



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA

TESIS

**SELECCIÓN DE MATERIAL BIODEGRADABLE BASADO EN EL MODELO
DE PORTER, PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENVASADO DE CAFÉ
EN MONODOSIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERA QUÍMICA**

PRESENTA

PAOLA SOLIS SORIANO



CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX.

2019



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: **Profesor: Víctor Manuel Luna Pabello**

VOCAL: **Profesor: Héctor López Hernández**

SECRETARIO: **Profesor: Alejandro Zanelli Trejo**

1er. SUPLENTE: **Profesor: Yamileth Martinez Vega**

2° SUPLENTE: **Profesor: Marco Aurelio Jano Ito**

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México

ASESOR DEL TEMA:

Héctor López Hernández

SUSTENTANTE:

Paola Solis Soriano

Resumen

El presente trabajo establece los lineamientos para la selección de materiales biodegradables en el envasado en monodosis de café, atiende la problemática que representan estos productos en el medio ambiente, ya que usualmente son fabricados con polietileno o aluminio, los cuales generan un impacto negativo en el planeta.

Haciendo uso de un *benchmarking*, se obtuvo información sobre las particularidades de diversos productos que las empresas líderes en sistemas de envasado en dosis única ofrecen al mercado. Se tomaron como ejemplo las mejores propuestas de productos para el desarrollo propio.

El mercado objetivo al que se dirige el producto es hacia el consumidor doméstico y de oficina, el cual se va a distribuir a través de tiendas de autoservicio de 2° nivel en la zona metropolitana de Vancouver Canadá. En esta región, las máquinas diseñadas para la preparación de café en dosis única mayormente usadas son los sistemas Keurig®, por esta razón, el diseño de nuestros sistemas de envasado en monodosis será compatible con estas máquinas.

A partir de un diagnóstico basado en el modelo de las cinco fuerzas de M. Porter fue posible formular una estrategia competitiva, la cual nos permite analizar el mercado y tomar decisiones pertinentes para tener éxito en la venta del producto.

Como resultado de la casa de calidad, se identificaron y ponderaron los requerimientos del cliente para un sistema de envasado en monodosis, las cuales, en orden de ponderación, son: la conveniencia, una calidad consistente, un precio razonable, la preservación de las propiedades organolépticas, la compatibilidad con máquinas Keurig® y una sustentabilidad ambiental.

Índice

Objetivo	6
Problemática	6
Antecedentes	7
Keurig® y la elaboración de café	7
Los envases Keurig K-Cup®	7
Los sistemas Keurig®.....	12
Los Nichos de Mercado: Nacional e Internacional	17
Mercado Internacional	17
Mercado Nacional.....	18
Conflicto de propiedad industrial en cápsulas	19
Patente Keurig® de sistemas de envasado de bebidas en dosis única.....	19
Análisis FODA	22
Estrategias FODA.....	26
Análisis de las cinco fuerzas del mercado	27
Poder de Negociación del Cliente.....	29
Poder de Negociación de los Proveedores.....	30
Rivalidad entre Competidores Existentes	36
Amenazas de Nuevos Competidores	39
Amenazas de Productos Sustitutos	40
Formulación de la estrategia	42
Benchmarking de Capsulas para Café	42
Illy café®.....	43
Café Punta del Cielo®	44
Café Punta del Cielo® con cápsulas biodegradables	45
PurPod®	47
Gea®	48
TAYST®	48

HALO®	49
Cafés Novell®.....	50
Cabú Coffee®.....	51
FUDI&Co®.....	52
Ethical Coffee Company®	53
Biodegradabilidad del sistema de envasado de café en monodosis	57
Materiales Biodegradables.....	60
Ácido Poliláctico (PLA)	60
Polihidroxicanoatos.....	65
Poliésteres alifáticos	70
Copolímero alifático	70
Policaprolactona (PCL).....	71
Cascarilla del Grano de Café.....	71
Ecovio®	72
Bagazo de Caña	73
Paja de Trigo	74
Definición del producto	75
La Casa de Calidad	75
Esquema de Casa de Calidad	76
Proveedores de PLA en México.....	95
NatureWorks®.....	95
Corbion Purac®.....	96
Manufacturabilidad	97
Plano del sistema de envasado de café en monodosis.....	102
Conclusiones	109
Bibliografía	110

Objetivo

Seleccionar un material biodegradable con base en el modelo de Porter, para el diseño de un sistema de envasado de café en monodosis, que satisfaga los requerimientos de un entorno comercial, propio de un mercado de exportación.

Los objetivos particulares del proyecto son los siguientes:

- Emplear el modelo de Porter, como base de los criterios para la selección del material del envase en monodosis de café.
- Realizar una propuesta de diseño del envase con el material seleccionado.
- Establecer los requerimientos del consumidor del mercado de exportación meta para un sistema de envasado de café en monodosis.
- Diferenciación ante la competencia actual, Keurig® como propietario de los equipos de percolado a presión y las amenazas de futuros competidores.
- Construir una estrategia favorable de negociación ante los proveedores de materiales.
- Identificar las amenazas de productos sustitutos.
- Definición del producto mediante sus especificaciones de diseño.

Problemática

Actualmente se calcula que cada minuto se tiran 13,500 cápsulas de aluminio y plástico al cubo de residuos, por tanto, en un año, hay más de 7 mil millones de cápsulas que tardarán al menos un siglo en reciclarse de forma natural. Los amantes de la estadística dicen que, si se coloca uno al lado del otro, estos pequeños envases podrían dar la vuelta al mundo 14 veces (Halo, 2018).

El uso de sistemas de envasado de café en dosis única elaborados con aluminio y polietileno es un obstáculo para la sustentabilidad ambiental, por lo que, el presente estudio hace frente a la problemática que afronta nuestro planeta con el cambio climático, siendo este un desafío para la humanidad.

Se busca proponer un sistema de envasado de café en monodosis fabricado con materiales biodegradables, que tengan una menor permanencia en el planeta con respecto a los envases hechos de materiales no degradables.

Antecedentes

Keurig® y la elaboración de café

Comprometidos a ofrecer un café excepcional durante más de 35 años, hoy en día los sistemas Keurig® para preparar café y otras bebidas calientes de un solo servicio o dosis, se encuentran en más de 20 millones de hogares y oficinas en toda Norteamérica. El fabricante de este equipo plantea que los sistemas Keurig®, en menos de un minuto, brinden de una manera consistente, conveniente y con solo presionar un botón, una taza con el excelente aroma y sabor de café recién elaborado (Mountain, 2018).

Los envases Keurig K-Cup®

Los sistemas de elaboración de bebidas Keurig K-Cup®, están diseñados para preparar una taza de café, té, chocolate u otra bebida caliente. En su proceso de manufactura cada sistema de envasado en monodosis se llena con granos de café molido, hojas de té, cacao en polvo, polvo de fruta u otro contenido (Keurig, 2017).

El sistema de envasado de una sola dosis llamado “K-Cup®” consta de una copa exterior que puede estar hecha de papel y un forro de polímero provisto en el espacio interior de la copa. El forro puede definir un espacio interior cerrado por una tapa, y el forro y la tapa pueden ser impermeables a la humedad, luz y los gases, por ejemplo, para proteger un material de bebida en el espacio interior se puede colocar un filtro en el forro y/o en la tapa, y el forro, el filtro y la tapa puede ser extraídos juntos, tal y como se muestra en la Figura. No. 1 y 2. (Estados Unidos Patente nº US201662347729P 20160609; US201715593772 20170512; WO2017US36388 20170607, 2017).

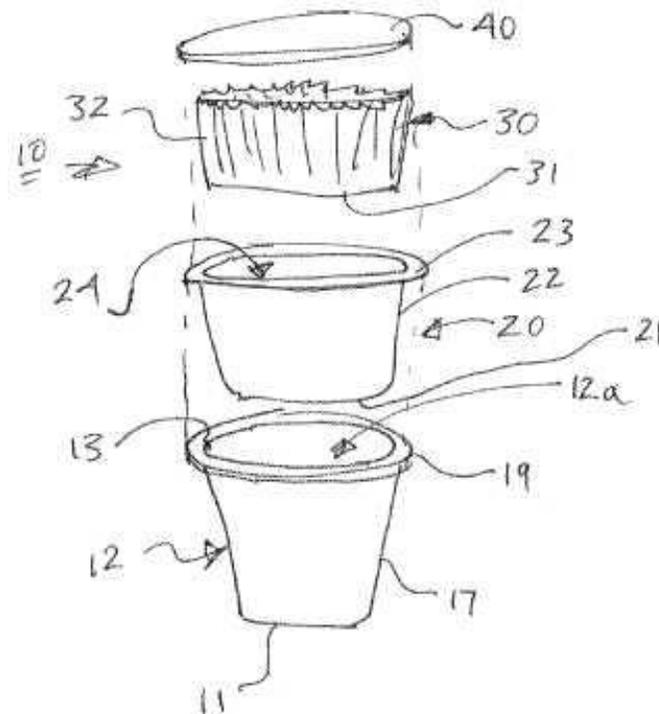


Figura 1. Sistema de envasado de bebida en dosis única Keurig K-Cup® (Estados Unidos Patente nº US201662347729P 20160609; US201715593772 20170512; WO2017US36388 20170607, 2017).

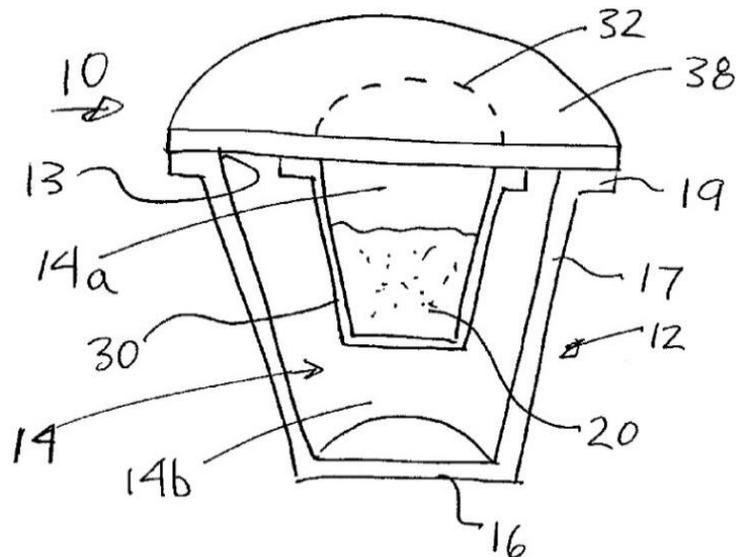


Figura 2. Al retirar la tapa del recipiente, el filtro y el medio de bebida se retiran junto con la tapa (Estados Unidos Patente nº US20100874459 20100902, 2011).

El filtro puede disponerse de manera que el líquido que interactúa con el medio de la bebida fluya a través de este para salir del espacio interior. El contenedor puede incluir una superficie dispuesta para ser perforada por un miembro de perforación para permitir que la bebida salga del contenedor. La protección del filtro puede estar dispuesta para entrar en contacto con el miembro de perforación para resistir el daño al filtro cuando se perfora la superficie del recipiente. Al llevar a cabo la preparación de una bebida, la protección del filtro y el filtro pueden estar en contacto con la superficie del contenedor que está perforada, aunque se puede evitar el daño al filtro que podría ser causado por el elemento de perforación como se describe en la Figura No. 3 (Estados Unidos Patente nº US201715661622 20170727; US20090474420 20090529, 2017).

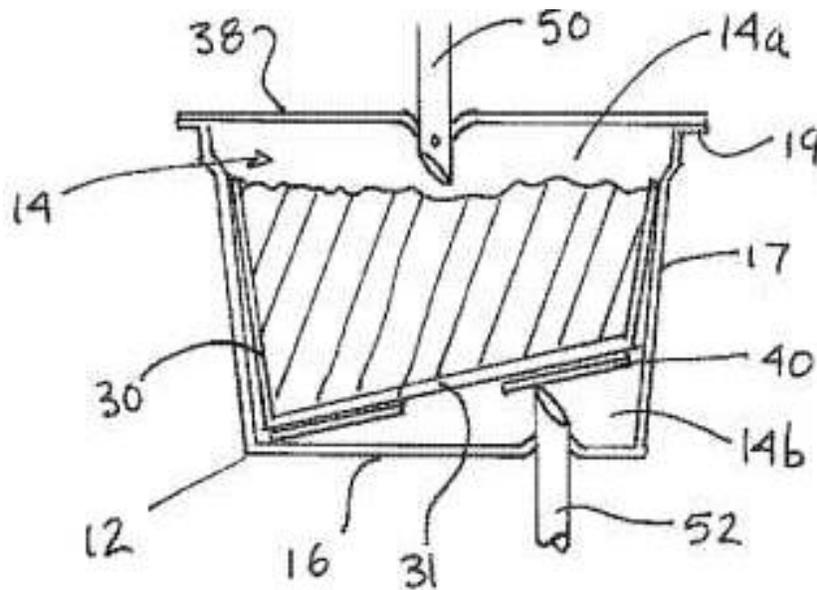


Figura 3. Descripción de proceso de perforación del sistema K-Cup® por máquina Keurig® (Estados Unidos Patente nº US201715661622 20170727; US20090474420 20090529, 2017)

La patente *Disposable Cartridge Filled with a Single Serve Portion of a Liquid Ingredient to be Combined with a Base Liquid for the Preparation of a Liquid Product*, se refiere a un contenedor desechable lleno de una porción individual de un ingrediente líquido o sólido que se combina con un líquido base para la preparación del producto, por ejemplo, una bebida concentrada para combinar con agua. El contenedor comprende

un canal que se extiende verticalmente a una abertura de dispensación en la parte inferior del cartucho y uno o más pasos de dispensación que se extienden entre un depósito y el exterior del contenedor. Los pasajes de dispensación están provistos de aberturas de salida ubicadas adyacentes a la abertura, de manera que el líquido base y el ingrediente se dispensan en flujos paralelos, el ingrediente posteriormente recubre el exterior de la corriente de líquido base, de manera que la mezcla real del ingrediente y el líquido base solo se produce después de que se hayan dispensado ambos. En la Figura No. 4 podemos apreciar la descripción citada (Estados Unidos Patente nº NL20142013824 20141117; NL20142013947 20141209; WO2015US61126 20151117, 2015).

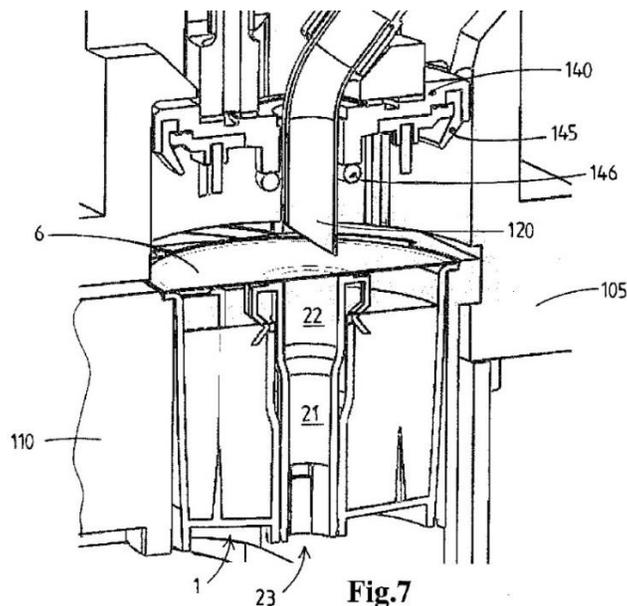


Figura No. 4 contenedor de bebida en dosis única dentro de cartucho (Estados Unidos Patente nº NL20142013824 20141117; NL20142013947 20141209; WO2015US61126 20151117, 2015).

A continuación, se muestra en la Figura No. 5 la invención del envase en distintas perspectivas.

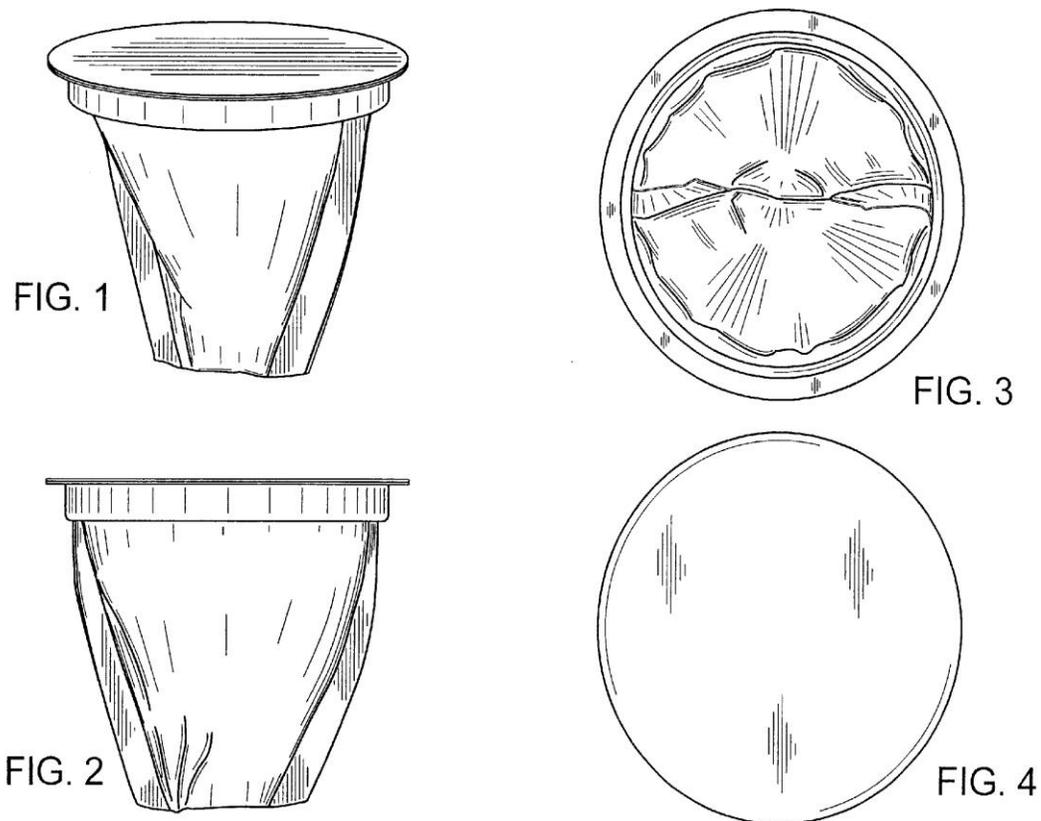


Figura 5. Sistema de envasado de bebida en dosis única Keurig® (Estados Unidos Patente nº USD502362S1, 2003).

Descripción:

FIG. 1 vista en perspectiva frontal de un sistema de bebida de un solo uso;

FIG. 2 vista frontal en alzado;

FIG. 3 vista en planta inferior de la misma;

FIG. 4 es vista en planta desde arriba;

Dimensiones del sistema de envasado de bebida en monodosis Keurig®.

Tabla 1. Dimensiones del envase Keurig®.

Elemento	Dimensión [pulg]
Diámetro de tapa	2
Altura	1 3/4
Diámetro de fondo	1 5/16

Los sistemas Keurig®

La invención titulada *A Multifunctional Capsule Coffee Machine* explica que una máquina de café de cápsulas multifuncional incluye un cuerpo de máquina, una base dispuesta en la parte inferior del cuerpo de la máquina, una cámara de recepción de agua dispuesta encima de esa base. En la parte central y derecha de la parte superior de la cámara de recepción de agua, se instala una salida de agua, mientras que una ranura de fijación de la cápsula está montada en el lado izquierdo del centro de la máquina. Un tubo de salida de líquido está dispuesto en la parte inferior de la ranura de fijación de la cápsula, una barra de presión está dispuesta en el tubo de fijación, una barra de presión está montada en el tubo de fijación y una cabeza de presión está dispuesta en la parte superior de la barra de presión. La caja de presión se suelda en la parte inferior de la varilla de presión, y se coloca una jeringa en la parte inferior de la caja de presión. Como esa barra de presión, la caja de presión, el tubo de la aguja y la ranura de fijación de la cápsula están dispuestas, la estructura de extracción de café de la cápsula se simplifica, la barra de presión manual y el tubo de la aguja reemplazan una serie de palancas requeridas en el cuerpo, el mecanismo de leva coopera con el mecanismo de perforación de la cápsula, la complejidad del cuerpo se reduce considerablemente y se reduce el costo de producción de la máquina de café (Estados Unidos Patente nº CN201811164237 20181005 , 2018).

La Figura No. 6 muestra una vista en perspectiva frontal de la máquina de bebidas de un solo servicio, con caja de preparación. La invención se muestra en su estado cerrado.

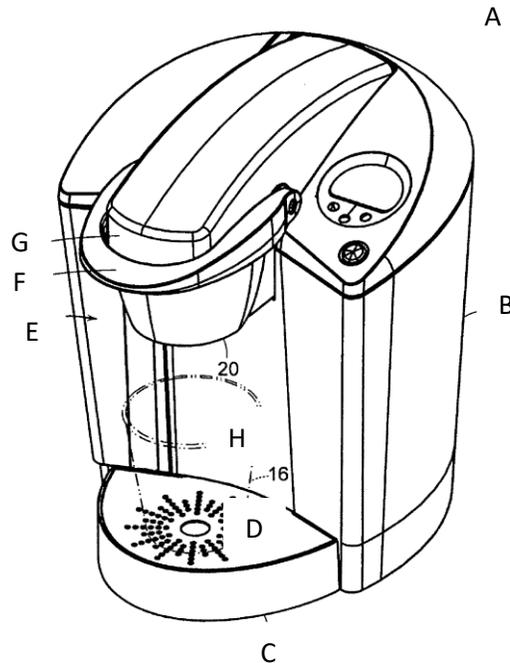


Figura 6. Partes de una máquina Keurig® (Estados Unidos Patente nº US7347138B2, 2003).

Descripción:

- A. Máquina Keurig®
- B. Reservorio de agua
- C. Base de la bandeja de goteo
- D. K-Cup® Pod
- E. Caja
- F. Tapa
- G. Mango
- H. Boquilla de descarga

La máquina Keurig® de bebidas con soporte incluye paredes frontales y laterales alrededor de una abertura donde el material de la bebida se sostiene para formar una bebida donde las paredes se inclinan hacia abajo y hacia adentro en la abertura. Una pared periférica puede extenderse hacia arriba desde la abertura y formar un canal alrededor de la abertura con las paredes frontal y lateral, como se ilustra a continuación en la Figura No. 7 (Estados Unidos Patente nº US201762554209P 20170905, 2018).

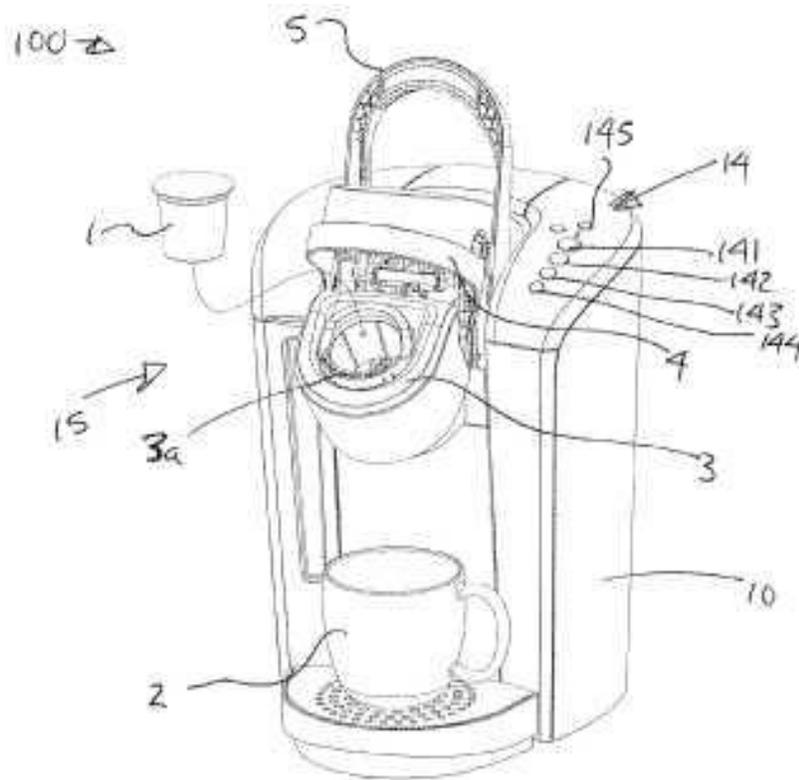


Figura 7. Descripción de máquina Keurig® (Estados Unidos Patente nº US201762554209P 20170905, 2018).

Por otro lado, la patente nombrada *Beverage Preparation And Infusion System* describe el sistema de preparación de bebidas de la siguiente forma.

La máquina incluye una cámara de preparación que está adaptada para contener los materiales infusibles, teniendo la cámara de preparación una entrada y una salida. Se proporciona un tubo de entrada para transferir un fluido desde un receptáculo de fluido a la entrada de la cámara de infusión y se proporciona un tubo de dispensación para

transferir fluido desde la salida de la cámara de infusión al receptáculo. Se proporciona una bomba de fluido para recircular el fluido a través de la cámara de preparación. En otro aspecto, se proporciona una máquina para preparar un producto de bebida deseado que contiene un gas. La máquina incluye una bomba de fluido para recircular el fluido de un receptáculo de fluido a través de un tubo de entrada a un tubo dispensador y de regreso a dicho receptáculo de fluido. La máquina incluye además una bomba de aire dispuesta entre el tubo de entrada y la bomba de fluido para introducir aire en dicho líquido de bebida que es recirculado por dicha bomba de fluido. También se proporciona una cápsula para usar con la máquina, en la siguiente Figura se ilustra la invención (Cánada Patente nº WO2018CA50166 20180214, 2014).

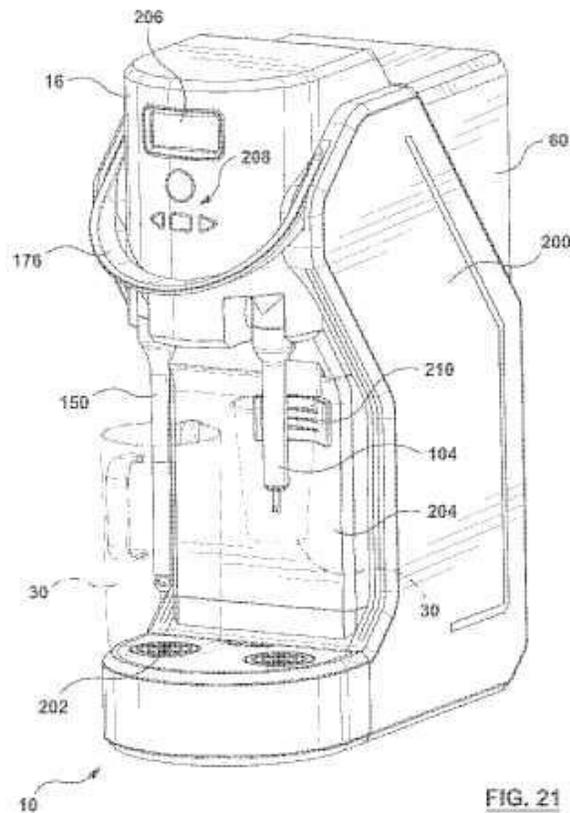


Figura. 8 máquina para preparar bebidas infusibles (Cánada Patente nº WO2018CA50166 20180214, 2014)

Un contenedor de bebida en dosis única y una máquina para formar la bebida consiste en dispensar material de bebida desde un recipiente a un embudo de mezcla adjunto.

El contenedor y el embudo de mezcla se pueden mover uno hacia el otro para abrir el contenedor y liberar el material de la bebida. Una cubierta del recipiente puede tener una parte móvil que se desplaza con el contacto con una parte del embudo de mezcla para abrir el recipiente. El cartucho puede vibrar para dispensar material de bebida desde el recipiente, y el líquido suministrado al embudo de mezcla para incorporar con el material de bebida dispensado y así formar la bebida (Estados Unidos Patente nº US201662400713P 20160928, 2017). Enseguida se muestra el contenedor de bebida en máquina Keurig®.

