

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS



**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA PARA LA AMPLIACIÓN DE LOS
SERVICIOS DEL CENTRO PARA EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DEL
EMPAQUE Y EMBALAJE EN CENTROAMÉRICA Y PANAMÁ (CDIECAP) DE LA
FIA-UES, AL ÁREA DE MATERIALES Y EMPAQUES FLEXIBLES**

PARA OPTAR AL GRADO DE:

INGENIERA QUÍMICO

PRESENTADO POR:

BONILLA ARÉVALO, DANIELA MELISSA

BONILLA MIRANDA, ERIN ARLIN

CIUDAD UNIVERSITARIA "DR. FABIO CASTILLO FIGUEROA", FEBRERO 2023

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

MSc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL:

M.Sc. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO:

Ph.D. EDGAR ARMANDO PEÑA FIGUEROA

SECRETARIO:

Ing. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS

DIRECTORA:

Ingra. SARA ELISABETH ORELLANA BERRÍOS

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERA QUÍMICO

Título:

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA PARA LA AMPLIACIÓN DE LOS
SERVICIOS DEL CENTRO PARA EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DEL
EMPAQUE Y EMBALAJE EN CENTROAMÉRICA Y PANAMÁ (CDIECAP) DE LA
FIA-UES, AL ÁREA DE MATERIALES Y EMPAQUES FLEXIBLES**

Presentado por:

BONILLA ARÉVALO, DANIELA MELISSA

BONILLA MIRANDA, ERIN ARLIN

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor:

Dra. TANIA TORRES RIVERA

CIUDAD UNIVERSITARIA "DR. FABIO CASTILLO FIGUEROA", FEBRERO 2023

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro sincero agradecimiento en primera instancia a Dios por brindarnos la fortaleza para alcanzar este logro y finalizar esta etapa de nuestras vidas.

A todos los docentes que formaron parte de nuestro desarrollo académico y que nos compartieron los conocimientos necesarios para realizar este trabajo de graduación, especialmente a los docentes de la Escuela de Ingeniería Química e Ingeniería de Alimentos quienes a través de sus experiencias y consejos nos guiaron a lo largo de nuestra carrera universitaria. Un agradecimiento distintivo a la Dra. Tania Torres Rivera por su entusiasmo, motivación y crítica constructiva durante la elaboración de este proyecto.

DEDICATORIA

Para mi madre, **Lidia Arévalo**, porque sin su gran fortaleza, dedicación y determinación no habría conseguido alcanzar este y muchos otros logros. Por ser mi más grande compañía y consejera mientras recorro mi camino académico y profesional. Este trabajo y mi título es por y para ti, mamá.

Para mi hermano **Diego Bonilla**, por su inmenso apoyo y cariño desinteresado a lo largo de toda mi carrera universitaria, por siempre preocuparse por mí, cuidarme y hacerme reír aun en los días más largos. Por ser mi ejemplo a seguir como persona, gracias por no rendirte.

Para mi hermano **Marco Bonilla**, por ser mi más grande inspiración académica y profesional. Por cada día motivarme a alcanzar nuevos logros, a aspirar por más y ser quien me guía en el camino a seguir.

Para mi **familia**, en especial a mi tía **Matilde de Esperanza**, ya que su cariño ha sido increíble durante toda esta etapa de mi vida, por confiar en mi y compartir mi felicidad ante este logro.

Para mis amigos y compañeros de estudio, **Angel Flores, Kevin Aguirre, Grecia Valenzuela, José Quezada y Katherine Gallardo**, por hacer de esta carrera universitaria una experiencia y aventura maravillosa.

Por último, para mi compañera **Erin Miranda**, por su enorme aporte a este trabajo e investigación, y por ser mi copiloto en el camino universitario y profesional.

Daniela Bonilla

DEDICATORIA

A mi querida madre **Roxana Miranda**, por ser una mujer luchadora y brindarme más de lo que he deseado, por ser mi fuerza e inspiración cada día y acompañarme en mi camino académico, en las buenas y en las malas. Gracias por ser mi fan número uno.

A mis abuelos, **Judith de Miranda** y en la memoria de **Rigoberto Miranda**, por cuidar de mí en todas las maneras posibles, concretamente a ti abuela por ser mi segunda madre y a ti abuelo por ser mi ángel guardián. A ustedes les pertenece la mitad de mi corazón.

A mis preciados amigos con los que compartí carrera universitaria, **José Quezada, Angel Flores, Kevin Aguirre, Katherine Gallardo y Grecia Valenzuela**, por sumar sus conocimientos a los míos y ser la familia que elegí. En particular a mi amiga de vida **Diana Guardado**, por ser mi apoyo incondicional.

A mi **familia**, a quienes amo por su acompañamiento y entusiasmo en cada uno de los pasos que di hasta mi meta. Por creer en mí, a ustedes también dedico este trabajo.

Finalmente, a mi amiga y compañera **Daniela Bonilla**, por convivir conmigo en cada día de nuestra vida universitaria, por ayudarme a crecer como persona y profesional.

