienden a la reina, es decir la limpian y le dan de comer. Posteriormente actúan como ventiladoras, segregan cera, fabrican miel, retiran los cuerpos extraños y velan por la seguridad de la colmena. Finalmente, a los veinte días y hasta su muerte salen al campo en busca de néctar, polen, propóleos y agua. Cuando salen a pecorear y a hacer vuelos de búsqueda, suelen moverse en un radio de acción de hasta 3 kilómetros, siendo su velocidad media de 30-40 km/hora, llevando a cabo unos 40 vuelos diarios y visitando a unas 400 flores de la misma especie. Al regresar reconocen su colmena por el color, su forma y posición. La vida de las abejas obreras es muy corta: entre 40 y 50 días si nacen en primavera y cinco meses aproximadamente las que nacen en otoño.

Los zánganos: Son los machos de la colonia y nacen de un huevo no fecundado(SAGARPA). Su principal función es la de fecundar a la reina. Otra actividad que realizan y que comparten con las obreras es la de proporcionar calor a los huevos y larvas. A causa de sus características fisiológicas, están incapacitados para realizar muchas actividades como la recolección de néctar, protección de la colonia entre otras. Lo anterior da como resultado a que las colonias tengan solo 500 a 1500 zánganos. En época de escasez, las abejas obreras matan o expulsan a los zánganos para evitar que sean una carga para la colonia, estos suelen morir de hambre. Por lo anterior, si un zángano no muere durante el apareamiento con la reina, solo llega a vivir entre 2 y 3 meses.

### 1.1.2 La apicultura

La apicultura es la ciencia y el arte que estudia el manejo y cultivo de las abejas. Tiene como principal objetivo maximizar los beneficios que se pueden obtener de estos insectos (Warré, 2007). Estos beneficios se pueden clasificar en beneficios directos e indirectos. Los beneficios directos son aquellos que podemos obtener directamente de la colmena tal como miel, cera, jalea real, veneno, polen, propóleo, venta de abejas reinas, núcleos, paquetes, abejas a granel etc. Entre los beneficios indirectos de las colmenas el más importante es la polinización, la cual representa beneficios económicos y sociales mayores que los productos directos en conjunto.

Actualmente, la apicultura tiene diferentes enfoques según los beneficios que se quieran obtener. Tomando en cuenta los beneficios que proporciona, así como los manejos que se tienen que realizar, se puede clasificar esta actividad en cinco categorías:

- Apicultura para la producción de miel

Las actividades realizadas están enfocadas para obtener la mayor cantidad de miel posible, lo cual para incrementar la rentabilidad de la misma puede ser complementado con el aprovechamiento de otros subproductos de la colmena, por ejemplo, cera, veneno, propóleos, etc.

- Apicultura para la polinización de los cultivos.

El principal objetivo es contar con altas poblaciones de abejas las cuales se dediquen a polinizar los cultivos mientras recolectan el néctar de las flores. En esta actividad también se aprovecha la miel los otros subproductos. En especial, en este tipo de apicultura, es muy común el traslado de las colmenas a diferentes regiones. Al cambio de lugar de las colmenas se le conoce como trashumancia.

- Apicultura para la investigación y educación

Las actividades a realizar en estas colmenas son con fines de investigación y capacitación.

- Apicultura a favor del medio ambiente

Es una tendencia actual que tienen algunos apicultores y personas que se preocupan por la naturaleza. Actualmente se han desarrollado colmenas las cuales más que para la producción de miel u otro beneficio, se crean para incentivar las colonias silvestres de abejas.

- Apicultura como pasatiempo

Es llevada a cabo por personas que practican la apicultura como actividad recreativa y por lo general, no buscan un beneficio económico y cuentan con pocas colmenas. Se desarrolla tanto en zonas rurales como urbanas.

### 1.1.3 La colmena

Se puede considerar la colmena como el hogar donde se desarrollan las abejas y que la utilizan para protegerse de factores ambientales y de otros animales o insectos, incluso de las abejas de otra colonia. En la colmena, las abejas construyen panales, los cuales son conformados por celdas de cera hexagonales de aproximadamente 5mm. Las celdas son ocupadas por las abejas para que dentro de ellas se desarrollen sus crías y para almacenar sus reservas de alimento y nutrientes. Las crías de las abejas requieren de condiciones especiales de humedad y temperatura para poderse desarrollar (Temperatura entre los 34 y 35 °C y la humedad menor al 80%RH), para ello, las abejas realizan diferentes actividades para mantener estas variables controladas, en especial cerca de las crías.

De forma natural, las abejas construyen las colmenas aprovechando cualquier cavidad que les permitan tener la protección antes mencionada, tal como en huecos de troncos, entre rocas, cuevas, paredes de casas, entre otros. Desde la antigüedad hasta la actualidad, los seres humanos han cazado estas colmenas para así aprovechar sus productos. La gran desventaja que se tiene al aprovechar las colmenas silvestres es que resulta ser una actividad muy agresiva para las abejas, es decir, para poder extraer la miel y los demás productos es necesario ir destruyendo los panales y la

colmena en general. Al final de la cosecha en las colmenas silvestres, estas resultan muy debilitadas, lo cual genera que las abejas tengan que empezar casi desde cero e incluso algunas colonias no alcanzan a sobrevivir. Otra gran desventaja que se presenta con este método es que no permite la revisión periódica de la colmena, lo cual imposibilita determinar el estado de la colmena.

A lo largo de la historia se han desarrollado muchos diseños de colmenas, los cuales se pueden clasificar como colmenas rústicas y colmenas tecnificadas. La gran diferencia entre estas dos radica en los cuadros móviles o bastidores móviles., es decir, bastidores en los cuales las abejas hacen sus panales, estos bastidores permiten el fragmentar el conjunto de panales en panales individuales, lo cual favorece tanto la producción de miel como la realización de los distintos manejos apícolas.

#### 1.1.4 Colmena tecnificada:

La colmena tecnificada surge de las observaciones realizadas por Lorenzo Langstroth, el cual se le conoce como el padre de la apicultura moderna. Entre estas observaciones se encuentra el espacio vital de las abejas. Según Langstroth, el espacio entre los panales debe ser mayor a los 5mm, pero menor a los 10mm. La invención de los cuadros móviles fue una revolución para la apicultura, tal fue el impacto que ocasionó que se puede decir que la apicultura se divide en dos épocas, la época antes de los cuadros móviles y la época después de ellos. Esto debido a que permiten realizar muchos manejos los cuales eran muy difíciles o imposibles en las colmenas tradicionales. La colmena propuesta por Langstroth permite tener una alta flexibilidad para la realización de manejos apícolas, además es fácil de manufacturar por lo que aún después de que han pasado más de 100 años, esta colmena sigue vigente.

La colmena tecnificada cuenta con los siguientes elementos:

- Tapa exterior: Este elemento permite proteger la colmena de las inclemencias del clima, en especial de la lluvia. Generalmente consiste en una estructura de madera a la cual se le agrega en la parte exterior una lámina de acero galvanizada o de aluminio.
- Tapa interior: Este componente sirve para aislar térmicamente el techo de las alzas y/o de la cámara de cría, además de funcionar como elemento separador entre la tapa exterior y el cajón para evitar que las abejas se quemen al tener contacto con el techo.
- Excluidor de reinas: Este dispositivo permite el libre tránsito de las obreras entre las alzas y la cámara de cría, pero impide el paso de la reina hacia las alzas, esto con el objetivo de evitar que la reina deposite sus huevos en las alzas, es decir, en los panales dedicados exclusivamente para el almacenamiento de miel. En México, muchos de los apicultores evitan el uso de este dispositivo debido a que es preferible que las abejas utilicen parte de los bastidores de las alzas para su reproducción a que las abejas enjambren debido a la insuficiencia de espacios y/o incremento de la temperatura dentro de la colmena.
- Bastidores: Son estructuras que los apicultores introducen a la colmena con el objetivo de que las abejas construyan los panales de forma ordenada y según la conveniencia de los propios apicultores. En los bastidores generalmente se añade una hoja de cera estampada

que sirve como base para que las abejas empiecen a construir panales y así disminuir tanto el tiempo como los recursos que las abejas tienen que gastar.

- **Cámara de cría:** Es el núcleo de la colmena la cual será utilizado por la reina para poner sus crías. Por instinto la reina irá colocando la cría en los bastidores centrales, expandiéndose a los de los extremos cuando se tengan altas poblaciones. En la cámara de cría también se contarán con reservas de miel y propóleos, en especial en los bastidores más alejados del centro.
- **Alzas:** Son espacios los cuales los apicultores adicionan para así incrementar el tamaño de la colmena con el objetivo de darle espacio a las abejas para que sigan desarrollando la colonia y almacenen más miel, estas son sólo necesarias en la época de floración.
- **Piso:** Es donde se asienta la cámara de cría, sirve para aislar térmicamente la colmena del exterior, en ella encontraremos lo que se conoce como piquera las cuales son aberturas por la cual las abejas de la misma colonia entran y salen de las colmenas, el contar con pocas aberturas permite a las abejas defender la colonia evitando la entrada de insectos ajenos a la colonia.
- **Soporte inferior o bloques:** Entre las principales funciones tenemos: soportar y dar estabilidad a la colmena, ayuda a las abejas a protegerse de los insectos, evita que los animales se escondan debajo de la colmena como por ejemplo las víboras, las cuales pueden llegar a ser muy peligrosas al momento de hacer manejos apícolas, también facilita la revisión y cosecha de miel al dejar a la colmena en una posición más cómoda para los apicultores.

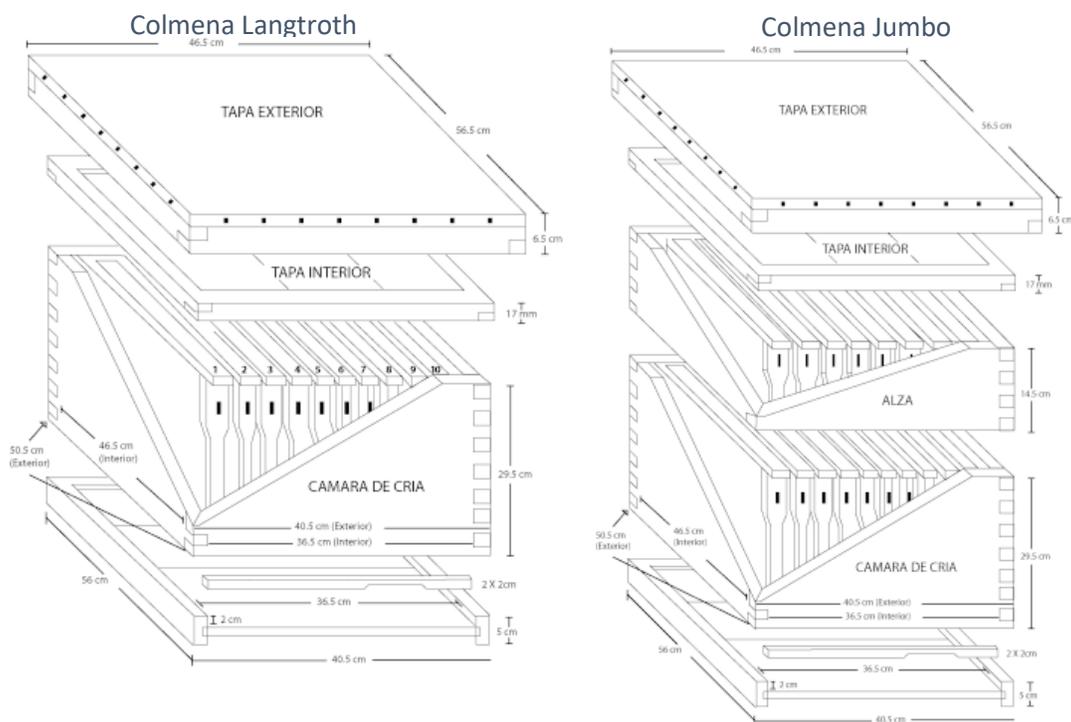


Figura 1.1 Medidas estándar de las colmenas Langstroth y Jumbo (SAGARPA, 2010a)

### 1.1.5 Equipo de protección.

A partir de 1986, que fue la llegada de las abejas africanizadas a México, para realizar cualquier manejo apícola es necesario el uso del equipo de protección básico el cual permite salvaguardar la vida de los apicultores. Este equipo consta de lo siguiente:

- Velo: Su principal función es impedir que las abejas puedan picar la cabeza o cuello del apicultor, además debe favorecer una buena ventilación y visión del apicultor. Son fabricados con distintas formas y materiales.
  - Overol: Es un traje protector de una sola pieza el cual se encarga de proteger desde el talón hasta el cuello del apicultor. Generalmente está hecho de algodón y debe permitir el trabajo bajo condiciones climáticas adversas, en especial bajo temperaturas elevadas. Este debe evitar la entrada de abejas al interior del overol, por lo que hay que revisar principalmente el cuello, las mangas, y los tobillos.
  - Guantes: Los guantes deben ser capaz de proteger las manos de las picaduras, pero al mismo tiempo permitir realizar las tareas manuales. Estos generalmente están elaborados de cuero liso y suave. Estos son de suma importancia debido a que las manos son las partes del cuerpo humano que están más en contacto con las abejas debido a los distintos manejos.
  - Botas o zapatos altos: La finalidad de estos es tanto proteger los pies de las picaduras, así como permitir la movilidad de los apicultores en terrenos adversos.
  - Ahumador: Este elemento tiene como principal función el generar humo el cual es usado para tener un cierto control sobre las abejas. Este debe de estar encendido todo el tiempo debido a que la seguridad de los apicultores depende de ello. El ahumado debe ser alimentado con viruta de madera poco resinosa, cartón u otro material vegetal que no esté contaminado y que produzca humo blanco.
- (SAGARPA, 2012)

### 1.1.6 Accesorios de la colmena

Además de los elementos anteriormente descritos, en la apicultura se utilizan distintos accesorios para así poder realizar los manejos apícolas. En general, se puede decir que estos no están estandarizados y que su forma y materiales de construcción puede variar dependiendo de los recursos con los que cuente el apicultor. Entre los accesorios más comunes tenemos:

- Alimentador artificial: Es un recipiente en el cual se deposita alimento en forma líquida. Los materiales, formas y capacidades varían. Existen tanto alimentadores interiores como exteriores, es decir, que se colocan dentro y fuera de la colmena. Los interiores generalmente son abiertos para que sea muy accesible el alimento, en este tipo de alimentadores se les coloca pedazos de ramas secas u otro material para que no se ahoguen. En cuanto a los alimentadores exteriores, generalmente funcionan por medio de goteo son colocados en la piquera de la colmena.
- Bebederos: Son contenedores en los cuales se depositará agua para las abejas. Al igual que en los alimentadores, se colocan ramas y otros materiales para evitar que las abejas se ahoguen.

- **Jaula de transporte:** Es utilizada para trasladar a las abejas reinas, estas se utilizan principalmente cuando se desea agrega o remplaza a la abeja reina de una colmena. Está diseñada para que en el interior se encuentre la reina con algunas abejas obreras que atiendan a la reina. Es sellada por medio de un tapón de candy (pasta a base de azúcar). La finalidad de esta jaula es proteger a la reina durante el transporte. También la protege al ser insertada en la colmena, evitando que las abejas de la colmena tengan acceso a ella en lo que se acostumbran a su aroma y la identifican como su reina.
- **Marco criador:** Es un bastidor de cámara de cría el cual es modificado para la cría de reinas o para la producción de jalea real.
- **Núcleo fecundador:** Es el equivalente a una colmena, pero con dimensiones y prestaciones más reducidas el cual sirve para poder criar y transportar nuevas colonias de abejas, los núcleos de abejas pueden ser de entre 3 y 5 bastidores. Generalmente los núcleos son desechables, por ende, son realizado con materiales económicos, principalmente maderas de baja calidad.
- **Rejilla para control de Varroa:** Esta rejilla, como su nombre lo indica, es empleada para el control del ácaro Varroa la cual sirve como complemento a otros tratamientos
- **Trampas de polen:** Estas trampas varían en cuando a forma y tamaño, pero su principio es el mismos, el cual se basa en limitar el espacio por el cual puedan pasan las abejas y así cuando regresen con el polen impregnado en su cuerpo, parte de este se caiga al pasar por esta trampa.
- **Trampa de propóleo:** Generalmente es una lámina de plástico con aberturas la cual se coloca en la parte superior de los bastidores, se deja una abertura en la colmena para que pueda pasar el aire. Por naturaleza, las abejas tienden a sellar esas aberturas con propóleos.
- **Espátula o cuña:** Este dispositivo tiene varias funciones entre los cuales destacan el facilitar la separación de bastidores, cajones, tapa, entre otros de forma suave. Ayuda en la remoción de cera, y otros elementos dificulten las tareas o que perjudiquen a las abejas.

### 1.1.7 Instalación de un apiario

Tanto para la producción de miel, así como para la polinización, un aspecto crítico a tomar en cuenta es la ubicación de apiario. Para ello, se deben de evaluar distintos factores los cuales pueden ser determinantes para tener una buena producción/polinización. Entre los principales factores tenemos:

- **Ubicación**
  - Abundancia de flores.
  - Fuente de agua potable a no más de 200m, evitar agua estancada o contaminada.
  - A una distancia mayor de 300m de casas, caminos y corrales.
  - En lugares de temperaturas elevadas, procurar que le dé la sombra.
  - Estar por lo menos 2 Km de distancia de otro apiario para evitar el pillaje.
  - Lugar lo más accesible posible.
  - En el caso de polinización, distribuir las colmenas en todo el cultivo.
- **Condiciones del terreno**

- Evitar lugares con una alta humedad.
- Procurar terrenos nivelados, evitar cerros.
- Evitar la formación de maleza en el apiario.
- Contar con cercas biológicas que impidan el paso de fuertes corrientes de aire.
- Otros
  - Orientación de las piquerías hacia el este para promover el pecoreo más temprano
  - De preferencia contar con bases individuales para cada colmena
  - Separación de al menos 20 cm respecto al suelo

(SAGARPA)



*Figura 1.2 Apiario ubicado en Xochimilco en el cual se puede observar el nivel del pasto muy alto. Las colmenas al no estar en bases presentan inclinaciones debidas al propio terreno y a la formación de lodo que sume las colmenas.*

## 1.2 La apicultura en México

Actualmente en México, existen alrededor de 2 millones de colmenas las cuales son trabajadas por cerca de 45 mil apicultores. La apicultura en México se puede considerar como una actividad secundaria debido a que en la mayoría de casos es una actividad en subsistencia con otras actividades tal como la agricultura y la ganadería. Son pocos los apicultores a nivel nacional que se dediquen exclusivamente a esta actividad. La tendencia es que cada vez existan menos empresas con grandes cantidades de colmenas, las que aún quedan se dedican principalmente a la

polinización de cultivos. De forma inversa, los pequeños productores cada día van en aumento. Aquí cabe señalar que la mayoría de los apicultores se encuentran en zonas rurales marginadas, donde el nivel de escolaridad es primaria inconclusa.

Debido a las condiciones climáticas y a la disponibilidad de flores en México, la apicultura es una actividad que puede ser practicada en casi cualquier parte del país. Actualmente se cuenta con un inventario de casi 2 millones de colmenas, pero según cálculos, México tiene la capacidad de tener 5 millones de colmenas.

Esta actividad día a día se enfrenta a retos los cuales la pueden poner en peligro. Entre los principales problemas que se enfrentan son las enfermedades y plagas, la africanización de las abejas, fenómenos climáticos (huracanes, sequías, inundaciones, etc.), el mercado internacional, entre otros.

Cada zona apícola tiene sus particularidades, en donde parte de su problemática y necesidades son diferentes a las del resto. La solución a estos problemas tiene que ser integrales tomando en cuenta enfoques técnico productivos, socio-culturales y ambientales. Debido a lo anterior, existen áreas de mejora en la apicultura mexicana, entre las cuales están la tecnificación de las colmenas rústicas restantes, la capacitación de los apicultores, el aprovechamiento de otros productos de la colmena, el desarrollo de tecnología, (evitar intermediarios), certificación de la miel, modernización, mejorar la calidad e inocuidad de la miel.