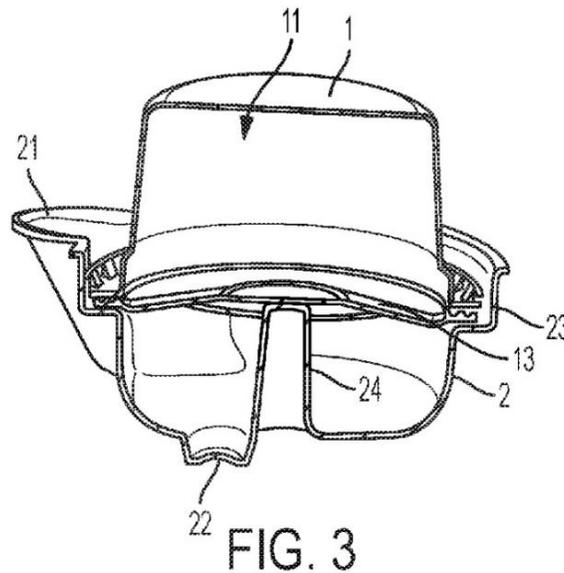


Figura. 9 contenedor de bebidas en máquina Keurig®.

Por lo tanto, los equipos Keurig® elaboran la bebida a partir de un K-Cup®. Al introducir el sistema de una sola dosis en una maquina Keurig® primero se perfora automáticamente el sello de aluminio con una boquilla rociadora de agua caliente a una presión no mayor a 5 bar pasando por el molido, el cual se encuentra contenido en un filtro de papel, seguido de esto se perfora la parte inferior del cuerpo del envase de plástico con una boquilla de descarga. El ajuste predeterminado de la temperatura, para la elaboración de la bebida es de 89 ° C, algunos modelos permiten a los usuarios ajustar la temperatura hacia abajo cinco grados (Keurig, Keurig – Brewer Support, 2015).

Condiciones a las que trabaja una máquina Keurig®.

Tabla 2. Condiciones de operación de una máquina Keurig®.

Temperatura [°C]	Presión [bar]
84 - 89	5

Los Nichos de Mercado: Nacional e Internacional

Mercado Internacional

El segmento de mercado al que pretende dirigirse de manera primordial el presente proyecto es hacia el de los consumidores domésticos y de oficina de la región occidental de Canadá. La vía planeada de distribución es a través de una cadena de autoservicio de 2º nivel (Inc., 2017).

En el mercado canadiense, la cultura del café es ya parte de la vida de los consumidores, más allá de su consumo per cápita que se encuentra entre los más altos del mundo, existe una creciente exigencia por calidad, presentación y propuestas de uso (Chavéz, 2014).

Por lo cual este mercado es un reto para el productor y/o comercializador que busque formar parte del mismo, a través de entender la visión de lo que significa llevar a la boca una taza de café de especialidad (Flores, 2018).

Chávez, en una investigación paralela concluye que: para competir en los mercados externos es importante conocer los mecanismos y procedimientos que requieren cumplir operaciones comerciales, así como estar atento a los cambios que realizan los principales países, en sus mecanismos y disposiciones de importación (Chavéz, 2014).

Hay 70 países que producen café, tres de los cuales han representado en estos últimos años cerca de 55% del total de la producción mundial: Brasil (32%-34%), Viet Nam (12%-13%) y Colombia (8%-9%) (Jeffrey, 2002).

Canadá importó 118,995 toneladas métricas de café, lo que se traduce en un consumo de aproximadamente 4.5 kg por persona en el país. Los precios dependen de la calidad

del café y se rigen según los precios vigentes cotizados en la bolsa de café de Nueva York, los cuales varían día con día.

Las estimaciones apuntan a un crecimiento del mercado de café en Canadá, a una tasa de crecimiento compuesto anual del 3.1% desde 2004, con Kraft® como el principal tostador. El mercado está bastante fragmentado, con un gran número de pequeños tostadores, aunque ha comenzado a consolidarse tras varias fusiones y adquisiciones de gran envergadura. El café tostado y molido representa el 72% del mercado total.

La aplicación de la tecnología en la manufactura y el diseño del producto confieren una ventaja competitiva en el mercado objetivo.

El producto va dirigido a un nicho históricamente desatendido, ubicado en los suburbios de Vancouver, CA que ahora podrán degustar de manera conveniente por su envasado de origen de un café de especialidad.

La planeación de las operaciones incide en la ventaja competitiva al mantener un control de los procesos, la disponibilidad del producto, la gestión de los inventarios y el monitoreo del costo, confiriendo cualidades superiores al producto resultante.

En una etapa inicial, el producto ha comenzado su comercialización en el mercado nacional con acetación. Sin embargo la introducción del producto en el mercado objetivo de exportación aún no se ha logrado concretar, restringida básicamente por la duración de los trámites regulatorios y de exportación (más de 8 meses).

Mercado Nacional

Sin ser la prioridad, no se descarta participar en el mercado nacional: Sin embargo, la mínima presencia de los sistemas Keurig® en el país en este momento, no los hacen ver relevantes desde un punto de vista comercial. No obstante, será una excelente recomendación comercial para los eventuales mercados de exportación.

Para el mercado nacional, se pretende entrar con café en bolsa, con la intención de interactuar con el cliente cosa que en el mercado de exportación no es posible, de esta

manera obtendremos un aprendizaje y podremos analizar el comportamiento del consumidor.

Conflicto de propiedad industrial en cápsulas

La empresa Café Punta del Cielo®, fue multada con un millón 460 mil 800 pesos por violar los derechos de propiedad industrial de Nestlé®, determinó el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (Reforma, 2018).

En este sector pueden existir conflictos de propiedad industrial tal y como ocurrió de manera análoga entre Café Punta del Cielo® y Nestlé® en nuestro país.

Café Punta del Cielo® comercializa cápsulas de café compatibles con las cafeteras Nescafé® Dolce Gusto. Sin embargo, en agosto de 2016, Nestlé® solicitó la aplicación de medidas provisionales en contra de Café Punta del Cielo® por considerar que sus cápsulas de café vulneraban los derechos exclusivos de explotación de la patente de su propiedad.

No obstante Punta del Cielo argumenta que su tecnología no viola la patente de Nestlé® (Sánchez, 2016).

Patente Keurig® de sistemas de envasado de bebidas en dosis única

La compañía Keurig® en el año 1997, generó la patente con el número US5840189A para proteger a sus sistemas de envasado de bebidas en monodosis, dicha patente expiro en septiembre de 2012 (Kendrick, 2013). A continuación, se describe.

Beverage filter cartridge US5840189A (Estados Unidos Patente nº US5840189A, 1997)

Esta invención se refiere a un sistema de bebida envasado en monodosis que está adaptado para contener herméticamente un extracto de bebida fácilmente perforable, tanto para la inyección del líquido en el sistema para su combinación con el extracto para producir una bebida, como para la salida de la bebida.

Un sistema de bebida envasado en monodosis incluye una base impermeable y perforable que tiene una forma predeterminada y una abertura de acceso en un extremo. Un filtro poroso que está situado en la base y está sellado a la superficie

interior de la base. El filtro subdivide la base en áreas (primera y segunda), la primera área almacena un extracto de la bebida que se realizará y la segunda área vacía para obtener la bebida después de que la salida de la bebida del filtro se haya realizado mediante la combinación de un líquido con el extracto. Una cubierta impermeable y perforable se acopla herméticamente con la parte superior de la base para formar un envase impermeable.

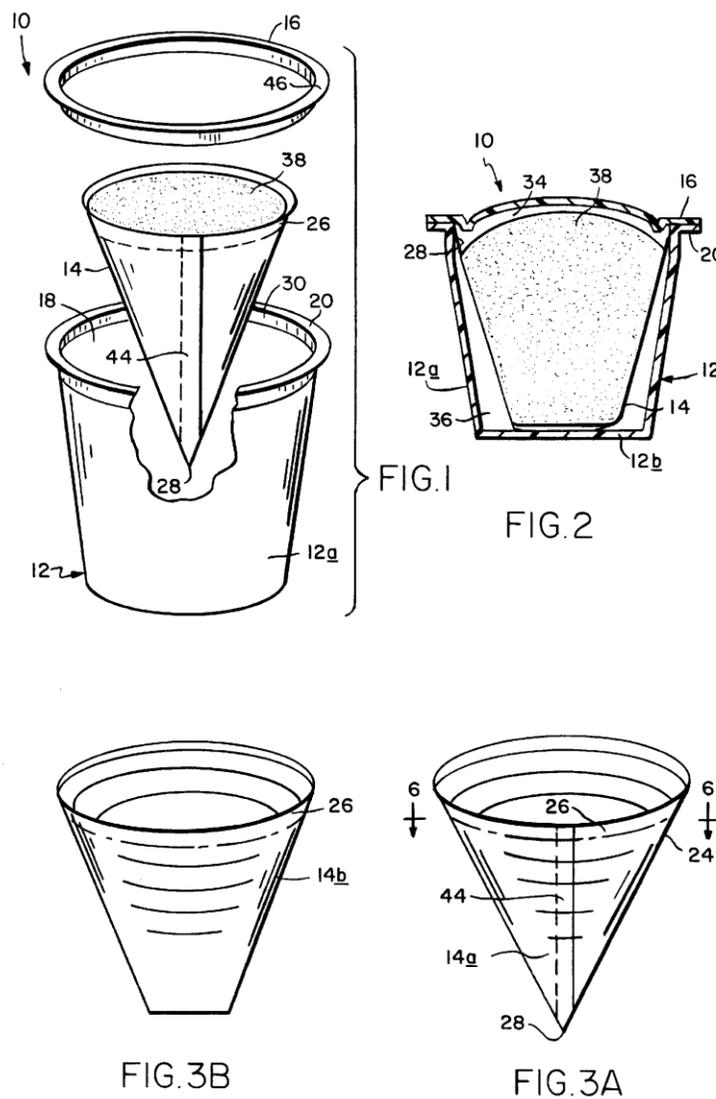


Figura 10. Dibujos del sistema de envasado en monodosis de Keurig® (Estados Unidos Patente nº US5840189A, 1997)

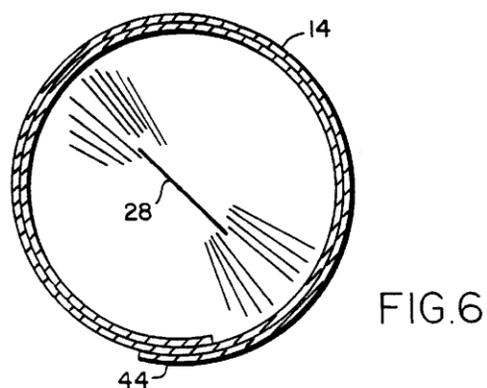
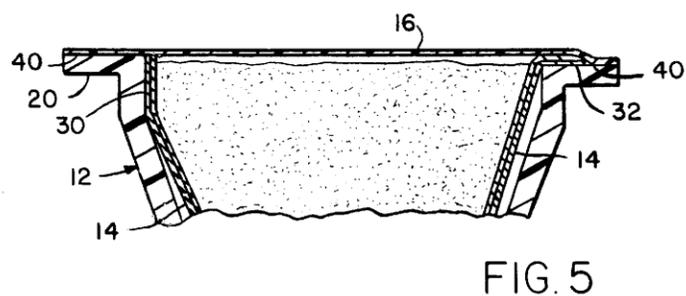
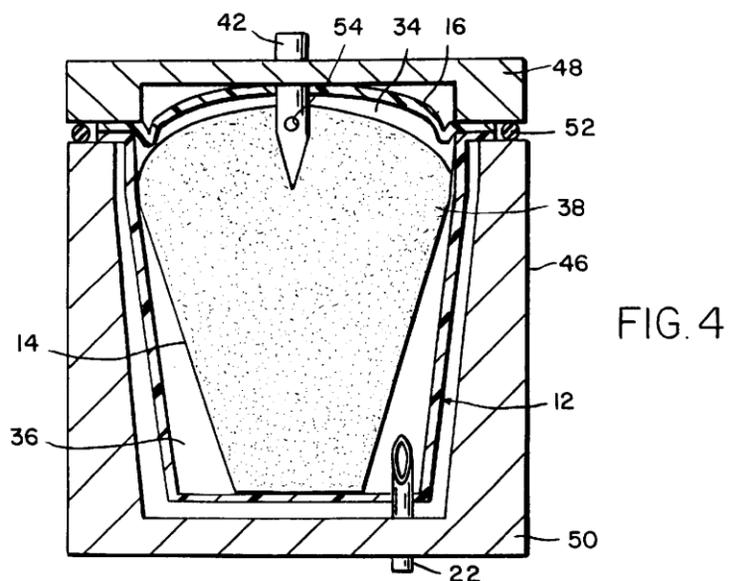


Figura 11. Dibujos del sistema de envasado en monodosis de Keurig® (Estados Unidos Patente nº US5840189A, 1997)

Descripción de las Figuras Núm. 10 y 11.

A los expertos en la técnica se les ocurrirán otros objetos, características y ventajas a partir de la siguiente descripción de una realización preferida y los dibujos adjuntos, en los que:

FIG. 1 es una vista en despiece tridimensional de un sistema de filtro de bebida según esta invención con una parte de la base rota;

FIG. 2 es una vista en sección vertical del sistema de la fig. 1 mostrado en un estado ensamblado;

FIG. 3A es una vista en perspectiva del filtro de las Figs. 1 y 2;

FIG. 3B es una vista similar a la FIG. 3A de un filtro cónico truncado alternativo;

FIG. 4 es una vista que muestra el sistema de filtro de bebidas instalado en una máquina de elaboración de cerveza;

FIG. 5 es una sección transversal dividida ampliada de la parte superior de un cartucho de filtro de bebida que ilustra realizaciones alternativas del sistema;

FIG. 6 es una vista en sección tomada a lo largo de la línea 6-6 de la FIG. 3A.

Análisis FODA

Estas siglas provienen del acrónimo en inglés *SWOT* (*strenghts, weaknesses, opportunities, threats*); en español, aluden a fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. El análisis FODA consiste en realizar una evaluación de los factores fuertes y débiles que, en su conjunto, diagnostican la situación interna de una organización, así como su evaluación externa, es decir, las oportunidades y amenazas. También es una herramienta que puede considerarse sencilla y que permite obtener una perspectiva general de la situación estratégica de una organización determinada (Talancón, 2007).

Desarrollado en 1966 por Albert S. Humphrey y sus colegas durante su estancia en el Instituto de Investigación de Stanford (SRI), *SWOT* fue un modelo y marco creado para ayudar a los planificadores corporativos de reciente aparición. *SWOT* solicita al personal ejecutivo que identifique lo bueno y lo malo en las operaciones actuales de la

organización (Fortalezas y debilidades), y lo bueno y lo malo en el entorno operativo actual o futuro (Oportunidades y Amenazas). Por lo tanto, el análisis FODA ocurre típicamente en dos ejes (interno-externo y actual-futuro). Inicialmente se realizó en seis categorías de planificación: Producto, Proceso, Cliente / Ventas, Distribución / Mercado, Finanzas y Administración (Foresight, 2017).

¿Cómo identificar las fortalezas y debilidades?

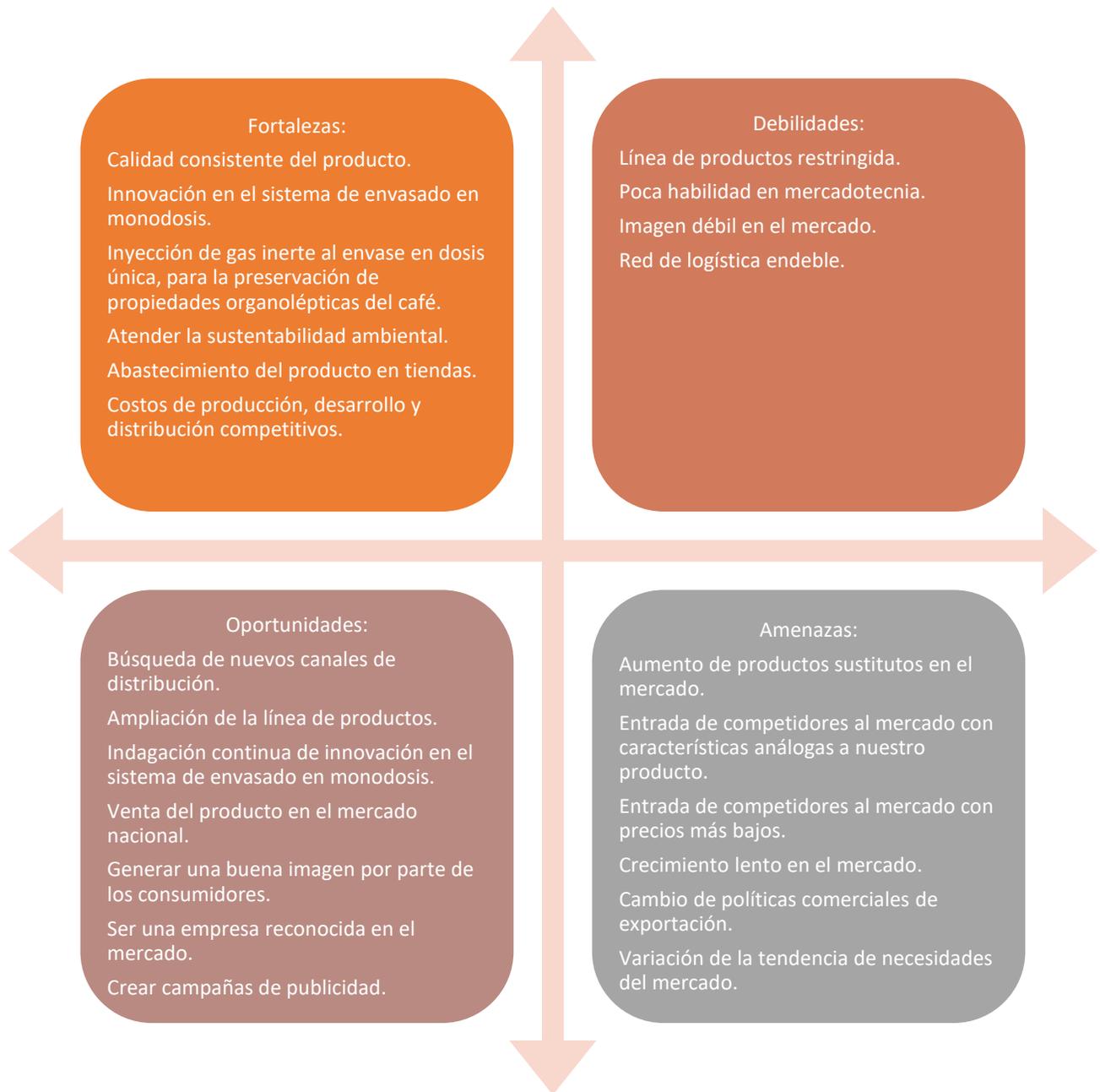
Una fortaleza de la organización es alguna función que ésta realiza de manera correcta, como son ciertas habilidades y capacidades del personal con ciertos atributos psicológicos y la evidencia de su competencia (McConkey, 1988; Stevenson, 1976). Otro aspecto identificado como una fortaleza son los recursos considerados valiosos y la misma capacidad competitiva de la organización como un logro que brinda esta o una situación favorable en el medio social. Una debilidad se define como un factor que hace vulnerable a la organización o simplemente una actividad que la empresa realiza en forma deficiente, lo que la coloca en una situación débil (Henry, 1980). Para Porter (1998), las fortalezas y oportunidades son, en conjunto, las capacidades, esto es, los aspectos fuertes como débiles de las organizaciones o empresas competidoras (productos, distribución, comercialización y ventas, operaciones, investigación e ingeniería, costos generales, estructura financiera, organización, habilidad directiva, etc.). Estos talones de Aquiles pueden generar en la organización una posición competitiva vulnerable (Vandenberg, 1992).

Para el análisis FODA, una vez identificados los aspectos fuertes y débiles de una organización se debe proceder a la evaluación de ambos. Es importante destacar que algunos factores tienen mayor preponderancia que otros: mientras que los aspectos considerados fuertes de una organización son los activos competitivos, los débiles son los pasivos también competitivos. Pero se comete un error si se trata de equilibrar la balanza. Lo importante radica en que los activos competitivos superen a los pasivos o situaciones débiles; es decir, lo trascendente es dar mayor preponderancia a los activos. El éxito de la dirección es diseñar estrategias a partir de las que la organización realiza de la mejor manera, obviamente tratando de evitar las estrategias

cuya probabilidad de éxito se encuentre en función de los pasivos competitivos (Wilhelm, 1992).

Identificar oportunidades y amenazas Las oportunidades constituyen aquellas fuerzas ambientales de carácter externo no controlables por la organización, pero que representan elementos potenciales de crecimiento o mejoría. La oportunidad en el medio es un factor de gran importancia que permite de alguna manera moldear las estrategias de las organizaciones. Las amenazas son lo contrario de lo anterior, y representan la suma de las fuerzas ambientales no controlables por la organización, pero que representan fuerzas o aspectos negativos y problemas potenciales. Las oportunidades y amenazas no sólo pueden influir en el atractivo del estado de una organización, sino que establecen la necesidad de emprender acciones de carácter estratégico; pero lo importante de este análisis es evaluar sus fortalezas y debilidades, las oportunidades y las amenazas y llegar a conclusiones (Talancón, 2007).

A continuación, se expone el análisis FODA para el caso de negocio abordado.



Estrategias FODA

Estrategias ofensivas FO maxi - maxi (Fortalezas vs. Oportunidades):

El propósito principal es brindar al consumidor calidad homogénea del producto, para lograr esto la estrategia a seguir será, contar con personal capacitado para desarrollar las actividades del envasado de café, consolidar una buena estructura del proceso de manufactura y adquirir equipamiento adecuado para la fabricación y llenado del envase. Otro factor importante para ofrecer calidad uniforme es llegar a acuerdos con los proveedores de café, de PLA y de gas inerte, los cuales exijan que la materia prima se entregue con los estándares de calidad especificados.

La innovación y conveniencia del producto a los clientes finales será una prioridad de la empresa, por lo que se buscará mejorar el proceso de elaboración, el diseño del envase, y la técnica para la preservación de las propiedades organolépticas del café.

Estrategias de reorientación DO mini - maxi (Debilidades vs. Oportunidades):

El no contar con una línea de productos variada nos limita a participar en distintas áreas de mercado, como puede ser en la elaboración de té, chocolates, infusiones de frutas, entre otras cosas, por lo que se requiere ampliar la gama de productos, para ofrecer más alternativas de compra a los consumidores finales.

La mercadotecnia juega un papel importante para su venta, por lo que se requiere de un experto en el tema que pueda generar interés en los clientes finales, y se creen mayores puntos de distribución del producto.

Estrategias defensivas FA maxi - mini (Fortalezas vs. Amenazas)

Ante los riesgos que puedan surgir, la estrategia estará enfocada en atender y mejorar las fortalezas que tiene la empresa con el producto, para que las ventas no decaigan y se siga amurallando el artículo en el mercado.

Se buscará ofrecer un producto de primera calidad siempre, se investigará sobre el desarrollo de la tecnología de envasado de café en dosis única y se tendrán al día las tendencias y necesidades que el cliente demande.

Estrategias de supervivencia DA mini - mini (Debilidades vs. Amenazas)

Al desarrollarse esta situación, se tienen que tomar medidas drásticas para mantener a la empresa a flote y posteriormente se levante. Primeramente, se deben estudiar las debilidades que tiene la empresa en el mercado y tomar acciones sobre ellas, de esta forma disminuye el impacto de las amenazas al organismo.

El análisis FODA, es una herramienta que ayudo a generar un diagnóstico de la situación actual del negocio y en función de ello tomar acciones que beneficien el objetivo planteado.

El análisis FODA depende de quién participe y de cuál sea la inquietud que predomina en el momento del análisis y carece de una coherencia económica, siendo su beneficio el discernir entre situaciones internas de externas.

A partir de este estudio, es posible identificar la situación actual del proyecto, de igual forma brinda información acerca de las áreas de oportunidad que tiene el negocio, hacia donde va encaminado y los aspectos que en un momento dado podrían favorecernos o no.

Debido a los posibles escenarios planteados se pueden generar respuestas anticipadas de las situaciones que se presenten y de esta forma se estar preparado.

Análisis de las cinco fuerzas del mercado

El Modelo de Estrategia Competitiva de las Cinco Fuerzas, es una herramienta desarrollada por el profesor Michael Porter, de la Harvard *Business School*, para analizar el atractivo y la probable rentabilidad de una industria y permitir con ellas la formulación de una estrategia. Desde su publicación en 1979 a la fecha, se ha convertido en una de las herramientas de estrategia empresarial más populares y reconocidas.

Para el mercado de café de especialidad designado a la exportación y en particular al mercado objetivo, Chávez ha formulado una estrategia.

La Estrategia Competitiva, según Porter habrá de formularse a partir del análisis de las Cinco Fuerzas que inciden en un sector o industria. La fuerza colectiva de estas determina los beneficios potenciales de la industria (Porter, 1982).

Las cinco fuerzas competitivas de la industria descritas en el modelo de Porter son:

- 1) Poder de negociación con el cliente
- 2) Poder de negociación con los proveedores
- 3) Rivalidad entre competidores existentes
- 4) Amenazas de nuevos competidores
- 5) Amenazas de productos sustitutos

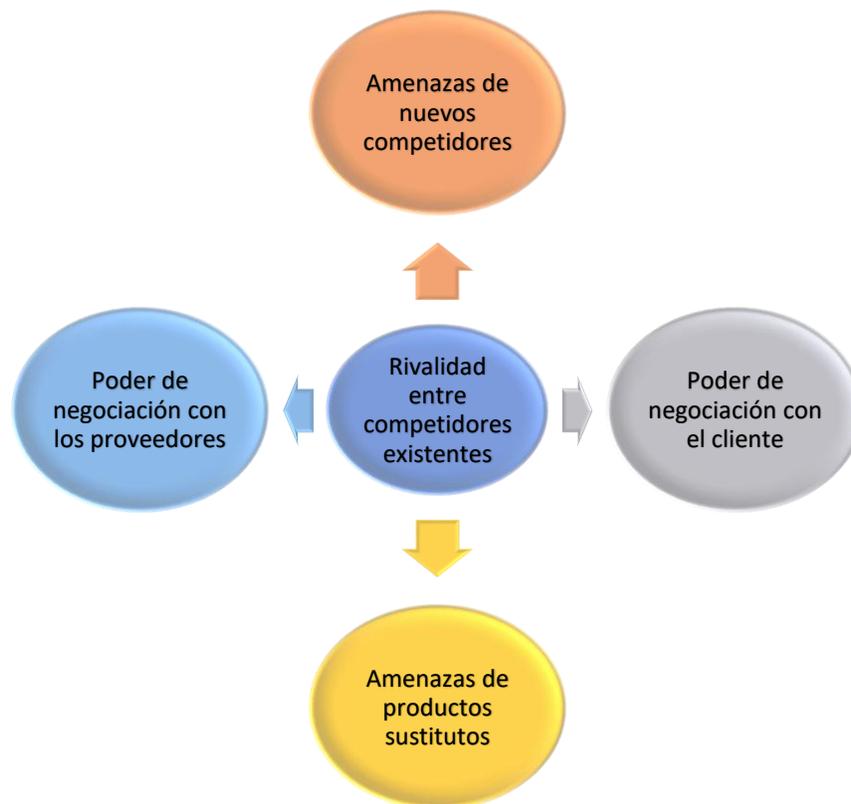


Figura 12. Diagrama de las cinco fuerzas de Porter.

El objetivo de la formulación de la estrategia de una empresa es posicionarla dentro de su industria, tal que, pueda defenderse de la mejor manera contra estas fuerzas o pueda influenciarlas a su favor.

Para llevar a cabo este objetivo es necesario conocer a detalle las fuerzas de esta industria y de esta manera identificar las fortalezas y debilidades de la empresa.

Determinantes estructurales de la intensidad de competencia en la industria.

Conforme aumenta la competencia de una industria disminuye el margen de ganancia. La intensidad de la competencia depende de las cinco fuerzas de la industria.

Un análisis de fuerzas del mercado de Porter tiene como objetivo posicionar estratégicamente a la empresa, de tal manera que, sus capacidades provean la mejor defensa respecto a las cinco fuerzas o influencien el balance de estas por medio de movimientos estratégicos. Así como anticipar los cambios en el arreglo de las fuerzas dentro de la industria para tomar ventaja ante el escenario futuro de la misma (Magretta, 2015).

A partir del modelo descrito se hizo el análisis particular para el sector del café envasado en monodosis para dar pauta a la formulación de la estrategia.