Erin Miranda

RESUMEN

El Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y Embalaje en Centro América y Panamá (CDIECAP) es una institución ubicada en la Universidad de El Salvador que ofrece entre su portafolio de servicios una gran variedad de pruebas de control de calidad a empaque fabricado a partir de cartón y papel, sin embargo otro de los grandes representantes de este rubro son los envases y empaques fabricados a partir de plástico, para los cuales el Centro aun no cuenta con una oferta de servicios, es por esto que se buscó desarrollar metodologías y pruebas que permitieran evaluar características y propiedades críticas para este rubro. A través de un estudio bibliográfico y la aplicación de una matriz de evaluación que contempla criterios como la disponibilidad de insumos, equipos, entre otros, se seleccionaron 16 pruebas como factibles a realizarse en las instalaciones del CDIECAP. Como resultado de la evaluación técnica, se desarrollaron protocolos con metodologías de análisis respectivas para el control de calidad de propiedades ópticas, mecánicas y fisicoquímicas para envases y materiales de plástico, estas contemplaron los insumos necesarios, el procedimiento a seguir y el análisis de los resultados obtenidos. Como parte de la validación de las metodologías, estas fueron puestas a prueba verificando la factibilidad de aplicación y accesibilidad del proceso planteado. En consecuencia, se identificó que la prueba de propiedades tensiles se encuentra limitada por las capacidades del tensiómetro con el que cuenta actualmente el Centro, por lo cual se reclasificó como no factible. Las 15 pruebas restantes fueron desarrolladas de manera exitosa obteniendo resultados representativos para cada una de las propiedades evaluadas. Estas metodologías de análisis permitirán ampliar el portafolio de servicios ofrecidos por el CDIECAP diversificando los materiales y propiedades que se podrán analizar para permitirle volverse más competitivo en el mercado del control de calidad.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. Objetivo General	3
1.2. Objetivo Especifico	3
1.3. Justificación	3
1.4. Alcances	4
1.5. Delimitación	4
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	5
2.1. Materiales flexibles	6
2.1.1. Generalidades	8
2.1.1.1. <i>Descripción</i>	8
2.1.1.2. <i>Clasificación</i>	8
2.1.2. Materiales flexibles en empaque y embalaje	11
2.1.2.1. <i>Características</i>	12
2.1.2.2. <i>Aplicaciones</i>	13
2.2. Industria de empaque flexible en El Salvador	15
2.2.1 Generalidades	16
2.2.2 Principales productos	17
2.3. Control de calidad	21
2.3.1 Dimensionamiento de calidad	22
2.3.1.1. <i>Descripción</i>	22
2.3.1.2. <i>Las ocho dimensiones de David Garvin aplicadas a la industria del empaque flexible.</i>	23
2.3.1.1 Propiedades de interés en el control de calidad de empaque flexible	25
2.3.2.1. <i>Propiedades ópticas y apariencia.</i>	25
2.3.2.2. <i>Propiedades mecánicas</i>	26
2.3.2.3. <i>Propiedades fisicoquímicas.</i>	29
2.3.2 Normativa, herramientas y equipo.	34
2.4. Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y Embalaje en Centro América y Panamá	36
2.4.1 Descripción	36

2.4.2	Proyecciones	39
2.4.3	Recursos (CDIECAP, 2019).....	40
CAPÍTULO 3: ESTUDIO EMPÍRICO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA.....		45
3.1	Análisis técnico para la selección de pruebas	46
3.1.1	Matriz de selección de pruebas.....	46
3.1.2	Determinación de factibilidad en CDIECAP	49
3.2	Desarrollo de protocolos	50
3.2.1	Diseño de plantillas para la documentación de protocolos	50
3.2.2	Elaboración de procesos de medición	52
3.3	Experimentación con metodologías propuestas	54
3.3.1	Plan para el desarrollo de los procesos de medición.....	55
3.3.2	Obtención de información	56
3.3.2.1	<i>Prueba de Apariencia</i>	56
3.3.2.2	<i>Prueba de Calibre</i>	57
3.3.2.3	<i>Prueba de Gramaje</i>	59
3.3.2.4	<i>Prueba de Dureza</i>	61
3.3.2.5	<i>Ensayo de Fuerza de Rasgado</i>	62
3.3.2.6	<i>Pruebas Tensiles</i>	65
3.3.2.7	<i>Ensayos de Adherencia</i>	65
3.3.2.8	<i>Prueba de Resistencia química</i>	67
3.3.2.9	<i>Ensayo para Degradación térmica</i>	69
3.3.2.10	<i>Ensayo de Tensión superficial</i>	73
3.3.2.11	<i>Permeabilidad</i>	75
3.3.2.12	<i>Ensayo de solubilidad</i>	80
3.3.2.13	<i>Prueba de Retracción térmica</i>	80
3.3.3	Documentación del protocolo y resultados de los ensayos	82
3.3.3.1	<i>Reporte de prueba de apariencia</i>	82
3.3.3.2	<i>Informe de prueba de Calibre</i>	83
3.3.3.3	<i>Informe de prueba de Gramaje</i>	84
3.3.3.4	<i>Informe de prueba de Dureza</i>	85
3.3.3.5	<i>Informe de prueba de Fuerza de rasgado</i>	86
3.3.3.6	<i>Informe de prueba de Adherencia de metalizado y recubrimientos</i>	87
3.3.3.7	<i>Informe de prueba de resistencia química</i>	91

3.3.3.8	<i>Informe de ensayo para degradación térmica</i>	92
3.3.3.9	<i>Informe de Ensayo de Tensión superficial</i>	95
3.3.3.10	<i>Reporte de prueba de Permeabilidad</i>	96
3.3.3.11	<i>Reporte de ensayo de Solubilidad</i>	98
3.3.3.12	<i>Informe de prueba de Retracción térmica</i>	99
	CONCLUSIONES	100
	RECOMENDACIONES	100
	BIBLIOGRAFÍA	103
	ANEXOS	106
	ANEXO A: LOGO DE CDIECAP	106
	ANEXO B: MARCHAS DE LABORATORIO	107

Índice de Figuras

Figura 2.1	Ánforas pertenecientes a la antigua Grecia. (Koehler, 2014).....	6
Figura 2.2	Representación de moléculas de polietileno de alta y baja densidad. (Saavedra Chacin, 2019).....	7
Figura 2.3	Representación gráfica de tipos de embalaje. (Raja blog, 2017).....	13
Figura 2.4	A) Película de polietileno; B) Blister de película de PVC/PVDC; C) Poliamida en empaque alimentario. (D. Weinstock S.R.L, 2022) (MyM PACKAGING, 2017) (Borrás, 2012)	16
Figura 2.5	A) Empaque para lácteos de 5 capas; B) Bolsa laminada triplex; C) Bolsa de papel kraft de Empakalo.(Industrias Plásticas S.A. de C.V. Latinoamérica, 2020), (Flexsal, 2022), (Bemisal, 2020)	22
Figura 2.6	Dimensiones de calidad de Garvin en empaques flexibles.....	25
Figura 2.7	Dimensionamiento de calidad de servicios del CDIECAP.	40
Figura 3.1	Escala de evaluación de criterios de factibilidad.....	48
Figura 3.2	Ejemplo de formato para marchas de laboratorio.	52
Figura 3.3	Identificación visual de defectos de apariencia.....	58
Figura 3.4	Desviaciones de apariencia marcadas en la muestra.....	58
Figura 3.5	Bolsa transparente de polietileno como espécimen de prueba de calibre.....	59
Figura 3.6	Manipulación del micrómetro.....	59
Figura 3.7	A) Muestra de empaque impreso. B) Muestra preparada para realizar mediciones de prueba de gramaje.....	61
Figura 3.8	Medición de masa de cada muestra.....	61
Figura 3.9	Muestra de empaque impreso utilizada en prueba de Dureza.....	63
Figura 3.10	Medición con durómetro.....	64
Figura 3.11	Empaque a utilizar en el ensayo de Rasgado.....	65
Figura 3.12	Manipulación del equipo Elmendorf.....	65
Figura 3.13	Muestra A (Izquierda) y Muestra B (derecha) para ensayos de adherencia.	68
Figura 3.14	Adherencia de cinta sobre la muestra.	68
Figura 3.15	Muestra A posterior a la prueba de Adherencia.....	69
Figura 3.16	Muestra B posterior a la prueba de adherencia.....	69
Figura 3.17	Empaque impreso a utilizar como muestra de prueba de resistencia química.....	70
Figura 3.18	Procedimiento A (izquierda) y procedimiento B (derecha) para ensayo de adherencia	70
Figura 3.19	Procedimiento C (izquierda) y procedimiento D (derecha) para ensayo de adherencia.	71
Figura 3.20	Disposición de muestras en crisoles para ensayo de degradación térmica.	72
Figura 3.21	Muestras colocadas dentro del horno para ensayo de degradación térmica.	73
Figura 3.22	Uso de hisopo para prueba de tensión superficial.	77
Figura 3.23	Muestras de pruebas de permeabilidad.....	77
Figura 3.24	Seguimiento a la prueba de permeabilidad.	78
Figura 3.25	Gráfico de la ganancia de masa en función del tiempo.	80
Figura 3.26	Ejemplificación de prueba de solubilidad.....	82
Figura 3.27	A) Medición de temperatura del baño B) Muestra sumergida en el baño en prueba de retracción térmica.	83