Debido a las distintas condiciones presentes en el país, la apicultura se desarrolla tanto de forma sedentaria como migratoria, es decir, existen regiones donde la mayor parte del año se cuentan con recursos florísticos, por lo que los apicultores rara vez mueven sus colmenas de lugar. Por el contrario, en otras regiones se trasladan las colmenas, ya sea para aprovechar las floraciones en los distintos periodos o para prestar el servicio de polinización de cultivos.

Actualmente la miel sigue siendo el principal producto de las colmenas con la cual los apicultores obtienen beneficios económicos. En México, el consumo per-cápita en los noventa fue de 170 gramos y en la primera década del 2000 fue de 316 gramos, lo cual representa un consumo muy bajo si lo comparamos con Suiza el cual para el 2008 su consumo fue de 1.4kg. La mayor parte de la miel se exporta a otros países, siendo Alemania el principal importador. En los últimos años, la producción en México se ha mantenido estable, siendo los fenómenos climáticos el principal factor que ha repercutido para la producción.

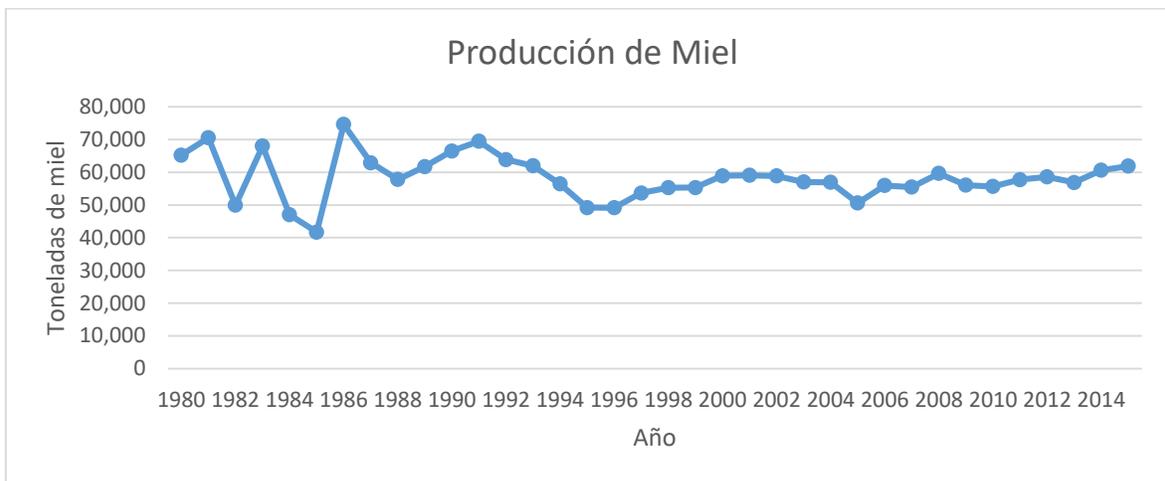


Figura 1.3 Producción de Miel en México I del 1980 a 2014 (Datos obtenido por medio de SIACON)

El precio de la miel ha ido a la alza con forme ha pasado el tiempo. México al ser un país el cual exporta gran parte de su producción, el precio de la miel se ve influido en gran medida por el mercado internacional. Además, dependiendo del tipo de miel y la demanda de esta, el precio puede varias. Algo importante a aclarar es que en México existen empresas que fungen como intermediarios los cuales compran la miel a un precio bajo a los prequeños productores y la revenden a un precio mucho mayor.

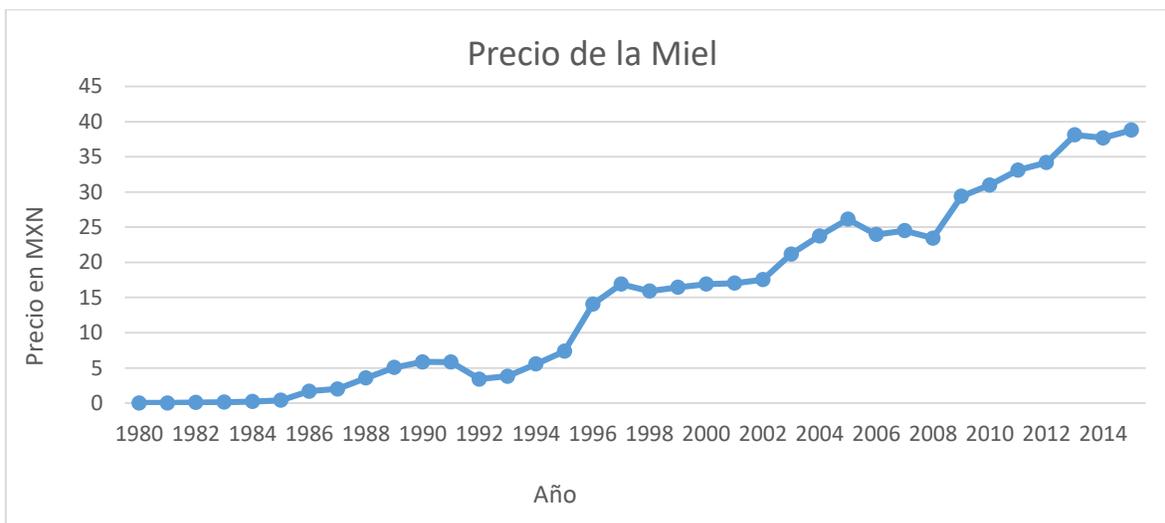


Figura 1.4 Precio de la Miel en México de 1980 al 2014 (Datos obtenido por medio de SIACON)

Otro producto que puede ser aprovechado de las colmenas es la cera, la cual a lo largo del tiempo ha ido en decremento. Esto no necesariamente es negativo debido a que por cada gramo de cera, las abejas tienen que consumir de 8 a 10 gramos de miel para su elaboración. De aquí la importancia que los apicultores procuren que las abejas produzcan la menor cantidad posible de cera. Por otro lado, si se mejoran los manejos apícolas, se puede aprovechar y recabar más cera, lo cual tendría un impacto positivo en los ingresos de los apicultores.

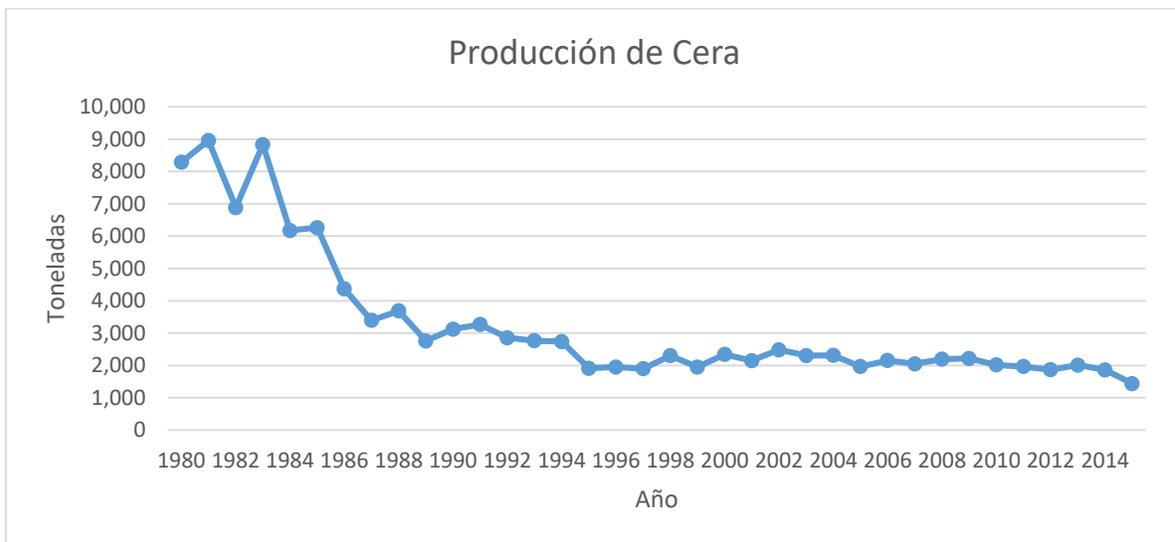


Figura 1.5 Producción de Cera en México de 1980 a 2014 (Datos obtenido por medio de SIACON)

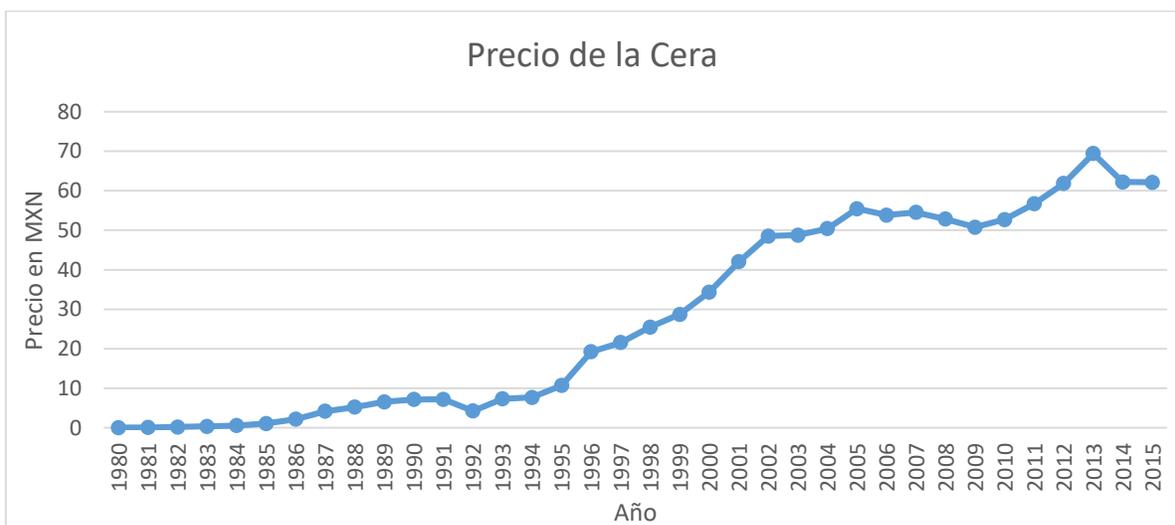


Figura 1.6 Precio de la de la Cera en México de 1980 a 2015 (Datos obtenido por medio de SIACON)

En cuanto al inventario apícola, se puede apreciar que en la última década se ha mantenido estable con una ligera tendencia a la alza. En el pasado, Mexico contaba con un mayor número de colmenas, siendo la entrada de las abejas africanizadas el principal factor para que decreciera el número de ellas. Esto se debió a que los apicultores redujeron el número de colmenas para evitar el pillaje, se tuvieron que trasladar a zonas mas retiradas para evitar que fueran un riesgo para las personas y los animales, además desalentó a los apicultores a trabajar con abejas debido a su alta defensividad.

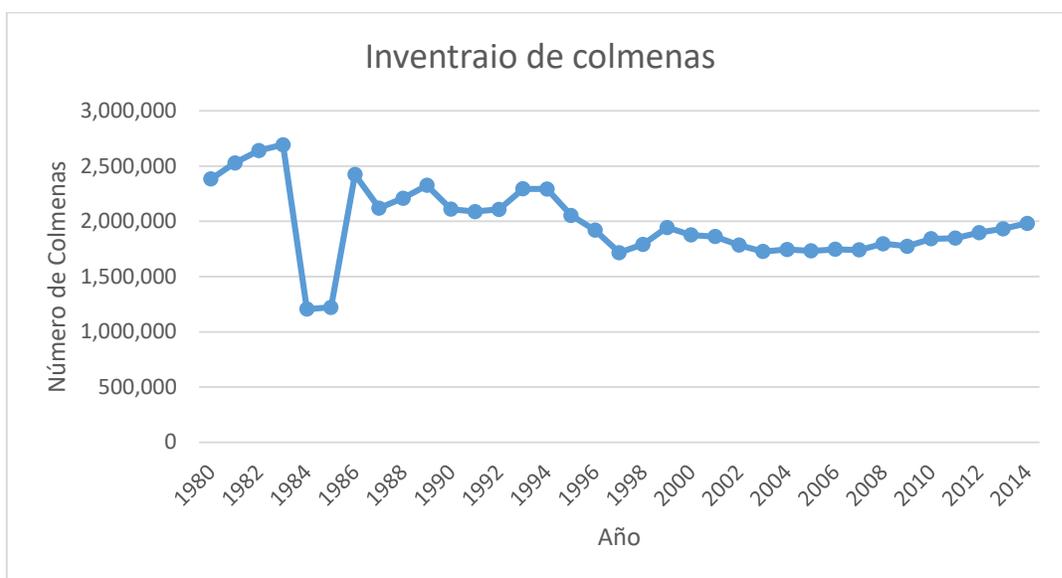


Figura 1.7 Número de Colmenas en México de 1980 a 2014 (Datos obtenido por medio de SIACON)

Según datos de la SAGARPA, el número de colmenas rústicas van en descenso (de 14,000 en 2001 a 1,100 colmenas en 2008), esto es algo muy positivo debido a las limitaciones de estas. Estos datos aunque son positivos, aún requieren de tomar en cuenta el grado de tecnificación de los apicultores y de la capacitación que tienen para enfrentar a los retos de la apicultura.

### 1.2.1 Regiones apícolas en México

Para propósitos de análisis, se divide el territorio mexicano en 5 regiones apícolas, esta división se hace tomando en cuenta factores climatológicas, ambientales, geográficas y variedad en los tipos de mieles. Estas regiones son:

- Norte
- Golfo
- Península de Yucatán
- Pacífico
- Altiplano

Región	Norte	Altiplano	Pacífico	Golfo	Península
Estados	Baja California, Baja California Sur, Sonora, Chihuahua, Durango, Zacatecas, Coahuila, Nuevo León, y parte del norte de Tamaulipas y el altiplano de San Luis Potosí	Tlaxcala, Puebla, México, Morelos, Distrito Federal, Guanajuato, Aguascalientes, la parte oriente de los estados de Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas y parte poniente de Hidalgo y Querétaro, así como la región media de San Luis Potosí	Sinaloa, Nayarit, poniente de Jalisco y Michoacán, Colima, parte de Guerrero, Oaxaca y Chiapas	Veracruz y parte de los estados de Tabasco, Tamaulipas y la región Huasteca de San Luis Potosí, Hidalgo y Querétaro	Campeche, Yucatán y Quintana Roo y parte de los estados de Chiapas (Noreste) y Tabasco (Oriente)
Extensión Territorial	93,000	390,000	260,000	250,000	140,000

Tipo de colmenas	Langstroth y pocas jumbo	Jumbo y Rústicas	Jumbo	Jumbo	Langstroth
------------------	--------------------------	------------------	-------	-------	------------

Tabla 1.1 Regiones apícolas en México (SAGARPA, 2010b)



Figura 1.8 Regiones apícolas en México (SAGARPA, 2010b)

### 1.2.2 Las colmenas en México

En México, en términos generales, se manejan tres tipos de colmenas, la Jumbo, la Langstroth y la rústica. Tanto la colmena Jumbo como las Langstroth son colmenas tecnificadas, en donde su principal diferencia entre estas radica en que, en la Jumbo, las alzas tienen la mitad de la altura que una cámara de cría mientras que en la Langstroth el cajón de la cámara de cría se utiliza también como alza, por ello, la altura del cajón de la cámara de cría de la Langstroth es menor respecto a la Jumbo. Las colmenas rústicas son colmenas las cuales carecen de bastidores móviles, dificultando así los manejos apícolas, así como presentar muchos otros inconvenientes respecto a las tecnificadas.

Actualmente, las colmenas son fabricadas de distintos materiales, por ejemplo: madera, plástico, cerámica, paja, cemento, entre otros, siendo la madera el material predominante. Existen varios factores para que esto suceda, dentro de los cuales destaca que es un material aislante, desprende pocos olores, es fácil de manufacturar y reparar, de fácil acceso, pero la más importante es la aceptación de las abejas a este material, hasta el momento, es el material que han preferido más las abejas. En los últimos años se ha tratado de introducir nuevos materiales, principalmente el plástico, aunque cada día se van haciendo progresos, pero todavía existen algunos problemas dentro de los que se tiene: precios de los elementos más elevados respecto a los de madera, dificultad de reparación, mayor rechazo de las abejas, entre otros.

Como se mencionó con anterioridad, la apicultura en México se desarrolla tanto de forma sedentaria como migratoria. Las colmenas movilizadas representan alrededor de la cuarta parte del

total de las colmenas. El traslado de las colmenas se realiza prácticamente en todo el país, ya sea para la polinización o para aprovechar las floraciones de distintas áreas y así obtener mayores rendimientos de miel.

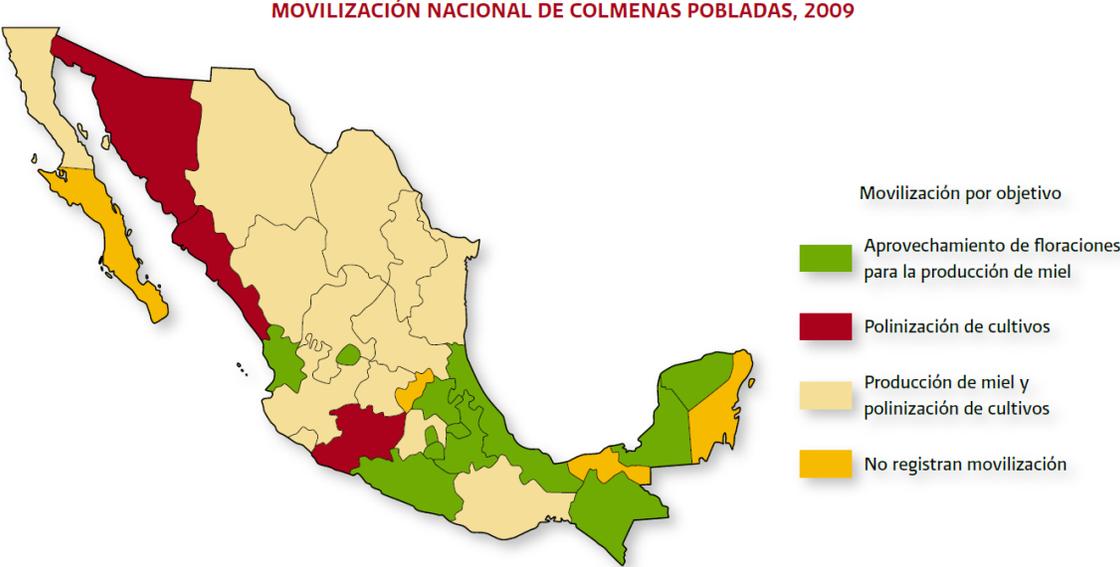


Figura 1.9 Movilización de Colmenas Pobladas en 2009 (SAGARPA, 2010b)

En cuanto a las colmenas empleadas para la polinización de los cultivos, podemos ver que se ha mantenido constante, aunque, se reportan en algunos artículos que es una actividad que va al alza debido a los beneficios que conlleva.