Poder de Negociación del Cliente

Los clientes influyen en el margen de ganancia de la industria, ya que tienden a incrementar la rivalidad entre los vendedores vía disminuciones en precios. Es la capacidad que tienen tus clientes para negociar tus plazos, precios y condiciones.

Tal poder depende de varios factores:

- Si el cliente está concentrado o compra grandes volúmenes en relación con las ventas del vendedor.
- Importancia del costo del producto o servicio en los costos totales de tus clientes

- Grado de estandarización: Si el producto o servicio es muy estandarizado, menor poder de negociación se tendrá con tu cliente al existir alternativas similares.
- Si amenazan con integrarse hacia atrás y convertirse en productores. Cuando el producto de los vendedores no es muy importante para los clientes. Por el contrario, cuando el producto es muy importante para los compradores, éstos últimos son menos sensibles al precio y su poder de negociación disminuye.

Para el presente proyecto el cliente será concebido ante una cadena de tiendas de autoservicio de 2° nivel ubicadas en Vancouver, las cuales tienen una serie de políticas que deben ser seguidas para poder participar con la venta de un producto en sus comercios.

Entre las exigencias del cliente están:

- Calidad homogénea
- Innovación en el empaque
- Conservar las propiedades organolépticas del café
- Resistencia del empaque
- Disponibilidad del producto
- Vida de anaquel
- Atención al cliente

Poder de Negociación de los Proveedores

Este poder surge de aumentar precios o disminuir la calidad del insumo suministrado.

Un grupo de proveedores es fuerte sí:

- Es dominado por algunas compañías y está más concentrado que la industria a la que vende.
- No tienen muchos sustitutos para competir.

- La industria a la que atienden no es importante en términos de sus ventas totales.
- Los proveedores están diversificados.
- Amenazan con la integración hacia adelante. Si existe la posibilidad de que tus proveedores comiencen a desarrollar tus productos o servicios por su cuenta, mayor poder de negociación tendrá.

Para el presente proyecto los proveedores del café serán productores de Chiapas, Veracruz y Puebla, se busca negociar un precio competitivo, que nos ofrezcan exclusividad, que mantengan nuestro estándar de calidad, así como disponibilidad de los granos de café. A continuación, se describe el perfil de los tres proveedores.

1. Proveedor de Chiapas. Cooperativa indígena de Tumbalá, Chis. con un café ácido de altura (Chavéz, 2014).

Tabla. 3 Ficha técnica de: Tumbalá

Definición	Especificación	Ejemplos	Referencia
Designación	Origen geográfico.	Chiapas, de altura >1400 m snm	Feria 2002
	Estado, región, altitud	Arábica, Robusta Seco o húmedo 2008	Feria 2002, Jobin 1992
	Especie	1,2,3,4,5	Feria 2002
	Proceso en campo, pulido y clasificación	Special, Premium, Exchange, Standard Off Genérico,	Feria 2002 Feria 2002, SCAA,
	Año de cosecha	Especialidad,	TCVN 4193, 2001

	Grado		Feria 2002, SCAA,
	Clase	Orgánico, Descafeinado	PC-010-2004
	Clasificación	Altura, Altura, Extra,	Feria 2002, SCAA, PC-01-3003
	Categoría	Prima Lavado	
	Tipo	Prima Lavado 1, 2 o 3	Feria 2002, SCAA, NMX F-551-1996
Composición	Humedad	13%	ISO 1978, 1994
	Cafeína	Mirístico, Palmítico,	ISO 1983, 1992
	Aceites		González, 2004
	Perfiles volátiles	Esteárico, Oleico, linoleico, etc. Furanos.	Illy, 1995
	Antioxidantes		Sanora, 2005
	Aflatoxinas y ocrationinas	Pirazinas, Hidrocarburos, Cetonas, Pirroles, etc. 7% ácido clorogénico	GMP's, 2004

Defectos	Primarios	Negro, Fermentado, Cereza, Piedras grandes, Piedras medianas, Palo largo, Palo mediano Pergamino, Quebrados, Daño por insecto,	ISO, 1980, 1985, 1993; SCAA; NMX-F551-1996; ITC, 1992
	Secundarios	Parciamente negro Parcialmente fermentado, Vano Concha, piedra pequeña, Palo pequeño, Daño por agua	ISO, 1980, 1985, 1993; SCAA; NMX-F-551-1996; ITC, 1993
Tamaño de grano		Clasificación por tamaños entre 4 y 8 mm	ISO, 1991
Forma de grano		Plano – convexa	ISO 1991
Color		Pantone 5753 C a Pantone 5803 C	ISO, 1980, NMX-F-551-1996
Tostado	Características después del tostado	Apariencia general, calidad del centro de corte, número de	Shell Agricultura, 1989

		granos pálidos	
Perfil en taza	Aroma	1 a 5	ISO, 1991, NMX-F-1996
	Acidez	1 a 5	
	Sabor	1 a 5	
	Cuerpo	1 a 5	

2. Proveedor de Veracruz. Selección de café calidad exportación de productores maduros de la zona productora de Huatusco.

Contamos con un área de 250 hectáreas de café arábigo, que se localiza en el bosque de niebla, lo que permite un balance en el sabor, cuerpo, aroma y acidez del grano, acentuando notas predominantes en la taza, a caramelos, chocolates, nueces y frutas.

Nuestro café es procesado en armonía con el medio ambiente, contribuyendo así la conservación y sustentabilidad integral de los recursos naturales (Vequia, 2014).

3. Proveedor de Puebla. Productores e Industrializadores de Café Orgánico, CAFETZAL.

Fragancia floral de baja a media. De entrada, se siente una dulzura muy pronunciada a caña dando paso seguido a la acidez que es media y limpia, una acidez a manzana o uva verde; nota a nueces, y finaliza con un regusto sutil pero persistente (Santoyo, 2017).

Tabla. 4 Ficha técnica de CAFETZAL.

Referencia	CAFETZAL
Origen Geográfico	Municipio Tlacuilotepec, Puebla
Altitud	1100 MSNM
Variedad	Mezcla (Mundo Novo, Garnica, Caturra Y Maragogipe)
Especie	Arábica
Proceso	Lavado
Fragancia	8.75
Sabor	7.25
Sabor Residual	8.75
Acidez	7.25
Cuerpo	8.5
Balance	7.5
Puntaje C	7.75
Taza Limpia	10
Niformidad	10
Dulzor	10
Puntuación Final	85.75
Cosecha	Ciclo 2014 -2015
Tueste	Americano medio

Proveedor del PLA. Con los proveedores del material para la elaboración de los envases de café, se discutirá un precio competente, que nos permitan adquirir un volumen mínimo de venta, que tengan un estándar de calidad homogéneo y que manejen un inventario para el suministro oportuno y puntual del material.

Algunas de las empresas que comercializan el PLA en México consideradas para este proyecto son las siguientes:

- NatureWorks®
- WeforYou®
- Evonik®
- Corbion Purac®

Proveedores del gas inerte. Los puntos que tratar con los proveedores del gas inerte necesario para crear la atmósfera protectora dentro del sistema de café de envasado en monodosis son los aspectos considerados con los proveedores del PLA.

Las empresas contempladas para el suministro de tanques del gas inerte son:

- Praxair®
- Infra®

Rivalidad entre Competidores Existentes

La rivalidad entre los competidores presentes en el mercado puede tomar las siguientes formas: competencia en precios y/o cantidades, introducción de nuevos productos, servicio post-venta, garantías, etc. La intensidad de la rivalidad entre los competidores depende de:

- Número y tamaño de los competidores. Entre más concentrada está la industria, la intensidad de la competencia disminuye.
- Bajo crecimiento de la industria. Si el crecimiento de una industria es bajo, las empresas se enfocan en ganar participación del mercado, lo que genera un aumento en la intensidad de la competencia.

- Productos homogéneos. Cuando el mercado está caracterizado por productos homogéneos, los consumidores basan sus decisiones principalmente en precio y servicio, lo que aumenta la intensidad de competencia.
- Grandes aumentos en capacidad. Al aumentar la oferta considerablemente, el precio de mercado disminuye.
- Altas barreras a la salida. Mientras más difícil sea para los actuales competidores salirse del mercado, más intensa será la rivalidad. Éstas se deben a: activos específicos, contratos a largo plazo, restricciones gubernamentales.

Para el presente proyecto las rivalidades entre competidores existentes serán los productos que se encuentran actualmente en el mercado con un sistema de envasado de café en monodosis, y que cumplan con la calidad y características similares a nuestro producto.

Entre los cuales se encuentran:

1. Keurig K Cups®Nespresso®
2. Illy café®
3. Adagio Caffè Napoli®Barista Prima®
4. Green Mountain®
5. Starbucks® - Caffè Verona®
6. Donut Shop®
7. Café Punta del Cielo®, presente en el mercado nacional

A continuación, se describen las cualidades que ofrecen algunos de estos cafés.

Tabla 5. Características particulares de cada sistema de envasado.

Sistema de envasado de café	Característica
Adagio Caffè Napoli®	Atrevido y ahumado, este café ligeramente picante ofrece un cuerpo completo

	con notas de cacao sutiles.
Barista Prima®	Granos de arábica, cultivados a gran altura en pequeñas granjas a la sombra de las majestuosas montañas de Colombia, son un testimonio de los suelos volcánicos de los que crecen. Acentuada por maravillosas notas de frutas brillantes, audaces y un toque distintivo de nogal, esta taza de tostado profundo posee un final dulce y de cuerpo completo que refleja perfectamente la orgullosa tradición de cultivo de café de Colombia.
Green Mountain®	Green Mountain® ha tejido atributos exóticos y deliciosos de café: tonos a vino de África del Este, Indonesia profundo y de gran cuerpo, y sabores brillantes de las Américas.
Starbucks - Caffe Verona®	La pasión por todas las cosas italianas, incluida la buena comida y el excelente café, inspiró esta mezcla de cafés latinoamericanos y de

	Asia/Pacífico, con el toque italiano de Starbucks - Caffè Verona® es rico y bien equilibrado con una textura de cacao oscuro y un dulzor tostado.
Donut Shop®	Granos de café arábica de alta producción para crear el sabor tradicional de los cafés favoritos de donas.

Amenazas de Nuevos Competidores

Nuevas empresas en una industria amplían la capacidad en el sector y el deseo de ganar participación de mercado, lo que puede reducir el margen de ganancia en la industria. Las amenazas de entrada dependen de:

- Economías de escala. Si actualmente existe competidores cuyo volumen de ventas les permite mantener bajos los costos, menos probables es que encuentren nuevos competidores.
- Diferenciación del producto. Esta barrera significa que la empresa establecida tiene una marca reconocida y lealtad de sus consumidores. Para que los nuevos competidores roben consumidores de la empresa establecida, necesitan realizar grandes inversiones iniciales.
- Requerimientos de capital. La necesidad de invertir grandes recursos financieros para poder competir.
- Acceso a los canales de distribución. (ejemplo, la entrada de algún producto a los estantes de un supermercado)
- Tasa de crecimiento del sector. Si tu mercado está en crecimiento y es rentable. Más probable es que entren nuevos competidores.

- Política gubernamental. Derechos asignados por el gobierno a empresas para limitar la oferta de un producto.
- Respuesta esperada de los competidores establecidos. Si nuevas empresas esperan una respuesta agresiva de las empresas establecidas en la industria, las primeras pueden decidir no entrar.

Para el presente trabajo al liberarse la patente de Keurig® en septiembre de 2012, cada vez más empresas se han interesado en el desarrollo del sistema de envasado de café en monodosis, puesto que el modelo de la gestión de derechos digitales (DRM) que empleaba Keurig® no permitía preparar café en sus máquinas si la cápsula no pertenecía a su marca (D'Ambrosio, 2013).

Los nuevos competidores serán oferentes de café de especialidad compatibles con sistemas Keurig®, con envasado en monodosis, y uso de materiales biocompostables o biodegradables, que inicialmente fue sugerido (Chavéz, 2014) (Flores, 2018).

Amenazas de Productos Sustitutos

- Los productos sustitutos que merecen una atención especial son aquellos que están sujetos a tendencias que mejoran su relación de precio-desempeño respecto a los productos originales.
- Los productos sustitutos ponen un límite superior al precio que se puede cobrar por un producto, limitando la rentabilidad de un mercado.

El consumo de café evoluciona con rapidez debido a diferentes factores como la influencia de las tecnologías, los cambios socioeconómicos, la preocupación por la sostenibilidad, la salud y por la exigencia de tener productos más sofisticados (Buen Café, 2017).

Otro aspecto importante es que el consumo de café está creciendo entre la gente joven. Según la revista Fórum Café, en la última década el consumo de café a nivel global ha mostrado un crecimiento de la demanda de 1.9% por año desde el 2010. Según datos de la Organización Internacional del Café la demanda podría alcanzar

hasta 10.2 millones de toneladas en el año 2020 y los mercados emergentes representan el 50% del consumo mundial de café.

Según los analistas se espera que más de 800 millones de nuevos consumidores de la clase media ingresen a los mercados globales en el 2020. Esta nueva realidad comportará un crecimiento de la demanda de productos determinados, incluido el café, lo que provocará una importante presión sobre el precio (Buen Café, 2017).

La creación de nuevas máquinas para preparar café en casa de forma conveniente y que proporcione al consumidor una buena experiencia con la taza, va en aumento. Por lo que la aparición de innovadores sistemas para preparar bebidas tanto calientes como frías representaría una amenaza.

Debido a la inquietud de los consumidores por adquirir productos sustentables con el medio ambiente se han desarrollado sistemas de envasado de café reutilizables, los cuales son de plástico rígido, aluminio o acero inoxidable, se conforman por el cuerpo, un filtro y la tapa.

Por otro lado, se han lanzado al mercado pequeñas almohadillas elaboradas con papel filtro que en su interior contienen granos de café, su preparación es similar a la de un té en sobre, puesto que solo se requiere verter agua caliente sobre ellas para preparar la bebida. Debido a que no se necesita una máquina especial como en los vasos por monodosis, se vuelve conveniente su uso.

A diferencia de los cafés preparados con máquinas a presión las cuales ofrecen café espresso estas almohadillas te brindan únicamente café percolado. Por lo tanto, los productos que pueden sustituir al producto son:

- Máquinas para la preparación de café
- Los sistemas rellenables
- Almohadillas de café

Formulación de la estrategia

De acuerdo con el análisis que se realizó de las 5 fuerzas de Porter, la estrategia a seguir es de diferenciación, la cual permite lograr una percepción por parte del cliente de distinción entre los competidores.

Para conseguir esa percepción se necesita cubrir las exigencias solicitadas por el cliente y brindar nuevas propuestas de innovación que hagan único al producto.

Se cuidará la relación con los proveedores para mantener constante la calidad de la materia prima, llevando a cabo contratos convenientes para el productor de café, así como seguridad de compra.

El empaque será desarrollado para preservar las propiedades organolépticas del café, mediante la inyección de gas inerte como atmosfera protectora.

El diseño del sistema de envasado en monodosis de café seguirá las especificaciones para que este sea compatible con máquinas Keurig®.

El empaque será amigable con el medio ambiente, haciendo uso de material biodegradable.

La disponibilidad del producto en las tiendas se mantendrá constante, empleando herramientas para administrar el inventario.

La bebida que brindará el sistema de envasado en monodosis será un café tipo espresso.

Se dispondrá de un precio competitivo, diseñando un proceso productivo.

Benchmarking de Capsulas para Café

El *benchmarking* tiene como objetivo generar información para nuestra organización, en el sentido de que la misma pueda tener ideas sobre cómo planificar y adoptar prácticas basadas en la experiencia y el éxito ya alcanzados por otras organizaciones.

Según Robert C. Camp (2002) el *benchmarking* es en primer lugar un proceso de establecimiento de metas, pero también contempla un valor motivacional significativo, pues cuando es implementado de manera integrada en las responsabilidades, en los

procesos y en el sistema de premiación de la organización, habilita e incita a buscar metas realistas y a efectuar cambios en prácticas existentes que, de lo contrario, tendrían que ser impuestas. El *benchmarking*, es un desafío que lleva a los individuos y sectores, de manera productiva y planificada, a concentrarse en aquello que genere un desempeño superior (Abreu, Giuliani, Pizzinatto, & Correa, 2006, págs. 77-94).

A continuación, se presentará el *benchmarking* de sistemas de envasado de café en monodosis de empresas líderes en el mercado, resaltando las cualidades de cada producto, que los vuelven únicos y reconocidos.

Illy café®



Illy café® es una empresa italiana que se especializa en la producción de café espresso. *Illy café*® produce una mezcla de café con tres variantes de tostado: normal, oscuro, y descafeinado. El café se comercializa en grano entero, café molido, cápsulas *Easy Serving Espresso* e *iperEspresso*. También ofrece cafeteras de muy buena calidad y gran diseño (Cachi, 2018).

La compañía *illy café*® es reconocida en los cinco continentes por la gran calidad y el

Figura 13. Recuperado de <https://www.illy.com/en-us/company>

inconfundible sabor de su café: una mezcla compuesta por nueve tipos puros de Arábica que brinda a un mercado de millones de personas en sus casas, oficinas, hoteles, restaurantes y cafés (Café, Illy, 2018).

Al 31 de diciembre de 2017, la compañía se encuentra en 140 países, cuenta con 1,290 empleados, tiene 236 tiendas en el mundo, las ganancias ascendieron a \$ 527.42 millones y posee 5 certificaciones, 4 de calidad y 1 de sostenibilidad (Café, Illy, 2017).

Elementos de la cápsula *illy café*®



Figura 14. Componentes de cápsula de *illy Café*® Recuperado de <https://www.illy.com/es-es/company/empresa/sociedad>

La cápsula tiene una tapa y base de aluminio, puesto que este material es fácil de perforar, el filtro es de papel ya que es un material poroso que permite colar la bebida, el cuerpo es de plástico impermeable y resistente conservando así la inocuidad del producto.

La cápsula es compatible con máquinas Keurig®, por lo tanto, resisten una presión de 5 bar y a una temperatura de 84 a 89 °C.

Café Punta del Cielo®



Figura 15. Recuperado de <https://puntadelcielo.com.mx/>

Café Punta del Cielo es una empresa dedicada a la comercialización, en el mercado de café de altura cien por ciento mexicano, producido en Oaxaca y tostado en la Ciudad de México. La distribución se realiza a través de tres canales: venta de café preparado al cliente en cafeterías propias y franquiciadas en las principales ciudades del país;

venta de café molido o en grano, enlatado o en *pods*, preparado o natural, en tiendas de conveniencia y supermercados, y ventas de cafeteras de alto desempeño y café a corporativos, aerolíneas, restaurantes y hoteles. (La nueva cara de México, 2016)

Cada cápsula contiene la cantidad exacta de café para la mezcla, el tueste y molido ideal, para garantizar la calidad, la frescura y la mejor crema espresso de México. Además, puede preparar una variedad de tés gourmet contenidos en cápsulas.

Elementos de la cápsula Café Punta del Cielo®

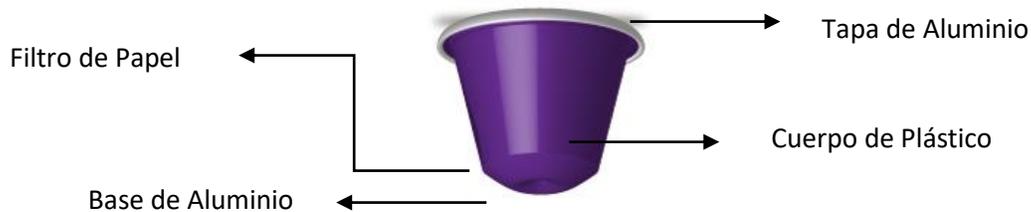


Figura 16. Componentes de cápsula de Café Punta del Cielo®

El POD contiene una dosis de 7 gramos de café tostado y molido comprimida y envuelta en dos finas capas de papel filtro y envasada con atmósfera inerte para garantizar su calidad y frescura, permite tener un espresso en el tiempo y con la extracción adecuada evitando errores de preparación (Café Punta del Cielo, 2018).

¿Cómo funciona el sistema?

Al introducir la cápsula de café a la maquina esta es perforada en la tapa de aluminio por una aguja que rocía a presión agua caliente al molido de café, el cual se encuentra en un papel filtro, entre el filtro y la base hay un espacio, que permite el colado de la bebida, posteriormente es perforada la base de la cápsula para la extracción del café preparado.

Café Punta del Cielo® con cápsulas biodegradables

Café Punta del Cielo® vuelve a ponerse a la vanguardia de innovación en el país, siendo la primera y de momento la única compañía que ofrece a los consumidores de café, una opción realmente valiosa para el medio ambiente.

“En Punta del Cielo creemos que no es suficiente innovar en México, hay que hacerlo con la mejor calidad y de manera responsable. Por eso, ahora todas nuestras presentaciones de cápsulas compatibles con Sistema Nespresso® son 100% compostables y biodegradables, lo que nos permite ofrecer la mejor opción para el

consumidor y para el planeta”, comentó Pablo González Cid, director general de Café Punta del Cielo®.

El mercado de las capsulas compatibles se encuentra cada vez más competido y de acuerdo con estudios de consumo realizados alrededor de este nicho, la principal preocupación del consumidor de capsulas de café, es el alto impacto que generan en el medio ambiente.

Respondiendo de manera oportuna a esa necesidad que los consumidores han manifestado, Café Punta del Cielo® genera una gran ventaja competitiva frente a otras marcas y desarrolla la tecnología necesaria para ofrecer al público esta opción respetuosa con el medio ambiente. Las cápsulas compatibles con Sistema Nespresso® están disponibles en principales autoservicios, tiendas departamentales y cualquiera de las sucursales Punta del Cielo del país (RSE, 2017).



Figura 17. Fotografía tomada en el stand de Café Punta del Cielo® en tienda UNAM.

PurPod®

CERTIFIED 100% COMPOSTABLE PODS*



Figura 18. Recuperado de <http://purpod100.com/>

Durante dos años, el *Club Coffee* trabajó en colaboración con la Universidad de Guelph (Ontario), para crear el sistema de envasado en

monodosis hecha completamente de materiales de origen biológico, incluyendo el componente más innovador del paquete que es el anillo, el cual se fabrica a partir de la cascarilla del grano de café que se desprende durante el proceso de tostado.

Los otros dos componentes del sistema de envasado en monodosis son la malla que contiene el café, hecho de Ácido Poliláctico no tejido (que procede de alimentos tales como maíz, remolacha y trigo y los vegetales ricos en almidón), y la tapa, construida de un material compuesto de papel y PLA.

PurPod® plantea que para un mejor reciclado los consumidores tendrán que separar en dos partes el sistema de envasado en monodosis (contenido y capa externa). Un procedimiento necesario para hacer valer su carácter compostable. Sin embargo, ambos materiales a nuestro juicio son degradables biológicamente.

Las cápsulas estarán en el mercado en otoño del 2015 y son compatibles con todos los sistemas de elaboración de bebidas de la marca Keurig® (Purpod, 2018).



Figura 19. Elementos de una cápsula de café de PurPod® Recuperado de <http://purpod100.com/>

Gea®



Figura 20. (Flo, 2015).

Gea está fabricada en su totalidad en Ingeo PLA, un polímero (Ácido Poliláctico), de fuente renovable, certificado para sistemas de compostaje industrial, de acuerdo con estándares globales como EN-13432 (Unión Europea) y

ASTM D6400-04 (Estados Unidos). El sistema de envasado en monodosis está completamente aprobado para el contacto con alimentos y en este momento está siendo sometida a pruebas finales por TÜV Austria y la Asociación Italiana de Compostaje y Biogás (CIC) para obtener la certificación de compostabilidad.

"Gea® es un sistema de envasado en monodosis totalmente compostable que proporciona un atractivo y sencillo sistema que libera los valiosos desechos del café al compost industrial. Gracias a la colaboración con Flo® y su capacidad y dedicación para desarrollar tecnologías de envase mejoradas, estamos orgullosos de apoyar la comercialización del primer sistema de envasado en monodosis de café compostable hecha 100% de Ingeo", señaló Steve Davies, director comercial de NatureWorks *Performance Packaging*. "Los resultados demuestran que entregar una experiencia superior de sabor y elaboración al consumidor no significa sacrificar la sostenibilidad", agregó (Tecnología del Plástico, 2018).

TAYST®



Figura 21. (TAYST, 2018).

Estamos dando grandes pasos para cambiar la perspectiva del mundo en los cafés de un solo servicio. Porque es conveniente no significa que tenga que saber mal. Estamos utilizando la innovación para hacer que el café de un solo servicio sea excelente.

100% compostable: El Purpod100™ se convierte en uno con la Tierra, creando un suelo rico en nutrientes.

Hecho de la tierra: El Purpod se vuelve uno con la Tierra, creando un suelo rico en nutrientes.

- La tapa está hecha de bio materiales y tinta compostable a base de agua
- El anillo está hecho de pieles de frijoles naturales
- La malla es de bio resinas renovables

Extracción de sabor completo: ¡Nuestra malla es especial! A diferencia del orificio de perforación que utilizan la mayoría de las copas de un solo uso, nuestro filtro de malla permite una filtración uniforme del agua que produce sabores más completos y una sensación más suave en la boca. Adelante, ¡bebe! (TAYST, 2018).

HALO®

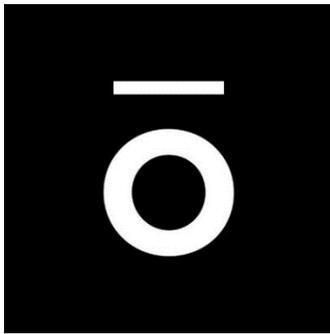


Figura 22. Recuperado de <https://halo.coffee/>

Halo®, es una compañía británica que se dedica a vender cápsulas y pods sustentables para café compatibles con los equipos de Nespresso® o de cualquier otra marca.

Cada sistema de envasado en monodosis está hecho a base de una mezcla natural de bambú y pulpa de papel, comparada

con el aluminio y plástico con el que están hechas las tradicionales. Su diseño único permite que se extraiga el máximo sabor a cada una ya que el flujo del agua está controlado para sacar lo mejor del café en cada taza.

Sus cápsulas se deshacen en 90 días y trabajan de la mano junto con laboratorios para probar las habilidades de sus cápsulas para compostas e incluso fertilizantes naturales.

De esta manera, Halo® abre una ventana para aquellos amantes del café que se preocupan por el medio ambiente con una solución práctica que busca llamar la atención de las grandes marcas a innovar en los materiales que utilizan (Halo, 2018).

Cafés Novell®



Figura 23. Recuperado de <http://cafesnovell.com/sobre-nosotros/>

El mundo de Cafés Novell® es el de seducir los sentidos de las personas con una taza de café perfecta en la cafetería, restaurantes, empresas, hogar y en todos los sitios donde apetezca una taza de buen café.

Cafés Novell desde 1958 selecciona los mejores granos de los mejores orígenes para con un proceso de tostado poder conseguir una taza de café espresso perfecta

(Novell, 2004).

Cafés Novell® es una de las empresas que ha lanzado al mercado el sistema de envasado en monodosis compatibles con los equipos Nespresso®. La empresa catalana quiere aprovechar la corriente de conciencia ecológica de muchos consumidores y aspiran a vender 500.000 unidades al año, de unas cápsulas que se pueden desintegrar entre uno y tres meses.

El secreto está en el plástico biodegradable con que se fabrican las monodosis. Se trata de Ecovio®, un material creado por Basf producido en base a un poliéster llamado Ecoflex® (también desarrollado por la multinacional germana) y el biopolímero PLA, elaborado con almidón de maíz.

Un papel reciclable recubre la parte exterior de la cápsula, y en su interior se encuentra este tipo de plástico biodegradable. Además, la estructura se unifica con un adhesivo compostable llamado Epotal Eco®, otra creación de Basf®. De esta manera, se evita – como las demás cápsulas- que la humedad, el oxígeno o la luz perjudiquen al producto (Chuet-Missé, 2018).

Cabú Coffee®



espresso coffee

Figura 24. (Coffee, 2018).

En Cabú Coffee® respetamos el medio ambiente, así que nuestras cápsulas son fabricadas de materiales biodegradables. Esto significa que los plásticos se pueden descomponer en los elementos químicos que lo conforman bajo condiciones ambientales naturales.

Los materiales de nuestras cápsulas Cabú® no requieren ningún proceso dañino para el medio ambiente para su descomposición, producen menos residuos y para su fabricación requieren menos energía.