Índice de Tablas

Tabla 2.1	Materiales flexibles de uso común en empaque y embalaje. (Morris, 2017; Velasquez Zapata, 2019; Wagner, 2016; Anyadike, 2003)	9
Tabla 2.2	Aplicaciones típicas de los materiales flexibles de común uso en el empaque embalaje flexible. (Morris, 2017).....	14
Tabla 2.3	Empresas dedicadas a la manufactura y distribución de empaque, envase y embalaje flexible en El Salvador.....	18
Tabla 2.4	Normativa, equipo e instrumento para la evaluación de propiedades de interés para el control de calidad de empaque y embalaje flexible	35
Tabla 2.5	Servicios de calidad para papel brindados por el CDIECAP. (CDIECAP, 2019).....	38
Tabla 2.6	Servicios de calidad para cartón corrugado brindados por el CDIECAP. (CDIECAP, 2019)	38
Tabla 2.7	Servicios de calidad para cintas adhesivas brindados por el CDIECAP. (CDIECAP, 2019).....	39
Tabla 2.8	Maquinaria disponible en el CDIECAP	42
Tabla 3.1	Matriz de selección de ensayos de propiedades ópticas	49
Tabla 3.2	Matriz de selección de ensayos de propiedades mecánicas	50
Tabla 3.3	Matriz de selección de ensayos de propiedades fisicoquímicas	50
Tabla 3.4	Pruebas calificadas como factibles.....	51
Tabla 3.5	Importancia y origen de error para cada ensayo.....	54
Tabla 3.6	Insumos y tipo de muestra para cada ensayo.....	57
Tabla 3.7	Datos recopilados del ensayo de calibre.....	61
Tabla 3.8	Datos recopilados de masa de muestras.....	63
Tabla 3.9	Gramaje calculado para cada medición.....	63
Tabla 3.10	Datos obtenidos para dureza.....	64
Tabla 3.11	Datos de Fuerza de Rasgado.....	66
Tabla 3.12	Resumen de resultados para ensayo de resistencia química	71
Tabla 3.13	Resultados de cantidad de trazos para procedimientos C y D de prueba de Resistencia química.....	72
Tabla 3.14	Variación de la Fuerza de rasgado MD en función del tiempo para prueba de degradación térmica.....	73
Tabla 3.15	Variación de la Fuerza de rasgado MD en función de la temperatura para prueba de degradación térmica.....	74
Tabla 3.16	Resumen de prueba de degradación térmica: método A.....	74
Tabla 3.17	Análisis de Varianza para método A de prueba de degradación térmica.....	74
Tabla 3.18	Resumen de prueba de degradación térmica: método B.....	75
Tabla 3.19	Análisis de Varianza para método B de prueba de degradación térmica.....	75
Tabla 3.20	Tensión superficial de mezcla etanol/agua (Soto Regalado, 2000)	78
Tabla 3.21	Mediciones de masa de la muestra en una semana.....	78
Tabla 3.22	Ganancia de Masa de las Muestras.....	79
Tabla 3.23	Cálculos necesarios para determinar permeabilidad.....	80
Tabla 3.24	Permeabilidad para cada muestra y promedio.....	81
Tabla 3.25	Resultados de prueba de retracción térmica.....	83

INTRODUCCIÓN

Los empaques flexibles han presentado un desarrollo exponencial en su aplicación en un menor período de tiempo que otras formas de empaque, esto por su capacidad de amoldamiento y las ventajas económicas en su fabricación. Materiales como polietileno de alta y baja densidad, polipropileno, cloruro de polivinilo, poliamidas y papel están destinados principalmente, más no limitados, a empaques de alimentos, fármacos y empaques secundarios por lo que es imprescindible el aseguramiento de su calidad.

Desde un punto de vista ingenieril, el control de calidad de un envase, empaque o embalaje, así como de los materiales para elaborarlos, reviste vital importancia dado que valida la seguridad de mantener sus propiedades, características y desempeño a lo largo de la vida útil de los mismos e incluso como se comportarán cuando sean desechados.

En el Capítulo 1 del documento se definen los objetivos que se pretenden alcanzar en el estudio, la justificación sobre la importancia de llevarlo a cabo y los alcances del proyecto de implementación dentro del Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y Embalaje en Centroamérica y Panamá (CDIECAP).

Dentro del Capítulo 2 se abordan los conceptos generales sobre empaques, envases, y embalajes, así como características y aplicaciones de los principales sustratos aplicados a esta industria. Además, se define la calidad a través del conjunto de parámetros con unidades físicas medibles u observables que se han establecido para materiales y empaques flexibles, asimismo se expone la normativa planteada por la Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales, ASTM por sus siglas en inglés, para la verificación de las propiedades que engloban la calidad de empaques flexibles. Posteriormente como última sección del Capítulo 2 se presenta una descripción de los servicios actuales brindados por el CDIEAP en base a los estatutos a los que se apegan en la realización de pruebas, describiendo a su vez los equipos e instrumentos que se encuentran dentro del mismo con la finalidad de visualizar de manera más clara la

disponibilidad y factibilidad en su utilización para pruebas a empaques y materiales flexibles.