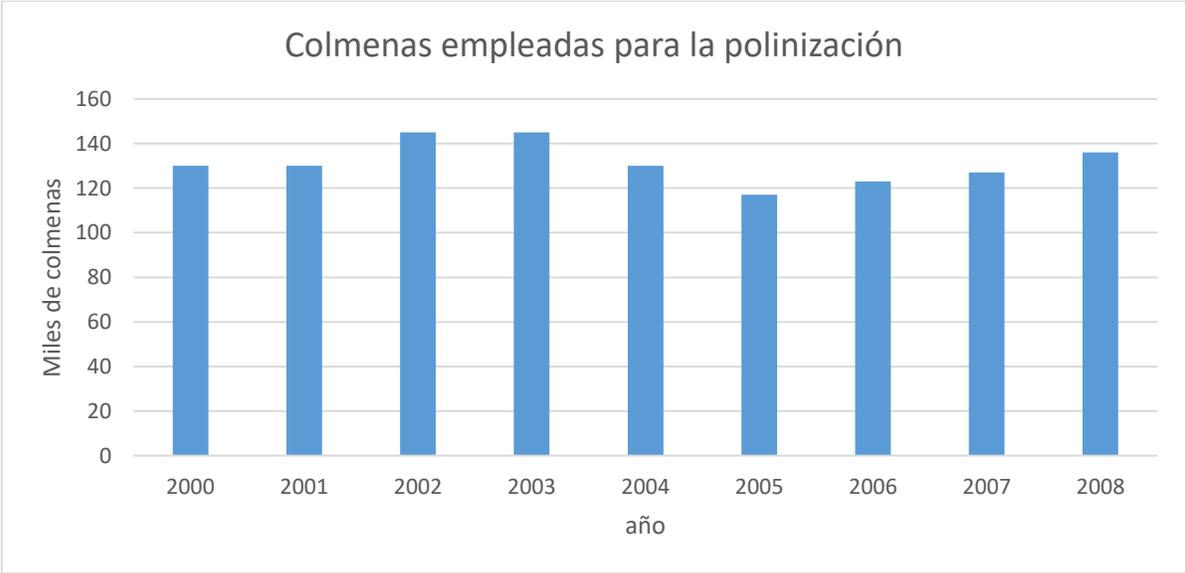


Figura 1.10 Colmenas empleadas para la polinización (SAGARPA, 2010b)

Los apicultores se concentran en las áreas que son más susceptibles para la apicultura, teniendo una mayor concentración en la Península de Yucatán. Por el contrario, en el norte del país es en donde existe una menor concentración de apicultores debido a las condiciones climáticas adversas, así como la limitada cantidad de flora que presenta.



*Figura 1.11 Distribución de Productores en 2008 (SAGARPA, 2010b)*

### 1.2.3 Enfermedades, plagas y africanización de las abejas

Hoy en día, unos de los principales problemas para la apicultura mexicana son las enfermedades, las plagas y las abejas africanizadas. Para contrarrestar estos problemas, hay ciertos aspectos fundamentales a llevar a cabo para minimizar el impacto que tienen. Entre estos aspectos tenemos la tecnificación de las colmenas, la capacitación continua, concientización de los apicultores, etc.

En el siguiente cuadro se muestran las principales enfermedades y plagas que afectan

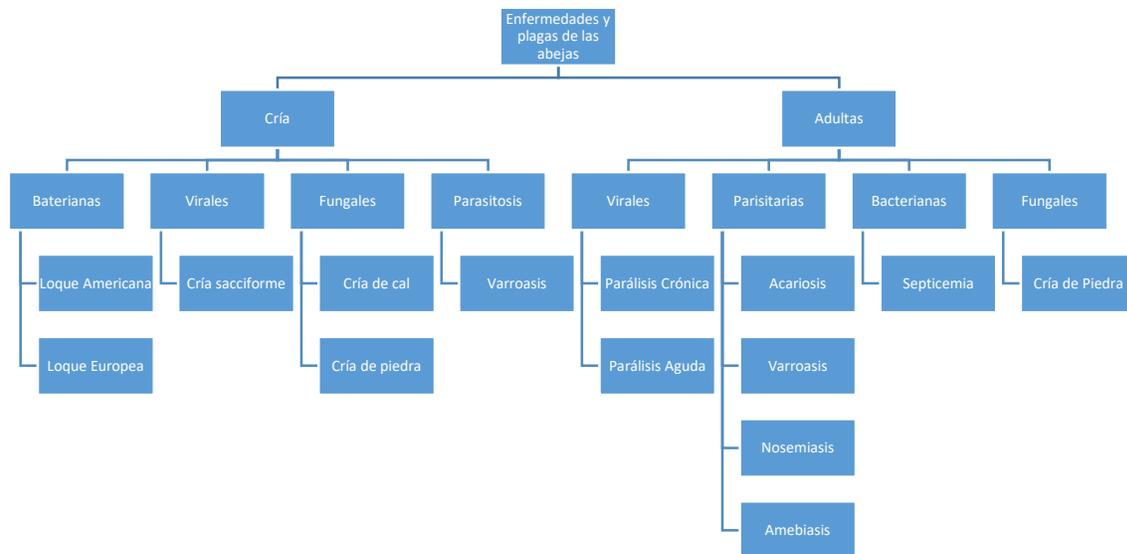


Figura 1.12 Enfermedades más importantes en México (SAGARPA)

Las enfermedades y plagas más importantes son la Varroosis, Loque americana, Acariosis, Loque europea, Nosemiasis, Cría de cal y Cría de piedra, Parálisis y Cría de snsacada(SAGARPA). Dependiendo de la enfermedad o de la plaga, el control se realiza por medio de distintos métodos, ya sea de forma química, biológica, etc. Si bien se tienen distintos métodos para combatir las enfermedades, existen acciones las cuales servirán para prevenir y controlar la mayoría de ellas, las más destacadas son:

- Revisión periódica de la colmena (no más de 8 ó 15 días).
- Identificación oportuna de las colmenas enfermas.
- Evitar usar equipo de colonias enfermas en colonias sanas (cuña, bastidores, etc.).
- Siempre revisar primero las colonias sanas y al último las colmenas enfermas.
- Si se revisa una colonia enferma primero desinfectar el equipo antes de revisar otra colmena.
- Promover una baja humedad dentro de la colmena.
- Suscitar una temperatura adecuada dentro de la colmena.
- Tomar cursos de capacitación.
- Evitar tener cavidades dentro de la colmena que puedan representar posibles focos de infección.
- Proteger bien el equipo al ser almacenado.
- Mantener una altura de separación de la colmena de por lo menos 30cm respecto al suelo.
- Evitar que la maleza se forme debajo de la colmena.
- Realizar los manejos de forma ordenada y con la mayor limpieza posible.
- Cambiar periódicamente la abeja reina (Cada 6-12 meses según la región)

Respecto a la colmena, la forma de ayudar al control de estas plagas y enfermedades es promoviendo un buen control de humedad y temperatura, contar con la altura recomendable de la

colmena respecto al piso, contar con superficies lisas para su fácil desinfección, el material no debe de absorber la humedad y ser capaces de resistir los distintos elementos químicos que se utilizan.

Existen pocos aditamentos específicos los cuales ayudan al control de plagas o enfermedades debido a que la mayoría de los controles se hacen de forma química o biológica combinados con manejos apícolas. Los aditamentos que destacan son los aditamentos para el control del PEC, estos pueden tener forma de protector de DVD's o contenedores oscuros. Estos aditamentos son combinados con agentes químicos y atrayentes para incrementar su efectividad (Saldaña Loza, Lara Álvarez, & Dorantes Ugalde, 2014).

Además de las plagas y enfermedades, otro factor que ha afectado en gran medida a la apicultura es la abeja africana las cuales presentan comportamientos no deseados como lo son su alto comportamiento defensivo, alta tendencia al pillaje, menor almacenamiento de miel, y su tendencia de abandonar las colmenas y migrar. En México, las abejas africanizadas se han establecido a lo largo del territorio mexicano con excepción de Baja California Sur. Tras su llegada al territorio mexicano, los manejos apícolas han tenido que cambiar. Entre los principales cambios que se han presentado son la reubicación de las colmenas en lugares alejados de los centros urbanos, la disminución de colmenas por apiario para disminuir el pillaje y la necesidad de utilizar equipo de protección para salvaguardar la integridad de los apicultores (Guzmán Novoa, 2004).

#### 1.2.4 Consumo nacional e internacional de los productos de la colmena

En el mercado nacional, la miel se distribuye por medio de dos modalidades. La primera es la venta directa que realizan los apicultores hacia el consumidor final, donde los apicultores extraen y envasan la miel. La segunda es por medio de la industria y/o intermediarios. Estas se distribuyen principalmente a la industria alimentaria, cosmetóloga y a la tabacalera.

En cuando a la venta directa de los apicultores, se ha originado un gran problema a nivel nacional debido a que, en general, los apicultores no etiquetan la miel. Esto es aprovechado por revendedores para ellos vender miel adulterada haciéndola pasar como miel pura, los cuales la revenden a precios menores. Debido al desconocimiento de los clientes de este tipo de engaños, este tipo de venta genera pérdidas a los apicultores, desconfianza hacia ellos, entre otros.

En los últimos 10 años, el consumo per cápita ha oscilado entre los 200 y los 400 g, lo cual es bajo en comparación a Alemania o Grecia los cuales tiene consumos de casi un kilo y de kilo y medio respectivamente. Aunque las condiciones climáticas y culturales son diferentes, pero se puede fomentar un consumo mayor para así volver más rentable la producción de miel.

#### 1.2.5 Clima

Uno de los aspectos más importantes en la apicultura es el clima, esto debido a que dependiendo del tipo de clima que se tiene, las floraciones se presentan en distintas temporadas. Además, las condiciones de humedad y temperatura influyen directamente en el comportamiento de las abejas.

México cuenta con una gran diversidad de climas debido a distintos factores, entre los principales tenemos

- Un rango muy grande de altitudes
- La latitud geográfica
- La ubicación en ambos lados del Trópico de Cáncer
- Influencia de los Océanos Pacífico y Golfo de México
- Variada Topografía
- La vegetación

(Rzedowski, 2006)

De forma general, lo climas se pueden clasificar según la siguiente tabla:

Clima	Superficie (%)	Temperatura promedio (°C)	Precipitaciones anuales (mm)
Seco	28.3	De 22 a 26 y de 18 a 22	300 a 600
Muy seco	20.8	De 18 a 22 y más de 26	100 a 300
Cálido húmedo	4.7	De 22 a 26	2,000 a 4,000
Cálido subhúmedo	23	De 22 a 26 y más de 26	1,000 a 2,000
Templado húmedo	2.7	De 18 a 22	2,000 a 4,000
Templado subhúmedo	20.5	De 10 a 18, de 18 a 22 y de 18 a 22	600 a 1,000

Tabla 1.2 Climas en México (CONAGUA, 2016)

Los climas secos tienen una prevalencia respecto a los húmedos. En menos del 15% del territorio nacional las plantas cuentan con agua durante todo o casi todo el año.

En términos generales, en gran parte del país se cuenta con días soleados durante todo el año con una insolación superior al 60%.

Tomando en cuenta las temperaturas extremas, las temperaturas medias anuales más elevadas son entre 28 y 30 °C y las inferiores son de -6 °C.



Figura 1.13 Climas en México (INEGI)

La población de la colmena se ve directamente en la cantidad de alimento disponible, es decir, en época de floración, las abejas aumentan su población para tratar de recolectar la mayor cantidad de miel para poder sobrevivir en la época de escases de alimentos. En esta última, al no requerir tantas abejas, estas disminuyen su población con la finalidad de optimizar sus recursos, además en ésta época las actividades a realizar se reducen.

## 2 Planteamiento del problema

De acuerdo con lo visto en el capítulo anterior, hoy en día la apicultura mexicana se enfrenta a numerosos retos los cuales deben ser abordados mediante la aplicación de diferentes enfoques que permitan proporcionar soluciones integrales de forma que se ajusten a las necesidades y requerimientos que demanda esta actividad. Estas soluciones deben de tomar en cuenta distintos aspectos que van desde bilógicos, geográficos y climáticos hasta aspectos económicos y tecnológicos, sin dejar a un lado aspectos importantes como los sociales y culturales.

Como parte de estas soluciones se encuentra el mejoramiento de las prestaciones de la colmena tecnificada, la cual es la base en la cual se ha desarrollado la apicultura moderna y que ha demostrado ser una excelente herramienta para enfrentar muchos de los desafíos que se han presentado. Desde su desarrollo en el siglo antepasado, la colmena tecnificada ha sufrido pocos cambios y/o adaptaciones debido a las buenas prestaciones que ofrece. La madera, la cual es la materia prima con la cual se construye la mayoría de las colmenas, es un aspecto que no ha cambiado, pero debido a que esta cada día es más costosa y debido a problemas como el desgaste prematuro, susceptibilidad a plagas entre otros, crea la necesidad de buscar materiales alternos para su fabricación. Además de los materiales de construcción, existen otras áreas de mejor los cuales se deberán identificar y plantear soluciones a los mismos.

Una de las principales cualidades que presenta la colmena tecnificada es su gran flexibilidad, que va desde cambiar su tamaño hasta la aceptación de accesorios que permiten la realización de distintos manejos según lo requiera la colmena. Estos accesorios, aunque no se mencionados como elementos de la colmena, si forman parte de la misma y tienen funciones igual de importante que los elementos primarios. Generalmente los accesorios son elementos los cuales no son permanentes, es decir que solo son colocados en los momentos que son requeridos.

Algo a considerar es que cuando se desarrolló la colmena tecnificada se trabajaba con abejas europeas, es decir, abejas las cuales presentan un comportamiento dócil. Desde finales de los 80's la abeja africanizada llegó a México, como consecuencia, los manejos han tenido que cambiar debido sus distintas características negativas que presenta. Esto repercute principalmente en la necesidad ubicar los apiarios en ubicaciones distantes, la utilización del equipo de protección por parte de los apicultores, así como adoptar nuevos manejos y consideraciones apícolas.

### 2.1 Objetivo

Diseñar una colmena tecnificada la cual permita mejorar las prestaciones de las colmenas que actualmente se utilizan en México, tomando en cuenta las necesidades y requerimientos que demanda la apicultura mexicana.

El alcance del presente trabajo es el análisis de la colmena, su contexto de uso y el diseño conceptual de la misma.

### 3 Metodología a utilizar

Con el propósito de obtener mejores resultados en el diseño de esta colmena, es necesario el uso de una metodología que guíe el proceso de desarrollo y favorezca el cumplimiento de los objetivos planteados. Tomando en cuenta la problemática actual en la apicultura mexicana se optó por utilizar la metodología de diseño centrado en el usuario.

#### 3.1 Diseño Centrado en el Usuario (UCD)

Según el artículo “The state of UCD practice” (Mao, Vredenburg, Smith, & Carey, 2005) el diseño centrado en el usuario es un enfoque multidisciplinario basado en la evaluación e iteración del diseño y en el involucramiento activo de los usuarios para mejorar el entendimiento acerca de los requerimientos de estos. Es considerado extensamente como la clave para obtener productos más útiles y con una mayor facilidad de uso.

Empleando esta metodología se pueden lograr beneficios debido a que el diseño centrado en el usuario por medio de sus métodos y herramientas fomenta el buen entendimiento de los usuarios, así como de las tareas a realizar mediante su involucramiento activo durante todo el desarrollo del proyecto. Igualmente permite una adecuada asignación de funciones entre el usuario y el sistema lo que resulta fundamental para el incremento de la productividad y la reducción de errores. Otro de los puntos clave de esta metodología es la iteración de las soluciones de diseño por medio de prototipos de función crítica, los cuales generan una retroalimentación que permite corroborar o descartar nuestras hipótesis diseño, porque, aunque son buenas las suposiciones para la generación de ideas, pero si no se prueban y analizan, es difícil detectar los sus defectos y posibles mejoras.

El diseño centrado en el usuario según la norma ISO 13407 cuenta con 4 actividades básicas las cuales deben de empezar en las etapas más tempranas del desarrollo las cuales son las siguientes:

- Planeación del proceso de diseño centrado en el usuario.
- Entendimiento y especificar el contexto de uso.
- Especificar los requerimientos de los usuarios y de la organización.
- Producir diseños de solución.
- Evaluar estos diseños.

Esto se tiene que hacer de forma iterativa hasta que se cumpla con las especificaciones y requerimientos planteados en un inicio.



Figura 3.1 Ciclo de la Metodología del Diseño Centrado en el Usuario (Maguire, 2001)

El diseño centrado en el usuario está dividido en distintos métodos que se pueden aplicar dependiendo de la etapa en la cual se encuentre el desarrollo y según las necesidades y condiciones que el proyecto demande. En la literatura, existen varios métodos propuestos por distintos autores los cuales se presentarán a continuación (cabe señalar que estos son realizados principalmente con un enfoque para el de desarrollo de interfaces web y aplicaciones móviles):

	Método	UN	Nielsen	Mayhew	Vred
Factibilidad y planeación	Reunión con los interesados	X			
	Planificación	X	X	X	X
	Análisis costo beneficio	X	X	X	X
	Análisis de la competencia	X	X		
Requerimientos	Entrevista con los usuarios	X		X	
	Entrevistas especialistas	X	X	X	
	Contexto de uso	X		X	X
	Observación de los usuarios / Estudio de campo	X	X	X	
	Análisis del contexto de uso	X	X	X	X
	Grupos de enfoque	X	X		
	Lluvia de ideas	X			
	Evaluación de sistemas existentes	X			X
	Organización de conceptos	X	X		X
	Diagramas de afinidad	X		X	X
	Escenarios de uso / Casos de uso	X	X	X	X
	Análisis de tareas	X	X		X
	Conjunto de metas de usabilidad	X	X	X	X
	Patrones de diseño	X	X		
Diseño	Directrices de diseño	X	X	X	
	Prototipos de papel	X	X	X	X
	Evaluación heurística/experto	X	X	X	X
	Diseño Paralelo	X	X		
	Bocetos de pantalla	X			
	Evaluación de prototipos	X	X	X	
	Mago de oz				X
	Modelos conceptuales			X	
	Diseño Participativo		X	X	
	Simulación de diseño				X
Implementación	Prototipo rápido	X	X	X	
Pruebas y mediciones	Evaluación diagnóstico	X	X	X	X
	Evaluación de desempeño	X	X	X	X
	Evaluación subjetiva	X	X		X
	Técnica del incidente crítico	X	X		
	Gusto	X			
Producto en el mercado	Pruebas y medición	X	X	X	X
	Evaluación subjetiva	X	X	X	
	Entrevistas con los usuarios	X	X		X
	Evaluación remota	X			
	Estudio fiel		X	X	

Tabla 3.1 Métodos a emplear en la metodología de Diseño centrado en el usuario según distintos autores (Bevan, 2003)

### 3.2 Métodos a emplear en el desarrollo de la colmena

Una de las ventajas de este método es que permite ser adaptado según las necesidades del proyecto, para lo cual se decidió estudiar cada uno de ellos y seleccionar aquellos que fueran relevantes para el diseño de la colmena.

Etapa	Método
Requerimientos	Entrevista con los usuarios
	Entrevistas con especialistas
	Contexto de uso
	Observación de los usuarios / Estudio de campo
	Análisis del contexto de uso
	Grupos de enfoque
	Lluvia de ideas
	Evaluación de sistemas existentes
	Escenarios de uso / Casos de uso
	Análisis de tareas
	Conjunto de metas de usabilidad
Diseño	Prototipos de función crítica
	Diseño Paralelo
	Evaluación de prototipos
	Diseño Participativo

Tabla 3.2 Métodos a emplear para el desarrollo de la colmena

## 4 Requerimientos:

En esta etapa de desarrollo se realizaron un conjunto de actividades estructuradas con la finalidad de analizar las colmenas usadas en México y en el mundo, identificar los usuarios, sus necesidades, detectar posibles áreas de oportunidad, analizar el entorno en el cual se van a desenvolver y proponer un conjunto de metas de usabilidad.

### 4.1 Entrevista con los usuarios

En esta actividad se aplicaron encuestas y entrevistas a los apicultores, así como académicos y alumnos de veterinaria que cursan o cursaron alguna asignatura de apicultura.

Al analizar las respuestas que proporcionaron los usuarios se identificaron los siguientes problemas y necesidades que se tienen respecto a la colmena:

Es difícil la realización de las actividades debido a que el equipo de protección limita y entorpecen los movimientos corporales y la visión del apicultor. Esto se ve agravado debido a que los espacios que hay dentro de la colmena son reducidos. Debido a ello, muchos apicultores evitan el uso de guantes de protección. Otro problema es la unión de los elementos debido al calor, el recubrimiento de protección de los elementos y del comportamiento de las abejas de sellar los orificios. La unión de estos elementos provoca que se dificulte la separación de los mismos, lo cual puede provocar realizar movimientos bruscos al tratar de separarlos. Estos movimientos bruscos deben evitarse para que no se alteren las abejas.