Se pueden desechar en los contenedores de material orgánico.

La utilización de cápsulas biodegradables es mucho más conveniente para el consumidor. A diferencia, cápsulas de aluminio o cápsulas de plástico no biodegradable, que hay que abrir, vaciar de granos de café y limpiar, antes de ponerlas en el recipiente de reciclaje (Coffee, 2018).

Cabú Coffee® es otra empresa que pretende conquistar el mercado con sus cápsulas biodegradables, que se pueden desechar en los contenedores orgánicos, y sus modelos son compatibles para los equipos de Nespresso® y Dolce Gusto®.

La avanzada ecológica contra las tradicionales cápsulas va en paralelo a la expansión de este sistema. En Hamburgo, su gobierno municipal ha prohibido la compra de máquinas y cápsulas en todas las dependencias de la administración pública –entre otras medidas de consumo sostenible-. Quizás con la llegada de estas nuevas cápsulas los funcionarios de esta ciudad del norte de Alemania puedan volver a tomar un café en monodosis en una pausa de su trabajo (Chuet-Missé, 2018).

FUDI&Co®



Figura 25. Recuperado de <https://fudiandco.com/capsulas-de-cafe-medio-ambiente/>

Nos declaramos «foodies» empedernidos, siempre buscando sabores especiales y auténticos. Creemos que la experiencia de disfrutar de un gran café conlleva también una responsabilidad que empieza desde cada semilla plantada hasta el agua empleada para su preparación.

Nuestro compromiso es comercializar los mejores cafés de Costa Rica elaborados en condiciones óptimas, tanto para preservar la calidad del producto, como para garantizar la dignidad de las personas implicadas en cualquiera de sus procesos de elaboración.

Todas nuestras cápsulas son 100% compostables en un período máximo de 90 días y, por tanto, sirven como abono orgánico (compost).

Características:

Un filtro compostable termosellable hecho por una mezcla especial de fibras de PLA y pergamino vegetal.

Este tejido tiene una alta resistencia a la humedad combinada con un olor neutro y características de sabor que lo hacen ideal para utilizar en aplicaciones de un solo servicio. Todos los materiales utilizados para la fabricación de este grado están certificados en de acuerdo con la norma FDA 21 CFR 176.170 de los Estados Unidos, Componentes de papel y cartón en contacto con alimentos acuosos y grasos.

Este producto combina altos niveles de retención de polvo con una excelente infusión, resistencia a la humedad y resistencia a la presión requerido para la preparación de café espresso.

Esta web cumple con la norma europea EN 13432 Requisitos para envases recuperables a través de compostaje y biodegradación (Fudiandco, 2017).

Ethical Coffee Company®



Ethical Coffee Company® ha desarrollado lo que se ha descrito como "la primera cápsula de café 100% de origen biológico y biodegradable" del mundo.

Figura 26. (Jachec, 2016).

Totalmente compatibles con las máquinas de café Nespresso y fabricadas a partir de fibras vegetales, los sistemas de envasado de café en monodosis solo tardan seis meses en descomponerse en un basurero industrial, 199 años y 6 meses más rápido que sus contrapartes Nespresso®, mencionó la marca. La empresa Cofico® será el distribuidor que importa las cápsulas para bebedores de café con conciencia ambiental en el Reino Unido.

Las cápsulas de Ethical Coffee Company® se diferencian de las cápsulas de Nespresso® por su "tecnología pop". Cuando el agua se filtra desde la máquina a través de la cápsula, escuchará un "pop" notable. Esto sucede cuando el agua esencialmente ha preparado el café dentro de la cápsula y está listo para verterlo en la taza, haciendo que su café sea similar a la taza de café de un barista. Esto puede llevar más tiempo que una máquina Nespresso®, pero el tiempo extra es lo que se necesita para extraer todos los sabores de la vaina y garantizar un espresso superior, afirma Cofico®.

Las variedades incluyen arábica, espresso, descafeinado y lungo.

Procedentes de los mejores cultivos de Colombia, América Central, India, Etiopía y Kenia, entre otros, la principal obligación de Ethical Coffee Company® y Cofico® es entregar café sobresaliente. Gracias a una técnica de tostado lenta y controlada, son capaces de extraer los aromas por excelencia y se conserva el sabor inimitable del café auténtico. La selección de los granos de café y los métodos tradicionales de tostado se unen para hacer una cápsula que produce café de calidad barista. Todo se hace para garantizar la mejor experiencia de espresso. Como distribuidor oficial y exclusivo en el Reino Unido, Cofico® reconoce tanto la calidad del producto de Ethical Coffee Company® como la innegable necesidad de cambio.

La asociación entre Cofico® y Ethical Coffee Company® elimina la elección entre la conveniencia y las prácticas éticas, y en cambio ofrece ambas, dijeron las compañías (Jachec, 2016).

Con respecto al café y el avance de nuestra cápsula, tiene la prueba a continuación (Gallard, 2012).

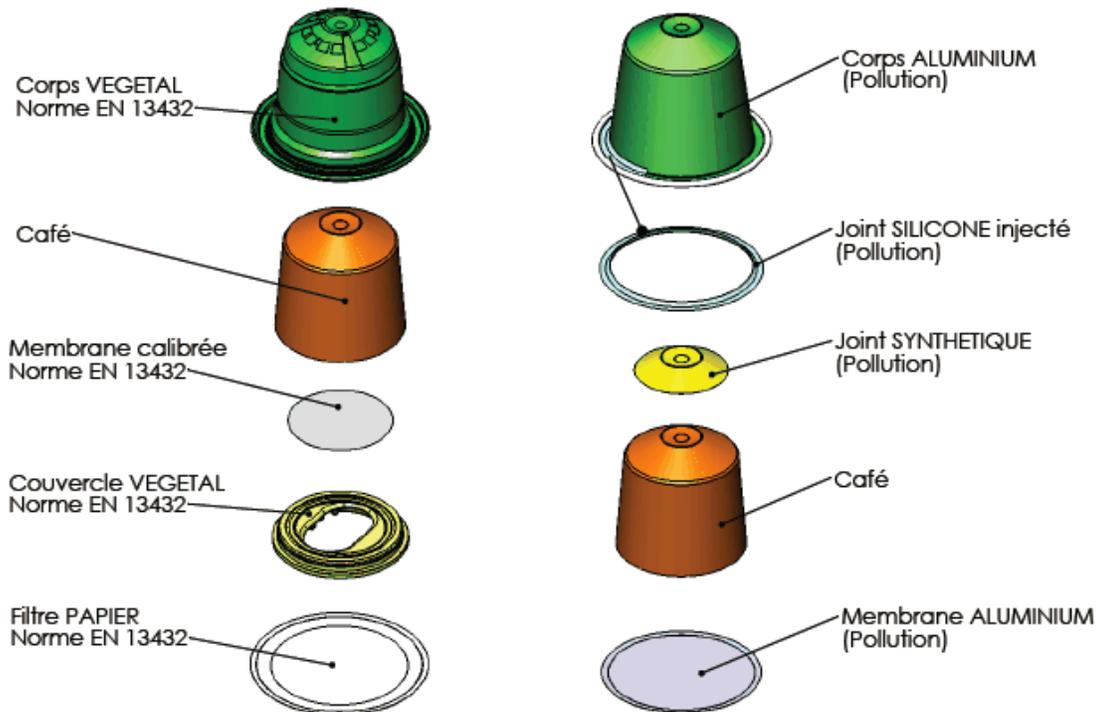


Figura 27. Comparación de los componentes del sistema de envasado de Ethical Coffee Company® y los de Nespresso® (Gallard, 2012).

Tabla. 6 Características de los sistemas de envasado

Marca	Elementos	Materiales	Biodegradable	Tipo de bebida
Illy café®	Cuerpo	Polietileno	No	Espresso
	Tapa	Aluminio	No	
	Filtro	Papel	Sí	

	Base	Aluminio	No	
Café Punta del Cielo®	Cuerpo	Polietileno	No	Espresso
	Forro	Aluminio	No	
	Tapa	Aluminio	No	
	Filtro	Papel	Sí	
	Base	Aluminio	No	
Café Punta del Cielo®	Base	Fécula de maíz	Sí	Espresso
	Cuerpo	Fécula de maíz	Sí	
	Tapa	Fécula de maíz y tinta a base de agua para la impresión	Sí	
	Filtro	Papel	Sí	
PurPod®	Tapa	Papel y Ácido Poliláctico	Sí	Percolado
	Anillo	Piel de grano de café	Sí	
	Filtro	Ácido Poliláctico no tejido	Sí	
Gea®	Cuerpo	Ácido Poliláctico	Sí	Espresso
	Tapa	Ácido Poliláctico	Sí	
	Filtro	Ácido Poliláctico	Sí	
TAYST®	Tapa	Biomateriales y tinta compostable a base de agua	Sí	Percolado
	Anillo	Cascarilla de frijoles naturales	Sí	
	Malla	Bio resinas renovables	Sí	

HALO®	Cuerpo	Mezcla natural de bambú y pulpa de papel	Sí	Espresso
	Tapa	Mezcla natural de bambú y pulpa de papel	Sí	
	Filtro	Mezcla natural de bambú y pulpa de papel	Sí	
Cafés Novell®	Cuerpo	Ecovio®	Sí	Espresso
	Forro	Papel	Sí	
	Adhesivo	Epotal Eco®	Sí	
Cabú Coffee®	Cuerpo	Polipropileno alimenticio	Sí	Espresso
	Tapa	Polipropileno alimenticio	Sí	
	Filtro	Polipropileno alimenticio	Sí	
	Cuerpo	Ácido Poliláctico	Sí	Espresso
FUDI&Co®	Tapa	Ácido Poliláctico	Sí	
	Filtro	Ácido Poliláctico	Sí	
Ethical Coffee Company®	Cuerpo	Fibras vegetales	Sí	Espresso
	Arillo	Fibras vegetales	Sí	
	Filtro	Papel	Sí	

A partir del *benchmarking* se pudo hacer un análisis de las empresas que destacan en el mercado, tomando las innovaciones de cada una y las cualidades que hacen únicos a sus productos.

Biodegradabilidad del sistema de envasado de café en monodosis

Dentro de las medidas propuestas para disminuir la generación de residuos plásticos, los polímeros biodegradables aparecen como una alternativa a los polímeros convencionales. Un polímero biodegradable se puede definir como un polímero que es capaz de descomponerse químicamente por la acción de microorganismos, obteniéndose diversos productos en función de la ausencia o presencia de oxígeno en el medio.

El proceso de biodegradación de un polímero se puede llevar a cabo en diversos ambientes, en función de dónde finalice la vida útil del producto. Se considera que el compostaje es el medio más favorable, ya que mediante este proceso se consigue valorizar los residuos, obteniendo un compost que puede ser empleado en agricultura, en lugar de simplemente eliminar dichos residuos.

Además de ser biodegradable, un polímero puede ser también compostable. Para ello, ha de cumplir varios requisitos, referidos a su composición (límites en el contenido de metales pesados y otras sustancias tóxicas), biodegradabilidad (degradación química), capacidad de desintegración (degradación física) y calidad del compost obtenido.

Para garantizar que un producto o, en concreto, un envase es biodegradable o compostable, es necesario realizar ensayos, preferiblemente normalizados. En función de si lo que se quiere comprobar es la biodegradabilidad o compostabilidad, se emplearán distintas normas de ensayo (Pascual, 2011).

Normas para la determinación de la biodegradabilidad de materiales plásticos

Existen un gran número de normas de biodegradabilidad, redactadas por distintos organismos de normalización (ISO, CEN, ASTM, DIN, etc.). Los criterios de

clasificación son variados: medio en el que se produce la biodegradación, variable de medida elegida, presencia o ausencia de oxígeno en el medio, etc.

Las normas internacionales más empleadas en la determinación de la biodegradabilidad de los materiales plásticos son las siguientes:

- UNE-EN-ISO 14852:2005: Determinación de la biodegradabilidad aeróbica final de materiales plásticos en medio acuoso. Método según el análisis del dióxido de carbono generado (ISO 14852:1999).
- UNE-EN-ISO 14855:2005: Determinación de la biodegradabilidad aeróbica final y desintegración de materiales plásticos en condiciones de compostaje controladas. Método según el análisis del dióxido de carbono generado (ISO 14855:1999).
- UNE-EN-ISO 17556:2005 Plásticos: Determinación de la biodegradabilidad aeróbica última en el suelo mediante la medición de la demanda de oxígeno en un respirómetro o bien mediante la cantidad de dióxido de carbono generada (ISO 17556:2003).

Estas normas de ensayo se basan en que, durante la biodegradación del material de ensayo en presencia de oxígeno, se generan como productos dióxido de carbono, agua, sales minerales y nueva biomasa. El porcentaje de biodegradación se calcula mediante la relación entre el dióxido de carbono generado a partir del material de ensayo y la cantidad teórica máxima de dióxido de carbono que puede producirse a partir del material de ensayo.

Normas para la determinación de la compostabilidad de materiales plásticos

Los requerimientos que ha de cumplir un envase plástico para ser compostable vienen dados por la norma europea EN 13432, y son los siguientes.

- Análisis del material: consiste en analizar el material para ver su contenido en metales pesados, carbono orgánico total, nitrógeno total, etc.

- Biodegradabilidad: la norma marca como criterio que el envase ha de biodegradarse al menos un 90% en seis meses. Para comprobar la biodegradabilidad recomienda que se siga preferiblemente la norma ISO 14855.
- Desintegración: se comprueba si el material es capaz de degradarse físicamente, hasta fragmentos de tamaño menor de 2 mm.
- Calidad del compost se realiza mediante comparación de un compost en el que se han puesto muestras de plástico y un blanco (compost sin muestras).

Se analizan distintos parámetros (metales, calcio, fósforo, potasio, etc.) para comprobar que el compost sea apto para agricultura. También se realizan ensayos de ecotoxicidad sobre plantas, analizando su crecimiento en sustrato al que se ha añadido compost con residuos de plástico y en un sustrato sin estos residuos. El café es considerado un producto fresco, y se sabe que sus enemigos naturales son el oxígeno, la luz, el calor y el polvo. El café debe mantenerse entonces en un lugar fresco, en un recipiente opaco, cerrado herméticamente, de ahí la importancia que juega el empaque del café para su comercialización de calidad (Kenneth Davis, 1991).

Las tendencias de envasado de café han ido evolucionando con el paso de los años, sin limitarse a las funciones fundamentales del empaque, que busca la preservación de inocuidad y conservación de las propiedades organolépticas, si no que trasciende hacia la tendencia del consumidor de café en la dirección de comodidad, calidad y conveniencia.

Sin embargo, un producto de un sólo uso, desechable, y con un embalaje de un solo sentido parece ir en contra del desarrollo sostenible (Flores, 2018).

Una de las productoras de envases biodegradables, Halo®, calcula que cada minuto se tiran 13.500 cápsulas de aluminio y plástico al cubo de residuos, o sea que, en un año, hay más de 7 mil millones de cápsulas que tardarán al menos un siglo en reciclarse en forma natural. Dicen los amantes de la estadística que, si se colocan una al lado de la otra, estos pequeños envases podrían dar la vuelta al mundo 14 veces (Halo, 2018).

El presente documento atiende la preservación del medio ambiente, por esta razón se busca el diseño de un envase biodegradable.

Materiales Biodegradables

Al llevar a cabo el *benchmarking* fue posible identificar los materiales con los que se fabrican los sistemas de envasado en monodosis de diferentes fabricantes. Sin embargo, los únicos materiales que son de interés para este proyecto son el ácido poliláctico, los polihidroxialcanoatos, los poliésteres alifáticos, el copolímero alifático, la policaprolactona, el Ecovio®, todos ellos sintéticos, y de origen natural, la cascarilla del grano de café, el bagazo de caña y la paja de trigo.

A continuación, se presenta cada uno de estos materiales biodegradables con el fin de conocer las propiedades químicas y mecánicas, y de esta manera elegir la mejor opción para el sistema.

Ácido Poliláctico (PLA)

Uno de los biopolímeros más prometedores es el Ácido Poliláctico (PLA) obtenido de la despolimerización controlada del monómero ácido láctico producido a partir de la fermentación de las materias primas como el azúcar, maíz, etc., que son recursos renovables fácilmente biodegradables.

Es un polímero versátil, reciclable y compostable, con alta transparencia, alto peso molecular, buena procesabilidad y resistencia a la solubilidad en agua. En general el PLA comercial es un copolímero entre poli (ácido L-láctico) y poli (ácido D-láctico). Dependiendo de la L-lactida / D-lactida relación de enantiómeros, las propiedades de PLA pueden variar considerablemente de los semicristalinos a los amorfos. Se han llevado a cabo investigaciones para mejorar la calidad del rendimiento de este material con menos contenido de D-lactida del 6%, que es el polímero semicristalino. Sin embargo, el amorfo, que contiene 12% de enantiómero D-lactida, es fácil de procesar mediante termoformado, que es la tecnología real en el sector del envasado de alimentos, y muestra propiedades como el poliestireno. Este material es comercializado por distintas empresas con diferentes nombres comerciales, por ejemplo, Natureworks PLA producido por Natureworks®. Actualmente se utiliza en aplicaciones de envasado de alimentos, sólo para productos de corta duración (Valentina Siracusaa, 2008).

Tabla 7. Datos experimentales físicos del PLA (Auras R. S., 2006).

Dato experimental	PLA
T_g (°C)	62.1 ± 0.7
T_m (°C)	150.2 ± 0.5
ΔH_m (J g ⁻¹)	93
Porcentaje de cristalinidad (x_c)	29.0 ± 0.5
Tasa de transmisión de oxígeno (OTR) (cm ⁻² días) ^a	56.33 ± 0.12
Permeabilidad al oxígeno tasa (OPC) (kg m ⁻² s ⁻¹ Pa ⁻¹) ^b	$4.33E-18 \pm 1.00E-19$
Transmisión de vapor de agua tasa (WVTR) (g m ⁻² día ⁻¹) ^a	15.30 ± 0.04
Permeabilidad al vapor de agua tasa (WVPC) (kg m m ⁻² s ⁻¹ Pa ⁻¹) ^c	$1.34E-14 \pm 3.61E-17$
^a Espesor de 20.0 ± 0.2 .	
^b OPC = OTR x l / ΔP, l es el grosor en m y ΔP es la diferencia de la presión parcial de oxígeno a través de la película.	
^c WVPC = WVTR x l / ΔP, l es el espesor en m y ΔP es la diferencia de la presión parcial de vapor de agua a través de la película.	

Síntesis de Ácido Poliláctico

La síntesis de PLA puede obtenerse generalmente por dos vías, (i) condensación directa de ácido láctico y (ii) polimerización de apertura de anillo (ROP) de lactida (un regulador cíclico de ácido láctico) (S.I. Moon, 2001). En la ruta ROP, el ácido D-láctico, el ácido L-láctico o una mezcla de los dos se prepolimerizan para obtener un poli (ácido láctico) de bajo peso molecular, que luego se despolimeriza en una mezcla de los estereoisómeros de la lactida. La lactida se forma generalmente por la condensación de dos moléculas de ácido láctico de la siguiente manera: L-lactida de dos moléculas de ácido L-láctico, D-lactida de dos moléculas de ácido D-láctico y meso-lactida de un ácido L-láctico y una D molécula del ácido láctico. Después de la purificación, las

lactidas se polimerizan en PLA de alto peso molecular con una unidad constitucional de $[\text{OCH}(\text{CH}_3)\text{CO}]$ (Hartmann, 1998). El punto de fusión, la resistencia mecánica y la cristalinidad del PLA se determinan mediante diferentes proporciones de L, D o meso-lactida y el peso molecular se determina mediante la adición adecuada de compuestos hidroxílicos. El PLA se puede producir de modo que sea totalmente amorfo o hasta un 40% cristalino por la proporción de D y L-lactidas. El PLA que contiene más del 93% de ácido L-láctico es semicristalino, mientras que el PLA con 50-93% de ácido L-láctico es estrictamente amorfo. La presencia de ambas formas meso y D-lactida en el PLA introduce una irregularidad suficiente para limitar la cristalinidad. Además, la presencia de meso-lactida en la estructura de PLA produce una depresión de la temperatura de fusión (T_m) de la siguiente manera: $T_m (\text{°C}) \approx 175 \text{ °C} - 300W_m$, donde W_m es la fracción de meso-lactida y 175 °C es la temperatura de fusión de PLA hecho de 100% L-lactida (Witzke, 1997). La temperatura de transición vítrea (T_g) de PLA también está determinada por la presencia proporcional de diferentes lactidas en el PLA. Esto da como resultado polímeros de PLA con una amplia gama de valores de dureza y rigidez. En general, la T_g de PLA varía de 50 a 80 °C, mientras que la T_m varía de 130 a 180 °C. Dado que la ruta de condensación directa es una reacción de equilibrio, el peso molecular que se puede lograr con esta ruta puede verse limitado debido a las dificultades para eliminar cantidades traza de solvente como el agua al final del proceso de polimerización debido a la hidrólisis de los enlaces éster (Piemonte, 2012).

Síntesis por Condensación Directa del Ácido Láctico

El PLA producido por la condensación directa de ácido láctico es un polímero quebradizo y generalmente inutilizable (Avérous, 2008). Esta técnica de polimerización tiene algunos inconvenientes que incluyen la necesidad de grandes reactores, evaporación, recuperación de solventes y mayor racemización (Witzke, 1997). Aunque el PLA se puede sintetizar con un peso

molecular de más de 1×10^5 por condensación directa de ácido láctico. El uso de agentes de acoplamiento de cadena o adyuvantes que promueven la esterificación

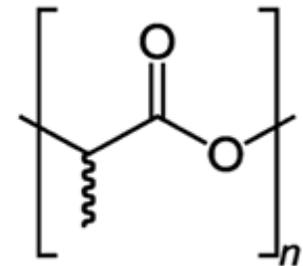


Figura 28. Unidad repetitiva de PLA. Recuperado de <https://www.textoscientificos.com/polimeros/acido-polilactico>

para aumentar el peso molecular de PLA agrega costo y complejidad al proceso (Hartmann, 1998). La función del agente de acoplamiento de cadena es reaccionar con los grupos terminales hidroxilo (OH) o carboxilo (COOH) del PLA. Las ventajas de los adyuvantes que promueven la esterificación son que el producto final está altamente purificado y libre de catalizadores y oligómeros residuales. Para producir PLA de alto peso molecular sin el uso de agentes de acoplamiento de cadena o adyuvantes y los inconvenientes asociados con ellos, Mitsui Chemicals®, Japón emplea el método de polimerización por condensación azeotrópica o por condensación azeotrópica. En este método, el monómero ácido láctico y un catalizador se deshidratan azeotrópicamente en un disolvente de alto punto de ebullición, reflujo y aprótico a presión reducida para obtener PLA de alto peso molecular ($M_w \geq 300,000$) (Hartmann, 1998). Este método de polimerización proporciona una cantidad considerable de residuo de catalizador que puede causar degradación e hidrólisis durante el procesamiento. Para aplicaciones biomédicas, este catalizador residual se desactiva o precipita y se filtra. El peso molecular del PLA es de importancia crítica para el tipo de aplicación biomédica. En general, la construcción de tornillos y placas para su uso como implantes ortopédicos necesita material con un alto módulo de Young con un peso molecular en el área de varios cientos de miles. El PLA de alto peso molecular es naturalmente resistente al crecimiento de bacterias y hongos, lo que permite su uso seguro en el envasado de alimentos y el saneamiento (Piemonte, 2012).

Polimerización de Apertura de Anillo de Lactida

La polimerización de apertura de anillo (ROP) de lactida es la ruta establecida y preferida para la producción a gran escala de PLA de alto peso molecular ($M_w \geq 100,000$) especialmente en diversos procesos comerciales (Stolt, 2002). Para ROP de lactida, se han evaluado muchos sistemas catalíticos para aumentar la productividad de la reacción, incluidos los complejos metálicos, organometálicos, inorgánicos y orgánicos de aluminio, zinc, estaño y lantánidos (D.E. Henton, 2005). Según el sistema catalítico y las condiciones de reacción, se han propuesto muchos mecanismos como el catiónico, el aniónico y la coordinación para explicar la cinética, las reacciones secundarias y la naturaleza de los grupos finales observados en la ROP de lactida.

Entre los sistemas catalíticos estudiados, los compuestos de estaño, especialmente el ácido bis-2-etilhexanoico de estaño (II) (octoato de estaño, $\text{Sn}(\text{Oct})_2$) que está aprobado por la Administración de Drogas y Alimentos de EE. UU. (FDA, 2009), son los preferidos para la polimerización en masa de lactida debido a su solubilidad en lactida fundida, alta actividad catalítica, baja toxicidad y capacidad para dar un alto peso molecular con baja tasa de racemización del polímero. Para que los polímeros se utilicen para aplicaciones médicas, se deben eliminar incluso los rastros del catalizador que permanecen en el sistema. Además de producir PLA mediante un proceso de dos pasos como se explicó anteriormente, muchos investigadores también han intentado mejorar las propiedades del material de PLA mediante copolimerización o mezcla con otros polímeros (Piemonte, 2012).

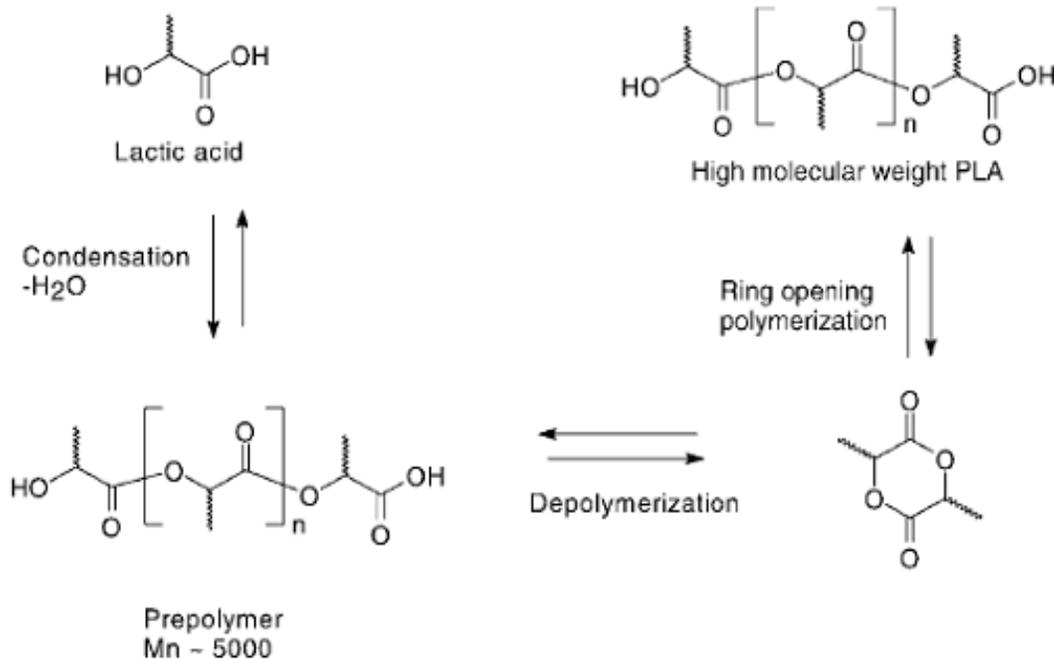


Figura 29. Mecanismo de reacción por Polimerización de Apertura de Anillo de Lactida (Piemonte, 2012).

PLA Como Material de Envasado de Alimentos

El PLA tiene una gran oportunidad de desplazar materiales poco favorables para el medio ambiente en el área del empaque porque tiene propiedades físicas favorables

como transparencia, alto módulo elástico y alta temperatura de fusión, lo que a menudo mejora la función y disminuye el impacto ambiental (J.R. Dorgan, 2006). También se ha comprobado médicamente como un material seguro para los alimentos ya que el nivel de ácido láctico que migra a los alimentos desde los materiales de empaque es mucho más bajo que la cantidad de ácido láctico utilizado en los ingredientes alimentarios comunes. Como material de embalaje, inicialmente el PLA ha encontrado su aplicación en termoformados rígidos, papeles recubiertos, envases de alimentos y bebidas. El PLA puede encontrar sus aplicaciones de empaque para una gama más amplia de productos a medida que las tecnologías modernas y emergentes reducen sus costos de producción. Al proporcionar a los consumidores beneficios adicionales de uso final, como cumplir con los requisitos ambientales. Según las regulaciones, el PLA se ha convertido en una alternativa en crecimiento como material de embalaje para mercados exigentes. El PLA se puede utilizar como un polímero de envasado de alimentos para productos de corta duración tales como frutas y verduras. El PLA también tiene aplicaciones comunes de envasado, como envases, vasos para beber, ensaladeras, paquetes de envoltura y blister. El PLA se puede procesar en las operaciones tradicionales de fabricación de polímeros, tales como moldeo por inyección, moldeo por soplado, extrusión y recubrimiento por extrusión. Como resultado, las tapas, bandejas y carcasas utilizadas en la manipulación de alimentos pueden termoformarse a partir de láminas extruidas PLA (Piemonte, 2012).