Finalmente, en el Capítulo 3 se presenta un análisis para la factibilidad técnica de las pruebas a los sustratos mencionados, lo cual se inicia con la construcción de una matriz de selección, a partir de la cual se generan los protocolos para los ensayos técnicamente factibles basándose además en la normativa aplicable. En la Sección 3 del capítulo se documenta la puesta en marcha de los procedimientos con los cálculos requeridos para cada uno concluyendo con la presentación de los resultados en un formato diseñado específicamente para su utilización en el CDIECAP.

CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Objetivo General

Elaborar una propuesta para establecer la factibilidad técnica de ampliación de los servicios del Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y Embalaje en Centroamérica y Panamá (CDIECAP) hacia el área de empaque flexible con formulaciones a base de polímeros.

1.2. Objetivo Especifico

- a. Describir la industria de los materiales y empaques flexibles en El Salvador.
- b. Describir conceptual y operacionalmente las características y variables que definen la calidad de los materiales y empaques flexibles, en función de su dimensionamiento de calidad.
- c. Seleccionar los ensayos en materiales y empaques flexibles que son técnicamente factibles de desarrollar en el CDIECAP.
- d. Elaborar los procedimientos para efectuar la medición y el análisis de resultados de los parámetros seleccionados, desde un enfoque sistemático de la medición.
- e. Evaluar la calidad de los procesos de medición de los parámetros seleccionados.

1.3. Justificación

La propuesta de investigación permitirá determinar la factibilidad de implementar pruebas de control de calidad en empaque flexible con la instrumentaría y equipo con la que actualmente cuenta el CDIECAP; con esto se pretende identificar las propiedades y parámetros que son posibles monitorear y son de interés para el proceso de producción,

almacenamiento y uso de dichos empaques, logrando diversificar los análisis desarrollados por el centro de investigación.

En consecuencia, resultará necesario la redacción de protocolos de evaluación que describan la metodología a seguir para la realización de las pruebas de control de calidad, desde la adecuada manipulación y preparación de la muestra, hasta la interpretación de los datos obtenidos.

1.4. Alcances

- a. Se realizará un estudio descriptivo de la situación actual de la industria de empaques flexibles con formulaciones a base de materiales plásticos en El Salvador.
- b. Se realizará un estudio para identificar las propiedades críticas para la evaluación del desempeño y calidad de muestras de empaques flexibles con formulaciones a base de materiales plásticos, a partir de esto se seleccionarán aquellas pruebas que puedan ser realizadas con el equipo y herramientas actuales del CDIECAP.
- c. Se redactará y propondrá una metodología de análisis de muestras de empaque flexible con formulaciones a base de plástico haciendo uso del equipo con el que actualmente se cuenta en el CDIECAP.
- d. Se realizarán pruebas en el CDIECAP para comprobar la funcionalidad de las metodologías propuestas y se realizarán sugerencias para la interpretación de los resultados obtenidos.

1.5. Delimitación

El proyecto de investigación se encontrará delimitado a los recursos, insumos e instalaciones con las que cuenta actualmente el CDIECAP. Se aprovecharán cada uno de los instrumentos y equipos pertenecientes a este Centro y se desarrollarán las marchas en base a su uso y funcionamiento.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se describe a través de una revisión bibliográfica los conceptos considerados de interés para el estudio de la problemática planteada, tales como los materiales flexibles de empaque y embalaje; simultáneamente, se aborda la situación actual de la industria de empaques flexibles en El Salvador y las distintas empresas dedicadas a este rubro. Por otra parte, se realiza el dimensionamiento de las características que conforman la calidad de los empaques flexibles haciendo uso de las herramientas proporcionadas por David Garvin (1987) y, en consecuencia, se recopilan las propiedades de uso común en la evaluación de calidad para materiales flexibles. Posteriormente, se describen los servicios y recursos con los cuales cuenta el Centro de para el Desarrollo de la Industria del Empaque y Embalaje en Centroamérica y Panamá (CDIECAP) actualmente.

2.1. Materiales flexibles

Diez mil años A.C. las sociedades antiguas se encontraron con la necesidad de almacenar comida, como solución a esta problemática nació el primer material flexible utilizado como un empaque: las pieles o cueros de animales, mientras civilizaciones como los egipcios, griegos e incluso romanos utilizaban recipientes de cerámica bautizados es español como ánforas para el transporte de productos, ilustrado en la Figura 2.1. Fue tiempo después entre 100 - 200 años A.C. que en China se desarrolló el segundo material flexible aplicado a empaque, el papel, el cual inicialmente estaba hecho a partir de corteza o fibras y trapos de lino, siendo así hasta el siglo XIX donde los avances tecnológicos en su fabricación a partir de pulpa de madera permitieron desarrollar más la industria y comercializarlo completamente como un material de empaque y embalaje en presentaciones como cajas de cartón (1817), bolsas de papel (1844), papel corrugado (1850) y papel cartón (1870) (Morris, 2017).



Figura 2.1. *Ánfora perteneciente a la antigua Grecia. (Ad Meskens, s. f.)*

En busca de más alternativas para el envasado y empackado de alimentos a principios del siglo XX se fabricó en Francia y Suiza el papel aluminio, sin embargo, se descartó rápidamente ya que dejaba un sabor desagradable a los productos al estar en contacto

directo éstos y fue mejor utilizado como embalaje; en 1921 se empleó como un recubrimiento en la creación de papel cartón laminado (Morris, 2017).

La creación de los sustratos de plástico marcó el comienzo de la era moderna de los materiales utilizados para empaques flexibles, siendo el primero el papel celofán, una película transparente que tiempo después se recubriría para ser hermética al agua. Posteriormente, en 1960 éste fue reemplazado por el cloruro de polivinilo, el polipropileno orientado y el poliéster orientado biaxialmente desarrollado por la empresa DuPont, la cual en conjunto con Industrias Químicas Imperiales (ICI), desarrollaron el sustrato más aplicado en empaques flexibles actualmente, el polietileno, además del proceso de polimerización por radicales libres a alta presión para obtener el polietileno de baja densidad, en la Figura 2.2 se muestra la esquematización de las estructuras moleculares (Morris, 2017).