Para los usuarios nuevos, puede ser complicado realizar los manejos de forma correcta debido a que es necesario tomar en cuenta muchas cosas a la hora de estar realizando los manejos tales como:

- Es importante la posición de los apicultores respecto a la colmena, es decir nunca se debe de obstruir la entrada a la piquera.
- Los bastidores dentro de la colmena tienen un cierto orden, pero durante los manejos es fácil confundir la posición inicial de los bastidores debido a que se van colocando en el piso mientras se van revisando.
- Es importante tener siempre encendido el ahumador debido a que este elemento permite tener cierto control sobre las abejas.
- Es altamente recomendable tener noción de las características actuales e históricas de cada colmena (grado de agresividad de las abejas, salud de la colmena, población, si se está realizando un manejo especial entre muchos otros).

Estas y otras actividades se tienen que hacer casi simultáneamente durante las revisiones de las colmenas, las cuales si no se hacen de forma ordenada y metodológicamente puede provocar disminuir los rendimientos de las colmenas e incluso accidentes.

Un aspecto muy importante a tomar en cuenta es que los apicultores siempre tratan de encontrar nuevas herramientas y manejos que les permitan realizar su trabajo de forma más sencilla y rápida. Los apicultores generalmente están ideando y probando nuevas soluciones. Esto obedece a que una misma actividad generalmente se tiene que hacer en varias colmenas, vistiendo el equipo de protección y de forma periódica.

Otro aspecto a tomar en cuenta es que los apicultores consideran que el equipo en términos generales es bueno y que cumple con sus funciones. Sus principales problemas provienen de otros factores, principalmente del clima, plagas y enfermedades.

#### 4.2 Entrevistas con especialistas

Se realizaron entrevistas con médicos veterinarios, apicultores y alumnos que hacen su servicio social en esta área con el objetivo de comprender mejor la situación de la apicultura en México, descubrir áreas de oportunidad y analizar la viabilidad de las propuestas.

Como resultado de estas entrevistas, se adquirieron conocimientos los cuales se encuentran contenidos a lo largo del presente trabajo.

#### 4.3 Observación de los usuarios / Estudio de campo

Con el objetivo de descubrir más necesidades y áreas de oportunidad de mejora se realizaron estudios de campo en apiarios. Los resultados fueron los siguientes:

- El equipo de protección dificulta en gran medida las tareas a realizar, en especial los guantes y el velo. Lo anterior tiene un impacto considerable a la hora de retirar los bastidores, ya sea en la cámara de cría o en las alzas. Debido a lo anterior, en muchos de los casos se prefiere omitir el uso de los guantes y realizar las actividades sin ellos para así poder realizar los manejos más rápidos. Existen manejos especiales como por ejemplo cuando se capturan las reinas entre otros que se hacen sin ellos para así poder tener una mejor sensibilidad y evitar dañar a la reina u otras abejas. Para la apicultura comercial, generalmente no se utilizan los guantes, sólo durante la cosecha.
- Después de varias horas la utilización del equipo de protección resulta ser muy extenuante debido a que la temperatura corporal aumenta demasiado provocando deshidratación y problemas de visión debido al sudor en los ojos.
- Generalmente las tapas, entre tapas, cajones de alzas y los bastidores se van colocando en el piso. Esto acarrea distintos problemas como la mezcla de los bastidores, la contaminación de la miel, el aplastamiento de las abejas, favorecer la introducción de ciertas plagas y enfermedades, la caída de los bastidores entre otros.
- Distintos elementos de la colmena como los cajones, el piso, la tapa, generalmente presentan formas irregulares lo que provoca que en la unión de los elementos se presenten huecos los cuales permiten el paso de aire, debido a esto son cubiertos por las abejas. Como consecuencia, se crea una unión mecánica la cual junto con la cera de los mismos elementos

dificulta la separación de los distintos elementos. Además de ser un inconveniente para la separación de los elementos, el tapado de los orificios representa un gasto innecesario de recursos por parte de las abejas.

- El peso de la colmena puede llegar a ser muy alto (hasta más de 100 kg) lo que implica un esfuerzo físico considerable para realizar los manejos.
- Tanto la cámara de cría como las alzas cuentan con hendiduras las cuales están pensadas para que el apicultor pueda sujetarlas en esa parte y así poder cargarlas, pero debido al peso de las alzas y al tamaño limitado de las hendiduras, resulta poco ergonómico este tipo de sujeción.
- Los usuarios tienden a aventar los cajones y las alzas durante su almacenaje y otros manejos.
- Es crucial el uso de ahumadores para evitar que las abejas se alteren demasiado, pero esta tarea resulta ser prácticamente de tiempo completo, debido a que, con el tiempo, si no se maneja de forma adecuada el ahumador se puede apagar.
- Para darle mayor resistencia mecánica a los panales y para que las hojas de cera estampada se sostengan se emplean alambres que cruzan los bastidores. Para que tengan una buena adherencia entre el alambre y la cera, se debe de calentar el alambre para que la cera se derrita y cubra el alambre. Esta actividad puede llegar a demandar mucho tiempo y cierta destreza para evitar que el alambre derrita demasiado la cera o que no la llegue a calentar lo suficiente para derretirla de forma adecuada provocando así una unión deficiente. Otro aspecto importante a considerar es que los alambres se tienen que tensar para poderle proporcionar al panal una correcta resistencia mecánica. Esta tensión trae como consecuencia que la madera se flexione y deje espacios no deseados, los cuales son rellenado por las abejas con cera.
- Los cajones generalmente presentan deterioros visibles como consecuencia del bajo mantenimiento realizado a los mismos, la degradación rápida de los recubrimientos y a los daños ocasionados por los manejos y por el ambiente. Esto a la larga provoca que se rompan o que presenten orificios no deseados
- Los apicultores con base a sus observaciones y experiencia van generando conjeturas, las cuales generalmente para una misma situación o fenómeno resultan ser muy diferentes entre cada apicultor. Esto se debe a distintas cuestiones que van desde creencias, influencia de otros apicultores, el tipo de clima, la forma en la cual fueron instruidos, etc. Por ello es necesario analizar de forma cuidadosa los comentarios que proporcionan los mismos.
- Otro comportamiento peculiar es que, en general, los apicultores tienden a idear y tratar de mejorar sus técnicas y procesos, pero al mismo tiempo tienden a ser cerrados para cambiar otros.

#### 4.4 Contexto de uso

La apicultura en México es una actividad que por lo general es llevada a cabo por personas indígenas y/o campesinas, siendo 57 años la edad promedio de las personas que se dedican a esta actividad (Saldaña Loza et al., 2014). La mayoría de los apicultores cuentan con menos de 50 colmenas, por lo cual se puede decir que la apicultura en México es una actividad de traspatio, es

decir, esta actividad complementa otras actividades económicas de los apicultores (Saldaña Loza et al., 2014)s. Son pocas las empresas que cuentan con una gran cantidad de colmenas y que la apicultura es su principal actividad económica.

En el año 2012, en México se contaba con aproximadamente dos millones de colmenas, con las cuales se obtuvieron 58,602 toneladas de miel, la cual representa 2 mil millones de pesos en el mercado (Saldaña Loza et al., 2014). Sumado a esto, está la polinización de los cultivos, la cual tiene un impacto mucho mayor en aspectos económicos, sociales y de seguridad alimenticia.

Debido a la presencia de abeja africana en nuestro país, se han tenido que ir desplazando las colmenas a zonas menos pobladas, provocando así que los apiarios tengan que ser ubicados en zonas de difícil acceso, en donde en muchas ocasiones para poder llegar, es necesario realizar largas caminatas. Además, la cantidad de colonias por apiario se ha tenido que reducir para así evitar el pillaje entre las distintas colonias. Un apiario generalmente consta de un conjunto entre 25 y 30 colmenas, las cuales deben de estar separadas por lo menos a 1 metro de distancia entre colmena y colmena.

Los climas presentes en el territorio mexicano son un aspecto que favorece la apicultura en México debido a que sus climas no son tan extremos como en otros países apícolas. La apicultura es practicada en casi todo el país, aunque la región más relevante es la denominada Península de Yucatán debido a su producción anual. Dependiendo de la región, la apicultura puede tener distintos fines, ya sea polinización, producción de miel o ambas. Un número significativo de colmenas (casi 600 mil en el año 2008) son trasladadas entre distintas regiones del país ya sea para la polinización de cultivos o para producción de miel.

En cuanto a enfermedades y plagas, para controlarlas y evitar que se sigan propagando, es necesario realizar los manejos apropiados, destacando el seguimiento de las colmenas afectadas, el evitar usar el equipo en colmenas afectadas y después en las colmenas sanas, desinfectar el equipo, realizar los tratamientos adecuados, dejar la colmena y sus alrededores limpios, es decir, evitar dejar cera, miel, etc. regados en el piso.

Existen otros factores que perjudican la apicultura, como son fenómenos naturales (sequías, huracanes, heladas, etc.), los intermediarios que compran la miel muy barata y la venden a un precio elevado (Pérez, 2010), los monocultivos, la disminución de la flora silvestre entre otros.

#### 4.5 Evaluación de sistemas existentes.

En el mundo existen una gran cantidad de diseños de colmenas. Las más comunes son las elaboradas en madera y con los diseños propuestos por Langstroth y Dadant con ligeras adaptaciones según la región apícola. Adicional a estas colmenas, existen varios diseños lo cuales están enfocados a distintos mercados. A continuación, se describen los modelos más representativos:

##### 4.5.1 Sun beehive

La Sun beehive es una colmena la cual está inspirada en la forma natural que tienen las colmenas silvestres. El cuerpo principal tiene forma de huevo y está constituido por una tapa superior y una

inferior, estas son elaboradas con paja de centeno entretejida. En su interior cuenta con 9 bastidores de madera en forma de media luna de una sola pieza la cual sirve como soporte superior para que las abejas hagan sus panales. Esta colmena está enfocada para aquellas personas que quieren realizar una apicultura recreativa o que más que buscar un beneficio económico, buscan incrementar el número de colmenas.

Sus principales ventajas son: bajo costo debido a sus materiales naturales, cuenta con una buena ventilación debido a la paja entretejida y su mantenimiento es bajo. Por otro lado, tiene muchas otras desventajas como: tamaño fijo, difícil de inspeccionar y de hacer manejos, está limitado a abejas dóciles, tiempos de fabricación largos, dificultad de traslado, baja resistencia mecánica, entre otros.

#### 4.5.2 Top bar

Esta colmena surge de la necesidad de fabricar colmenas tecnificadas con un bajo costo para la apicultura africana. Destaca por su simplicidad en el diseño y bajo mantenimiento. Esta puede incorporar una ventana con la finalidad de monitorear el progreso de la colonia. Para contar con panales móviles, se colocan barras de madera que sirven como base para los panales. Sus principales cualidades son su bajo costo, diseño simple y prestaciones similares a la Langstroth respecto a la facilidad de revisión y manejos. Entre sus principales desventajas es la utilización de barras y el tamaño de la colmena es fijo.



Figura 4.1 Colmena Sun beehive (MyBeeLine) y Top bar (David & Knapp)

#### 4.5.3 Warré

Esta colmena es muy parecida a las colmenas Langstroth, las principales diferencias radican en que en la colmena Warré se utilizan las barras de madera en lugar de los bastidores, además, los cajones se agregan en la parte inferior en lugar de en la parte superior. Las colmenas Warré, dependiendo de su versión puede contar con una ventana para monitorear el estado de la colmena. En la parte superior de la colmena, se encuentra el techo, el cual además de servir como protección contra la lluvia, en él, se añade paja que sirve para extraer la humedad dentro de la colmena. La principal desventaja de esta colmena es que no se tiene acceso de una forma sencilla a los panales, por lo

que hace difícil la ejecución de muchos manejos apícolas. Otro aspecto negativo es que resulta más laborioso el añadir nuevos cajones debido a que estos son colocados en la parte inferior de la colmena.

#### 4.5.4 Thermo beehive

Esta colmena está elaborada a partir de los diseños de las colmenas Langstroth o la Dadant, pero con la diferencia de que, en lugar de utilizar la madera como el principal material, se utiliza el plástico. Además de ello, se incorporan una serie de dispositivos y mejoras el cual es una recopilación de diferentes soluciones que han venido realizando los apicultores. Dentro de estos dispositivos podemos encontrar ranuras de ventilación, divisor de colmenas (permite tener dos colonias de abejas en una sola colmena), alimentadores, excluidores de reina, manijas de sujeción, entre otros. Estos dispositivos en su mayoría están hechos de plástico.



Figura 4.2 Warré (Heaf, 2011) y Thermo beehive (Apimaye, 2016)

#### 4.5.5 Beehaus

Es catalogada como una de las colmenas más avanzadas del mundo, su mercado principal son los apicultores aficionados. Se pueden emplear tanto la madera como plástico. En general, el plástico es usado para las estructuras exteriores y la madera solo para los bastidores. Al igual que la anterior colmena puede albergar 2 colonias en una sola colmena. Su versatilidad es una de las principales características de esta colmena, es decir, se puede configurar de distintas maneras dependiendo de las necesidades de la colonia. Un distintivo que la diferencia de las demás es que es capaz de albergar hasta 24 bastidores en la cámara de cría y 5 alzas por cada módulo de alza. Una gran desventaja que presenta es su costo, el cual equivale a 10 veces el costo de una colmena de madera. Otra desventaja es que ocupa más espacio respecto a una Langstroth o jumbo, lo que dificultaría su traslado.

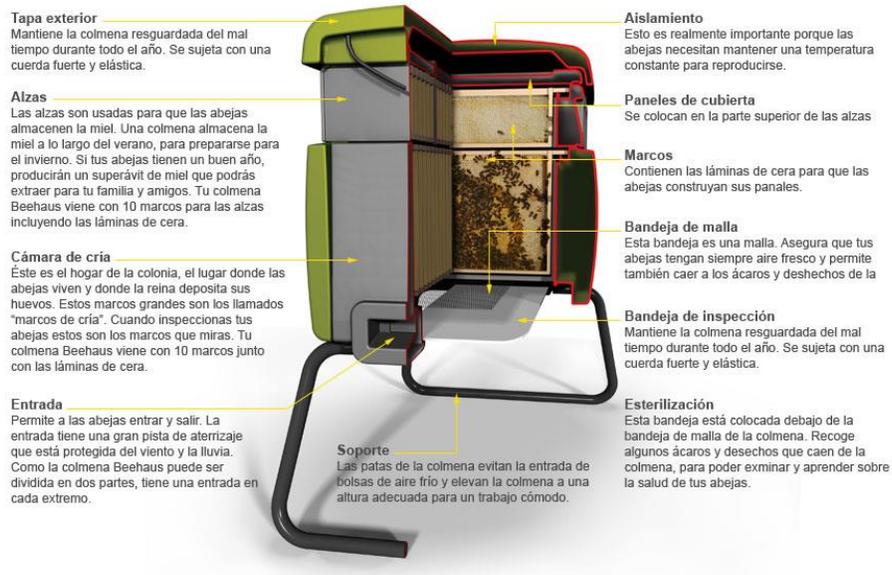


Figura 4.3 Colmena Beehaus (OMLET, 2015)

#### 4.5.6 Bastidores y hoja estampada.

Actualmente en México los bastidores predominantes son los que están manufacturados con madera, almbre y una hoja de cera estampada. En otros países, ademas de estos, tambien se emplean bastidores de plastico, los cuales no han tienen una buena aceptación en nuetro país por parte de los apicultores y las tiendas apicolas generalmente no los comercializan debido a su baja demanda y costo más elevado respecto a los de madera.

#### 4.5.7 Bastidores de Madera

Estan elaborado por 4 partes de madera las cuales generan las paredes del bastidor, estos son unidos por grapas para madera y/o por clavos. En dos paredes paralelas se hacen orificios los cuales pasan alambre galvanizado para dar soporte a la cera, dependiendo de si es bastidor de alza o de camara de cría, la orientacion de estos alambres puede variar. Dentro de las ventajas que tienen este tipo de bastidores tenemos: la fabricación de estos bastidores es muy sencilla, la reparación es fácil y su costo es bajo. Al utilizar la hoja de cera estampada, la aceptación por parte de las abejas es muy alta y los tiempos para la creación del panal por parte de las abejas es bajo. Dentro de las desventajas se tienen: Al ser hecho de madera, se tiene peligro que sea atacado por plagas como la polilla, en especial cuando son almacenados, otra desventaja es que aún y cuando se refuerzan con el alambre, el panal puede llegar a romperse durante la extracción de la miel. La vida útil de estos bastidores es muy variable, depende mucho de la madera de la cual son construidos y del cuidado que se tenga en su manejo. Estos pueden durar desde 6 meses hasta más de 10 años.

#### 4.5.8 Bastidores de Plástico

Actualmente en el mercado existen distintos bastidores de plástico, generalmente estos bastidores son importados de Estados Unidos. Uno de los principales problemas radica en que las medidas

estandar en Estados Unidos son diferentes a las de Mexico por lo que existe una cierta incompatibilidad de los sistemas. Generalmente los distribuidores desconocen las especificaciones del material con el cual están contruidos, es decir, sólo saben que es de plástico y no de que tipo de plástico. Su principal ventaja es su resistencia que ofrecen para evitar que se rompan los panales, en adición a esto, al ser hechos de plástico, no son susceptibles al ataque de plagas como la polilla. Por otra parte la principal desventaja de estos materiales es que en ciertos casos la aceptación por parte de las abejas nos es muy buena, una forma fácil de observar esto es que las abejas en lugar de seguir los patrones que marca el bastidor, crean lo que se llaman “falsos panales”, es decir panales en lugares no deseados por los apicultores. En general, los bastidores mantienen la forma de los bastidores de madera.

#### 4.5.9 Bastidores de la marca FLOW

Recientemente salió al mercado un bastidor el cual está diseñado para facilitar la extracción de la miel y realizar este proceso directamente en la colmena. Está elaborado con un mecanismo el cual parte las celdas por la mitad provocando que la miel fluya hacia la parte inferior del bastidor. Esta es recolectada y canalizada a un orificio circular al cual se le conecta una manguera para que pueda ser transferida a un recipiente exterior. La principal desventaja de este sistema es su costo, 7 bastidores tipo langtroth cuestan 447 dolares, es decir, lo que costaría casi 10 colmenas completas(camara de cría, 2 alzas, techo, tapa, piso, bastidores). Este tipo de bastidor está orientado a apicultores aficionados, pero resulta poco útil para realizar una apicultura comercial.



Figura 4.4 Bastidores comerciales de plástico (Equipment, 2015) y bastidores de la marca FLOW(FLOW, 2016)

#### 4.5.10 Alimentadores Artificiales

Los alimentadores generalmente son realizados con los elementos que se tengan a la mano y según la creatividad de los apicultores. También hay alimentadores de plástico que se comercializan los cuales al igual que los bastidores, no se sabe de que tipo plástico están elaborados. Los alimentadores los podemos clasificar en dos grupos, los alimentadores externos y los internos. Los alimentadores externos generalmente están elaborados con una botella de plástico o vidrio a la cual se le hacen orificios en la tapa, la botella se pone boca abajo sobre una base para que el alimento caiga por goteo. La elaboración de este tipo de alimentadores es muy sencillo y económico. La principal desventaja de estos alimentadores es que pueden llegar a fomentar el pillaje, debido a que el alimento está muy expuesto y las abejas de otras colonias lo pueden llegar a robar. Además, si hace mucho frío, las abejas no consumirán mucho alimento.