Polihidroxialcanoatos

Los Polihidroxialcanoatos (PHA) son biopolímeros sintetizados y acumulados en forma de gránulos intracelulares por numerosos microorganismos, y han adquirido un gran interés debido a que se obtienen de fuentes renovables, son biodegradables, biocompatibles, y, además, presentan características similares a los plásticos derivados del petróleo. Sin embargo, aunque los PHAs son buenos candidatos como sustitutos de los plásticos convencionales, aún tienen un coste elevado en comparación con estos. En la actualidad, se está realizando un considerable esfuerzo en conocer los factores que influyen en su obtención, para poder mejorar el rendimiento de producción y disminuir los costes, abarcando así un mayor rango de aplicaciones.

Los monómeros constituyentes de PHA pueden tener estructuras muy diversas, existiendo por tanto una gran variedad de PHAs. La producción de estos biopolímeros se lleva a cabo principalmente a partir de bacterias mediante procesos de fermentación, utilizando diferentes rutas biosintéticas dependiendo de las fuentes de carbono utilizadas.

Los PHAs pueden ser producidos por una gran variedad de microorganismos y el número de productores está en aumento debido a los avances científicos, pudiendo ser producido actualmente por plantas transgénicas. Los polímeros de PHAs una vez extraídos y purificados, presentan propiedades que los hace útiles en un amplio rango de aplicaciones, pudiendo ser utilizados en campos muy diversos como: medicina, farmacia, o la industria agroalimentaria, entre otras (Silva, 2016).

Los polímeros PHAs se forman por acción de enzimas intracelulares y son acumulados en el citoplasma microbiano en forma de gránulos insolubles en agua, líquidos y móviles de diferentes tamaños. Como puede apreciarse en la Figura 30, los gránulos de PHA se encuentran rodeados de una membrana consistente en una monocapa de fosfolípidos que contienen enzimas polimerasas y despolimerasas. (Wang, 1997).

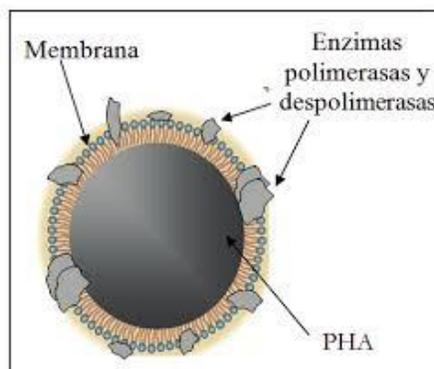


Figura 30. Esquema de gránulo de PHA (Silva, 2016).

La polimerización se produce por reacción de la función ácido carboxílico de un monómero de ácido hidroxialcanoico con la función hidroxilo del monómero siguiente, formando un enlace tipo éster. Por ello, estos polímeros también son conocidos como poliésteres, concretamente como biopoliésteres. La estructura general de la unidad repetitiva de estos polímeros se muestra en la Figura 31. (Khanna, 2005).

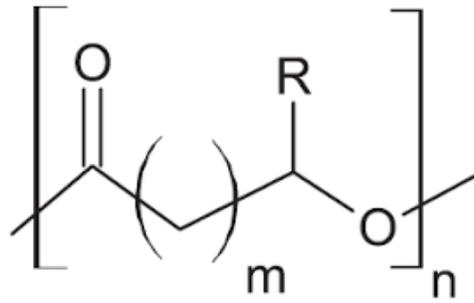


Figura 31. Unidad repetitiva de PHA (Silva, 2016).

Actualmente, existen alrededor de 150 monómeros distintos en las estructuras de los polihidroxicanoatos. Pueden poseer estructuras muy diversas como: lineal, ramificada, saturada, insaturada y aromática (Zinn, 2001).

Producción de PHAs

En general, la producción de los PHAs consiste en tres etapas: (a) Fermentación, (b) Extracción o recuperación, (c) Purificación. En el proceso de fermentación se produce el crecimiento de la biomasa y se sintetiza y acumula el polímero. Posteriormente, se extrae y recupera el polímero de las células, y finalmente se lleva a cabo la purificación de este. Son muchas las bacterias capaces de sintetizar y acumular estos biopolímeros, por ello numerosas investigaciones se han centrado en estudiar los procesos y sistemas de cultivo de éstas, y las influencias de diversos factores tales como la temperatura óptima, pH, sustrato y medio de crecimiento, con el fin de aumentar los rendimientos en el proceso de fermentación. La estrategia de alimentación es muy importante para obtener una alta densidad celular y una alta producción de PHA (Silva, 2016).

La elección de fuentes de carbono adecuadas es un factor importante que determina el rendimiento global del proceso de fermentación e influye significativamente en el coste del producto final. Por lo tanto, lo recomendable es elegir sustratos baratos, fácilmente disponibles y renovables, y que a su vez apoyen el crecimiento microbiano de manera eficiente. Son muchas las investigaciones respecto a los posibles sustratos que pueden utilizarse para la producción de PHAs. Se han utilizado una amplia gama de sustratos tales como subproductos industriales, productos de residuos agrícolas y domésticos,

materias primas lignocelulósicas, grasas y aceites, glicerol, azúcares y aguas residuales (Anjum, 2016).

Como se ha comentado previamente, generalmente para la síntesis de PHA las bacterias necesitan la limitación de un nutriente esencial como nitrógeno, fósforo, azufre, magnesio u oxígeno, y un exceso de fuente de carbono. El agotamiento del nutriente actúa como un desencadenante para el cambio metabólico hacia la biosíntesis de PHA. Algunos ejemplos son las bacterias *Ralstonia eutropha*, *Pseudomonas extorquens* y *Pseudomonas oleovorans* (Khanna, 2005).

Sin embargo, aunque es menos frecuente, también hay bacterias que no requieren limitación de nutrientes para la síntesis de PHA y que son capaces de acumular el polímero durante el crecimiento de las células. En este grupo se incluyen *Alcaligenes latus*, *Azotobacter vinelandii* recombinante y *E. coli* recombinante, entre otras (Braunegg, 1998).

Se ha observado que puede alcanzarse una alta producción de PHA mediante cultivo continuo o cultivo por lote alimentado.

En el cultivo continuo hay una entrada continua de nutrientes y un flujo salida continuo, en cambio en el cultivo por lote alimentado hay una entrada continua de nutrientes, pero no un flujo de salida continuo (Figura 32).

El método más empleado es el cultivo por lote alimentado. En el cultivo de bacterias con producción de PHA asociada al crecimiento, se utiliza un sistema de lote alimentado en una sola etapa en la que se proporciona un medio enriquecido en nutrientes. En cambio, para el cultivo de bacterias que requieren la limitación de algún nutriente esencial, el método más empleado es el cultivo por lote alimentado en dos etapas. La primera etapa se lleva a cabo en un medio enriquecido en nutrientes para favorecer el crecimiento celular, y en la segunda etapa se limita la concentración total o parcial de un nutriente esencial para promover la síntesis de PHA. En esta segunda etapa, el incremento en biomasa se debe a la acumulación intracelular del polímero (Khanna, 2005).

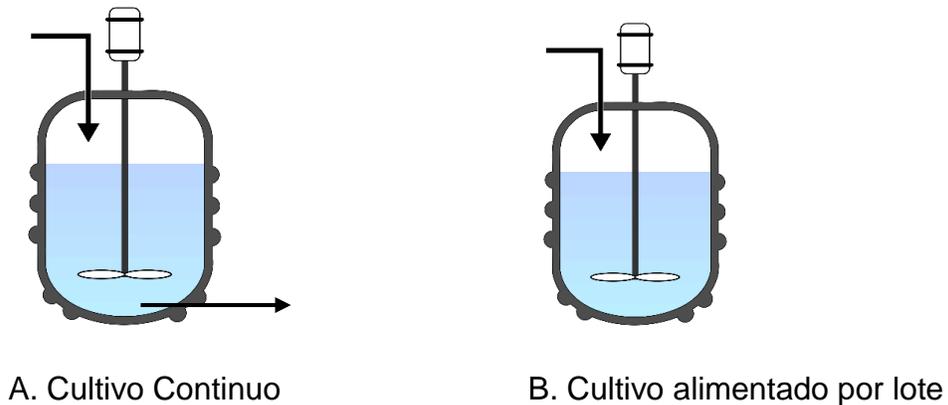


Figura 32. Esquema de producción de PHA mediante cultivo continuo y lote alimentado (Silva, 2016).

También se han estudiado métodos de cultivos mixtos por lote alimentado en dos etapas, en los que se usan dos tipos de microorganismos diferentes. Uno de los microorganismos transforma la fuente de carbono barata en sustratos asimilables para que el otro microorganismo los utilice para producir PHA (Tanaka, 1993).

Después del proceso de fermentación, para la recuperación de la biomasa, el caldo de cultivo se centrifuga y la biomasa precipitada se filtra. Para la extracción del polímero del interior de las células se usan con normalidad disolventes clorados, especialmente por reflujo con cloroformo. Debido a que los disolventes clorados son altamente agresivos para el medio ambiente y para la salud humana, se han desarrollado otros procesos de extracción basados en el uso de carbonato de etileno o de propileno, así como metodologías de digestión química que se basan en la liberación del polímero mediante la ruptura de las células usando soluciones de hipoclorito de sodio, ácidos o bases. Una vez añadido el disolvente, la solución resultante se centrifuga y se filtra para eliminar restos de células. Posteriormente, el PHA se precipita normalmente en metanol o etanol y se recupera el polímero por evaporación del disolvente (Fiorese ML, 2009).

Aplicaciones

Los PHAs son biopolímeros termoplásticos, biodegradables, elastoméricos, insolubles en agua e impermeables a gases, por lo que pueden ser usados para todo tipo de

material biodegradable. Además de presentar estas características, los PHAs pueden ser obtenidos a partir de fuentes de carbono renovables, lo que hizo que inicialmente sus aplicaciones fueran orientadas a sustituir a los plásticos derivados del petróleo como materiales de empaque y como revestimiento. Propiedades como la baja difusividad de oxígeno y la resistencia al agua los hace útiles para aplicaciones en la industria de empaques y en la industria alimentaria para el envasado de alimentos y para la fabricación de botellas para bebidas, y, además, también los hacen candidatos para otros mercados como los de materiales de pesca, construcción e industria agrícola. Debido a su alta resistencia al agua, es posible usarlos en forma de látex acuoso, consistente en una dispersión de partículas del polímero en agua, empleado en el recubrimiento de materiales como papel, cartón o en la fabricación de pinturas, para evitar el deterioro causado por la humedad (Babel, 2001).

Poliésteres alifáticos

Estos materiales tienen propiedades similares a los polímeros de (PE) polipropileno y (PP) poliestireno, son biodegradables, pero carecen de propiedades mecánicas térmicas. Estos materiales provienen de la reacción de policondensación del glicol y el ácido dicarboxílico alifático, ambos obtenidos de recursos renovables. No tienen olor y se pueden usar para botellas de bebidas, se degradan en el suelo y en el agua, dando dióxido de carbono y agua, en un período de 2 meses.

Un copoliéster alifático disponible comercialmente es producido por Procter and Gamble® con el nombre comercial de Nodax y puede degradarse en condiciones ambientales aeróbicas y anaeróbicas. El otro es el Eastar blo, producido por Eastam Chemical Company® (Valentina Siracusaa, 2008).

Copolímero alifático

Copolímero alifático de polilactida (CPLA) este material es una mezcla de recursos renovables como lactida y poliésteres alifáticos como el éster dicarboxílico, con propiedades duras (como PS poliamida) y flexibles (como PP poliestireno), dependiendo de la cantidad de poliéster alifático presente en la mezcla es fácil de procesar y termoestable hasta 200 °C. El valor de calentamiento y la cantidad de

dióxido de carbono generado durante la combustión son aproximadamente la mitad de los generados por polímeros comerciales como el PE y el PP, y la incineración no produce sustancias tóxicas. En el entorno natural, comienza a degradarse en 5-6 meses, con una descomposición completa después de 12 meses. Si se compostan con basura de comida, comienza a descomponerse después de 2 semanas (Valentina Siracusaa, 2008).

Policaprolactona (PCL)

Es un polímero completamente biodegradable que proviene de la polimerización de materias primas no renovables, como el petróleo crudo. Es un polímero termoplástico con buena resistencia química al agua, aceite, solvente y cloro, con un punto de fusión de 58-60 °C, baja viscosidad, fácil de procesar y con un tiempo de degradación muy corto. No se usa para la aplicación de alimentos, pero si se mezcla con almidón, es posible obtener un buen material biodegradable a un precio bajo, utilizado para bolsas de basura (Valentina Siracusaa, 2008).

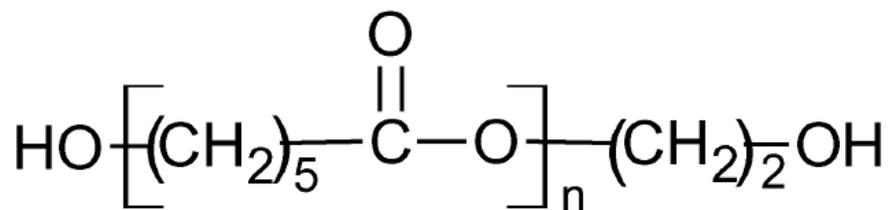


Figura 33. Estructura química de la policaprolactona (Ortiz, 2016).

Cascarilla del Grano de Café

El pergamino de café o cascarilla es la membrana que envuelve el grano inmediatamente después de la capa mucilaginosa y representa alrededor de 12 % del grano de café en base seca. Esta cascarilla se constituye básicamente de celulosa, lignina, pentosanos y sílice.

Descripción del proceso

Los granos de café ya despulpados llegan a la beneficiadora donde primeramente se determina su humedad, si esta es menor del 10 % pasa directamente al proceso, si no se aplica el método de beneficio seco hasta que se cumpla este parámetro. Luego los

granos pasan hacia una tolva y de ahí hacia una zaranda que se encarga de eliminar los objetos extraños que pueda tener el grano, posteriormente estos granos suben hacia el depósito del molino mediante bandas transportadoras y comienza la operación de molinaje, el grano limpio va hacia un segundo depósito para luego ser pesado y almacenado en sacos; por otra parte cuando se separa el grano de la cáscara una criba impide que se mezclen estos y un extractor acoplado al molino se encarga de la separación en sí. Como parte del estudio se pudo constatar que este residuo del proceso no se utiliza y que se genera aproximadamente un 23 % de cascarilla por masa de café bruto procesado (Enma Manals, 2018).

Propiedades químicas y físicas de la cascarilla de café:

La composición química de la cascarilla de café es la siguiente: contenido de humedad de 11,45%, lignina 41,86%, cenizas 0,95%, grasas 5,83%, pentosas 25,5% y furfural 14,76%.

La cascarilla del café tiene una densidad a 26 °C de 1,323 gr/cm³, una densidad bruta de 0,323 gr/cm³ y el calor de combustión es de 4500 cal/°C gr (Fonseca, 2011).

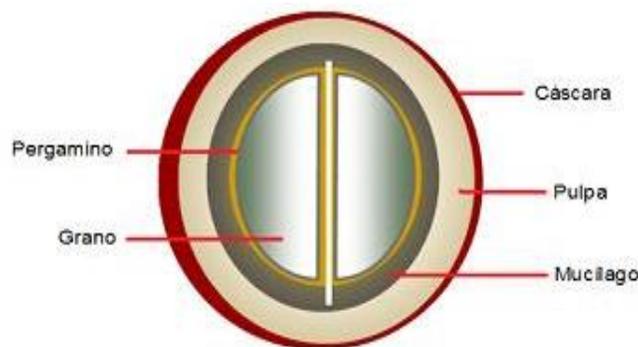


Figura 34. Partes de un grano de café (Enma Manals, 2018).

Ecovio®

Ecovio® es un producto mixto compuesto basado en Ecoflex® cuya base es petroquímica y PLA que se obtiene del maíz.

Con Ecovio® el cliente tiene la posibilidad de fabricar mezclas hechas a medida y, dependiendo de la proporción que aplique de Ecovio® con Ecoflex® o PLA, puede

obtener recetas más blandas o de mayor rigidez según sean los requerimientos. Entre una de las aplicaciones más comunes puede mencionarse, por ejemplo, la fabricación de láminas flexibles como las que se emplean para la producción de bolsas de la compra. Pero también el empleo de Ecoflex® como material único permite un gran número de diferentes aplicaciones, como láminas plásticas para la cobertura del suelo en el sector de la agricultura, filme transparente para el embalaje de alimentos, así como otros tipos de embalajes y láminas transpirables para el sector de la higiene, por nombrar solo algunos de los ejemplos más importantes (BASF, 2011).

Cafés Novell fabrica entre 13 y 15 millones de cápsulas al año y espera alcanzar en diciembre unas ventas mensuales de 500.000 cápsulas de este nuevo sistema de envasado en monodosis compostable y biodegradable, que contiene además café ecológico certificado, lo que demuestra la magnitud de este proyecto para la compañía (BASF, 2017).

Bagazo de Caña

El bagazo de caña es probablemente uno de los materiales biodegradables más nobles. Ya que su materia prima, es un producto residual del proceso de extracción de jugos de la caña de azúcar. En la mayoría de ingenios, es considerado como desperdicio y generalmente es incinerado; sin embargo, el bagazo de caña puede ser procesado en un molino de pulpa (lugar dónde se procesa la madera para obtener pulpa virgen de papel) y obtener pulpa evaluación y proyección financiera para determinar la viabilidad y rentabilidad de una empresa dedicada a la producción de empaques biodegradables de bagazo, la cual a su vez puede ser dirigida a un molino de papel o a las fábricas de empaques de bagazo de caña. Otro uso común para el bagazo de caña es el de filamentos, los cuales se comercializan como combustible, puesto que como ya se ha mencionado, el bagazo de caña posee un importante poder calorífico, rondando los 7,031 [BTU/lb]. Al tratarse de un producto residual de otra línea de producción (el azúcar), su costo de adquisición se vuelve muy bajo, así como el beneficio ambiental de aprovechar este producto residual, para luego procesarlo y suplantar productos fabricados a partir del plástico. También se debe considerar que

puede suplantar al papel fabricado a partir de madera, lo cual ayuda a reducir la tala de bosques.

Materia prima el bagazo de caña es un material residual o subproducto, que resulta del proceso de refinación de azúcar. Es un producto sumamente abundante en México, donde Veracruz, Jalisco y San Luis Potosí son los principales productores del país de azúcar. El bagazo de caña se obtiene de la caña de azúcar, la cual es una gramínea tropical. Es un pasto gigante que tiene un tallo macizo de dos a cinco metros de altura y entre cinco a seis centímetros de diámetro. En México la industria azucarera es históricamente una de las más importantes, debido a su relevancia económica y social en el campo.

Los empaques de bagazo de caña son de los pocos empaques biodegradables en el mercado que pueden tolerar el horno de microondas; además, son resistentes al agua y pueden ser guardados en el congelador. Poseen una textura similar a la del papel, lo que les otorga una estética superior a la del unicel o plásticos convencionales (Medina, 2017).

Paja de Trigo

La paja de trigo es un residuo agroindustrial al que se le empiezan a encontrar innovadoras y útiles aplicaciones. Gracias a este proyecto iniciado en Europa en el año 2013 se ha conseguido dotar a los desechos de este cereal de un nuevo valor añadido: la fabricación de plástico biodegradable. Una bacteria alimentada con azúcares obtenidos de la paja de trigo produce en su organismo el plástico. Las fibras de celulosa procedentes del mismo residuo son la clave para dotar de la rigidez necesaria al material para su aplicación en electrónica y electrodomésticos.

En el proceso de elaboración del bioplástico se parte de una bacteria que se alimenta con azúcares extraídos de la paja de trigo y que sintetiza el material: en el interior de su organismo convierte el azúcar en bioplástico. Del mismo residuo agrícola se consiguen extraer otros materiales como las nano fibras de celulosa y las nanopartículas de lignina, que constituyen el aditivo clave para mejorar las propiedades del nuevo plástico biodegradable y que hacen posible su utilización en sectores como el de la electrónica

o la fabricación de electrodomésticos de gama blanca (MUNSA, 2018), (Valentina Siracusa, 2008).

Definición del producto

La definición de mi producto está basada en la metodología de la casa de calidad, la cual considera los siguientes aspectos:

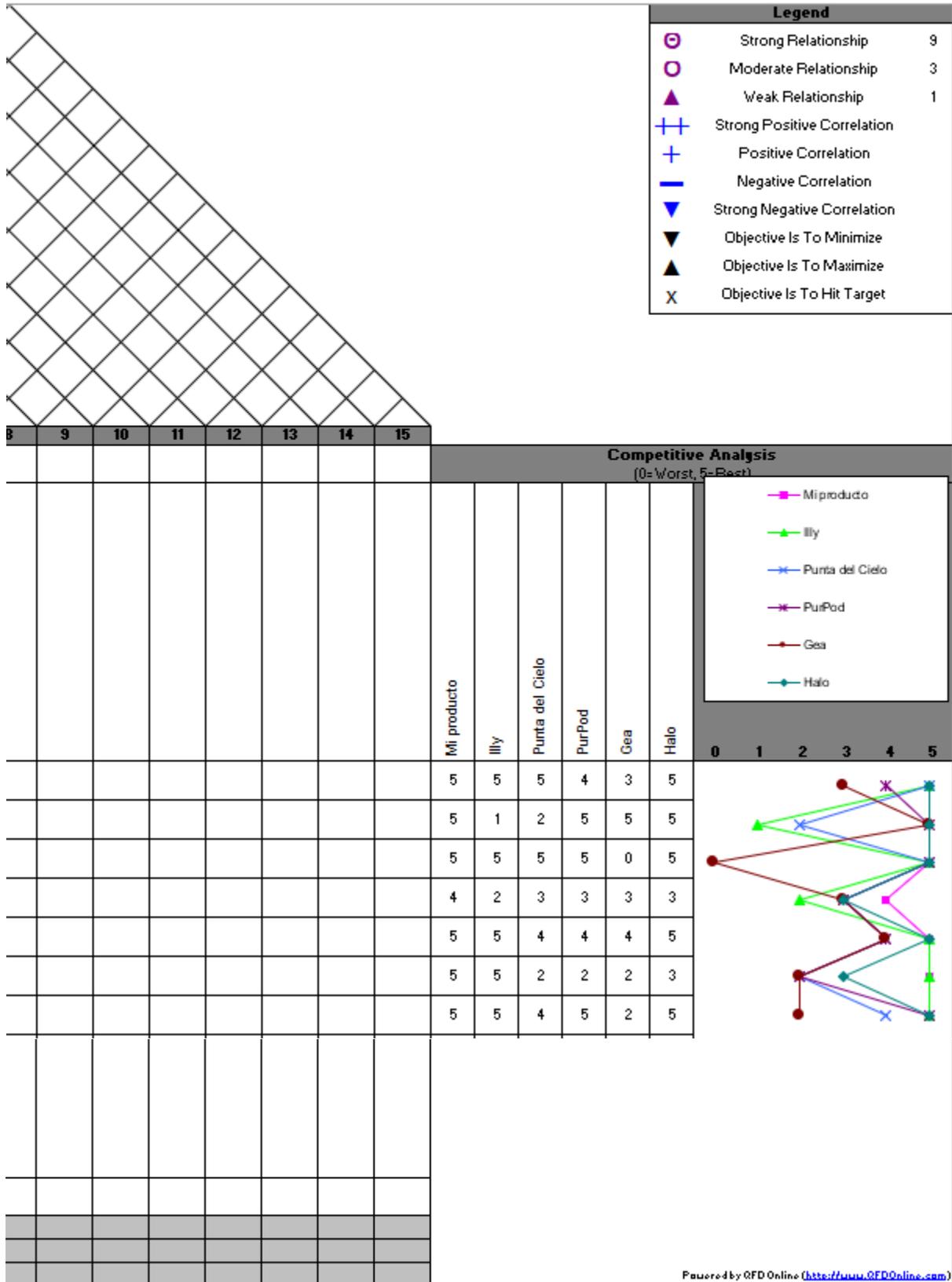
- Los deseos del cliente
- Lo que ofrece la competencia en el sector
- Nuestras fortalezas
- La oferta de los competidores, la cual fue tomada del *benchmarking*
- Para darle solución al problema de biodegradabilidad se hizo un análisis de los materiales más convenientes.

La Casa de Calidad

Es una de las herramientas de *Quality Function Deployment* (QFD por sus siglas en inglés), utilizada para determinar los requisitos del cliente y traducirlos en los atributos. La casa de calidad utiliza una matriz de planificación para relacionar lo que quiere el cliente y cómo la empresa va a satisfacer esas necesidades. Se refiere tanto a la determinación de lo que quiere el cliente y traducir los deseos del cliente en el diseño objetivo. La casa de calidad se utiliza al inicio del proceso de diseño de producto para determinar los deseos de los clientes en productos y procesos (Chavéz, 2014).

La construcción de la casa de calidad se llevó a cabo a partir de las siguientes preguntas:

1. Identificar qué es lo que requiere el cliente
2. Cómo voy a satisfacer lo que el cliente quiere
3. Relacionar entre lo que quiere el cliente y lo que tiene el producto
4. Como se relacionan los atributos de la organización
5. Calificaciones ponderadas de las habilidades
6. Evaluar productos de la competencia



Pautas

Las pautas utilizadas en la casa de calidad se describen a continuación.

1. Preservación de propiedades organolépticas (aroma y sabor).

Para lograr conservar las propiedades organolépticas del café se usará una atmósfera modificada (*Modified Atmosphere Packaging*, EAM o MAP por sus siglas en inglés), la cual consiste en empaçar los productos alimenticios en materiales con barrera a la difusión de los gases, en los cuales el ambiente gaseoso ha sido modificado para disminuir el grado de respiración, reducir el crecimiento microbiano y retrasar el deterioro enzimático con el propósito de alargar la vida útil del producto. Dependiendo de las exigencias del alimento a envasar, se requerirá una atmósfera con ambientes ricos en CO₂ y pobres en O₂, los cuales reducen el proceso de respiración en los productos, conservando sus características fisicoquímicas, organolépticas y microbiológicas por un mayor tiempo (Marcela & Cartagena Valenzuela, 2008).

Efectos de la modificación de la atmósfera

Los beneficios o perjuicios de esta técnica dependen del producto, variedad, cultivo, estado fisiológico, composición de la atmósfera, temperatura, humedad relativa y duración del almacenamiento, lo que explica la diversidad de resultados para un mismo producto, su uso adecuado mejora normalmente los resultados de la refrigeración convencional en atmósfera de aire. Para lograr los beneficios deseables de la atmósfera protectora los productos deben conservarse bajo condiciones óptimas de temperatura, humedad relativa y de composición de la atmósfera en O₂, CO₂ y C₂H₄, sin exceder los límites de tolerancia a bajos niveles de O₂ y elevados de CO₂ que implican riesgos desfavorables (Artes Calero, 2000).

La mayoría de los factores alterantes en los alimentos se puede minimizar, e incluso inhibirse, con el empleo de gases como N₂ y CO₂, a través del empaque y con el sistema de atmósfera modificada, permitiendo así evitar, retardar o minimizar las

reacciones químicas, enzimáticas y microbianas, que ocasionan la degradación en los alimentos que se producen durante los períodos de almacenamiento.

Entre los beneficios de la atmósfera modificada se citan (Parry, 1995):

- Frenan la actividad respiratoria.
- Reducen o inhiben la síntesis de etileno.
- Inhiben la maduración.
- Limitan el ablandamiento (actividad de la pectinestearasa y la poligalacturonasa).
- Retrasan las pérdidas de textura.
- Restringen los cambios de composición (pérdida de acidez y de azúcares, degradación de clorofila, desarrollo de antocianos, biosíntesis de carotenos, prevención de la rancidez y el pardeamiento enzimático paliando las alteraciones fisiológicas y los daños por frío, manteniendo el color y protegiendo las vitaminas de los productos frescos).