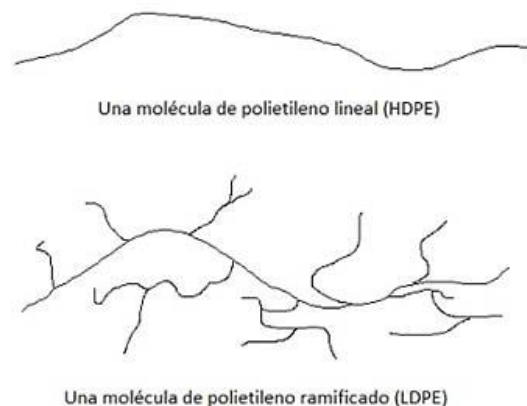


Figura 2.2. Representación de moléculas de polietileno de alta y baja densidad. (Tecnología de los plásticos, 2012)

En un período de aproximadamente 40 años, hasta 1990 materiales como el etilvinilacetato, poliestireno y cloruro de polivinilideno fueron introducidos a nivel industrial como empaques flexibles (Anyadike, 2003).

2.1.1. Generalidades

2.1.1.1. Descripción

Al abordar la temática de materiales flexibles es posible asociarla a materiales fabricados a partir de plásticos y, si bien la mayoría de estos materiales se producen a partir de polímeros, es gracias a los avances tecnológicos y la sofisticación de los procesos de manufactura en la actualidad que existen diversas combinaciones de sustratos, como fibras celulósicas e incluso papel aluminio, y estructuras con múltiples capas de estos sustratos que pueden llegar a formar parte de los materiales flexibles (Anyadike, 2003).

Cada uno de los diversos sustratos a utilizar son esenciales para brindar cualidades y propiedades a los materiales flexibles que les permitan desempeñarse de la manera en que son popularmente conocidos ya que, como indica su nombre, estos materiales poseen una alta flexibilidad que facilita su manipulación, lo que les proporciona la capacidad de adaptarse a la forma geométrica que se desee con la ventaja de no comprometer su resistencia y la posibilidad de generar condiciones de barrera que prevenga el paso de ciertas sustancias a través de estos.

2.1.1.2. Clasificación

En función de lo mencionado en el apartado anterior, se deberá comprender la amplia diversidad de materiales flexibles disponibles en el mercado actual, entre los cuales, es posible identificar como los utilizados comúnmente en la fabricación de empaques y envases flexibles los mostrados en la Tabla 2.1

Tabla 2.1

Materiales flexibles de uso común en empaque y embalaje

(Morris,2017; Velasquez Zapata, 2019; Wagner, 2016; Anyadike, 2003).

Sustrato	Abreviatura	Descripción	Propiedades y Características
Polipropileno, polipropileno bi-orientado, polipropileno fundido	PP, OPP, CPP	Este polímero de alta resistencia es el segundo de mayor producción con una amplia variedad de aplicaciones en la industria del empaque y embalaje.	Permeable al agua, sellable, alta capacidad de impresión; alto rendimiento térmico; alto punto de fusión, permite la aplicación de aditivos, alta resistencia.
Polietileno	PE, LDPE, HDPE, LLDPE	Es uno de los polímeros de mayor versatilidad en el mercado actual y es uno de los sustratos más utilizados en el empaque y embalaje flexible.	Amplia gama de flexibilidad y rigidez proporcionadas por sus diversas densidades (grados); alta barrera contra vapor de agua, transparencia, permite la aplicación de aditivos como ayudas de proceso, tintas o pigmentos; alta capacidad de impresión, alto rendimiento en sellado.
Cloruro de polivinilideno, Cloruro de polivinilo	PVDC, PVC	Estos sustratos poseen una larga historia en la industria de empaques flexibles y en la actualidad poseen un mayor uso en formulaciones multicapa en donde se requieran sus altas propiedades de barrera.	Altas propiedades de barrera contra gases, olores, humedad, vapores, aceites y grasas; alta transparencia.
Película metalizada	N/A	Disponible en aleaciones de aluminio, aluminio puro u otros metales; sus altas propiedades de barrera lo vuelven uno de los principales componentes de los empaques multilaminados.	Amplias propiedades de barrera frente a humedad, luz, oxígeno y contaminantes; alta conductividad térmica, alta maleabilidad.

Continúa

Tabla 2.1 (Continuación)

Materiales flexibles de uso común en empaque y embalaje

(Morris,2017; Velasquez Zapata, 2019; Wagner, 2016; Anyadike, 2003).

Sustrato	Abreviatura	Descripción	Propiedades y Características
Polietileno tereftalato, polietileno tereftalato bi-orientado	PET, BOPET	El polietileno tereftalato, conocido también como poliéster cuando se utiliza como fibra, es un polímero de alta estabilidad y durabilidad; su alta procesabilidad lo ha convertido en uno de los sustratos plásticos de mayor facilidad de reciclaje.	Permeabilidad moderada al oxígeno, resistencia térmica, permeabilidad moderada a vapor de agua, alta capacidad de impresión, bajo rendimiento de sellado.
Etilvinilacetato	EVA	Este polímero se encuentra formado por polietileno de baja densidad (LDPE) y monómeros de vinil acetato (VA), esto le brinda propiedades similares al LDPE.	Capacidad de adhesión, flexibilidad alta, alto rendimiento en sellado, alto brillo, propiedades de barrera moderadas.
Poliamida	PA	Las poliamidas, conocidas también bajo el nombre de Nylon, son un tipo de polímero que, similar al polietileno, posee una alta versatilidad de fabricación y grados que le brindan una amplia gama de propiedades.	Resistencia química y térmica moderada, permeabilidad moderada al oxígeno, permeabilidad baja a la humedad.
Papel y afines	N/A	Entre los productos derivados de la celulosa es posible encontrar el papel y fibras, películas como el celofán, cartón y otros productos.	Capacidad de impresión alta, plegable, se rasga fácilmente, alta capacidad de pigmentación, capacidad de biodegradabilidad, alta permeabilidad al agua.

Es de importancia resaltar que, a pesar de que los materiales mostrados en la Tabla 2.1 son de uso común en la industria del empaque y embalaje, esta es una industria en un constante proceso de innovación y crecimiento, por lo cual existe una gran gama de materiales que también pueden ser utilizados con el mismo propósito que no han sido abordados, como es el caso del ácido poliláctico (PLA) y el succinato de polibutileno (PBS), polímeros cuya popularidad ha incrementado por su biodegradabilidad, por lo que son utilizados comúnmente en aplicaciones que se benefician de esta característica (Anyadike, 2003).