Los alimentadores internos los podemos agrupar en 3 tipos. El primer tipo es el que reemplaza la entretapa para así poder generar un espacio entre la tapa superior y los bastidores. En este espacio será colocado el alimento. Este tipo de alimentador generalmente está hecho de plástico o madera. El segundo tipo de alimentador es el que tiene forma de bastidor, el cual reemplaza uno de los bastidores de la cámara de cría. Estos generalmente son o de plástico o de madera. Algunos apicultores colocan ramas u otros materiales que floten para evitar que las abejas se ahoguen. El tercer tipo es el que es elaborado por medio de materias primas que los apicultores las tengan a la mano, los más comunes son las botellas de plástico y de refresco. Estos alimentadores se llegan a poner sobre el piso de la colmena, al igual que al anterior, se le ponen objetos que floten para evitar que las abejas se ahoguen en el alimento.

#### 4.6 Actividades realizadas en la apicultura

En la apicultura se realizan distintas actividades las cuales se realizan dependiendo de muchos factores. Existen actividades que se tiene que realizar siempre mientras que otras sólo requieren ser realizadas bajo ciertas condiciones. En general, las actividades las podemos clasificar en actividades durante la cosecha y las actividades previas y posteriores a la cosecha:

Durante las actividades previas y posteriores a las cosechas tenemos actividades de preparación, mantenimiento y almacenamiento. Estas actividades van enfocadas a tener el equipo de apicultura, en especial los cajones y bastidores en buen estado para así poderlos ocuparlos en los manejos sin necesidad de perder el tiempo en estas actividades mientras se está manipulando las abejas.

Actividades de preparación (antes de la floración):

- Ventilación el equipo para evitar la presencia de humedad y/o de productos químicos.
- Revisión del buen estado del equipo.
- Revisión de presencia de plagas.
- Elaboración de aditamentos necesarios como contenedores de agua, alimentadores, trampas, entre otros.
- Alimentación artificial a las colmenas para promover el crecimiento de la colonia.
- ❖ Actividades de mantenimiento (en cualquier época):
  - Mantenimiento correctivo y preventivo de bastidores y cajones.
  - Mantenimiento a equipo como cuñas, ahumadores, guantes, etc.
  - Mantenimiento del equipo de extracción.
- ❖ Actividades de Almacenamiento:
  - Conservación de cajones y bastidores mediante baños de cera y otras actividades.
  - Limpieza por parte de las abejas de las alzas y bastidores.
  - Conservación de la cera en bloques/maquetas para evitar su deterioro y/o contaminación.
  - Limpieza y sellado del equipo de extracción.
  - Los cajones son almacenados en cuartos o espacios en los cuales se aplican químicos para evitar que las plagas dañen el equipo. Estas áreas son selladas en la medida de lo posible para evitar que los químicos se escapen.

Actividades a realizar durante la cosecha:

- ❖ Actividades a realizar en el apiario
  - Revisiones cada 15 días o menos
    - Revisión de la fortaleza de la colmena.
    - Revisión de la presencia de plagas o enfermedades.
    - Revisión de la presencia de la reina.
    - Revisión de la postura de la reina.
    - Revisión de la presencia de celdas reales
    - Revisión del estado de las alzas, es decir, que tan operculada está la miel
    - Evaluar el espacio disponible para la cría y reservas de miel y propóleos.

- Manejos especiales
- Control de plagas
- Cambio de reina
- División de la colmena
- Creación de núcleos
- Cría de reinas
- ❖ Actividades a realizar en la sala de extracción
  - Limpieza previa del lugar de extracción para garantizar la inocuidad de la miel
  - Desoperculado de los bastidores
  - Centrifugado de los bastidores para la extracción de miel
  - Filtrado de la miel
  - Maduración de la miel
  - Envasado de la miel
  - Limpieza del lugar para evitar las plagas

#### 4.7 Identificación de funciones que desempeña cada elemento, así como consideraciones a tomar en cuenta:

Aunque pudieran parecer triviales, muchos de los elementos de la colmena realizan más funciones de las que se puedan apreciar a simple vista. Por ello se enlistan las principales funciones que realizan los distintos elementos.

Cajones de la cámara de cría y de las alzas:

- Soporte de los bastidores, de la tapa y el techo.
- Proteger de las condiciones ambientales a la colmena.
- Aislar térmicamente el interior y exterior de la colmena.
- Ayuda a proteger la colmena de intrusos reduciendo los lugares por donde puedan tener acceso.
- Permite incrementar o reducir el tamaño de la colmena según se requiera.

Bastidores:

- Soporte de los panales
- Almacenar recursos y es donde se desarrollan las crías de las abejas sus crías.
- Evitar que las abejas empleen tiempo y recursos en la reconstrucción de nuevos panales.
- Promueven el crecimiento de la colonia de forma ordenada.
- Permiten seccionar la colmena para realizar revisiones y manejos.
- Posibilitan el tener medidas estándar que entre otras cosas ayudan en la extracción de miel.
- Crea una separación entre los panales.

## Piso

- Soporte de los cajones.
- Entrada de aire.
- Ciertos medicamentos se colocan en esta parte.
- Limitar la entrada de las abejas e intrusos (piquera).

## Techo y tapa

- Evitar que el agua de lluvia entre a la colmena.
- Aislante térmico.
- Elemento para dar medicinas, alimentación suplementaria, agua.
- La tapa reduce el riesgo de aplastamiento de las abejas al cerrar la colmena.

## Base

- Separación de la colmena respecto al piso.
- Evitar que insectos y otros animales tengan acceso directo con la colmena.
- Soporte de la colmena.
- Permite tener el área inferior limpia para evitar que animales peligrosos se oculten y sean un riesgo para los apicultores.
- Permite tener a una altura más cómoda para el apicultor.

## 4.8 Consideraciones más importantes:

- El costo es un factor muy importante en la toma de decisión para la adquisición de equipos. En la actualidad, debido al panorama adverso que atraviesa la apicultura, los ingresos de los apicultores se están viendo afectados por muchos aspectos.
- La modularidad es uno de los aspectos más críticos de la colmena, esto a causa de que las necesidades de la colonia varían según el estado de la colonia, la época en la que se está, así como muchos otros factores, por lo que es necesario la incorporación de distintas componentes como son: alimentadores, bebederos, aumentar o disminuir espacio, proporcionar medicinas, entre otros.
- Debido a distintos factores se concluyó que las medidas interiores se deben de respetar con la finalidad de que los distintos componentes a diseñar sean compatibles con los actuales y dar la opción de una migración paulatina a la colmena que se propone.
- El espacio de las abejas es un factor muy importante a tomar en cuenta, es decir, dejar espacios entre 5 y 10 milímetros entre bastidores y otros elementos. Si es inferior, las abejas empezarán a sellarlo con propóleos, si es mayor, crearán falsos panales (lo que representa gasto de recursos de tiempo y cera).
- Evitar matar a las abejas mientras se hacen los manejos, generalmente mueren por aplastamiento al colocar los bastidores y los cajones, también llegan a morir debido al contacto de superficies calientes, por ahogamiento, etc.
- La mayoría de los apicultores son campesinos, su nivel de estudios es primaria inconclusa, su poder adquisitivo es limitado y la apicultura no es su actividad primaria de ingresos.

#### 4.9 Conjunto de metas de usabilidad

- Promover la inocuidad de los alimentos.
- Facilitar el manejo de los bastidores y los cajones teniendo en cuenta el uso de guantes.
- Disminución en los tiempos de revisión y en la realización de los manejos.
- Evitar el aplastamiento de las abejas en las revisiones.
- Ayudar al apicultor a realizar de forma metodológica los distintos manejos.
- Suscitar un micro ambiente adecuado para las abejas.
- Propiciar la limpieza de la colmena.
- Evitar que las abejas depositen cera y propóleos en lugares no deseados.
- Impedir que la lluvia entre a la colmena.

#### 4.10 Necesidades

A continuación, se enlistan las necesidades que debe de satisfacer la colmena. Estas fueron tomadas de las distintas encuestas, consulta con los expertos y en base a las observaciones realizadas.

Núm.	Componente	Necesidad
1	Cajones (Cámara de cría y alza), bastidores, piso, techo y tapa interna, soporte	Ligero en peso.
2	Cajones (Cámara de cría y alza), bastidores, piso, techo y tapa interna, soporte	Permite una fácil limpieza y desinfección
3	Cajones (Cámara de cría y alza), bastidores, piso, techo y tapa interna, soporte	Bajo mantenimiento.
4	Cajones (Cámara de cría y alza), bastidores, piso, techo y tapa interna, soporte	Se pueden ensamblar fácilmente con los otros componentes.
5	Cajones (Cámara de cría y alza), bastidores, piso, techo y tapa interna, soporte	El ensamble debe evitar la entrada de agua y aire
6	Cajones (Cámara de cría y alza), bastidores, piso, techo y tapa interna, soporte	Impermeable.
7	Cajones (Cámara de cría y alza), bastidores, piso, techo y tapa interna, soporte	Ausencia de olor.

8	Cajones (Cámara de cría y alza), bastidores, piso, techo y tapa interna	Ser construidos con materiales con baja conductividad térmica.
9	Cajones (Cámara de cría y alza), bastidores, piso, techo y tapa interna	Evitar que los componentes se peguen a causa de la cera.
10	Cajones (Cámara de cría y alza), bastidores, piso, techo y tapa interna, soporte	Resistencia química a los elementos de la colmena, así como a los agentes limpiadores.
11	Cajones (Cámara de cría y alza), bastidores, piso, techo y tapa interna, soporte	Resistente a la intemperie.
12	Cajones (Cámara de cría y alza), bastidores, piso, techo y tapa interna, soporte	Soportar las temperaturas a las que estará expuesta.
13	Cajones (Cámara de cría y alza), bastidores, piso, techo y tapa interna, soporte	Evitar que las abejas creen falsos panales y pongan cera o propóleos en lugares no deseados
14	Cajones (Cámara de cría y alza), bastidores, piso, techo y tapa interna	Respetar las medidas estándar.
15	Cajones (Cámara de cría y alza), bastidores, piso, techo y tapa interna	Evitar las esquinas
16	Cajones (Cámara de cría y alza), bastidores, piso, techo y tapa interna, soporte	Evitar espacios pequeños.
17	Cajones (Cámara de cría y alza), bastidores, piso, techo y tapa interna	Evitar el aplastamiento de las abejas
18	Cajones (Cámara de cría y alza), bastidores, piso, techo y tapa interna, soporte	Permitir el uso de accesorios
19	Cajones de alzas y cámara de cría	Contar con un sistema de sujeción ergonómico.
20	Cajones de alzas y cámara de cría	Resistencia a caídas.
21	Cajones de alzas y cámara de cría	Facilitar el manejo de los bastidores.
22	Bastidores	Resistente a las fuerzas de centrifugado a la que será sometida.
23	Bastidores	Permitir una fácil inserción de hojas de cera estampada y de bases de plástico.
24	Bastidores	Permite el uso de la cuña en él.
25	Bastidores	Proporcionar soporte a la hoja de cera estampada y al panal.

26	Bastidores	Favorecer el desoperculado.
27	Bastidores	Proporcionar una adecuada separación entre panales.
28	Bastidores	Evitar desplazamientos respecto al cajón que lo contiene al mover el cajón.
29	Bastidores	Evitar espacios no deseados a causa de deformaciones.
30	Bastidores	Favorecer una buena adherencia respecto al panal.
31	Bastidores	Evitar la formación de falsos panales.
32	Piso, techo y tapa interna	Promover una buena ventilación
33	Piso, techo y tapa interna	Evitar la acumulación de humedad.
34	Piso	Proporcionar estabilidad a la colmena.
35	Piso	Evitar la formación de plagas.
36	Piso	Permitir un tamaño de la piqueta variable.
37	Tapa interna	Evitar que las abejas depositen cera en ellas.
38	Soporte	Evitar la acumulación de maleza en la parte inferior a la colmena.
39	Soporte	Permitir ajustar de la inclinación de la colmena.
40	Soporte	Evitar que las plagas suban por el soporte
41	Soporte	Proporcionar estabilidad
42	Soporte	Capaz de ser instalado en suelos no nivelados
43	Soporte	Capaz de ser instalado en distintos tipos de suelos

*Tabla 4.1 Principales Necesidades de la colmena*

#### 4.11 Especificaciones

Una vez realizada la búsqueda de las necesidades, se procedió en realizar las especificaciones. Algo que cabe señalar es que la siguiente tabla no cuenta con todos los requerimientos debido a distintos factores.

Núm. métrica	Núm. de necesidad	Métrica	Unidades	Valor marginal
1	1	Peso de la colmena	KG	<25
2	2, 15	Radio de curvatura	mm	0
3	3	Mantenimiento preventivo (frecuencia)	meses	6
4	3	Mantenimiento preventivo (tiempo empleado)	minutos	60
5	4	Tiempo de ensamble entre componentes	segundos	3
6	4	Ajustes tras el ensamble	Lista (núm veces)	3
7	6	Absorción de agua	%	1
8	8	Conductividad térmica	W/(m·K)	0.04-0.4
9	11	Envejecimiento del material a causa del sol y del medio ambiente	meses	6
10	12	Temperatura de trabajo	°C	60
11	13, 16, 27, 31, 37	Tolerancia de manufactura	mm	10
12	16, 27, 31, 37	Espacio entre componentes	mm	5 -10
13	20	Resistir caídas	m	1
14	22	Soportar las fuerzas de centrifugado a la velocidad máxima recomendable	rpm	400
15	23	Tiempo de inserción de las hojas	seg	10-20
16	23	Pasos a realizar	-	6-10
17	36	Tamaño de la piqueta variable	mm <sup>2</sup>	730
18	39	Inclinación de la colmena	Grados	15
19	42	Uso de patas niveladoras	mm	100
20	43	Cantidad de tipos de patas	-	2

Tabla 4.2 Lista de requerimientos

## 5 Diseño

El proceso de diseño se llevó a cabo de forma iterativa tomando en cuenta toda la información recabada en el capítulo anterior. Durante todo el proceso de diseño y la etapa de requerimientos se consultó con especialistas para ver la factibilidad de las distintas propuestas y para detectar áreas de oportunidad.

### 5.1 Lluvias de ideas

Durante el transcurso de esta tesis realizaron distintas sesiones de lluvias de ideas las cuales tomaron en cuenta uno o distintos elementos de la colmena o de sus accesorios.

Los resultados más representativos de estas sesiones se enuncian a continuación:

- Ampliación de la cámara de cría para así poder alojar más bastidores y favorecer la termorregulación.
  - Esta ampliación sería a lo largo de la colmena y no a lo alto, esto debido a que las alzas le proporcionan ampliación vertical. Esta propuesta se inspiró en una colmena europea en la cual. En un principio, se pensó que este diseño puede dar soluciones como por ejemplo favorecer la termorregulación, evitar que las reinas pongan huevos en las alzas, tener espacios que se puedan ocupar para distintos manejos, etc. Tras un análisis se descartó esta propuesta debido a que presenta más inconvenientes que soluciones. Para empezar, provocaría que la cámara de cría sea más pesada y grande lo que traería como resultado incrementar la dificultad de su manipulación y entorpecería el traslado. El dejarles espacios muy grandes a colmenas débiles puede provocar que les sea muy difícil defenderse de otras colmenas y de otros insectos. Además, volvería incompatible ciertos elementos que actualmente se tienen (pisos, techos, entre tapas,).
- Reubicación de la cámara de cría.
  - Una de las principales funciones de la colmena es favorecer la termorregulación que hacen las abejas en la cámara de cría. Una de las teorías fue que al poner la cámara de cría arriba y no debajo de las alzas, favorecería que se mantuviera la temperatura elevada en esta zona. Esto se descartó debido a que, de forma natural, las abejas tienden a poner a las crías en la parte inferior y las reservas de miel en la parte superior (si se cambian el orden, las abejas de forma natural migrarán las crías a la parte inferior). Otro aspecto que se constato es que, durante la época de floración, dentro de las alzas se pueden tener temperaturas superiores a 35°C lo que podría afectar a la cría. Por el contrario, tener temperaturas superiores en las alzas trae como beneficio el que se les pueda quitar la humedad más rápido a la miel y así evitar que las abejas consuman tiempo y energía deshumidificando la miel.
- Colocación de las alzas a los costados.
  - Esta otra propuesta fue inspirada por el comportamiento natural de las abejas, es decir, en la distribución normal en la cámara de cría, siempre en los bastidores centrales se tendrá cría. Las reservas de miel y polen son colocadas en los extremos de los cajones de la cámara de cría. La configuración propuesta es la colocación de las alzas a los costados y no por encima de la cámara de cría. Esta configuración

puede ser conveniente, pero se descartó debido a que se requiere al menos de 3 años de pruebas y validación en cuanto a su desempeño de termorregulación, regulación de humedad, facilidad para hacer los manejos, la forma en la cual se comportan las enfermedades y plagas, entre muchas otras pruebas. Al mismo tiempo, se tendría que evaluar la posible aceptación por parte de los apicultores y las modificaciones a los sistemas existentes.

- Bastidores con panales pre-divididos para vender.
  - El bajo costo de la miel debido a la gran competencia local y global que se tiene genera la necesidad de tratar de añadirle valor ya sea a la propia miel o a otros productos de la colmena. Para darle más valor, se decidió explorar la posibilidad de vender directamente los panales en lugar de sólo la miel. Después de hacer un análisis de esta posibilidad también se descartó debido a que el costo sería demasiado elevado, en especial si se le realizan pruebas para comprobar que cumplan con las normas inocuidad y seguridad alimentaria. Además, la demanda de estos bastidores sería baja debido a que la demanda de este producto también no sería elevada. Otra desventaja es que la miel en temperaturas frías tiende a cristalizarse lo que provocaría que sea más difícil su aprovechamiento estando dentro del panal.
- Bastidor con extracción por gravedad
  - Tomando como base los bastidores que recientemente salieron al mercado que permiten la extracción de la miel por medio de gravedad se planteó el aplicar el mismo principio, pero buscando la forma de reducir los costos de los mismos. Después de realizar distintas propuestas y haciendo un análisis de las mismas se concluyó que, aunque puede ser de gran utilidad, existen otras áreas de mejoras las cuales tendrían un mayor impacto.

## 5.2 Áreas de oportunidad

Una vez realizado las actividades propuestas en la etapa de requerimientos, es importante detectar cuales son las áreas de oportunidad en las cuales se puede mejorar las prestaciones de las colmenas tecnificadas que actualmente se manejan en México. También es conveniente recalcar cuales aspectos cumplen con su función y no es recomendable el cambiarlos. Cabe señalar que los diseños que actualmente se utilizan, están basados en la experimentación y la observación de las abejas durante un largo periodo, es decir desde hace más de 2000 mil años. Otro aspecto importante es que las colmenas tecnificadas que actualmente se utilizan son modulares lo que les permiten tener una gran flexibilidad para llevar a cabo los distintos manejos.

### 5.2.1 Cajones de cámara de cría y alzas

Debido a la estandarización de las medidas, se optó por no cambiar la forma básica ni las dimensiones internas, esto obedece a distintas razones, dentro de las que destacan:

- Cumple con criterios apícolas/biológicos de volumen los cuales son basados en estudios.

- Permitiría el intercambio de piezas entre los modelos que actualmente se tienen con respecto al nuevo diseño.
- Los apicultores están acostumbrados a este sistema y su funcionalidad es buena.
- El aprovechamiento del espacio es bueno y permite el traslado del equipo de forma sencilla.

Los principales aspectos a mejorar de estos elementos son:

- Materiales de construcción
  - Mejorar el aislamiento térmico.
  - Suscitar una buena ventilación.
  - Impedir que plagas afecten la estructura de la colmena.
  - Facilitar su limpieza y desinfección.
  - Evitar y disminuir que se adhieran los distintos elementos debido a la cera.
  - Aumentar la vida útil de la colmena.
  - Propiciar la inocuidad de la miel (Materiales fáciles de lavar y desinfectar, evitar que los materiales contaminen la miel).
  - Favorecer manejos apícolas y aceptación por parte de las abejas seleccionando colores correctos del material.
  - Mejorar la resistencia mecánica.
- Peso
  - Disminuir el peso para facilitar su traslado.
  - Proporcionar estabilidad a las colmenas
- Soportes y agarraderas
  - Permitir una sujeción mecánica más firme para que los usuarios puedan tener un mejor agarre y así facilitar su traslado y manipulación.
  - Incorporar elementos que ayuden a los manejos apícolas.