El envasado en atmósfera modificada tiene las siguientes ventajas (Restrepo, 2013):

- Se retarda el desarrollo de microorganismos.
- No deja residuos en el producto tratado.
- Se minimiza el uso de aditivos y conservantes.
- Se mantienen las características organolépticas durante la comercialización.
- Se evitan las mezclas de olores en el sitio de almacenamiento.
- Mejor presentación, clara visión del producto y visibilidad en todo el entorno.
- No causa problemas ambientales.
- Puede aumentar las ganancias de los productos.
- Reducción de deshechos a nivel detallista.

El uso de la atmósfera modificada, además, tiene como inconvenientes:

- La inversión en maquinaria de envasado con gas.
- El costo de los gases y materiales de envasado.

- Los beneficios del envasado se pierden cuando se abre o se perfora el envase.
- Si la concentración de O₂ no desciende del 12% no suele ser efectiva mientras que entre el 1 y el 2% de O₂ (punto de extinción de la fermentación, variable con el producto), puede inducir la respiración anoxigénica que empeora la calidad de los productos en conservación (Artes Calero, 2000).
- Se requiere más espacio para el almacenamiento, transporte y exposición en el punto de venta de los paquetes con atmósfera modificada porque tienen un mayor volumen.
- Pueden aparecer problemas de colapso del envase y formación de exudado en atmósferas con una porción elevada de dióxido de carbono (Chavéz, 2014).

Gases utilizados en el envase en atmósfera modificada

El concepto de envasado de alimentos frescos en atmósfera modificada es la sustitución en el envase del aire que rodea al alimento con una mezcla de gases en proporción diferente a la del aire, el cual tiene una composición semejante a la del aire seco a nivel del mar (Parry, 1995).

Tabla 8. Composición gaseosa del aire seco a nivel del mar.

Gas	Concentración (%)
CO₂	0,03
O₂	20,99
N₂	78,03
Ar	0,94
H₂	0,01

Las principales características de cada uno de los gases más importantes son:

Dióxido de Carbono

Gas no combustible, incoloro a temperatura ambiente y presión normal, con olor y sabor ácidos, soluble en agua a temperatura ambiente en relación de un litro por un litro. Se encuentra en la atmósfera en una concentración entre 300-500 ppm, más denso que el aire y más soluble en diluciones acuosas que el N₂ o el O₂.

El efecto del CO₂ se fundamenta en que desplaza el O₂ gas vital para muchos microorganismos y cambia las condiciones de pH en la superficie del alimento. Actúa principalmente frente a los microorganismos oxigénicos obligados, los mohos son muy resistentes al CO₂ y su crecimiento no puede ser totalmente detenido mediante tratamiento de CO₂ a presión normal.

El CO₂ ejerce un efecto inhibitor sobre el crecimiento bacterial y fúngico, aunque su acción depende de factores como concentración en la atmósfera y la temperatura de almacenamiento ya que temperaturas bajas aumentan la solubilidad del gas tanto intra como intercelularmente. Las altas concentraciones de gas (superiores al 20%) inducen reacciones anoxigénicas.

Es importante tener en cuenta que el CO₂ se difunde 30 veces más rápido a través de los empaques que los otros gases; este fenómeno ha inducido entonces el uso de choques a altas concentraciones de gas previos al almacenamiento refrigerado.

Oxígeno

Concentraciones de O₂ inferiores a la normal existentes en el aire ambiente (21%) provocan una reducción de la intensidad respiratoria (IR), un retraso en la maduración y un aumento de la vida comercial de los productos vegetales, siendo la respuesta más o menos pronunciada según el producto y variedad de que se trate.

Concentraciones de O₂ inferiores al 2,5% aumentan la producción de anhídrido carbónico y generan sabores y olores anormales como consecuencia del

establecimiento del proceso fermentativo por falta de O_2 . A niveles del 1% de O_2 se han detectado sabores alcohólicos en manzanas, plátanos, aguacates, alcachofas y pimientos. Todo esto hace que en casos excepcionales no se recomienda el empleo prolongado de atmósferas con concentraciones de O_2 inferiores al 2%.

Nitrógeno

Es el principal componente del aire, en una proporción del 78% en volumen. En condiciones normales ($20^\circ C$ y 1 atm) se encuentra en fase gaseosa, siendo incoloro, inodoro e insípido.

El N_2 es un gas totalmente inerte y muy poco soluble en agua y grasas lo que le convierte en un producto ideal para la conservación de alimentos y bebidas. Por sus características fisicoquímicas el N_2 es utilizado en el empaque en atmósfera protectora para reemplazar el O_2 del interior del envase y evitar problemas oxidativos en productos de alto contenido de grasa; otra de sus funciones es actuar como gas de relleno evitando el “colapso de envase” cuando se utilizan altas concentraciones de CO_2 . Es efectivo contra los microorganismos, pero es inoperante contra las bacterias anoxigénicas (Marcela & Cartagena Valenzuela, 2008).

Gases nobles

Los gases nobles se caracterizan por su reactividad nula, no son inflamables ni explosivos. Se utilizan como sustitutos del nitrógeno en el envasado en atmósfera modificada de productos cárnicos, frutas y hortalizas mínimamente procesadas, bebidas, pasta fresca, frutos secos y *snack* (por ejemplo, patatas fritas).

El empleo de gases nobles en el envasado de alimentos incrementa los costes productivos en comparación con el nitrógeno por lo que es necesario analizar los beneficios que aportan para la conservación de cada producto en particular.

El Argón (Ar) es el gas noble más abundante, se utiliza en lugar del N₂ para generar una atmósfera inerte en el envasado del vino. Gracias a que su densidad es superior a la del aire, el Ar lo desplaza de espacio de la cabeza de las botellas en menor tiempo que el nitrógeno. También sustituye al N₂ en las cámaras de atmósfera controlada para frutas y hortalizas. La presencia de Ar en ellas favorece la difusión del oxígeno, el dióxido de carbono y el etileno desde los tejidos vegetales hacia el ambiente, retrasando la senescencia del producto (Gonry, 2000).

El Helio (He) es un gas extremadamente ligero y el de menor tamaño molecular entre los gases nobles. Sus reducidas dimensiones le permiten salir del interior de los paquetes por orificios muy pequeños. El He sirve de gas trazador en la detección de microfugas en los envases de atmósfera modificada (Chavéz, 2014).

En la tabla 9 se presentan las ventajas y desventajas de los gases más utilizados. El éxito de alguna aplicación no va a depender exclusivamente de la composición de la mezcla, sino que han de tenerse en cuenta factores importantes como son el material de envase, la temperatura de almacenamiento, el equipo de envasado y el producto a envasar (Rodríguez, 1998).

Tabla 9. Gases más utilizados en el envasado en atmósfera modificada.

	N₂	CO₂	O₂
Propiedades físicas	Inerte, insípido, insoluble.	Inerte, inodoro, ligero sabor ácido, soluble en agua y grasa.	Comburente, insípido e inodoro.

Ventajas	Desplazamiento de O ₂ . Inhibición de aerobios. Evita oxidación de las grasas.	Bacteriostático. Fungistático. Insecticida.	Oxigena carnes rojas. Inhibe anaerobios. Sostiene metabolismos vegetales.
Desventajas	-	Solubilidad en agua y grasa.	Oxidación de grasas.

Métodos para generar la atmósfera protectora en envases de alimentos.

La sustitución mecánica del aire se realiza mediante los métodos de barrido con gas y de vacío compensado. En ambos casos se trata de inyectar el gas o mezcla de gases deseados para reemplazar el aire del interior del envase.

El barrido o purga con gas consiste en desplazar el aire alojado en el espacio de cabeza del paquete mediante una corriente continua del gas o gases de interés. El envase se cierra herméticamente cuando se ha sustituido la mayor parte del aire. Esta técnica permite trabajar a gran velocidad ya que opera en continuo. Los equipos que utilizan el método de barrido con gas son las máquinas de formado-llenado-sellado verticales y horizontales.

Es el sistema habitual para el envasado de alimentos de textura blanda o frágil que no soportan el vacío (productos de panadería, *snacks*, ciertas frutas). En cambio, no se recomienda para productos altamente sensibles al oxígeno porque en los paquetes permanece una cantidad residual de O₂ en torno al 2-5%.

En el vacío compensado se lleva a cabo el vacío en el interior del envase a través de una bomba y, a continuación, se inyecta el gas o gases que componen la atmósfera protectora. Comparado con el anterior, es un proceso más lento porque se realiza en dos fases. El vacío compensado se aplica en varios

equipos como, por ejemplo, envasadoras de campana, líneas termoformadoras y cerradoras.

Su principal ventaja es la reducción del remanente oxígeno dentro del paquete gracias al vacío inicial. Los niveles obtenidos (aproximadamente un 1% de oxígeno) son inferiores a los del barrido con gas. Por tanto, este método es adecuado para productos de gran volumen o muy porosos que retienen oxígeno en su estructura (Tornadijo, 2012).

2. Sustentabilidad ambiental

Para cumplir con esta pauta es necesario hacer uso de una tecnología amigable con el medio ambiente, ya que un sistema de envasado en monodosis tiene una vida útil de apenas unos minutos y si estos sistemas son fabricados con aluminio y polipropileno de baja densidad por mencionar los materiales más comunes estos tardan en degradarse alrededor de 10 y 150 años respectivamente.

Por esta razón se hizo una investigación profunda de los materiales biodegradables que pueden ser utilizados para fabricar sistemas de envasado en monodosis adecuados a nuestras condiciones de operación. A continuación, se presenta la selección del material biodegradable.

A continuación, se muestra una tabla con los tiempos de biodegradabilidad de distintos materiales (Hernández, 2013).

Tabla núm. 10 Tiempo de degradación de distintos productos.

Producto	Tiempo de degradación	Condiciones
Plato, caña de azúcar	90 días	Ambiente
Vaso, fécula de maíz,	180 días	Composta
Bolsa, fécula de maíz	180 días	Composta
Cubiertos, maíz y caña de azúcar	180 días	Composta
Oxobiodegradable	42 días a 2 años	Ambiente

Una de las características que ha suscitado gran interés en el PLA es su capacidad de biodegradarse bajo condiciones adecuadas a diferencia del resto

de los polímeros. Lo que le confiere una gran ventaja desde el punto de vista ecológico. Además, es un polímero obtenido de recursos renovables. Los “plásticos biodegradables” como los define la Sociedad Americana para los ensayos de Materiales (ASTM) y la Organización Internacional de Normalización (ISO), son aquellos que pueden pasar por un cambio significativo en la estructura química en condiciones ambientales específicas. Estos plásticos biodegradables pasan por el proceso de la degradación con la ayuda de microorganismos naturales tales como bacterias, hongos y algas.

El PLA tiene un tiempo de biodegradación de 160 a 180 días y lanza dióxido de carbono y metano durante este proceso, sustancias que participan al efecto invernadero. Siendo nulo el balance neto en dióxido de carbono, pues el CO₂ lanzado a la atmósfera es aquel que fue absorbido durante la fotosíntesis de la planta.

Otro aspecto es que los combustibles fósiles todavía son necesarios para producir el PLA. Aunque los combustibles fósiles no se utilizan en el polímero en sí mismo, son necesarios en los procesos de cosechas y recogida de la planta, así como en su producción química, pero durante su fabricación requiere entre 20 y 50 por ciento menos de recursos fósiles que aquellos que provienen del petróleo. Además, hacen uso de recursos fósiles abundantes como son el carbón y el gas natural e investigan sobre la utilización de la biomasa (Giaroli, 2015).

El Ecovio® de BASF® contiene ácido poliláctico y ecoflex®, obtenido a partir de materias primas renovables a base de maíz. Juntos, ellos forman un compuesto que puede convertirse en películas plásticas, bolsas y bolsos para residuos orgánicos y vasos.

Para que estos productos pasen por el proceso de biodegradación correcto, es necesario un desecho consciente en plantas de compostaje con orgánicos. Así, se convertirán en abono orgánico en aproximadamente 180 días (BASF, 2017).

Hay mucha discusión sobre cuánto CO₂, combustibles fósiles y agua se consumen en la producción de bioplásticos a partir de materiales naturales y si afectan negativamente la producción de alimentos. Para hacer 1 kg de PLA, se necesitan 2.65 kg de maíz. Con 270 millones de toneladas de plástico producidas cada año, reemplazar el plástico convencional con PLA del maíz eliminaría 715.5 millones de toneladas del suministro mundial de alimentos en un momento en que el calentamiento global está reduciendo la productividad de la agricultura tropical (3D natives, 2019).

Selección del Material Biodegradable

De acuerdo con las características de cada material, señaladas en la investigación, los materiales que se ajustan a las especificaciones para el diseño del sistema de envasado en monodosis de café son: Ecovio® y PLA.

Estos dos materiales, soportan una temperatura de 89°C y presiones arriba de 5 bar, las cuales son condiciones a las que se somete el sistema de envasado en una máquina de café Keurig®, los elementos tienen alta resistencia mecánica, pueden usarse para preparar café espresso, no son impermeables y se puede emplear una atmósfera protectora en el empaque.

Puesto que los dos materiales cumplen con las especificaciones, se seleccionará por conveniencia de proveedores, debido a que el Ecovio® aún no es un material muy reconocido es más difícil de conseguir, en cambio los distribuidores de PLA son abundantes y ahora existen máquinas especializadas en el empaque con PLA.

El PLA se está convirtiendo en una alternativa en crecimiento en el envasado de alimentos, debido a que en muchas situaciones funciona mejor que los materiales sintéticos, como el poliestireno orientado (OPS) y materiales PET (Singh, 2005).

Especificaciones

Las especificaciones que el PLA necesita cumplir para la fabricación de los sistemas de envasado de café en monodosis son las siguientes (Rogers, 2015).

Nombre técnico	Ácido Poliláctico (PLA)
Fórmula química	$(C_3H_4O_2)_n$
Temperatura de fusión	157 - 170 ° C
Temperatura de moldeo por inyección típica	178 - 240 ° C
Temperatura de deflexión térmica	49 - 52 ° C a 0.46 MPa
Resistencia a la tracción	61 - 66 MPa
Fuerza flexible	48 - 110 MPa
Gravedad específica	1.24 g/cm ³

3. Sistema de envasado compatible con máquinas Keurig®

Debido a que nuestro mercado meta es Canadá y en esta región las personas tienen en sus hogares y oficinas mayormente máquinas Keurig® para preparar bebidas de un solo servicio nuestros sistemas deben ser compatibles con su tecnología para que los consumidores puedan preparar su café.

Se llevó a cabo un análisis de las condiciones a las que opera una máquina Keurig® y de igual forma se investigó acerca de las dimensiones y funciones de cada elemento que contiene un sistema de envasado en monodosis.

4. Precio razonable

El precio al público seleccionado para cada sistema de envasado en monodosis de café fue obtenido a través de un sondeo de precios por cápsulas de café de distintas marcas vendidas en Canadá, los cuales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 11. Precios por cada sistema de envasado en monodosis de café vendidos en Canadá.

K cup®	Precio/cápsula (dólar canadiense)	Precio/cápsula (pesos)
Starbucks - Caffè Verona®	\$0.81	\$11.75
Green Mountain®	\$0.69	\$10.01
Club Coffee®	\$0.60	\$8.70
Barnie's Coffee Kitchen®	\$0.60	\$8.70
Barrie House®	\$0.75	\$10.88
Brooklyn Bean Roastery®	\$0.83	\$12.04
Brown Gold Coffee®	\$0.69	\$10.01
Cake Boss®	\$0.60	\$8.70
Cameron's®	\$0.83	\$12.04
Caribou Coffee®	\$1.04	\$15.08
Coffee People®	\$0.71	\$10.30
Dunkin Donuts®	\$1.04	\$15.08
Emeril's®	\$0.77	\$11.17
Folgers®	\$0.77	\$11.17
Gloria Jean's®	\$1.04	\$15.08
Guy Fieri®	\$0.56	\$8.12
Hamilton Mills®	\$0.61	\$8.85
Marley Coffee®	\$0.71	\$10.30
Martinson	\$0.65	\$9.43

Coffee®		
McCafé®	\$1.00	\$14.50
Newman's Own®	\$0.83	\$12.04
Second Cup®	\$0.78	\$11.31
Skinnygirl®	\$0.56	\$8.12
Timothy's®	\$0.60	\$8.70
Tully's®	\$0.65	\$9.43
Van Houtte®	\$0.67	\$9.72
Wolfgang Puck®	\$0.69	\$10.01

A partir de este análisis de precios, nuestro precio de referencia será de \$0.60 dólar canadiense, el promedio de los valores menos una desviación estándar y el precio al distribuidor será un 30% menos.

5. Calidad consistente

El logro de un café como producto de excelencia, es resultado de un riguroso proceso de calidad en todo el proceso del producto. Este es un elemento de oportunidad ante la competencia. Dado que el producto va dirigido hacia un nicho comercial exigente, el cuidado de la consistencia en la calidad es fundamental.

Para este punto se desarrollará un sistema de calidad, se realizará un programa de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP por sus siglas en inglés) para garantizar su calidad e inocuidad (Chavéz, 2014).

Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control

El objetivo del sistema HACCP es identificar los peligros relacionados con la seguridad del consumidor que puedan ocurrir en la cadena alimentaria, estableciendo los procesos de control para garantizar la inocuidad del producto.

Este sistema es continuo, detectándose los problemas antes de que ocurran, o en el momento en que aparecen, y aplicándose inmediatamente las acciones

correctivas. Es sistemático, por ser un plan completo que cubre todas las operaciones, los procesos y las medidas de control, disminuyendo el riesgo de ETA.

El sistema HACCP es compatible con otros sistemas de control de calidad. Esto significa que inocuidad, calidad y productividad pueden abordarse en conjunto, resultando en beneficios para los consumidores, más ganancias para las empresas y mejores relaciones entre todas las partes que participan, en función del objetivo común de garantizar la inocuidad y la calidad de los alimentos. Todo esto se expresa en evidente beneficio para la salud y para la economía de los países (González, 2004).

Chávez (2014) hizo un análisis de los peligros potenciales del proceso de la producción de café y cómo evitarlos, los cuales se describen a continuación.

- Contaminación del cafeto por microorganismos como la *Roya*, que a nivel mundial es la enfermedad más importante en cuanto a los daños que provoca; es causada por un hongo el cual infecta las hojas del cafeto. La infección por este hongo ocasiona la caída prematura de las hojas y, si, además, hay ataques por insectos, mala fertilización y condiciones de crecimiento deficientes, los cafetos estarán en un continuo estrés y desbalance lo que afectará negativamente la producción (SCAA, 2013).
- Proceso de Beneficio del café que tiene como principal objetivo mantener a la semilla en estado de latencia (permitir estabilización), de tal manera que la calidad obtenida en el campo no se deteriore al reducir la actividad de agua y tasa de respiración metabólica. En este punto existen riesgos y peligros ya que si no se realiza adecuadamente este proceso da lugar a proliferación de microorganismos que originan sabores defectuosos como: tepache, queso, cuero, medicina, etc.
- Inadecuadas prácticas de procesos para la obtención del café verde.

Para estos inconvenientes se cuenta con tres proveedores expertos en el cultivo de café verde, dos de los cuales al tener un producto no orgánico pueden controlar de una manera eficiente la *Roya*, además cuentan con un programa del cuidado a sus cafetales y certificado emitido por SAGARPA que avala que sus cafetales están libres de *Roya*.

- Almacenamiento de café verde. La humedad del grano debe estar entre el 11% y el 12% ya que se previene un daño menor por microorganismo y actividad metabólica. La humedad relativa debe ser menor al 60%, si esta es mayor provoca crecimiento de hongos en la superficie de los granos, que a la vez producen ocratoxinas y levaduras que le confieren sabores no deseados al café.

Se considera adquirir el café verde después de la cosecha y almacenarlo en una bodega con condiciones controladas.

- Proceso de torrefacción, etapa de gran importancia, ya que de este proceso se originan los compuestos químicos distintivos del café y es fundamental lograr determinar el perfil de tostado que el cliente quiere disfrutar.

En este proceso se debe estandarizar, así como una supervisión constante en el tostado y mantener registro para llevar un adecuado control.

- Envasado y etiquetado, llevar un control adecuado en cuanto a lote y fecha de cada producto para tener una rastreabilidad del producto.

Es importante mencionar que un factor determinante en la calidad del producto es la materia prima, por este motivo es indispensable contar con especificaciones y parámetros de calidad del café verde.

6. Disponibilidad del producto

Para que el producto se encuentre disponible siempre que se requiera se llegaran a acuerdos con los productores de café, los cuales deben manejar un inventario apropiado para que el suministro de la materia prima sea a tiempo, de la misma manera se hablará con los proveedores de PLA y de los tanques de gas inerte para que se entregue cuando se necesite el material.

7. Diseño de empaque atractivo estéticamente

Se cuidará que el diseño del sistema de envasado en monodosis sea llamativo, innovador y conveniente para el consumidor. Puesto que el empaque es una parte fundamental del producto, porque además de contener, proteger y/o preservarlo permitiendo que este llegue en óptimas condiciones al consumidor final, es una poderosa herramienta de promoción y venta.

El empaque es un elemento integral de las decisiones relacionadas con el producto, pues desempeña importantes funciones de comunicación, ya que proporciona a los consumidores una base para tomar decisiones de compra. Muchos expertos de la industria coinciden, en que el empaque debe atraer los sentidos, conectar emocionalmente y mejorar la experiencia de marca de un consumidor. Es más que un simple exhibidor o protector del producto, es crear una experiencia tan solo al ver la cubierta (Melgar, 2011).

Por lo tanto, el empaque puede resultar un elemento que permita establecer una ventaja diferencial con respecto a los productos competidores, en especial aquellos de igual calidad. Enseguida se muestra una tabla donde se hace una comparación de los materiales biodegradables, aplicando los criterios anteriormente citados en la casa de calidad. Tomándose una escala de 1 a 5 siendo el 1 la expresión de la mínima competencia y el 5 la máxima.

Tabla núm. 12 Evaluación de materiales biodegradables.

	Ácido poliláctico	Polihidroxicanoatos	Poliésteres alifáticos	Copolímero alifático	Policaprolactona	Ecovio	Cascarilla del grano de café	Bagazo de caña	Paja de trigo
Preservación de propiedades organolépticas	5	4	3	3	3	5	3	3	3
Sustentabilidad ambiental	5	3	3	3	3	5	3	4	3
Sistema de envasado compatible con máquinas Keurig®	5	4	3	2	3	4	2	3	2
Precio razonable	5	3	2	2	4	3	3	3	3
Calidad consistente	5	5	4	5	3	5	3	3	3
Disponibilidad del producto	5	3	3	3	4	4	2	3	3
Diseño de empaque atractivo estéticamente	4	4	4	5	3	4	3	3	3
Total	34	26	22	23	23	30	19	22	20

De la tabla No.12, se observa que el material biodegradable que obtuvo un mayor puntaje corresponde al ácido poliláctico, siendo este el que cubre de mejor manera las necesidades requeridas para la elaboración del envase en monodosis de café.

Como resultado del desglose funcional de calidad, plasmado en la casa de calidad, se identificaron y ponderaron los requerimientos del cliente para un sistema de envasado en monodosis, las cuales son en orden de ponderación: conveniencia, calidad consistente, precio razonable, preservación de las propiedades organolépticas, compatibilidad con máquinas Keurig® y sustentabilidad ambiental.

Proveedores de PLA en México

NatureWorks®

El consumo de PLA en 2007 fue de alrededor de 60 mil toneladas y, hasta el momento, sólo el 30% del Ácido Láctico producido se utiliza para fabricar PLA. El productor más importante es NatureWorks® (Nebraska, EEUU) con una capacidad de 140 mil ton/año y precios de venta (por kilogramo) entre los € 2,5 y los € 5,5 (Chero, 2015).

NatureWorks® LLC es una compañía dedicada a satisfacer las necesidades del mundo de hoy sin comprometer la habilidad de la Tierra de satisfacer las necesidades del mañana. NatureWorks® LLC es la primera compañía en ofrecer una familia de polímeros con huella reducida de carbono, disponible comercialmente y derivada de recursos renovables anualmente en un 100 %, a un costo y con un rendimiento que compite con las fibras y los plásticos derivados del petróleo. La producción de estos biopolímeros utiliza menos combustibles fósiles y emite menos gases de invernadero que los polímeros convencionales. La compañía aplica su tecnología patentada para procesar azúcares naturales de plantas y crear el biopolímero Ingeo™.

NatureWorks® creó una nueva asociación de distribución para México con PromaPlast® Resinas.

El grupo Promaplast®, fundado en 1996, se distingue en el mercado por aportar soluciones integrales a la industria del plástico. PromaPlast® representa a los fabricantes globales líderes del ramo distribuyendo polímeros de ingeniería, resinas estirénicas, poliolefinas y elastómeros, colores, compuestos, aditivos y otras materias primas relacionadas a esta industria. Con ventas en el orden de 40 millones de dólares al año, PromaPlast sirve al mercado mexicano, así como a clientes a lo largo y ancho del continente americano siendo reconocidos por la industria como proveedor confiable y por sus representados como una extensión de su fuerza de ventas (Minnetonka, 2008).

PromaPlast dedica sus conocimientos de logística, sus ocho sucursales en México y una en Centroamérica, trabaja junto con sus clientes para identificar y desarrollar

oportunidades de negocio, garantizando el suministro local de Ingeo™ y acompañarlo de un servicio técnico profesional (PromaPlast, 2018).

Corbion Purac®

Corbion inspira una elección consciente para soluciones seguras, saludables y convenientes, fabricadas a través de procesos naturales, suministrando productos de fuentes renovables de alta calidad para el mercado global de alimentos, salud animal, farmacéutica y dispositivos médicos, productos para cuidados personales y limpieza del hogar, envases, industria automotriz, electrónicos, resinas de revestimientos y químicos de fuentes renovables (Énfasis Alimentación, 2013).

Corbion es una empresa global de ingredientes bioquímicos con una familia de soluciones probadas basadas en materiales renovables y procesos de uso eficiente de recursos que son, sobre todo, seguros para que las personas los usen y disfruten. Corbion es un nombre nuevo, pero puede contar con más de 100 años de experiencia. Nos basamos en el rico patrimonio de dos empresas exitosas que han sido innovadoras en la industria alimenticia y bioquímica: Caravan Ingredients y Purac. Lideramos el camino en prácticas sostenibles mediante el uso de materias primas renovables y nuestra rica herencia en ácido láctico natural (Purac, 2018).

Polilácticos en Montecitos No. 38 piso 23 Oficina 12 Col. Nápoles, Distrito Federal C.P. 03810. México.

Tabla 13. Empresas productoras de PLA a nivel global

Empresa	Ubicación	Producto comercial
Cargill LCC®	EE. UU.	NatureWorks
Mitsubishi®	Japón	Ecoloju
Chronopol®	EE. UU.	Heplon
Hycail®	Holanda	Hycail HM, LM
Toyota®	Japón	Toyota Eco-Plastic
Purac Biomaterials®	Holanda	Purasorb*
Durect®	EE. UU.	Lactel*

Shimadzu®	Japón	Lacty*
Total & Galactic®	Bélgica	Futero**
Treofan®	Holanda	Treofan
Mitsui Chem®	Japón	Lacea

* Especialidades medicinales

** En etapa de proyecto

Manufacturabilidad

Para llevar a cabo la fabricación del sistema de envasado en monodosis de café, se seguirá la técnica de termoformado. En seguida se describen las técnicas de termoformado mencionadas en el libro del ingeniero Mikell, Groover.

El termoformado es un proceso en el cual se usa una lámina plana de material termoplástico para darle la forma deseada.

El termoformado consta de dos pasos principales: calentamiento y formado. El calentamiento se realiza generalmente mediante radiadores eléctricos en uno o ambos lados de la lámina de plástico inicial, a una distancia aproximada de 125 mm. La duración del ciclo de calentamiento necesita ser suficiente para ablandar la lámina, dependiendo del polímero, su espesor y color. Los métodos de formado pueden clasificarse en tres categorías básicas: 1) termoformado al vacío, 2) termoformado a presión y 3) termoformado mecánico (Groover, 1997).