2.1.2. Materiales flexibles en empaque y embalaje

La Asociación de Empaque Flexible, FPA por sus siglas en inglés (Flexible Packaging Association), define a los empaques flexibles como todos aquellos envases, contenedores o componentes de un envase o empaque, que se encuentran fabricados a partir de materiales flexibles o materiales que sean lo suficientemente maleables como para permitir cambios en su forma.

Por su bajo costo y alta procesabilidad, los materiales flexibles han crecido más rápido que otras formas de empaque y embalaje, a la vez, estos suelen utilizar una menor proporción de materia prima por peso de producto, esto permite reducir costos de transporte sin perjudicar la protección del contenido (Morris, 2017).

Para facilitar la comprensión de las distintas aplicaciones de los materiales flexibles en el envase, empaque y embalaje, resulta beneficioso describir cada uno de los conceptos anteriores y como se asocian al nivel de contacto con el producto de interés, y, por consiguiente, la función que desempeñan.

El empaque primario, mejor conocido como envase, se encuentra en contacto directo con el producto y por ende debe ejercer como una barrera de protección y conservación para el mismo. El empaque secundario se define como aquel que contiene a uno o varios empaques primarios. Tanto el empaque primario como el secundario cumplen funciones adicionales a la protección del producto, como es presentar toda información relativa a estos, advertencias, diseño y publicidad.

A su vez, el empaque terciario o embalaje, se compone de varios empaques secundarios sin embargo su función está orientada a la preservación de los empaques y por ende del producto en toda la línea de distribución y transporte. En la Figura 2.3 se esquematizan los mencionados tipos de empaques (Velásquez Zapata, 2019).



Figura 2.3. Representación gráfica de tipos de embalaje. (Grupo RAJA, 2017)

2.1.2.1. Características

Producto de su facilidad de manipulación, los empaques fabricados a partir de materiales flexibles pueden ser enrollados, doblados e incluso fraccionados con la finalidad de obtener la forma deseada para un envase, combinado con un menor espesor en comparación a otro tipo de materiales.

Entre algunos factores que caracterizan de forma general a los empaques flexibles es posible mencionar los siguientes:

- a. **Integridad estructural:** es la capacidad de resistir el proceso de empaque o envase, uso cotidiano y almacenamiento, se determina mediante propiedades como: elongación, resistencia a la tracción, resistencia al desgarre, fuerza de impacto, temperatura de fusión y congelamiento, entre otros (Morris, 2017).
- b. **Propiedades ópticas:** hace referencia a la claridad o transparencia del empaque o envase (Morris, 2017).
- c. **Adhesión multicapa:** comprende las diversas películas con las que puede estar reforzado el empaque o envase para mejorar su desempeño, se debe tomar en cuenta la compatibilidad de los sustratos y polímeros ya que algunos no se adhieren entre sí (Morris, 2017).

- d. Capacidad de Impresión:** facilita la creación de una mejor presentación del producto e información sobre el mismo (Perez Espinoza, 2012).
- e. Resistencia:** ésta depende del proceso de manufactura o producción del empaque, ya que hay que tener en cuenta que no poseen una alta resistencia al peso. Toma en cuenta también resistencia a fluidos (Perez Espinoza, 2012).

2.1.2.2. *Aplicaciones*

La combinación de distintos materiales para formar un empaque flexible cuyas propiedades y características le brinden el mejor desempeño posible con las tecnologías disponibles, ha sido una práctica constante desde el principio de la era moderna de la industria del empaque y embalaje. Desde el recubrimiento con arcillas o ceras, hasta el uso de tecnologías de coextrusión para la combinación de películas, la industria del empaque flexible ha evolucionado hasta volverse una de las herramientas más utilizadas en una variedad de aplicaciones desde su uso en hogar y para consumidor final, hasta aplicaciones industriales para proteger, almacenar, distribuir y vender algún producto (Morris, 2017).

La FPA propone que los empaques flexibles podrán ser fabricados a base de papel, plástico, películas metalizadas, papel aluminio, o una combinación de estos; podrán tomar la forma de bolsas, tapaderas, películas termoencogibles, envoltorios, sacos, entre otros.

En función del sustrato o sustratos seleccionados para la fabricación del empaque flexible, las aplicaciones de los mismos podrán ser variadas, por lo cual, para los sustratos comúnmente utilizados en el empaque flexible se reconocen como algunas de sus aplicaciones las descritas en la Tabla 2.2

Tabla 2.2

Aplicaciones típicas de los materiales flexibles de común uso en el empaque y embalaje flexible (Morris, 2017).

Sustrato	Aplicaciones
Poliétileno	Utilizado ampliamente para extrusión por soplado y moldeado para películas de diversos usos, entre estos se resaltan: variedad de bolsas como bolsas de basura o gabacha, sacos películas estirables y termoretraíbles como se ejemplifica en la Figura 2.4 literal A.
Polipropileno, polipropileno biorientado, polipropileno fundido	Por su alta resistencia es utilizado con frecuencia para la fabricación de películas que requieran una alta permeabilidad contra grasas, en conjunto con otros sustratos para la fabricación de empaques que permitan ver el producto que contienen como cajas de repostería, empaque de textiles.
Poliétileno tereftalato, polietileno tereftalato biorientado	En empaque flexible, el PET es usualmente utilizado en la manufactura de bolsas y envases para productos alimenticios y bolsas esterilizables para aplicaciones médicas.
Cloruro de polivinilideno (PVDC), Cloruro de polivinilo (PVC)	La alta rigidez de estos sustratos los vuelve ideales para la fabricación de envoltorios de confitería, y en laminas termoretraíbles para la protección de productos cárnicos y otros alimentos frescos. A la vez, ha sido utilizado para la fabricación de bolsas para soluciones intravenosas, sangre y productos farmacéuticos como se observa en la Figura 2.4 literal B. Por otro lado, se utiliza empaque para envolver empaques entarimados.
Poliamida	Utilizados en bolsas o laminas para la preservación de productos cárnicos y lácteos ejemplificado en la Figura 2.4 literal C; a la vez es de utilidad de productos médicos.
Etilvinilacetato	Este sustrato es comúnmente utilizado para la fabricación de empaque flexible multilaminado que busca mejorar las propiedades de barrera del empaque.

Continúa

Tabla 2.2. (Continuación)

Aplicaciones típicas de los materiales flexibles de común uso en el empaque y embalaje flexible (Morris, 2017).