*Figura 5.1 En estas imágenes se puede apreciar distintos problemas que se presentan en el equipo de campo tales como problemas dimensionales en las dimensiones de los bastidores, la necesidad de usar cinta para evitar el paso de aire al interior de la colmena, la creación de panales por parte de las abejas en lugares no deseados, el deterioro de los equipos, tantos los que están pintados como los que tenían el recubrimiento de cera, entre otros.*

### 5.2.2 Bastidores

En México, los bastidores más usados son los de madera, los cuales se les añade un alambre metálico para suministrar una mayor resistencia mecánica al panal de cera. En Estados Unidos y en otras partes del mundo se están introduciendo bastidores de plástico los cuales no han tenido buena aceptación en México debido a su costo y a que son más propensos a fomentar los falsos panales.

Los bastidores son los elementos que presentan el mayor desgaste debido a que son los que se manipulan más por los distintos manejos. En estos manejos, los bastidores son sometidos a esfuerzo grandes debido a la unión que se forma entre el cajón y el bastidor y entre el bastidor y los bastidores vecinos, ya sea a los costados o con respecto a los superiores e inferiores. Generalmente las uniones entre la madera son realizadas por medio de clavos y/o grapas. En estas uniones es común ver bastidores con grietas debido a la mala colocación de estos elementos.

Las mejoras que se pueden realizar a estos elementos son:

- Proporcionar una mayor resistencia mecánica al bastidor y favorecer una resistencia elevada del panal.
- Incrementar la inocuidad de la miel al utilizar materiales que no la contaminen y sean fáciles de lavar y desinfectar.
- Evitar la deformación en los bastidores para impedir que las abejas coloquen cera entre los bastidores.
- Mejorar la sujeción entre los bastidores y el panal de cera.
- Realizar los bastidores con medidas más uniformes para así favorecer los manejos.
- Incrementar su vida útil.
- Flexibilidad de uso de núcleos (cera estampada/plástico).
- Evitar que sean afectador por plagas
- Mejorar el sistema de unión entre las piezas



*Figura 5.2 En estas imágenes se puede apreciar problemas típicos que se presentan en los bastidores como la creación de "panales falsos", las hojas de cera estampada que no cubren la totalidad del área y la fractura del panal después del centrifugado*

### 5.2.3 Alimentadores

Los alimentadores son elementos que generalmente son improvisados pero que son de suma importancia para la apicultura. Por medio de estos, se les suministra alimento a las abejas para que puedan sobrevivir en épocas de poca floración, así como estimular las colonias para que tengan una mayor población antes de que empiece la temporada de floración y así maximizar los ingresos de néctar a la colmena. Su principal función es la de almacenar el alimento líquido. Las capacidades de estos alimentadores pueden variar entre 300 ml hasta más de 2 litros. Estos deben de tener la suficiente capacidad para que las abejas se puedan alimentar durante el tiempo que transcurre entre las revisiones (de 6 a 15 días), pero sin ser demasiado grande para evitar la fermentación del alimento.

Como ya vimos antes, existen alimentadores interiores y exteriores. Las principales ventajas de los exteriores es su facilidad para ser rellenados o cambiar el alimentador por uno nuevo y evitan el abrir la colmena si solo se requiere añadir alimento. Como desventaja es que promueve el pillaje, así como la fermentación más rápida del alimento si es expuesto al sol. Los alimentadores interiores, por el contrario, son más difícil de rellenar, incrementan la humedad interna y no promueven el pillaje. En adición, el alimento está más cerca de las abejas, lo que promueve que las abejas se

alimentan más, siendo más importante en las colonias débiles. Las principales características con las cuales deben de contar son las siguientes:

- Facilidad de recarga
- Proximidad a la cría
- Capacidad suficiente
- Retardar la fermentación del alimento
- Evitar el ahogamiento de las abejas
- Impedir que el alimento se desparrame por la colmena
- Evitar el incremento de la humedad dentro de la colmena
- Evitar el pillaje



*Figura 5.3 Alimentadores artificiales, el de la fotografía izquierda elaborado con lámina galvanizada y la del lado derecho con una botella de plástico.*

#### 5.2.4 Soporte para la colmena

En general, cada apicultor hace sus soportes con base a los materiales con los que cuenta, recomendaciones, y otros factores. Su forma y diseño también varía.

Dependiendo de factores como la distancia de separación entre la colmena y el piso, la inclinación de la colmena, entre otros se puede variar el desempeño de la misma (ventilación, termorregulación, protección contra intrusos, etc.) por lo que contar con una base la cual permita realizar distintos ajustes pueden incrementar el desempeño de la colmena.

Otro aspecto importante es la capacidad de proporcionar y mantener una buena estabilidad, es decir, que con el tiempo mantenga la posición original.

Características que deben tener los soportes:

- Que se pueda colocar en distintos tipos de suelos y con distintos tipos de relieves.
- Que la colmena se pueda ajustar en distintos ángulos para promover una buena ventilación.
- Resistente a la corrosión y oxidación

- Debe soportar al menos 100Kg
- Facilitar los manejos apícolas

#### 5.2.5 Sistema de deshumidificación

Desarrollar un sistema pasivo el cual permita disminuir la humedad dentro de la colmena. Este sistema tendría impacto en dos aspectos, el primero es para evitar la formación de ciertas enfermedades y plagas debido a la humedad. El segundo es para aumentar la velocidad en la que se madura la miel. Esto se debe a que las abejas transforman el néctar en miel extrayendo la humedad del néctar y realizándoles otros procesos. El néctar es introducido con una humedad de aproximadamente 60%, y la miel madura, es decir, operculada tiene una humedad del 16-18%.

#### 5.2.6 Soporte de bastidores para la revisión.

Este elemento evitara que los apicultores tengan que poner los bastidores en el piso mientras los están revisando, lo cual trae múltiples beneficios como: evitar la caída por deslizamiento de los bastidores respecto al piso, agilizar la revisión, evitar confundir los bastidores, entre otros.

#### 5.2.7 Sistema de identificación y registro.

Cada colmena es única y diferente, así que, dependiendo del estado de la misma, de su historial y de otros aspectos, se debe de realizar distintos manejos. Una analogía sería un paciente en un hospital, es necesario registrar cada revisión y procedimiento para analizar su evolución y así tomar mejores decisiones. Al igual que un paciente, la colmena debe de tener un registro de los manejos que han tenido, medicamentos aplicados, etc. y así tomar mejores decisiones para obtener mejores rendimientos y evitar contaminar la miel o contagiar otras colmenas.

### 5.3 Prototipos de función crítica

A lo largo del presente trabajo se propusieron distintos prototipos de función crítica, muchos de los cuales fueron descartados. La mayoría de los prototipos descartados fue debido a que pretendían evaluar el comportamiento de las abejas lo cual resulto ser algo no trivial. El comportamiento de las abejas depende de muchos factores como por ejemplo la fortaleza de la colonia, la humedad y temperatura dentro y fuera de la colmena, el tipo de abeja con la cual se esté trabajando (abeja africanizada o los distintos tipos de abejas europeas), la cantidad de recursos con los que cuenta la colmena etc. Por lo anterior muchas de las pruebas se tenían que realizar en un periodo no menor a 3 años y bajo distintas condiciones, es decir, en distintos apiarios y con diferentes climas. Además de estar monitoreando las condiciones de la misma para tener resultados más confiables. Lo anterior además de requerir mucho tiempo, resulta también costoso y la necesidad de realizarlo de forma conjunta con distintos apicultores y expertos en la materia.

Tras analizar los distintos prototipos, se optó por la realización de dos prototipos los cuales fueron una cámara de cría y un sistema de instrumentación los cuales se describen a continuación.

### 5.3.1 Prototipo de cámara de cría.

Con el objetivo de analizar el comportamiento de las abejas en colmenas materiales plásticos se realizó un prototipo de cámara de cría utilizando dichos materiales para lo cual se evaluaron distintos materiales para la elaboración de este prototipo. Principalmente los materiales a evaluar fueron el polietileno de alta densidad, polipropileno, poliestireno, acrílico y cartón, todos estos en sus distintas presentaciones que van desde láminas hasta cajas previamente manufacturadas. Por cuestiones de costo, manufactura y proximidad al modelo real se decidió realizar un prototipo de Coroplast. El Coroplast es una lámina de polipropileno que tiene la forma de las láminas de policarbonato celular. Debido a esta forma, aún con sus finas paredes ofrece una resistencia mecánica significativa. Para evitar que se flexionaran las paredes del Coroplast, se decidió añadir un núcleo, el cual constaba de una lámina de luminaria, la cual presenta una elevada rigidez.

El prototipo consistía únicamente en el cajón de la cámara de cría. Tanto el piso como el techo y la tapa interna fueron tomados de una colmena de madera.

Los principales aspectos a evaluar son:

- Facilidad de detención de la suciedad y elementos no deseado dentro de la colmena.
- Aceptación del color blanco translúcido por las abejas.
- Termorregulación y control de humedad.
- El peso; ventajas y desventajas.
- El grado de limpieza que confería este material.

El prototipo de la colmena fue colocado en un apiario en el Centro de Educación Ambiental Acuexcomatl, el cual es administrado en colaboración del Gobierno del Distrito Federal y la Facultad de Medicina Veterinaria de la UNAM. Para probar el prototipo de la colmena se pasó la colonia que estaba en una colmena de madera a el prototipo. Esta colmena era empleada para realizar manejos como cría de reinas y producción de jalea real.

La percepción del desempeño de la colmena por parte de los apicultores fue positivo. Esto fue debido a que el porcentaje de traslarves exitosos aumento en la colmena de plástico respecto a la de madera. Según datos cualitativos, el porcentaje de éxito en los traslarves en la colmena de madera era alrededor del 60% mientras que en la de plástico era del orden de 80%.

Una situación curiosa que se presento es que esta colmena es que aparentemente la temperatura al interior de la colmena era inferior respecto a las otras colmenas de madera. Esto fue medido por medio de los sensores de temperatura de la marca de Xiaomi. Estas mediciones fueron realizadas sólo en los siguientes treinta minutos posteriores a la colocación de estos sensores.

En cuanto a la detección de suciedad y elementos no deseados dentro de la colmena los resultados fueron los esperados, es decir, en la colmena de plástico, debido a su color blanco, era mucho más

fácil la detección de suciedad. Además, resulto ser un material que propiciaba la limpieza dentro de la colmena al ser un materia liso libre de cera/parafina. La capa de cera/parafina que se le proporciona a la madera es para evitar su pronto deterioro, pero como debido a las características de estos materiales provoca comportamientos no deseados como el que fungir como pegamento entre los materiales, así como la adherencia de suciedad y polvo.

En cuanto al peso también se observó el comportamiento previsto. Por un lado, el tener un peso más liviano facilita su traslado, pero afecto a la estabilidad de la colmena. Esto se debió a que al juntar el factor del peso y a la reducción del coeficiente de fricción debido al plástico usado en la colmena, era más fácil el tener desplazamientos entre componentes.

En cuanto a la aceptación del blanco como color principal de la colmena no se notó ningún cambio respecto al color de las colmenas convencionales. Un estudio que se propone como trabajo futuro es ver si el que el material sea translúcido pueda favorecer a que las abejas salgan a pecorear más temprano. El pecoreo de las abejas depende de factores como la entrada de luz en la piquera, la temperatura ambiente, la presencia de lluvia entre otros.



*Figura 5.4 Prototipo de Coroplast*

### 5.3.2 Sistema de adquisición de datos

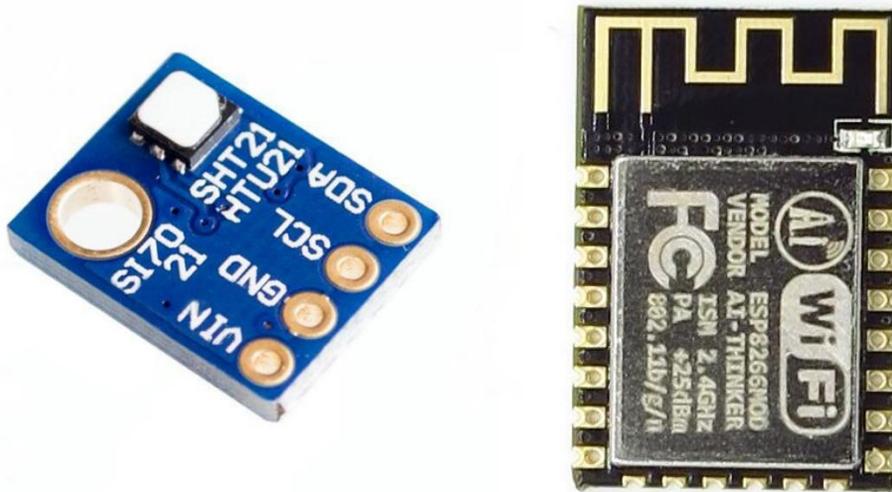
Para poder determinar las condiciones de humedad y temperatura en el interior de una colmena se decidió implementar un sistema de adquisición de datos el cual permitiera recabar la información de estas variables, almacenarlas y enviarlas a un servidor para ser consultadas desde cualquier parte donde se tuviera internet.

Se realizaron distintas iteraciones de este prototipo debido a que se fueron presentando distintos problemas. Las consideraciones iniciales para la elaboración de este prototipo fueron:

- Un sensor por colmena
- Alimentación independiente por medio de baterías
- Comunicación inalámbrica
- Sistema de almacenamiento de datos
- Duración mínima de 7 horas
- Muestreo cada minuto
- Ocupar el menor espacio posible
- Se cuenta con internet en el apiario
- La distancia entre las colmenas es menor a 10m

Con base a estas consideraciones, se optó por elegir el sensor SI7021 el cual estaba disponible en un módulo de bajo costo y que ya contenía la circuitería básica para su utilización. Este sensor admite los rangos de operación en los cuales trabaja la colmena, es decir, mayor a 0°C y menor a 50 °C y una humedad entre 0 y 100% RH. El sensor proporciona los valores mediante comunicación I2C.

Para recabar los datos del sensor y transmitirlos a un servidor se decidió utilizar los módulos de comunicación ESP-12F, los cuales permiten tener comunicación por medio de WiFi así como tener la capacidad de fungir como microcontrolador, lo cual es de gran utilidad para poder realizar la comunicación con el sensor mediante la comunicación I2C. Además de sus buenas prestaciones, se emplearon estos módulos debido a su bajo costo, es decir, de \$2.80 dólares para el módulo SI7021 y de \$2.63 dólares el módulo ESP-12F.



*Figura 5.5 Módulo del sensor de temperatura y módulo de comunicación inalámbrica*

Se realizó el diseño y manufactura de una PCB la cual nos permitió contar con la circuitería básica para el funcionamiento del módulo inalámbrico además de permitir la conexión entre el sensor y el módulo de comunicación y de la alimentación de energía. El diagrama esquemático, así como el diseño de la PCB se muestra a continuación.

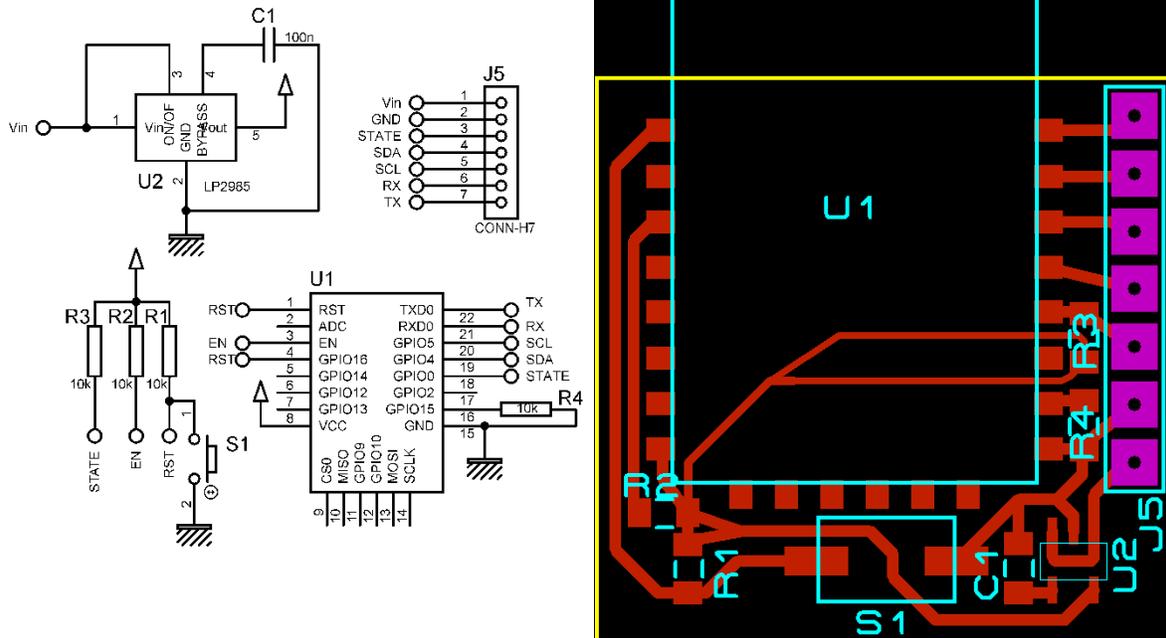


Figura 5.6 Diagrama eléctrico y diseño de la PCB

Para la parte de alimentación se decidió utilizar baterías externas las cuales son empleadas para cargar celulares, su costo unitario fue de \$30 pesos. Las baterías externas contenían en su interior baterías 18650 y contaba con un circuito que permitía su recarga. Las principales ventajas de estas baterías es su buena capacidad de energía, su bajo costo y que pueden ser fácilmente recargadas mediante cargadores comerciales para celular.

Para la parte de almacenamiento de datos, se eligió utilizar la página [thingspeak.com](https://www.thingspeak.com) debido a que permitía almacenar los datos en la nube, su implementación era sencilla y se podían consultar los datos desde cualquier parte donde se tuvieran internet.

Durante la implementación de estos sensores se fueron presentando distintos problemas, los más destacados fueron:

- La distancia entre el modem y el apiario era mayor a 20 m, lo que aún y con el uso de un repetidor para recibir la señal resultaba insuficiente y debido a condiciones propias del Centro de Educación Ambiental no se podía la implementación de otro repetidor.
- El internet era inestable, es decir, en ocasiones se contaba con él y en otras ocasiones no.
- Existen muros gruesos que se interponían entre la colmena y el repetidor los cuales debilitaban significativamente las señales de los distintos dispositivos.
- Las abejas cubrían los orificios de ventilación de los sensores impidiendo tomar lecturas fiables, las lecturas de humedad son las que principalmente se veían afectadas.
- La duración de las baterías era reducida debido a que los módulos siempre tenían un consumo significativo de corriente.

Debido a la problemática anteriormente expuesta, se decidió realizar un conjunto de acciones las cuales permitiera contar con un sistema fiable para la adquisición de datos, para ello, la arquitectura final que se decidió tener es la siguiente:

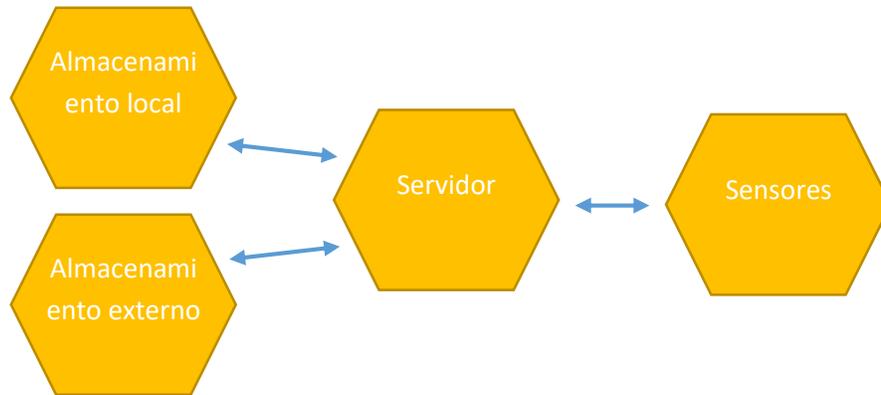


Figura 5.7 Diagrama de funcionamiento

Se decidió contar con un doble almacenamiento de los datos para así crear un sistema más robusto y en caso de que alguno de los dos almacenamientos fallara, se pudiera tener la información respaldada. El almacenamiento local fue por medio de un servidor el cual almacenaba la información en una tarjeta micro SD. Se optó por crear un archivo de texto por colmena para así facilitar su procesamiento futuro.