Termoformado al vacío

El método más antiguo es el termoformado al vacío (llamado simplemente formado al vacío en sus inicios, en los años cincuenta) en el cual se usa presión negativa para adherir la lámina precalentada dentro la cavidad del molde. El proceso se explica en la Figura 35. en su forma más básica. Los agujeros para hacer el vacío en el molde son del orden de 0.8 mm de diámetro, así sus efectos en la superficie del plástico son menores.

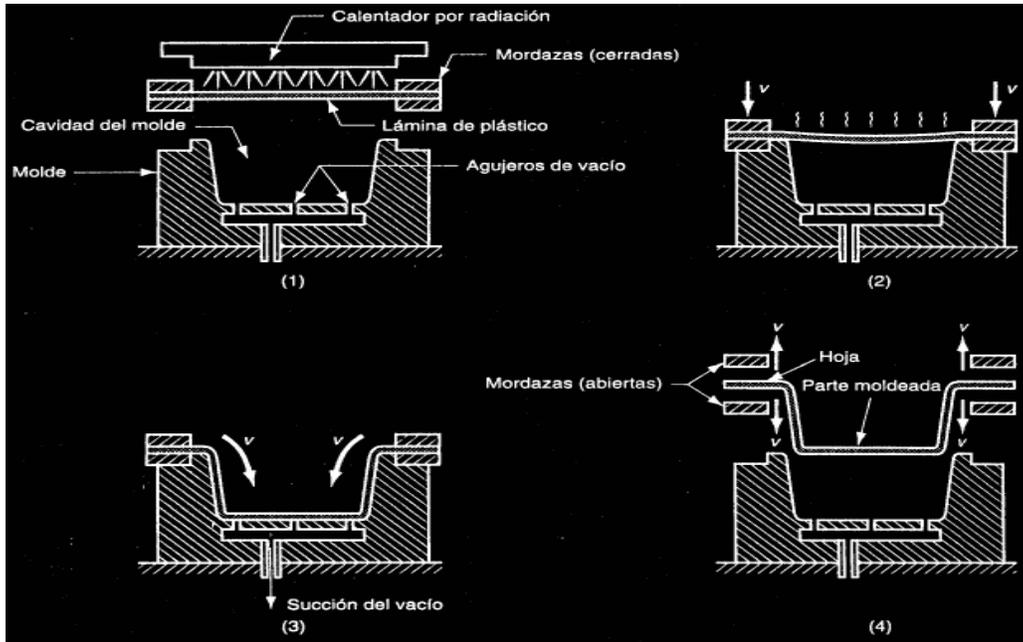


Figura 35. Termoformado al vacío: (1) se suaviza una lámina plana de plástico por calentamiento; (2) se coloca sobre la cavidad de un molde cóncavo; (3) el vacío atrae la lámina hacia la cavidad, y (4) el plástico se endurece al contacto con la superficie fría del molde, la parte se retira y luego se recorta de la hoja (Groover, 1997).

Termoformado a presión

Una alternativa del formado al vacío involucra presión positiva para forzar al plástico caliente dentro de la cavidad del molde. Esto se llama termoformado a presión o formado por soplado; su ventaja sobre el formado al vacío radica en que se pueden desarrollar presiones más altas, ya que en el método anterior este parámetro se limita a un máximo teórico de una atmósfera. Son comunes las presiones de formado de tres a cuatro atmósferas. La secuencia del proceso es similar a la anterior, la diferencia es que la lámina se presiona desde arriba hacia la cavidad del molde. Los agujeros de ventilación en el molde dejan salir el aire atrapado. La parte del formado de la secuencia (pasos 2 y 3) como se ilustra en la Figura 36.

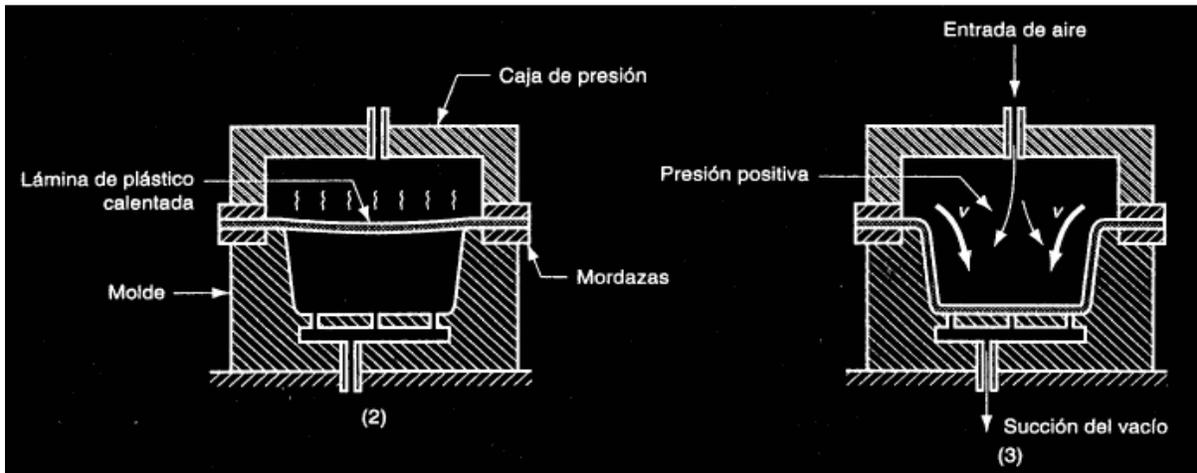


Figura 36. Termoforado a presión. La secuencia es similar a la de la figura 2.70; la diferencia está en (2), la lámina se coloca sobre una cavidad M molde y en (3) la presión positiva fuerza a la lámina dentro de la cavidad (Groover, 1997).

Termoforado mecánico

El tercer método, llamado termoforado mecánico, usa un par de moldes (positivo y negativo) que se aplican contra la lámina u hoja de plástico caliente, forzándola a asumir su forma. En el método de formado mecánico puro no se usa vacío ni presión de aire. El proceso se ilustra en la Figura 37.

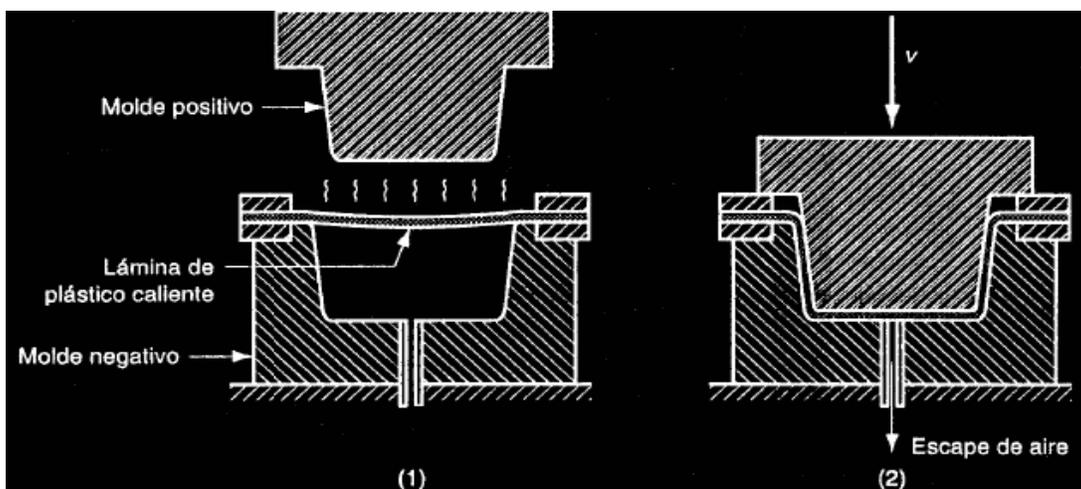


Figura 37. Termoforado mecánico: (1) 1,1 lámina caliente de plástico se coloca sobre el molde negativo y (2) se cierra el molde para conformar la lámina (Groover, 1997).

Se hará uso de la técnica de termoformado por presión, ya que a diferencia del termoformado mecánico el costo de los moldes es menor debido a que solo se utiliza uno, mientras que en el mecánico se requieren forzosamente dos moldes (Groover, 1997).

Al llevar a cabo esta técnica la materia prima (Ácido Poliláctico) requerida para hacer el envase debe adquirirse en presentación de rollo, con el fin de hacerla pasar a través de la termofomadora y una vez ahí dentro calentar el pliego para reblandecerlo y que este pueda tomar la forma del molde con ayuda de presión.

Una vez que se tienen los envases estos deben ser transportados por bandas hacia una nueva máquina, la cual tendrá la función de colocar el filtro dentro del envase y rellenarlo con granos de café, posteriormente se sella e inyecta nitrógeno en el interior del envase para la preservación de las propiedades del café.

La máquina para el envasado de café fres-co® permiten alcanzar una velocidad de producción de 120, 240 y 360 piezas al minuto.

Los equipos han sido diseñados para poder gestionar con la máxima sencillez y flexibilidad cápsulas de diferentes dimensiones, desde la cápsula tradicional FAP hasta las compatibles con los sistemas más conocidos como Nespresso®, Keurig®, Dolce Gusto® entre otros, optimizando al máximo la utilización de materiales en bobina.

Los grupos de llenado, presión y soldadura se mueven con extrema precisión gracias a la motorización “brushless”, avanzando hacia el material y dando vida al exclusivo *layout* “*Jaque Mate*” (como si de un tablero de ajedrez se tratase) en la cinta transportadora.

Esta característica permite reducir al mínimo el espacio entre los moldes, disminuyendo considerablemente la cantidad del material necesario para la tapa de cierre de las cápsulas, así como los descartes generados después de la producción.

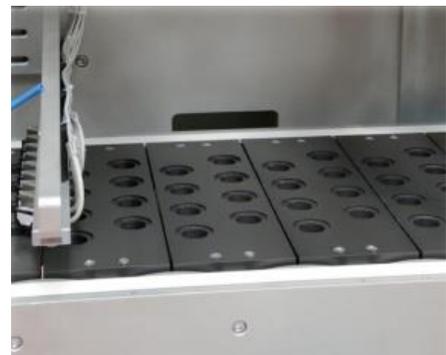


Figura 38. Máquina de envasado fres-co®. Recuperado de <https://fres-co.es/>

Los tornillos sin fin dobles son accionados en continuo por un alimentador que garantiza la máxima homogeneidad del producto que llenará cápsulas con elevados estándares de calidad.

Un túnel con inyección de nitrógeno acompaña las cápsulas en la fase de llenado hasta la soldadura de la tapa de cierre

Atención importante en fase de diseño para simplificar y facilitar al operario los trabajos realizados en la máquina: todos los grupos están montados sobre guías que permiten la completa extracción durante la fase de regulación, mantenimiento o limpieza, mientras que los cambios de bobinas realizados con carretillas se reducen al mínimo gracias a los soportes para bobinas de hasta 500 mm de diámetro.

Aspiradores posicionados en la zona de llenado y de prensado de las cápsulas garantizan la eliminación de polvo de la superficie de la tapa, mientras que un cepillo posicionado bajo la cinta transportadora recoge el eventual producto en una bandeja que después es aspirado.

Por último, complementan la máquina un *chasis* en acero inoxidable, celdas de carga con *feedback* directo a los tornillos sin fin para el control del peso, posicionado sobre una estructura independiente para garantizar la máxima precisión y cámaras para verificar la perfecta precisión y soldadura del material de cierre de las cápsulas (Goglio, 2017).

Plano del sistema de envasado de café en monodosis

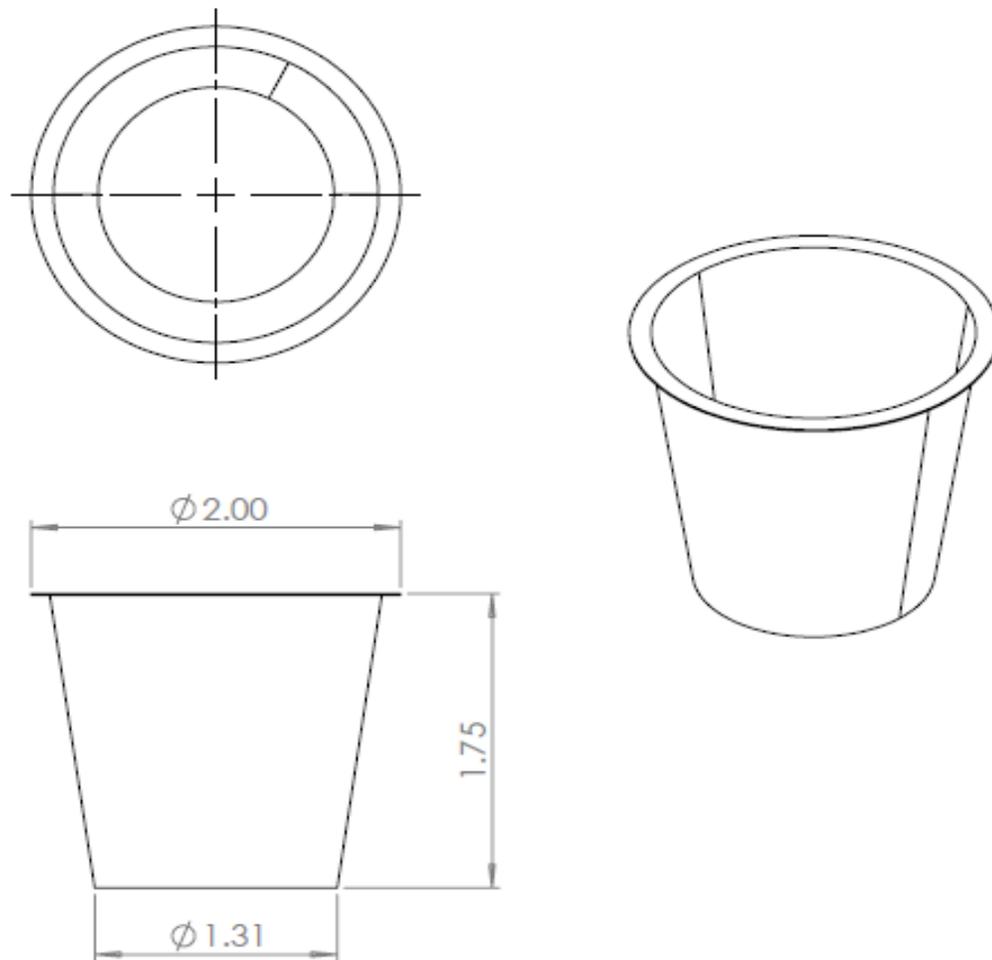


Figura 39. Plano del cuerpo de la cápsula de café con dimensiones en pulgadas (Diseño propio).

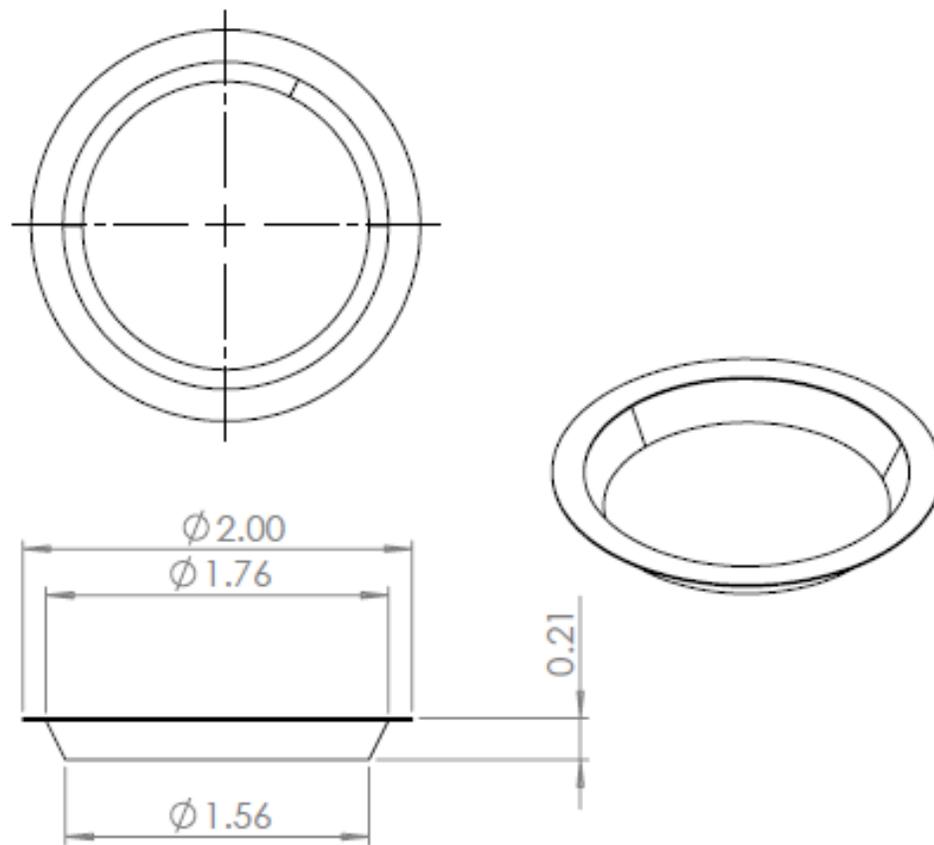


Figura 40. Plano del anillo de la cápsula de café con dimensiones en pulgadas (Diseño propio).

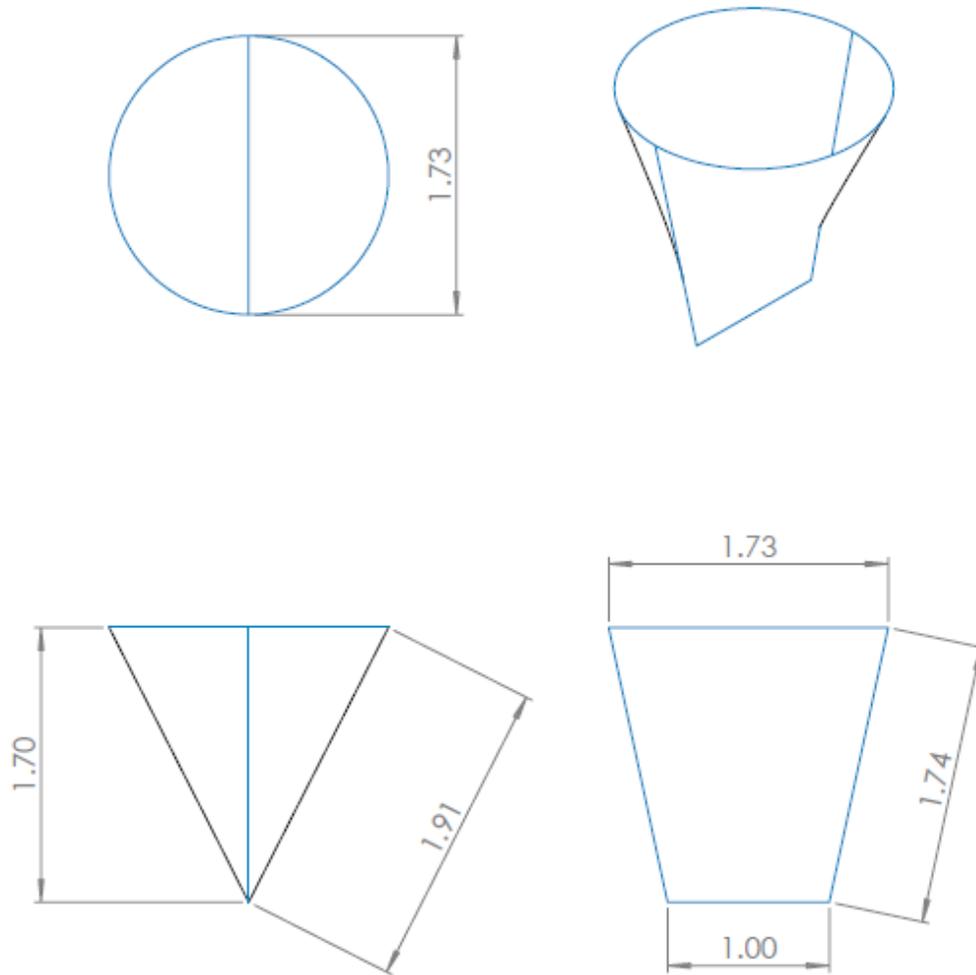


Figura 41. Plano del filtro de la cápsula de café con dimensiones en pulgadas (Diseño propio).

En seguida se muestran las imágenes de los planos de la cápsula en 3D realizadas con el programa *SolidWorks*®.

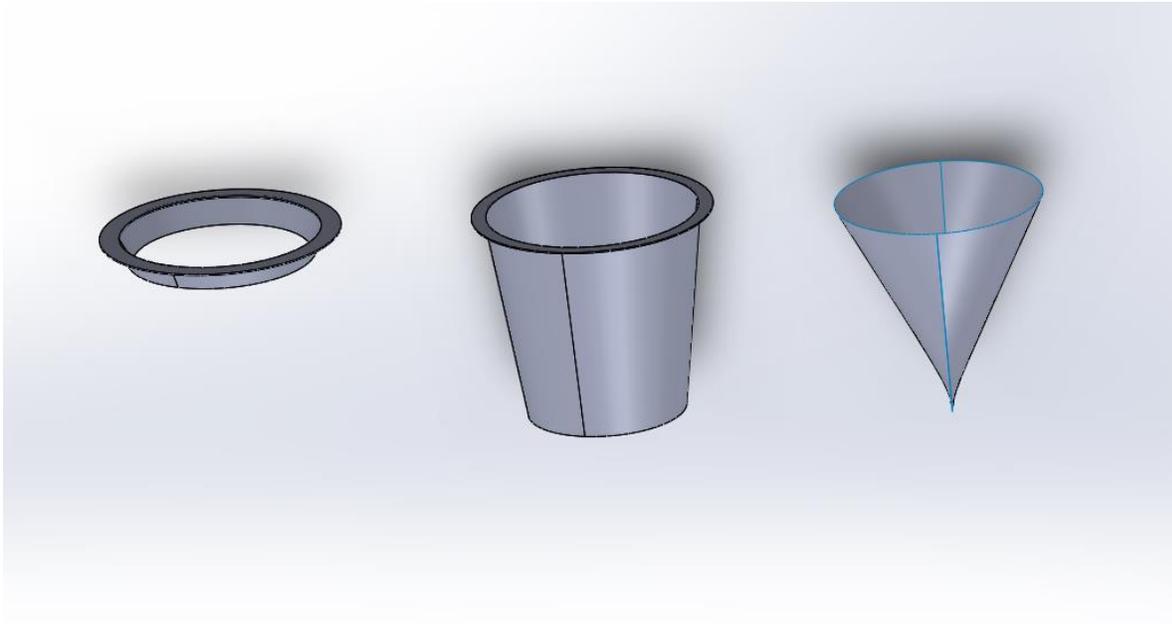


Figura 42. Vista de frente de los elementos de la cápsula de café (Diseño propio).

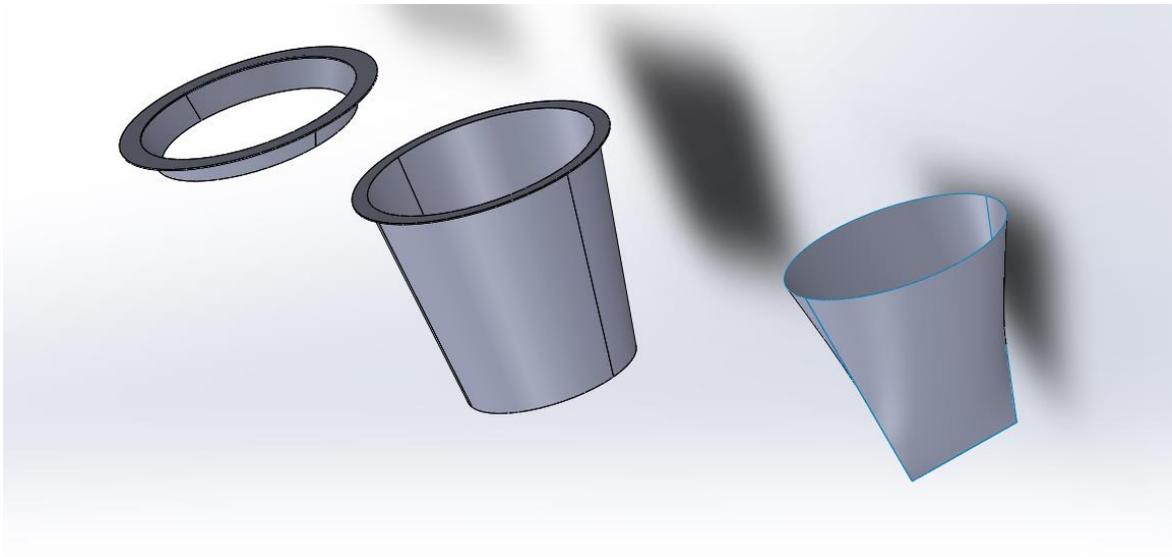


Figura 43. Vista frontal en alzado de los elementos de la cápsula de café (Diseño propio).

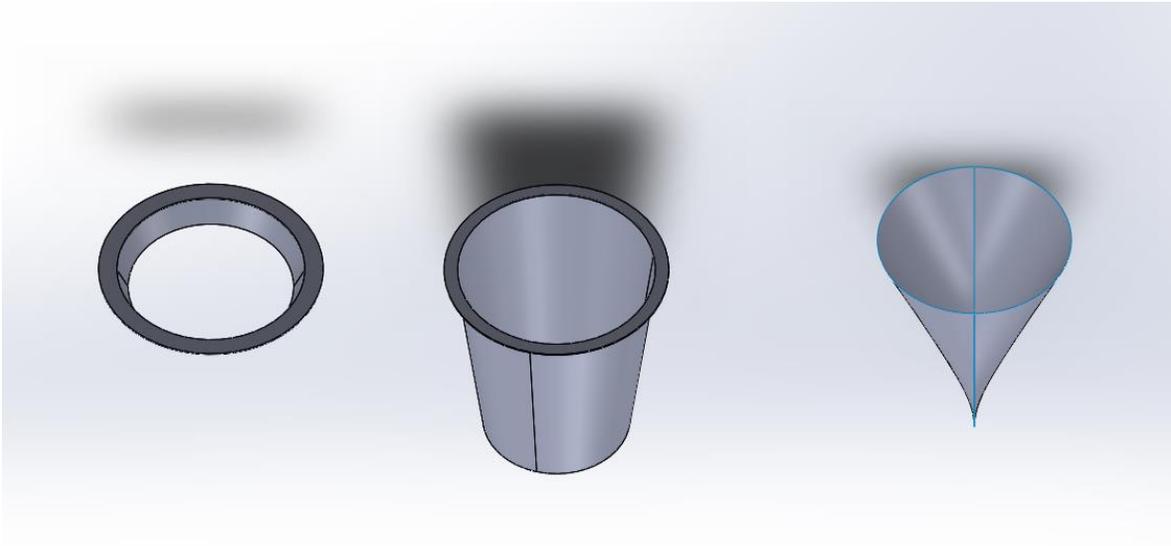


Figura 44. Vista en planta superior de los elementos de la cápsula de café (Diseño propio).

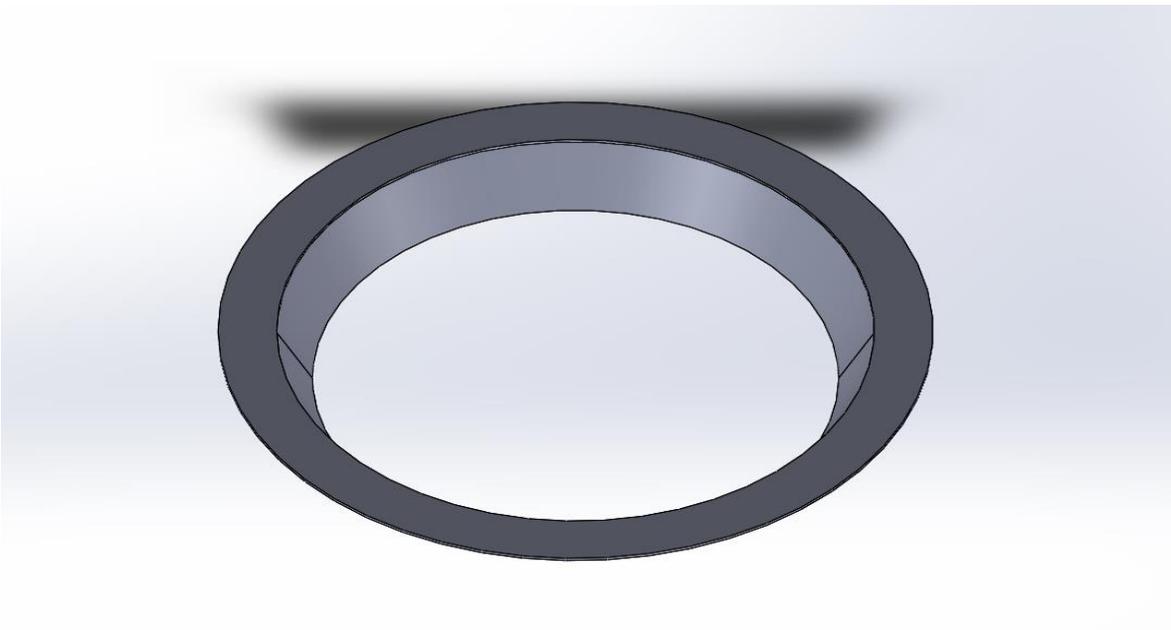


Figura 45. Vista frontal del anillo de la cápsula de café (Diseño propio).