Sustrato	Aplicaciones
Papel y afines	Uno de sus principales usos en empaque flexible es en la fabricación de bolsas de papel, películas a partir de celulosa como el papel celofán, también puede ser utilizado en conjunto con algún polímero para la fabricación de bolsas para alimentos como las bolsas de sopas en polvo o condimentos.
Película metalizada	Suele ser agregado a empaque flexible multilaminado para la protección de alimentos.



Figura 2.4 A) Película de polietileno; B) Blister de película de PVC/PVDC; C) Poliamida en empaque alimentario. (D. Weinstock, 2022) (Arapack, 2017) (Borrás, 2012)

2.2. Industria de empaque flexible en El Salvador

Con el fin de satisfacer la necesidad de empaque flexible para distintos rubros en El Salvador que cumplan con estándares de servicio y calidad en su fabricación, aproximadamente desde la segunda mitad del siglo XX, comenzaron a surgir empresas que se dedicaron a la importación y distribución o en su defecto a la producción de

empaques flexibles, en su mayoría a partir de polietileno de alta y baja densidad y polipropileno.

Específicamente en 1958 se fundó la primera empresa de este rubro bajo el nombre de Industrias Plásticas S.A. de C.V. por sus siglas IPSA, marcando la pauta para que en la siguiente década nacieran fábricas como SigmaQ y EMPLASA, las cuales continúan labores actualmente y forman parte de la industria del plástico en El Salvador (Industrias Plásticas S.A. de C.V. Latinoamérica, 2020).

2.2.1 Generalidades

La industria de manufactura de productos plásticos ha sido parte de la economía de El Salvador por más de 40 años; en consecuencia, la industria encargada de la fabricación de caucho y plástico presenta en 2019 cuentas de producción a precios corrientes una producción bruta de 587.01 millones de dólares estadounidenses, representando para este rubro un valor de producción agregado de hasta 165.19 millones de dólares estadounidenses, esto equivale una participación de aproximada del 4% del valor agregado de las industrias manufactureras para el mismo año (Banco Central de Reserva, 2019).

Simultáneamente, la industria del plástico y su manufactura, ha sido participe de los cuadros de exportaciones registrados por el Banco Central de Reserva desde enero de 1994, en donde su participación únicamente ascendía a un 2.33% con un valor de 1,899.74 miles de dólares estadounidenses. Desde esta fecha, el aporte de exportaciones y participación de este rubro ha aumentado hasta alcanzar a ser una de las mayores representantes en este ámbito, segunda solo a la industria textil y su manufactura, llegando a exportaciones de hasta 49,005.09 miles de dólares estadounidenses, es decir, una participación aproximada del 7.98% para febrero del 2022 (Banco Central de Reserva, 2022).

Es importante resaltar que, si bien el aporte de exportaciones acumuladas de las materias plásticas y su manufactura desde el 2020 al 2021 ha sido del 7.8%, este no solamente representa a productos fabricados para su uso en empaque flexible, sino

también, engloba a todos aquellos productos y materiales fabricados a partir de plásticos, los cuales podrán ser calzado o muebles elaborados con dichas materias (Asociación Salvadoreña de Industriales, 2022).

Al referirse a importaciones, las materias plásticas y su manufactura alcanza valores de 87,014.22 miles de dólares estadounidenses, resultando en una representación del 6.40% de las importaciones totales durante el mes de febrero de 2022, un aumento desde las participaciones que presentaba en enero de 1994 cuando alcanzaba un 3.81% (Banco Central de Reserva, 2022).

2.2.2 Principales productos

En El Salvador existe una amplia variedad de empresas dedicadas a la manufactura de productos fabricados a partir de plástico, desde empaque flexible hasta envases y productos de uso especializado. Por consiguiente, en la Tabla 2.3 se han recopilado distintas empresas con instalaciones dedicadas a la fabricación y venta de empaque y embalaje flexible.

Tabla 2.3

Empresas dedicadas a la manufactura y distribución de empaque, envase y embalaje flexible en El Salvador.

Empresa	Descripción	Línea de Productos
Industrias Plásticas S.A. de C.V.	Empresa dedicada a la industria de plástico flexible priorizando calidad, sostenibilidad y rentabilidad.	Orientados a la fabricación de empaques para alimentos como se muestra en la Figura 2.5 literal A, aplicaciones industriales como productos agrícolas o químicos de limpieza, y para consumo público. A la vez, cuentan con una línea especializada de productos amigables con el medio ambiente (Industrias Plásticas S.A. de C.V. Latinoamérica, 2020).

Continúa

Tabla 2.3. (Continuación)

Empresas dedicadas a la manufactura y distribución de empaque, envase y embalaje flexible en El Salvador.

Empresa	Descripción	Línea de Productos
SigmaQ, S.A. de C.V.	Empresa dedicada a la fabricación de empaque flexible y exhibidores, con presencia en Centro y Norteamérica, Asia y El Caribe. Entre sus plantas de producción en El Salvador se encuentra Rotoflex, Kontein, Cartonera y Specialty Products.	De los planteles salvadoreños de SigmaQ, Rotoflex es el único especializado en empaque flexible; se encargan de la fabricación de empaques para productos alimenticios, aplicaciones industriales, etiquetas y tapaderas (SigmaQ, 2022).
FLEXCA S.A. de C.V.	Empresa orientada a la fabricación de productos para empaque y embalaje con un amplio portafolio de productos.	Entre sus líneas de productos se encuentra una variedad de empaques flexibles, desde bolsas genéricas hasta empaques coextruidos o laminados; en lo referente a embalaje, poseen una línea de películas estirables y cintas adhesivas (FLEXCA, 2020).
Ternova S.A. de C.V. (Grupo Termoencogibles)	Fundada bajo el nombre de “Grupo Termoencogibles”, Ternova es una empresa orientada a la producción de artículos a partir de materiales plásticos, incluyendo empaque flexible, con un alto compromiso por la sostenibilidad, innovación y transformación.	Entre sus líneas de productos para su uso en empaque y embalaje flexible es posible encontrar distintos artículos orientados para aplicaciones textiles, industriales, alimentos, películas termoencogibles. A la vez, cuentan con una amplia gama de productos fabricados en totalidad o con porcentajes de materiales recuperados (Ternova Group, 2020).

Continúa

Tabla 2.3. (Continuación)

Empresas dedicadas a la manufactura y distribución de empaque, envase y embalaje flexible en El Salvador.