Para poder contar con una conexión más fiable de los distintos dispositivos con el servidor y a su vez con internet se optó por instalar más repetidores de señal.

Para mejorar la duración de las baterías, se decidió implementar en el microcontrolador el modo sleep, el cual permite poner en reposo el módulo WiFi y reducir considerablemente su consumo. Además de este modo, se decidió remover el led testigo integrado en la tarjeta. Este led tenía un consumo de aproximadamente 5mA. En la operación normal del dispositivo (con el cual se operó en las primeras iteraciones), el consumo aproximado del módulo era de 80mA. Tras realizar las acciones previamente descritas, se contaban con dos estados, el primero es cuando el módulo obtenía la información de los sensores y la enviaba a los servidores. El segundo estado es el estado de reposo, el cual deshabilitaba la señal de radiofrecuencia del dispositivo y detenía las operaciones que estuviera realizando. Los tiempos aproximados de operación de ambos estados fue de 5 segundos para el primero y 55 segundos para el segundo. En cuanto al consumo de corriente en ambos estados fue de entre 50 y 75mA para el primero y para el segundo entre 1.15 y 2.4mA. Como consecuencia, el consumo tras las modificaciones era menor al 15% del consumo original.

En cuanto a la protección de los sensores, en un inicio se habían utilizado popotes los cuales se cortaban, unían mediante calor y se les hacían barrenos en todo el cuerpo para que se ventilara. Después de introducir unos días los sensores, las abejas cubrían estos orificios con cera, comprometiendo la fiabilidad de los datos. Para que los sensores pudieran tomar datos durante más

tiempo se decidió cambiar la protección de los sensores. La nueva protección se realizó mediante una malla mosquitera de acero galvanizado. Este material es comúnmente utilizado en esta actividad para proveer de ventilación a las abejas.

Además de los módulos anteriormente descritos y debido a la problemática anteriormente expuesta se decidió explorar la implementación de sensores de humedad y temperatura de la marca Xiaomi los cuales se conectan a un Gateway y suben la información a la nube. Algo que hay que resaltar es que estos sensores y el Gateway están pensado para propósitos de domótica, pero debido a su tamaño, la precisión que tienen y su conexión inalámbrica cumplen con las necesidades para obtener datos de la colmena.

Tras hacer la prueba en campo de los estos sensores presentaron varios inconvenientes, entre los cuales destacan:

- La frecuencia de muestreo no se puede ajustar y no tiene intervalos constantes. Entre muestras existe una diferencia de alrededor de media hora, lo cual representa un tiempo muy grande.
- No es posible almacenar los datos, estos sólo pueden ser visibles mediante la interfaz que proporciona el fabricante los cual representa los datos por medio de una gráfica la cual puede ser con los datos del último día o la última semana.
- Al ser un producto destinado para el mercado asiático, sólo es posible seleccionar el huso horario de esa zona lo cual representa un error de alrededor de 12 horas según el país que se elija.
- Las abejas tapan con cera muy rápido (menos de 3 días) las cavidades de ventilación para la muestra de datos. Estas cavidades son muy difíciles del limpiar.
- En algunas ocasiones los sensores se desconectaban y era necesario resetearlos de forma manual, teniendo que entrar al apiario, destapar la colmena y pulsar el botón que tiene incorporado el sensor.



*Figura 5.8 Sensor de humedad y temperatura de la marca Xiaomi*

## 5.4 Propuesta de diseño conceptual

Antes de hacer la propuesta del diseño conceptual es importante mencionar que la colmena es un sistema flexible el cual debe de ser fácilmente adaptable según las necesidades de los usuarios. Como tal, no existe una colmena universal, es decir, dependiendo de factores como el clima, el grado de tecnificación del apicultor, el tipo de apicultura que se desee realizar, entre muchos otros, la colmena debe tener la capacidad ajustarse a las necesidades. Debido a lo anterior y al ser un sistema flexible, una de las metas a alcanzar es poder ofrecer a los apicultores distintas opciones que le permitan llevar de la mejor forma posible su actividad.

En la apicultura a nivel nacional e internacional existen una gran cantidad de accesorios para la colmena y que pueden ser de gran utilidad para distintos manejos específicos como lo son las trampas de abejas (sirven para desalojar a las abejas de las alzas de forma pasiva), los soportes para bastidores (sirven para colocar en ellos los bastidores durante las revisiones y evitar ponerlos en el piso), alimentadores exteriores, entre muchos otros, pero haciendo consideraciones apícolas y de su contexto de uso se decidió que la propuesta de diseño que se muestra a continuación sólo toma en cuenta los cajones, bastidores, piso, techo, tapa interna, soporte y alimentador.

Para la propuesta de diseño de estos componentes se vio la necesidad de plantear una serie de consideraciones debido al contexto en el cual se desarrolla la apicultura mexicana con la finalidad de poder generar propuestas que satisfagan de mejor manera las necesidades y requerimientos anteriormente planteados.

Para empezar, como se vio en los capítulos anteriores, en México existen 2 tipos de colmena, la jumbo y la Langstroth. Para el caso de la jumbo, los cajones de las alzas cuentan con la mitad de la altura respecto a los de la cámara de cría. En cuanto a la Langstroth, los cajones de la cámara de cría y la de las alzas son los mismos.

Entonces, las principales preguntas que se plantearon son:

- ¿Por qué en México se tienen 2 tipos de colmena?
- ¿Es posible migrar a un solo tipo de colmena?
- ¿Cuál colmena es la mejor?
- Para el caso de la jumbo, ¿Es posible formar la cámara de cría con 2 alzas?

En cuanto a la primera pregunta, se encontraron distintas respuestas para la misma, entre las que destacan dos. La primera respuesta y que considero que es la más acertada es que es debido a la influencia de otras regiones apícolas. La colmena tecnificada fue adoptada en distintas partes del mundo haciendo modificaciones al diseño de la misma. Debido a ello, distintas regiones apícolas han estandarizado el diseño y medidas de las mismas debido a los beneficios que conlleva. En el caso de México, la influencia de apicultura de distintas regiones trajo como consecuencia el adoptar 2 diseños de la colmena. La segunda respuesta destacada es que dependiendo de la actividad que se quiera realizar es el tipo de colmena a elegir, es decir si se quiere para una apicultura basada en la obtención de miel o en la polinización de cultivos.

Para el caso de migrar a un solo tipo de colmena, técnicamente se podría, pero se tendría que evaluar el impacto que esto conllevaría, lo cual tendría que ser evaluados por especialistas y por parte de la SAGARPA.

Pero ¿por qué migrar a un solo sistema?

Aún y cuando se tienen los dos tipos de colmena estándar, en muchas ocasiones los que se dedican a manufacturar las colmenas no respetan las medidas estándar y utilizan medidas propias. Además, existen ciertas discrepancias respecto a las medidas estándar según la fuente que se consulte. En distintos documentos de SAGARPA, se muestran planos tanto de la colmena Langstroth como de la colmena Jumbo, pero los cuales están incompletos, faltan dimensiones de algunos componentes y en ninguno de los dos tipos se muestran las dimensiones de los bastidores.

La falta de una correcta estandarización, así como la deficiente manufactura de los mismos acarrea problemas a los apicultores. Generalmente los apicultores se tienen que “casar” con una tienda apícola debido a las discrepancias de las medidas entre las distintas tiendas, además de que en ciertas ocasiones tienen que ajustar las medidas de los bastidores para que puedan entrar en la colmena.

Entonces, respondiendo la pregunta, el migrar a un solo sistema y haciendo una estandarización de las medidas podría beneficiar en gran medida a los apicultores debido a que todos los componentes serían compatibles sin importar donde se adquieran, además de evitar problemas apícolas, tanto de manejo como de comportamiento no deseado de las abejas.

En cuanto al caso de la jumbo, tras hacer un análisis de las dimensiones y contrastándolo con consideraciones apícolas se concluyó que la cámara de cría puede ser formada por dos alzas sin afectar el funcionamiento de la misma. Dentro de los beneficios que puede tener el hacer esto además de reducir el número de moldes también podría reducir el inventario de equipo apícola.

La primera consideración es el tipo de colmena a diseñar. En términos generales los dos tipos de colmena comparten prácticamente todas sus dimensiones variando únicamente la altura de los cajones. Por consiguiente, las dimensiones descritas posteriormente aplicarían para cualquiera de las dos con excepción de la altura. En el presente trabajo el diseño propuesto corresponderá a la de la colmena Jumbo debido al panorama que actualmente se tiene y debido a las características de cada una de las colmenas.

Otra de las consideraciones de diseño son las medidas estándar a utilizar. Por ende, se analizaron los distintos planos de las colmenas, textos donde describen las dimensiones de la misma, las medidas tomadas de una colmena comercial y se tomaron consideraciones apícolas. Como resultado, se llegó a la forma interna la cual debía tener la colmena. Para ello se tomaron las siguientes medidas:

Cajón de cámara de cría: medidas internas de 465 X 365 X 295 mm  
Cajón de alza: medidas internas de 465 X 365 X 145 mm

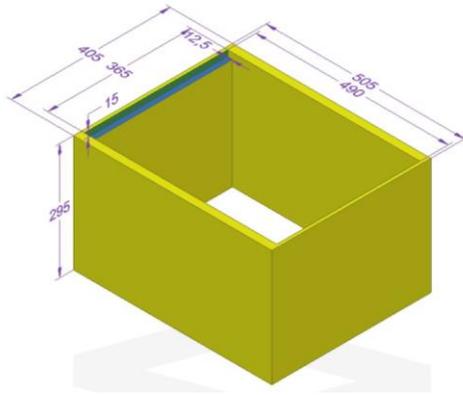


Figura 5.9 Cajón de cámara de cría

Bastidores de cámara de cría: 485 X 28 X 35 mm

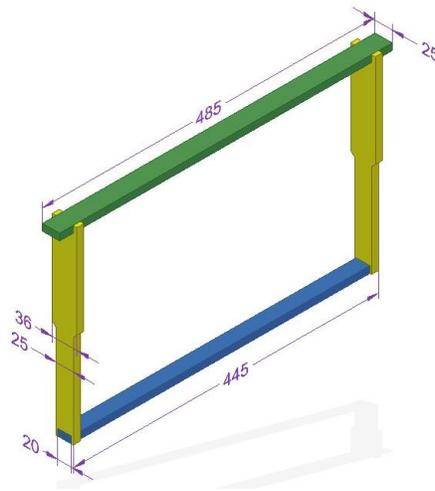


Figura 5.10 Bastidor de cámara de cría

Bastidores de alza: 485 X 28 X 35 mm

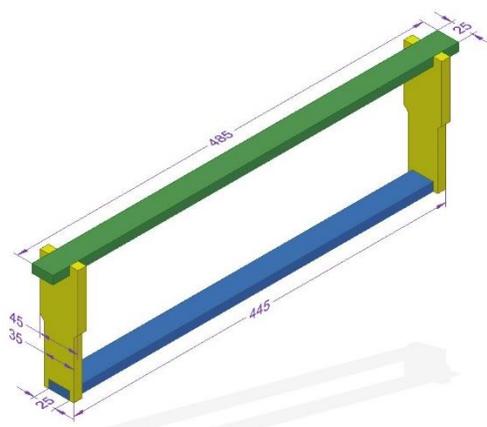


Figura 5.11 Bastidor de alza

Como se puede apreciar en la figura 5.9, además de las medidas internas de la cámara de cría, es necesario proporcionar dos medidas importantes. Ambas corresponden al espacio donde descansarán los bastidores. Este espacio propuesto es de 465 X 11 X 10 mm (Corresponden a las caras en azul y verde, las medidas se midieron en una colmena comercial la cual contaba con las siguientes medidas 465 X 11 X 12.5 mm). Los bastidores cuentan con 10 mm de cada lado que se utilizan para que descanse el material, pero para facilitar los manejos apícolas se le agrega un milímetro de cada lado para facilitar el desplazamiento de los bastidores. En cuanto a la altura se decidió colocar la misma altura que el espesor del travesaño superior del bastidor.

Otro punto clave que se propone en el presente trabajo es el redondeo de las esquinas en los distintos componentes. El redondeo es importante debido a que evita la concentración de esfuerzos y da una mayor rigidez a la estructura, ayuda al control de plagas y enfermedades además de facilitar la limpieza y desinfección. Lo anterior debe de ser complementado con evitar zonas de difícil acceso para las abejas a menos que sea una función del componente.

Una de las directrices de diseño que se busca en esta colmena es la simplicidad de los componentes y que la colmena en si sea fácil e intuitivo de usar. En la sección de evaluación de sistemas existentes se analizó la colmena Thermo Beehive la cual es la colmena más completa que se encontró. Esta incorpora múltiples accesorios los cuales sirven para realizar una apicultura muy tecnificada pero que al mismo tiempo convierte la colmena en un sistema más complicado de usar y que en la mayoría de los casos, estos componentes no son de gran utilidad y que en algunos casos pueden acarrear más problemas que soluciones.

#### 5.4.1 Materiales

Los materiales a emplear en la colmena es uno de los aspectos clave, los cuales, además de cumplir con los requerimientos, deben de ser de materiales que sean aceptados por las abejas y que su uso no propicie efectos adversos en las abejas o en su entorno.

Después de analizar distintos materiales como la madera, el bambú, el acero, aluminio, plásticos como el polietileno de alta y ultra alta densidad, polipropileno, poliestireno expandido, policarbonato, entre otros, se encontró que es necesario realizar un estudio más a fondo de los

distintos materiales para seleccionar el más adecuado. Entre los materiales que se encontró que poseen las características más adecuadas para la fabricación de los distintos componentes están el Polietileno de alta densidad, polipropileno, nylon, y el PET

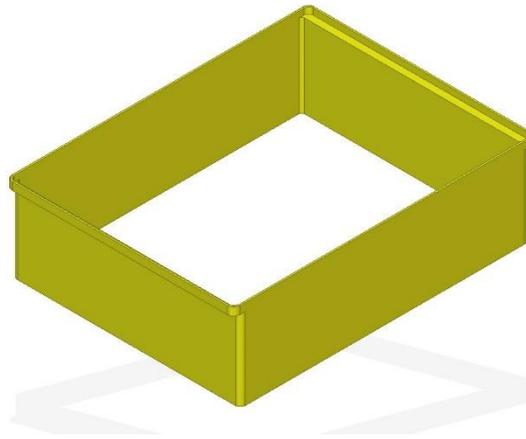
Entre las principales características que debe presentar el material son: muy baja absorción de agua y olores, resistencia a agentes químicos y a la abrasión, resistencia mecánica elevada, resistencia a impactos, baja conductividad térmica, liviano, aprobado para el contacto con alimentos y económico.

Debido a que para la mayoría de los procesos de manufactura de los termoplásticos que se mencionaron anteriormente es necesario la utilización de moldes, se analizó la posibilidad de reducir la cantidad de piezas y moldes y así reducir los costos de producción. Se tomó énfasis en los cajones y bastidores de la cámara de cría y de las alzas al ser los componentes de mayor tamaño.

#### 5.4.2 Cajones de cámara de cría y de alzas

Partiendo de las consideraciones anteriormente descritas se decidió sólo diseñar un cajón, es decir el de la cámara de cría y emplear dos alzas para formar una cámara de cría.

En la figura 5.12 se puede apreciar la forma básica de la colmena. Cabe mencionar que es muy importante cuidar las medidas internas debido a que es el espacio donde las abejas van a hacer sus panales. En caso de fallas de diseño o de manufactura, las abejas pueden realizar panales en lugares no deseados, cubrir con cera o propóleos cavidades, entre otros comportamientos no deseados.



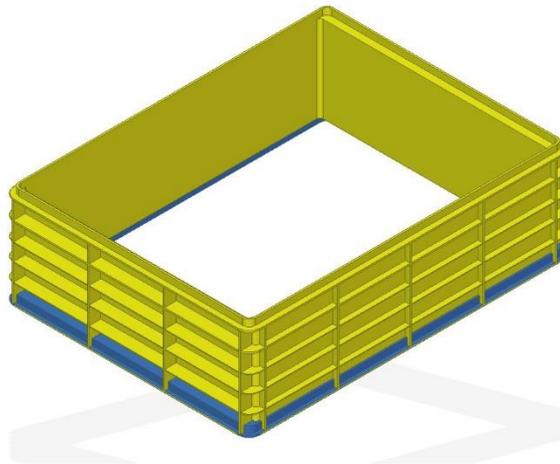
*Figura 5.12 Colmena base*

Como se comentó con anterioridad, los materiales que destacaron son termoplásticos. Tras hacer un análisis se determinaron dos posibles métodos de fabricación. Una es por medio de moldeo por soplado y el otro es el del moldeo por inyección. La ventaja del moldeo por soplado en el caso de la colmena es que genera piezas huecas, las cuales favorecerían que la pieza sea un buen aislante térmico. Como principal desventaja es que debido a que no se puede tener un control sobre los espesores del material es necesario tener un cierto factor de seguridad en cuanto al mismo,

resultando así un incremento en la cantidad necesaria a utilizar y perjudicando el en el peso de la colmena.

Por otro lado tenemos el moldeo por inyección, método por el cual se realizan tanto las cajas usadas en el sector agrícola e industrial así como las hieleras. Durante la creación de prototipos, se encontró que estos dos productos comerciales tienen características similares respecto a la colmena. Una de las principales ventajas que se tendría en el moldeo por inyección es que se pueden crear piezas con una elevada resistencia mecánica con un bajo peso. Como se puede apreciar en las cajas de uso agrícola, se logra una gran rigidez de la estructura por medio de costillas. Estas costillas generan cavidades las cuales pueden ser aprovechadas como aislantes térmicos si se les cubre con algún material, como resultado se cubrirían tanto los requerimientos de rigidez, térmicos, así como liviano.

Tomando en cuenta lo anterior se propone el siguiente diseño conceptual del alza.



*Figura 5.13 Cajón de Alza*

Como se puede apreciar en la figura anterior, en la parte inferior del alza (en color azul) se hace un aumento de un centímetro el cual tiene dos funciones. El primero es evitar el desplazamiento entre componentes. En las colmenas comerciales esto no es necesario ya que la cera que recubre los componentes genera una unión entre los componentes, lo que evita estos desplazamientos. A consecuencia de que los componentes propuestos no tendrán dicho recubrimiento y debido a que el coeficiente de fricción es bajo es necesario garantizar mecánicamente que no existan este desplazamiento entre componentes. La segunda función que tiene este aumento es evitar la entrada de lluvia a la colmena y favorecer la reducción de la entrada de aire.

En la figura anterior se observan costillas las cuales sirven para reforzar la estructura y darle rigidez. Estas se consideraron que fueran rectangulares las cuales son comúnmente utilizadas en las cajas de plásticos de uso agrícola, pero se plantea el uso del patrón de panal para conferirle mayor rigidez

con menos material. Este tipo de patrones cada vez son más populares debido a sus excelentes prestaciones mecánicas. El uso de este patrón además de tener una función mecánica también puede tener otros beneficios tanto térmicos como de impacto psicológico para los apicultores. Una de las desventajas que podría representar la selección de este patrón podría ser el aumento en el costo del molde. Esto último podría ser compensado con el uso de menos material. Por lo anterior se recomienda de realizar un estudio a profundidad para poder conocer la mejor opción.