Figura 46. Vista frontal de la cápsula de café (Diseño propio).

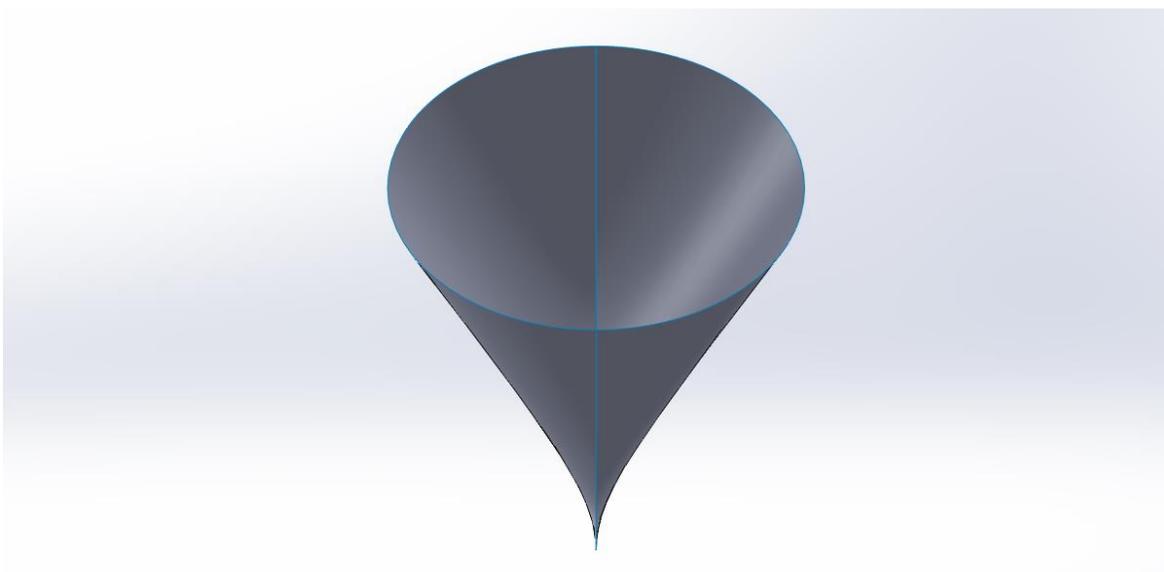


Figura 47. Vista frontal del filtro de la cápsula de café (Diseño propio).

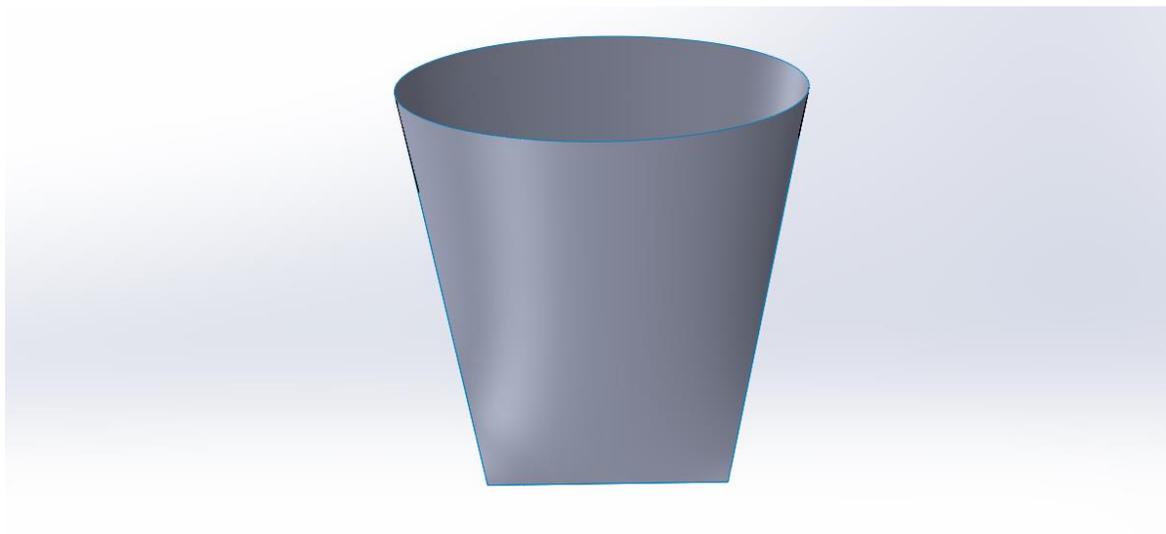


Figura 48. Vista de frente del filtro de la cápsula de café (Diseño propio).

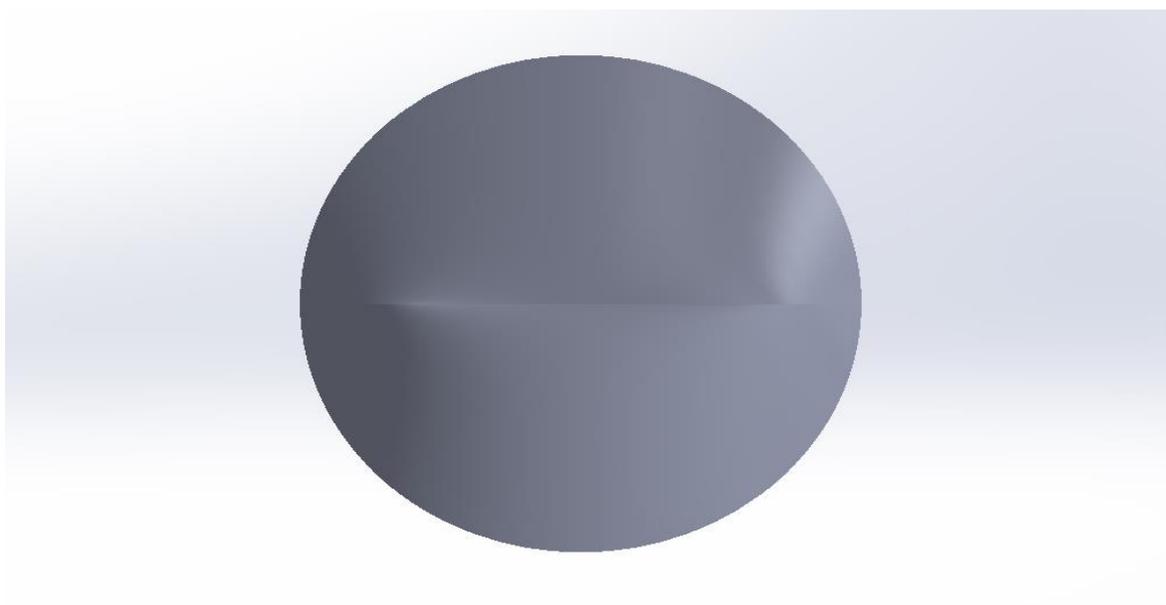


Figura 49. Vista inferior del filtro de la cápsula de café (Diseño propio).

Conclusiones

Se empleó el modelo de Porter, como base de los criterios para la selección del material de envase en monodosis de café, lo que permitió.

- Conocer las necesidades y exigencias actuales del consumidor propias de un mercado de exportación, para el desarrollo de un sistema de envasado de café en monodosis.
- Establecer una estrategia de diferenciación, para hacer frente a los competidores existentes en el mercado.
- Desarrollar una táctica conveniente con los proveedores del material biodegradable seleccionado, para garantizar la disponibilidad del producto, la calidad consistente y un precio competitivo.
- Distinguir entre los productos que actualmente existen en el mercado y representan una amenaza comercial.
- Realizar una propuesta de diseño del envase con el material seleccionado consistente PLA, a partir de sus especificaciones.

El desarrollo del modelo de Porter repercutió positivamente a la planeación estratégica del caso de negocio planteado, porque estableció los requisitos del sistema de envasado en monodosis de café, a partir de las necesidades requeridas por el consumidor.

Bibliografía

Abreu, E. F., Giuliani, A. C., Pizzinatto, N. K., & Correa, D. A. (2006). *Benchmarking como instrumento dirigido al cliente*. Invenio.

Alimentación, É. (08 de julio de 2013). *Purac ahora es Corbion*. Obtenido de <http://www.alimentacion.enfasis.com/notas/67291-purac-ahora-es-corbion%7D>

AMECAFE. (2012). *Asociación Mexicana de la Cadena Productiva del Café, A.C. México*. Obtenido de <https://amecafe.org.mx/>

Anjum A, Z. M. (2016). *Microbial production of polyhydroxyalkanoates (PHAs) and its copolymers: A review of recent advancements*. Int J Biol Macromol.

Artes Calero, F. (2000). *Modificaciones de la atmósfera y tratamiento térmicos*. Santafé de: El Congreso.

Auras, R. S. (2005). *Evaluation of oriented poly(lactide) polymers vs. existing PET and oriented PS for fresh food service*.

Auras, R. S. (2006). *Performance evaluation of PLA against existing PET and PS containers*. *Journal of Testing and Evaluation*.

Avérous, L. (2008). *Polylactic Acid: Synthesis, Properties and Applications, in Monomers, Polymers and Composites from Renewable Resources*. Amsterdam: Elsevier.

Babel W, S. A. (2001). *Biopolyesters. Advances in Biochemical Engineering Biotechnology*. 1ª ed. Berlin: Springer-Verlag.

Bagnera, D. (2018). *XLSEMANAL*. Recuperado el 03 de 02 de 2019, de <https://www.xlsemanal.com/conocer/naturaleza/20170802/reciclaje-capsulas-cafe-medioambiente-residuos.html>

BASF. (2011). *Ecovio® certified compostable polymer with biobased content*. Recuperado el 06 de 01 de 2019, de <https://products.basf.com/en/ecovio.html>

BASF. (19 de septiembre de 2017). *BASF adquirirá el negocio global de poliamidas de Solvay. España.* Recuperado el 13 de 02 de 2019, de <https://www.basf.com/es/es/company/news-and-media/news-releases/2017/09/Las-primeras-ca-psulas-de-cafe--biodegradables--y-compostables-del-mercado-desembarcan-en-Expoquimia-2017.html>

Beaulieu, N. G. (2003). *Estados Unidos Patente nº USD502362S1.*

Braunegg G, L. G. (1998). *Polyhydroxyalkanoates, biopolyesters from renewable resources: physiological and engineering aspects.* J Biotechnol.

Buen Café. (2017). *Buencafé Liofilizado de Colombia.* Recuperado el 07 de 03 de 2019, de <https://www.buencafe.com/blogs/tendencias-en-el-consumo-de-cafe/>

Café Punta del Cielo. (2018). *Café Punta del Cielo.* Recuperado el 15 de 01 de 2019, de <https://puntadelcielo.com.mx/>

Café, I. (2017). *Illy Sustainable value report.* Recuperado el 03 de 11 de 2018, de <http://valuereport.illy.com/>

Café, I. (2018). *Illy.* Recuperado el 23 de 01 de 2019, de <https://www.illy.com/es-es/company/empresa/sociedad>

Chaudhuri, S. (25 de 02 de 2016). Nespresso combate a sus rivales en el mercado y la justicia. *La Nación*, págs. <https://www.lanacion.com.ar/1874126-nespresso-combate-a-sus-rivales-en-el-mercado-y-la-justicia>.

Chavarrías, M. (11 de 06 de 2018). *Cápsulas de café, ¿son sus materiales tóxicos?* Recuperado el 17 de 04 de 2019, de https://www.eldiario.es/consumoclaro/beber/Capsulas-cafe-materiales-toxicos_0_779372574.html

Chávez, M. (2014). *Plan de Exportación de Café de Especialidad.* Tesis de Maestría México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Chero, K. M. (2015). *Estudio de factibilidad técnico-económico en la instalación de una planta química para la producción del biopolímero ácido poliláctico (PLA) a partir de lactosuero*. Peru: Universidad nacional de Piura.

Chuet-Missé, J. P. (28 de 05 de 2018). El problema ecológico y la solución bio de las cápsulas de café. *La Vanguardia*, págs. 2-4.

Científicos, T. (2017). *Textos Científicos*. Recuperado el 14 de 09 de 2018, de <https://www.textoscientificos.com/polimeros/acido-polilactico>

Coffee, C. (2018). *Cabú Coffee*. Recuperado el 03 de 02 de 2019, de <http://www.cabucoffee.com/Mundo-de-cafe/capsulas-de-cafe-biodegradables.html>

Cuadras, S. (2016). *Forúm Café*. Recuperado el 22 de 02 de 2019, de http://www.forumdelcafe.com/sites/default/files/biblioteca/f-45_capsulas_cafe.pdf

D.E. Henton, P. G. (2005). *Polylactic acid technology. 1st ed. Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites*. Nueva York: A.K. Mohanty, M. Misra, and L.T. Drzal. CRC Press.

D'Ambrosio, D. (29 de 10 de 2013). *USA TODAY*. Recuperado el 23 de 02 de 2019, de <https://www.usatoday.com/story/money/business/2013/10/29/life-after-the-k-cup-patent/3307187/>

Dragone, J. E. (1997). *Estados Unidos Patente nº US5840189A*.

E. Bugnicourt, P. C. (2014). *Polihidroxialcanoato (PHA): revisión de síntesis, características, procesamiento y posibles aplicaciones en el envasado*.

Enma Manals, D. S. (2018). *Caracterización de la biomasa vegetal "Cascarilla de café"*. Santiago de Cuba: Universidad de Oriente. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852018000100013

FDA. (2009). *Indirect Food Additives: Adhesives and Components of Coatings.*, in *Code of Federal Regulations 21*. Department of Health and Human Services, F. D. A, 175.300.

Fiorese ML, F. F. (2009). *Recovery of polyhydroxybutyrate (PHB) from Cupriavidus necator biomass by solvent extraction with 1, 2-propylene carbonate*. Eng Life Sci.

Flo. (2015). *Flo presents Gea, a new generation of coffee capsules developed with NatureWorks*. Recuperado el 25 de 05 de 2019 de <http://www.flo.eu/en/communication/news/gea-coffee-capsule-new-biobased.aspx>

Flores, B. C. (2018). *Evaluación técnico-económica de Proyectos de Inversión. Caso de estudio: Desarrollo de un café de especialidad para el mercado de exportación*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Fonseca, F. (2011). *Biomass briquetting and its perspectives in Brazil*. "Biomass and bioenergy" (Vol. 35).

Fudiandco. (02 de 2017). *Fudi & Co*. Recuperado el 03 de 03 de 2019, de <https://fudiandco.com/capsulas-de-cafe-medio-ambiente/>

Gabriel, G., & Massimiliano, H. S. (2014). *Cánada Patente nº WO2018CA50166 20180214*.

Gallard, J. (26 de 10 de 2012). *Ethical Coffee Casino* . Recuperado el 04 de 02 de 2019, de <http://www.capsules-compatibles.fr/comment-nestle-et-nespresso-en-concurrents-aigris-essaient-de-faire-passer-les-capsules-ethical-coffee-company-pour-de-%C2%AB-vulgaires-generiques-%C2%BB-%C2%AB-ersatz-%C2%BB-voire-des-%C2%AB-im/>

Giaroli, G. N. (2015). *Producción de Polilactico por ROP*. Argentina: Universidad Nacional de Cuyo .

Goglio. (2017). *Fres-co System España*. Recuperado el 18 de 01 de 2019, de <https://fres-co.es/>

Gonry, J. y. (2000). Are Argon-enriched atmospheres beneficial? *Perishables Handling Quarterly Issue* , 7-8.

González, E. O. (2004). *Análisis de peligro y puntos críticos de control. Su relación con la inocuidad de los alimentos*. La Habana, Cuba: CIREN.

Gretler, C. (27 de 06 de 2016). Nestle's Coffee Business Is Competing With Itself. *Bloomberg*.

Groover, M. (1997). *Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas*. Estados Unidos: Prentice Hall.

Halo. (2018). Obtenido de <https://halo.coffee/>

Hartmann, H. (1998). *High molecular weight polylactic acid polymers*. Berlin: D.L. Kaplan. Springer-Verlag.

Hernández, K. (2013). *BIODEGRADACIÓN DE ENVASES ELABORADOS A BASE*. México.

Hongjun, W. (2018). *Estados Unidos Patente nº CN201811164237 20181005* .

illy. (2018). *illy*. Recuperado el 07 de 01 de 2019, de <https://www.illy.com/es-es/company/empresa/sociedad>

Inc., B. E. (2017). *Whistler Grocery Store*. Recuperado el 17 de 04 de 2019, de <https://whistlergrocery.com/>

J.R. Dorgan, B. B. (2006). *Poly(lactic acids): A Brief Review*. ed. *Degradable Polymers and Materials*. Nueva York: K.C. Khemani and C. Scholz. ACS Symposium Series.

Jachec, H. (24 de 11 de 2016). *FoodBev Media* . Recuperado el 04 de 02 de 2019, de <https://www.foodbev.com/news/ethical-coffee-company-develops-biodegradable-coffee-capsule-range/>

Jeffrey, H. y. (2002). *Fundamentos de dirección estratégica*, . Madrid: Thompson Editores.

K, K. S. (2018). *Estados Unidos Patente nº US201762554209P 20170905*.

Kendrick, A. (10 de 07 de 2013). *Keurig Loses Coffee Pod Patent Infringement Case*. Recuperado el 24 de 02 de 2019, de <http://www.ipwatchdog.com/2013/06/10/keurig-loses-coffee-pod-patent-infringement-case/id=41526/>

Keurig. (4 de Mayo de 2015). *Keurig – Brewer Support*. Recuperado el 09 de 02 de 2019, de http://support.keurig.com/k_cup_brewers

Keurig. (2017). *Keurig Hot Classic Series*. Recuperado el 09 de 02 de 2019, de <https://m.keurig.com/medias/Keurig-Hot-Classic-Series-User-Care-Guide.pdf?context=bWFzdGVyfGstY3VwLWJyZXdlcnMtdXNlci1ndWlkZXMtcGRmc3wxNDM3NjM4fGFwcGxpY2F0aW9uL3BkZnxrLWN1cC1icmV3ZXJzLXVzZXItZ3VpZGVzLXBkZnMvaGUwL2g2ZS8yNzQ4ODg5MjA5MjQ0Ni5wZGZ8YmNiZWU4Y2YyN>

Khanna S, S. A. (2005). *Recent advances in microbial polyhydroxyalkanoates. Process Biochem.*

La nueva cara de México. (06 de Abril de 2016). Recuperado el 11 de 04 de 2019, de <http://i2.esmas.com/documents/2009/08/12/53/cafe-punta-del-cielo.pdf>

Magretta, J. (2015). *Understanding Michael Porter: The Essential Guide to Competition and Strategy*. Harvard Business School.

Marcela, S., & Cartagena Valenzuela, J. R. (2008). La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. *Lasallista de Investigación*, 112-123.

Medina, M. G. (2017). Recuperado el 12 de 02 de 2019, de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/14865/Tesis.pdf?sequence=1>

Melgar, G. (03 de 11 de 2011). *Marketing Internacional*. Recuperado el 14 de 03 de 2019, de <https://gloriacalderon.wordpress.com/tag/la-importancia-del-empaque/>

Michael, M. S. (2017). *Estados Unidos Patente nº US201662347729P 20160609; US201715593772 20170512; WO2017US36388 20170607*.

Minnetonka. (04 de Diciembre de 2008). *NatureWorks*. Recuperado el 14 de 02 de 2019, de [e https://www.natureworksllc.com/News-and-Events/Press-Releases/2008/12-04-08-PromaPlast-ES](https://www.natureworksllc.com/News-and-Events/Press-Releases/2008/12-04-08-PromaPlast-ES)

MISSÉ, J. P. (28 de 05 de 2018). El problema ecológico (y la solución bio) de las cápsulas de café. Recuperado el 19 de 03 de 2019, de <https://www.lavanguardia.com/natural/20170528/422949639039/capsula-cafe-problema-ecologico.html>.

Mountain, K. G. (2018). *Keurig Green Mountain*. Recuperado el 08 de 01 de 2019, de <http://www.keuriggreenmountain.com/en/OurCompany/Overview.aspx>

mundo plast. (26 de 02 de 2018). Recuperado el 28 de 02 de 2019, de <https://mundoplast.com/beck-automation-maquina-impl-capsulas-pla/>

MUNSA. (2018). Recuperado el 16 de 02 de 2019, de <http://www.munsa.com.mx/blog/cuando-el-trigo-se-hace-plastico>

Natives. (23 de 07 de 2019). *El sitio web de la impresión 3D*. Recuperado el 27 de 06 de 2019, de <https://www.3dnatives.com/es/ecologico-realmente-filamento-pla-23072019/>

Noriega, M. d. (02 de 2012). *Tecnología del plástico* . Recuperado el 29 de 01 de 2019, de <http://www.plastico.com/temas/Avances-en-el-sistema-de-etiquetado-en-el-molde-IML+3086707>

Novell, C. (2004). *Cafés Novell*. Recuperado el 13 de 01 de 2019, de <http://cafesnovell.com/sobre-nosotros/>

Ortiz, V. (2016). *ResearchGate*. Recuperado el 14 de 05 de 2019, de https://www.researchgate.net/profile/Vicente_Ortiz6

Parry, R. (1995). *Envasado de los alimentos en atmósferas modificada*. Madrid, España: Madrid Vicente Ediciones.

Pascual, C. (2011). *Determinación de la biodegradabilidad y compostabilidad de los materiales plásticos*. España.

Philip, M. W., Aaron, S., & Thomas, F. H. (2017). *Estados Unidos Patente nº US201662400713P 20160928*.

Piemonte, V. (2012). *Polylactic Acid: Synthesis, Properties And Applications*. Nueva York: Nova Science Publishers, Inc.

Plastico, T. d. (2018). *Tecnología del Plástico* . Recuperado el 01 de 02 de 2019, de <http://www.plastico.com/temas/Gea,-nueva-generacion-de-capsulas-de-cafe-compostables+126463>

Porter, M. E. (1982). *Estrategia competitiva: Técnicas para análisis sectores industriales y de la competencia*. México: Compañía Editorial S.A. de C.V.

PromaPlast. (2018). *PromaPlast*. Recuperado el 24 de 03 de 2019, de <https://www.quiminet.com/shr/es/promaplast-28616113.htm>

Purac, C. (2018). *Corbion Purac*. Recuperado el 24 de 03 de 2019, de <https://www.cphi.com/europe/exhibitors/corbion-purac>

Purpod. (2018). Recuperado el 17 de 02 de 2019, de <http://purpod100.com/>

Reforma, A. (08 de 12 de 2018). *Periódico am*. Recuperado el 02 de 02 de 2019, de <https://www.am.com.mx/2018/12/18/negocios/multan-a-cafe-punta-del-cielo-por-copiar-capsulas-de-nestle-533651>

Restrepo, R. (2013). *Sistema de conservación de alimentos bajo el sistema de atmósfera modificada. Diseño integral del producto, excelencia para la competitividad*.

Review, H. B. (2008). The Five Competitive Forces That Shape Strategy. *Harvard Business Review*, <https://hbr.org/2008/01/the-five-competitive-forces-that-shape-strategy>.

Rodríguez, G. M. (1998). Envasado de alimentos bajo atmósfera protectora. *Revista Alimentación Equipos y Tecnología.*, 87-92.

Rogers, T. (07 de 10 de 2015). *Creative Mechanisms Blog*. Recuperado el 16 de 01 de 2019, de <https://www.creativemechanisms.com/blog/learn-about-polylactic-acid-pla-prototypes>

RSE, M. E. (29 de 06 de 2017). *Mundo Ejecutivo* . Recuperado el 18 de 04 de 2019, de <http://mundoejecutivo.com.mx/economia-negocios/rse/2017/06/29/cafe-punta-cielo-lanza-capsulas-biodegradables/>

S.H. Hyon, K. J. (1997). *Biomaterials*.

S.I. Moon, C. L. (2001). *Polymer* (Vol. 42).

Sánchez, A. (18 de 05 de 2016). *Heraldo* . Recuperado el 02 de 02 de 2019, de <http://www.heraldo.mx/se-encapsula-punta-del-cielo/>

Santoyo, M. G. (2017). *CAFETZAL*. Recuperado el 21 de 02 de 2019, de <https://www.cafetzal.com/>

SCAA. (2013). *Exposition & Symposium: Coffe Leaf Rust-Effects*.

SCRIBD. (2011). Recuperado el 14 de 09 de 2018, de <https://es.scribd.com/document/56062707/Cascarilla-de-Cafe>

Silva, L. Á. (2016). *Bioplásticos: obtención y aplicaciones de polihidroxicanoatos*. Sevilla.

Singh, A. (2005). *Evaluation of oriented poly(lactide) polymers vs. existing PET and oriented PS for fresh food service*.

Spillane, R. (2019). *Grocery Shopping in Vancouver*. Recuperado el 19 de 02 de 2019, de <https://moving2canada.com/vancouver-supermarkets/>

Stokel-Walker, C. (19 de 02 de 2016). *BBC*. Recuperado el 19 de 02 de 2019, de https://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/02/160219_ciencia_capsulas_cafe_contaminacion_prohibicion_gtg

Stolt, A. S. (2002). *Progress in Polymer Science* 27, 1123-1163.

Streeter, T. A. (2003). *Estados Unidos Patente nº US7347138B2*.

Talancón, H. P. (2007). *La matriz FODA: alternativa de diagnóstico y determinación de estrategias de intervención en diversas*. México: Consejo Nacional para la Enseñanza en Investigación en Psicología A.C.

Tanaka K, K. K. (1993). *Fermentative production of poly-β-hydroxybutyric acid from xylose by a two-stage culture method employing Lactococcus lactis IO-1 and Alcaligenes eutrophus*. *Biotechnol Lett*.

TAYST. (2018). *TAYST*. Recuperado el 11 de 01 de 2019, de <https://www.tayst.com/pages/our-coffee>

Tecnología del Plástico. (2018). *Tecnología del Plástico*. Recuperado el 11 de 05 de 2019, de <http://www.plastico.com/temas/Gea,-nueva-generacion-de-capsulas-de-cafe-compostables+126463>

Tornadijo, M. y. (2012). Fundamento, tecnología y aplicaciones del envasado de los alimentos en atmósfera modificada . *Alimentación, equipos y tecnología*, 101-109.

Valentina Siracusa, P. R. (2008). Biodegradable polymers for food packaging: a review. *Trends in Food Science and Technology, Volume 19, Issue 12*, 634-643.

Valentina Siracusaa, P. S. (2008). *Biodegradable polymers for food packaging: a review*. Italia: University of Bologn.

Vequia, F. d. (2014). *Finca de la Vequia*. Recuperado el 15 de 03 de 2019, de <http://www.fincadelavequia.com/contacto.htm>

Verbeek, J. J. (2015). *Estados Unidos Patente nº NL20142013824 20141117; NL20142013947 20141209; WO2015US61126 20151117*.

Villamil, V. (26 de 08 de 2016). Nestlé se bebe el mercado de las cápsulas de café en el país. *El Financiero*.

W, B. R. (2017). *Estados Unidos Patente nº US201715661622 20170727; US20090474420 20090529*.

Wang F, L. S. (1997). *Production of poly (3-hydroxybutyrate) by fed-batch culture of filamentation-suppressed recombinant Escherichia coli*. *Appl Environ Microbiol*.

Winkler Karl, L. S.-H. (2011). *Estados Unidos Patente nº US20100874459 20100902*.

Witzke, D. (1997). *Introduction to Properties, Engineering, and Prospects of Polylactide Polymers, in Chemical Engineering*. Michigan : Michigan State University.

Zinn M, W. B. (2001). *Occurrence, synthesis and medical application of bacterial*.