Para favorecer la hermeticidad de la colmena se plantea la incorporación de un empaque de plástico semirrígido, caucho, silicona u otro material similar sobre el aumento el cual gracias al peso de los componentes superiores a este genere un sello entre los dos componentes en el que estará colocado.

#### 5.4.3 Bastidores de cámara de cría y de alzas

Uno de los principales problemas que se presentan en los bastidores es que el panal se rompe al momento de hacer la extracción de la miel. Esto se deber a uno o distintos factores entre los que destacan:

- Debido al equipo de extracción
  - Esto debido a que en muchas ocasiones no se cuenta con un variador de velocidad para incrementar de forma gradual la velocidad de centrifugado, en donde inicialmente la velocidad debe de ser baja y progresivamente ir aumentando.
- Panal incompleto
  - A causa de la deficiente estandarización de las medidas, problemas de manufactura y a la colocación de hojas de cera estampada que no cubren la totalidad del área del bastidor, las abejas no hacen el panal completo. A consecuencia de esto el panal en muchas ocasiones sólo está soportado en el travesaño superior, lo cual origina que el panal no pueda soportar las fuerzas de centrifugado.
- Soporte deficiente
  - En México y otras partes del mundo se utiliza alambre nicromel para proporcionar soporte a los bastidores. Este alambre en muchas ocasiones no se coloca de forma adecuada lo cual puede provocar que este elemento no se comporte como lo esperado.

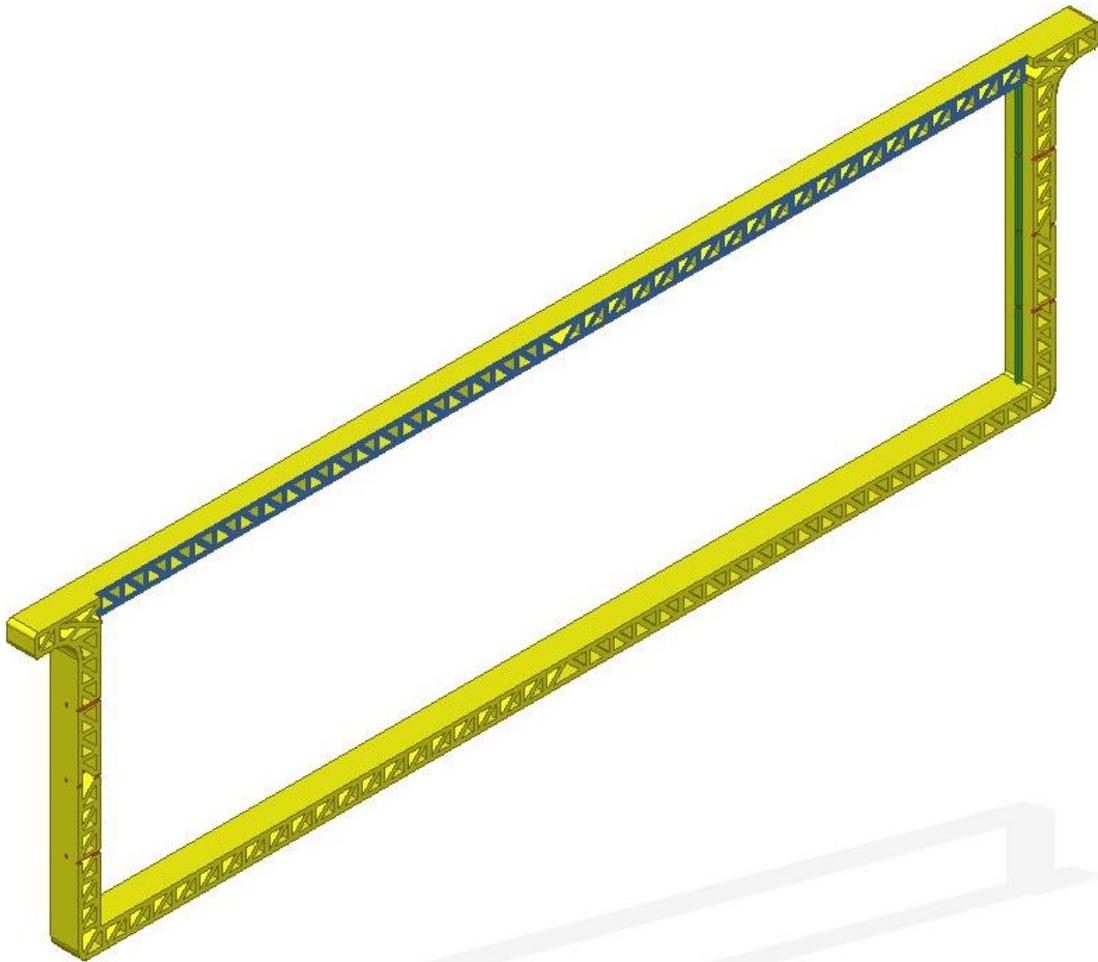
Debido a que la mayoría de los materiales propuestos soportan temperaturas entre 70 y 120°C imposibilita el uso del alambre nicromel a menos que se coloque un elemento intermedio entre el plástico y el alambre que evite que este último pueda fundir el plástico al momento de colocar la hoja de cera estampada.

A causa de que los bastidores son los elementos más importantes en la colmena y que pueden existir distintas alternativas para proporcionar rigidez al panal, se decidió proponer un bastidor el cual acepte estas alternativas.

En la siguiente figura se puede observar el diseño de un bastidor de cámara de alza. En principio, las soluciones planteadas funcionan tanto para los bastidores de cámara de cría como los de alza, la única diferencia de ambos sería la altura del bastidor.

Como se puede observar en el diseño del bastidor, este cuenta con ranuras a los costados (de color rojo) los cuales permitan introducir ya sea hilos de nylon o el alambre nicromel. Los hilos de nylon se colocarían en cada lado de la hoja de cera estampada para sostenerla. En el caso del alambre de Nylon, este deberá ser introducido en las cavidades centrales, y deberá ser calentado para la colocación de la hoja de cera estampada. Además de los dos de sujeción/soporte, este bastidor acepta la hoja de plástico estampada, la cual solo será necesario desplazar sobre la ranura.

Cuenta con una ranura superior (de color azul), el cual permitiría insertar las hojas de cera estampado o las de plástico sin necesidad de desarmar el bastidor, lo anterior con el objetivo de reducir tiempo de instalación sin sacrificar el soporte al panel. También cuenta con guías (en verde) las cuales facilitarán la instalación de las hojas y permitirá una mejor sujeción.



*Figura 5.14 Bastidor propuesto de alza*

Como se comentó con anterioridad, el diseño anterior se hace para satisfacer las necesidades de los distintos apicultores y darles la opción que ellos puedan elegir la opción que más beneficios le proporcione.

En adición, se plantea un cambio en la geometría del bastidor con la finalidad de mejorar sus prestaciones. La geometría propuesta facilitaría el desoperculado, reduciría los movimientos de los bastidores al interior de la colmena cuando esta sea trasladada a otro sitio, así como propiciar los espacios que las abejas utilizan para desplazarse entre bastidores.

#### 5.4.4 Piso

Como se vio en el capítulo 4.7, actualmente el piso cumple con pocas funciones dentro de la colmena. Sin embargo, es un elemento el cual puede cumplir con más funciones. Realizando el análisis de las colmenas existentes a nivel internacional y al análisis de los distintos manejos se determinó que el piso puede mejorar en los siguientes aspectos:

- Proveer una mejor ventilación.
- Adicionar bandeja para control de Varroa.
- Permitir el cambio de tamaño de la piquera.
- Evitar la acumulación de agua.

Por lo anterior, se propone el siguiente diseño



*Figura 5.15 Piso de la colmena*

En la figura anterior se puede observar el diseño de un piso el cual cuenta con dos aberturas superiores las cuales serán la piquera. En estas se colocaría una pieza externa la cual haría posible la variación del tamaño, según las necesidades de la colmena. En adición, cuenta con una abertura inferior la cual permitirá la incorporación de distintos elementos como pueden ser mallas, pisos aislantes entre otros según los requerimientos de la misma. Del mismo modo, este componente no tiene fondo con la finalidad de poder acoplarle distintos accesorios según lo requiera la colmena.

#### 5.4.5 Techo y tapa interna

En cuanto a la tapa interna, se encontró que sus principales funciones es la de evitar el aplastamiento de las abejas por parte del techo, así como favorecer la termorregulación de las abejas. Además de estas dos funciones, y con base a la propuesta de otras colmenas se decidió que es recomendable que ésta cuente con un espacio el cual pueda ser ocupado para distintos fines.

Respecto a la tapa, este únicamente sirve como aislante térmico y para evitar que se meta el agua de lluvia a la colmena.

Un estudio que se propone realizar es la creación de una cavidad con la tapa interna y la colocación de materiales absorbentes de humedad en esta cavidad con la finalidad de contribuir en el control de humedad y temperatura de la colmena. Lo anterior puede ser empleado para distintos manejos como pueden ser la maduración de la miel en un menor tiempo, el control de humedad por cuestiones sanitarias, entre otros. Estos materiales pueden ser desde paja hasta materiales como el gel de sílice.

#### 5.4.6 Alimentador

En cuanto al alimentador, se propone un alimentador interno el cual tenga la forma de un bastidor. Por cuestiones de preservación del alimento, se propone que sea modular, es decir, que cuente con un esqueleto el cual soportaría tres contenedores. Estos contenedores serían móviles los cuales permitan tanto realizar en pre-llenado para disminuir el tiempo durante los manejos, así como la limpieza de los mismos. Esto último con el objetivo de aumentar la caducidad del alimento. El alimentador tendría la capacidad de aproximadamente tres litros. Además, se recomienda la adición de flotadores con forma de rejilla los cuales floten en la superficie del alimento para evitar que las abejas se ahoguen.

#### 5.4.7 Colores

Una correcta selección de colores puede mejorar el desempeño de la colmena. Años atrás, los apicultores pintaban las colmenas debido a distintas razones, en especial para que la pintura sirviera como capa protectora contra el ambiente y además servía como identificación, pero debido a que según el manual de buenas prácticas para la manufactura de miel emitido por SAGARPA, sólo podrán ser utilizadas pinturas epóxicas o fenólicas y sólo podrán ser aplicadas en el exterior de la colmena(SAGARPA).

Otra aplicación de los colores en la colmena se dio cuando entró la abeja africana a nuestro país, en el cual se colocaron cajas de cartón cubiertas con una bolsa azul. Tanto el cartón como el color azul hacía más eficaces estas trampas.

Existen muchas investigaciones de cómo ven las abejas y con qué colores se ven más atraídos. Se puede utilizar este comportamiento para beneficio de la colmena. Un experimento que se propone es la de evaluar bastidores de alzas de color azul, y los de la cámara de cría de otro color más neutro. Esto con la finalidad de evaluar si el uso de distintos colores en los bastidores pueda favorecer en evitar que la reina ponga huevo en la cámara de cría.

Existen investigaciones las cuales señalan que las abejas pueden equivocarse de colmena según distintos factores, entre los que destacan la posición de las colmenas y el colorido de las mismas. En estos estudios señalan que, al tener las colmenas pintadas del mismo color, incrementa la cantidad de abejas que se equivocan de colmena.

Pero no sólo hay que considerar a las abejas para la selección de colores. Como se ha demostrado, las abejas y los seres humanos vemos de forma muy distinta. Por lo anterior, también es necesario considerar a los apicultores para la selección de colores. Por ejemplo, como se vio en el prototipo, el blanco resulta ser un color el cual permite identificar cualquier anomalía en la colmena, además de favorecer la visión en condiciones de baja luz.

Por lo anterior, se recomienda hacer un estudio que permita conocer cuáles son los colores más recomendables para los distintos componentes.

## 6 Conclusiones

Para el desarrollo de cualquier producto es fundamental el entendimiento del propósito que tendrá, los usuarios que van a ser uso de él, así como el contexto en el cual se desenvolverá. Si se toma lo anterior en cuenta para encontrar y satisfacer las necesidades de los usuarios, tendremos una alta probabilidad de tener éxito en el desarrollo de nuestro producto debido al impacto positivo en la aceptación del producto por parte de los usuarios.

Con la ayuda de la metodología de diseño centrado en el usuario se alcanzó a obtener el conocimiento necesario para así poder proponer el diseño conceptual de la colmena la cual mejorará las prestaciones de las colmenas ya existentes para la apicultura mexicana.

En el caso de la colmena encontramos a dos clases de usuarios. En la primera clase tenemos a los apicultores los cuales se encontró que la mayoría cuentan con una escasa educación y que el promedio de edad de 57 años, los cuales llevan más de 10 años en esta actividad y que la apicultura no es la única actividad a la que se dedican. En el caso de la segunda clase tenemos a las abejas, las cuales son las que van a habitar las colmenas y que para conocer sus necesidades fue necesario observar el comportamiento que tienen las mismas ante distintas situaciones.

Otro punto a destacar es que, gracias al buen entendimiento de los usuarios, al diseño participativo, al asesoramiento con especialistas, a las observaciones realizadas y al buen entendimiento del contexto de uso, se logró adelantar el resultado de algunos prototipos que se proponían, evitando así tener que realizarlos.

## 7 Trabajo a futuro

Una vez realizado el diseño conceptual, el siguiente paso es la realización de pruebas a los sistemas propuestos, así como las distintas pruebas planteadas a lo largo del trabajo. Para llevar a cabo estas pruebas es necesario tomar en cuenta ciertas consideraciones debido a que el desempeño de la colonia y el comportamiento de las abejas se ve afectado por muchos factores, que van desde cuestiones biológicas, del clima, del manejo apícola y del propio equipo. A continuación, se enlistarán algunos de estos aspectos.

**Clima:** Hoy en día el clima es el aspecto más relevante para obtener una buena producción de miel. Años atrás, la producción dependía más de un buen manejo que del clima, pues este era más estable y se contaba con flora silvestre la cual le proporcionaba una importante cantidad de néctar. Cada año, el clima va siendo más variable impactando enormemente en la cantidad de néctar disponible. Cuando el clima no es favorable, la cantidad de néctar disminuye considerablemente limitando así el desarrollo de la colonia.

**Manejo:** El manejo es la base de la apicultura, de modo que, si se realiza de forma correcta puede favorecer el buen estado de la colonia. En cambio, si se realiza de forma incorrecta puede ocasionar perjudicar su estado e incluso perder la colonia ya sea por evasión o por enfermedad.

**Población:** La población es uno de los factores más relevantes que impactan en el comportamiento de una colonia de abejas. Cuando una colonia posee una alta población, sus rendimientos suelen ser muy buenos debido a que tiene las suficientes abejas para realizar las actividades básicas y además para tener una buena recolección de néctar y poder defender a la colonia.

**Salud:** Si la colonia presenta alguna plaga o enfermedad repercute directamente en el estado de la colonia debido a que en la mayoría de plagas y enfermedades repercute en la cantidad de población y/o en el rendimiento de las abejas.

**Condiciones de humedad y temperatura dentro y fuera de la colmena:** Estas dos variables son de suma importancia para evaluar el desempeño de la colmena. El contar con un buen aislamiento térmico entre el interior de la colmena y el medio ambiente, así como propiciar un buen nivel de humedad dentro de la colmena, propiciara que las abejas se dediquen a tareas más productivas, de lo contrario tendrán que invertir tiempo y recursos (miel) para lograr que las condiciones al interior sean las adecuadas para el desarrollo de su cría y para la manufactura de la miel.

**Tipo de abeja:** Cada especie de abejas presenta características y comportamiento particulares, los cuales deben de ser tomados en cuenta para evaluar el desempeño de la colmena.

**La reina:** Al ser la única hembra que en condiciones normales pone huevos, la calidad de la misma tiene una gran influencia en el desarrollo de la colonia.

**Estado del equipo apícola:** En muchas ocasiones, el estado del equipo apícola es deficiente, lo cual genera que las abejas traten de compensar esas deficiencias. El ejemplo más claro es cuando el equipo presenta cavidades, las cuales las abejas por instinto las cubren, invirtiendo tiempo y recursos para este trabajo.

Además de tomar en cuenta los aspectos anteriormente descritos, es necesario que los distintos elementos sean probados en distintos apiarios, y con distintos climas. Uno de los principales motivos de esto es que, con ayuda del sistema de monitoreo de humedad y temperatura se pueda caracterizar el comportamiento de distintas configuraciones de la colmena y así poder elegir la mejor configuración de la colmena para cada clima. Estas pruebas son de suma importancia y que no se ha realizado hasta el momento.

Además de poder contar con la información de humedad y temperatura, sería recomendable el incorporar otros sensores los cuales permitan tener una mejor retroalimentación del estado de la colmena y con base a ellos poder tener datos cuantitativos. Un ejemplo de esto sería el sensor de peso, el cual nos permitiría estimar el tamaño de la población y la cantidad de néctar que entra a la colmena.

El tiempo mínimo para la realización de las pruebas y validaciones se propone de tres años donde se tenga una sola cosecha al año y de 2 años para los lugares que tengan 2 cosechas anuales.

## Referencias

- Apimaye. (2016). DEFENDER 300 - Dadant Queen Hive. Retrieved 12 Agosto, 2016, from <http://www.thermobeehive.com/products/beekeeping-products/defender-300-dadant-queen-hive>
- Bevan, N. (2003). UsabilityNet methods for user centred design. *Human-Computer Interaction: theory and Practice*, 1.
- CONAGUA. (2016). Climas en México. Retrieved 16 Junio, 2016, from [http://smn1.conagua.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=103&Itemid=80](http://smn1.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=103&Itemid=80)
- David, B., & Knapp, C. Top Bar Hive Plans – David Bench.
- Equipment, A. B. (2015). One Piece Plastic Frames. Retrieved 12 Agosto, 2016, from <http://www.acornbee.com/plastic-frames/>
- FLOW. (2016). Flow Image Gallery. Retrieved 12 Agosto, 2016, from <https://www.honeyflow.com/gallery-videos/gallery/p/23>
- Guzmán Novoa, E. (2004, Abril-Junio). Impacto de la africanización de las abejas en México. *Imagen Veterinaria*, 4, 22-25.
- Heaf, D. (2011). Warré Beekeeping.
- Maguire, M. (2001). Methods to support human-centred design. *International Journal of Human-Computer Studies*, 55(4), 587-634.
- Mao, J.-Y., Vredenburg, K., Smith, P. W., & Carey, T. (2005). The state of user-centered design practice. *Communications of the ACM*, 48(3), 105-109.
- MyBeeLine. Sun Hive: Bee-friendly hive for natural beekeeping. Retrieved 12 de Agosto, 2016, from <http://www.mybeeline.co/beekeeping/bee-friendly-hive-sun-hive-for-natural-beekeeping/>
- OMLET. (2015). Colmena Beehaus. Retrieved 12 Agosto, 2016, from [https://www.omlet.es/shop/apicultura/colmena\\_beehaus/](https://www.omlet.es/shop/apicultura/colmena_beehaus/)
- Pérez, M. (2010). Miel, negocio millonario con productores pobres, *La Jornada*, p. 37.
- Rzedowski, J. (2006). Vegetación de México. 1ra. Edición digital, *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México*, 504.
- SAGARPA. *Manual Básico de Apícola*. México: Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana.
- SAGARPA. *Manual de Buenas Prácticas de Producción de Miel*. México: Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana.
- SAGARPA. *Manual de Patología Apícola*. México: Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana.
- SAGARPA. (2010a). *Manual de Buenas Prácticas Pecuarias en la Producción de Miel*. México: Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana.
- SAGARPA. (2010b). *Situación actual y perspectiva de la apicultura en México*. México.
- SAGARPA. (2012). *Guía integral para la capacitación de productores apícolas*. México.
- Saldaña Loza, L. M., Lara Álvarez, L. G., & Dorantes Ugalde, J. A. (2014). *Manual, Nuevos manejos en la apicultura para el manejo del pequeño escarabajo de la colmena, Aethina tumida Murray*. México.
- Warré, É. (2007). *Beekeeping For All: David Heaf*.