Empresa	Descripción	Línea de Productos
TOTO S.A. de C.V.	Empresa de origen salvadoreño dedicada a la fabricación de empaques flexibles, orientada a la innovación y sostenibilidad en sus procesos productivos.	Entre su variedad de productos es posible encontrar bolsas de uso popular, industrial y alimenticio. A la vez, presentan una línea de productos biodegradables y reciclables, a la vez cuentan con productos de empaque hidrosolubles (TOTO, 2022).
Opp Film El Salvador, S.A. de C.V. (Oben Group)	Empresa subsidiaria de Oben Group dedicada a proveer películas de resinas plásticas a los mercados de Europa, Centro y Norteamérica, y El Caribe	Dedicados a la fabricación de películas coextruidas para su uso en procesos alimenticios, industriales y otros. Entre sus variantes presentan productos a partir de BOPP y BOPET (OBEN Group, 2018).
Empaques Plásticos, S.A. de C.V. (EMPLASA)	Empresa dedicada a la producción de envases y empaques flexibles a mercados Centro y norteamericanos.	Especializados en la producción con polietileno de distinto grado, sus líneas de productos incluyen una amplia variedad de bolsas para uso común, industrial y alimenticio, junto con películas estirables (Empaques Plasticos, S.A. de C.V., 2022).

Continúa

Tabla 2.3. (Continuación)

Empresas dedicadas a la manufactura y distribución de empaque, envase y embalaje flexible en El Salvador.

Empresa	Descripción	Línea de Productos
Flexsal	Empresa dedicada a la impresión flexográfica en empaques flexibles	Empaques personalizados y bolsas terminadas de materiales como polipropilenos, poliéster, polietilenos, metalizados, entre otros, ejemplificado en la Figura 2.5 literal B. Además, ofrecen servicio de colocación de válvulas y Tin tie (Flexsal, 2022).
Pack Print S.A. de C.V.	Fabricación de empaque flexible, con o sin impresión	Empaques de polipropileno para alimentos como snacks, confitería, pan y galletas, medicinas, entre otros (Pack Print S.A. de C.V., 2022).
Diasa	Empresa distribuidora de todo tipo de empaque de plástico y aluminio.	Bolsas plásticas con aditivo p-life biodegradable y además bolsas de papel kraft (Diasa, 2022).
Bemisal	Empresa dedicada a fabricación, distribución y exportación de empaques de papel, cuentan además con una línea de envase flexible ecológico.	Sacos de papel multicapa, bolsas tipo kraft con o sin impresión y pegados de un solo extremo, en la Figura 2.5 literal C se observa un ejemplar (Bemisal, 2020).



Figura 2.5. A) Empaque para lácteos de 5 capas; B) Bolsa laminada triplex; C) Bolsa de papel kraft de Empakalo. (Industrias Plásticas S.A. de C.V. Latinoamérica, 2020), (Flexsal, 2022), (Bemisal, 2020)

Resulta de importancia resaltar que las empresas y los productos listados en la Tabla 2.3 no son las únicas dedicadas a trabajar con materiales plásticos y sus distintas presentaciones y productos; esto como consecuencia de que existen diversas empresas como por ejemplo Carvajal Empaques S.A. de C.V. o ManuPlast S.A. de C.V que también trabajan con dichos insumos, pero orientados únicamente a la producción de envase y empaque rígido.

2.3. Control de calidad

Definir el concepto de calidad resulta complicado ya que es posible abordarlo desde diversos puntos de vista y por consiguiente volverse algo subjetivo, además de que ésta sigue evolucionando, así como se desarrollan profesionales, tecnologías y procesos.

Desde la perspectiva de la manufactura, la calidad se explica como la conformidad con las especificaciones, las cuales se refieren a cómo se espera que se comporte un producto y la tolerancia a la variación con respecto a los objetivos de desempeño que son establecidos por expertos en cada ámbito de aplicación; además, esta definición es una forma indudable de cuantificar la calidad (Evans y Lindsay, 2015).

Es de vital importancia conocer a su vez otra definición de calidad en función de lo que espera un cliente, acorde a lo anterior la Sociedad Estadounidense para la Calidad (ASQ) y el Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI) estandarizaron y unificaron una definición para calidad de la siguiente manera: “totalidad de particularidades y características de un producto o servicio que están relacionadas con su capacidad para satisfacer necesidades”.

2.3.1 Dimensionamiento de calidad

2.3.1.1. Descripción

En base a lo discutido anteriormente, desde el punto de vista de un consumidor, las empresas fabrican productos con ciertas características para cubrir diversas necesidades, estos productos son el resultado de un proceso específico en el cual al mejorarlo se disminuyen desperdicios, reprocesos y errores en las líneas de producción; por lo tanto, las tecnologías de innovación se encuentran relacionadas con la calidad convirtiéndose en un componente de la misma ya que se espera que se fabriquen artículos con mejores atributos y libres de defectos (Gutiérrez Pulido y De la Vara Salazar, 2013).

Como consecuencia, es importante identificar lo que es crítico en un proceso y a su vez cuantificarlo para lograr determinar qué se debe mejorar. Al reducir las deficiencias en los procedimientos de fabricación se liberan recursos materiales y humanos además de la posibilidad de enfocarse en resolver otros inconvenientes respecto a calidad.

Por lo anterior se vuelve imprescindible dimensionar la calidad de un producto para lo cual David A. Garvin (1987) definió:

- a. Desempeño:** se refiere a las propiedades durante el uso del producto.
- b. Características:** son los atributos del producto.
- c. Confiabilidad:** se trata del desempeño y la capacidad de no presentar fallas de un producto en un tiempo establecido.

- d. **Conformidad:** corresponde al nivel en que concuerden las características y propiedades de un producto con las especificaciones para el mismo.
- e. **Durabilidad:** orientado al tiempo de uso de un producto, es decir su vida útil abordado desde un punto de vista técnico y ocasionalmente económico.
- f. **Capacidad de servicio:** enfocado desde el punto de vista de un cliente, hace alusión a la velocidad de reparar cualquier inconveniente que presente el producto o servicio.
- g. **Estética:** se refiere a todas las cualidades o propiedades organolépticas que hacen al producto agradable.
- h. **Percepción:** esta dimensión, así como la anterior, pueden llegar a ser subjetivas ya que se trata sobre la impresión que tiene un consumidor sobre el producto en comparación con otros.

2.3.1.2. Las ocho dimensiones de David Garvin aplicadas a la industria del empaque flexible.

A continuación, en la Figura 2.6 se presentan las ocho dimensiones de Garvin (1987) asociadas a diversas características que componen los empaques flexibles.

Dimensiones de Calidad de Empaque Flexible

Desempeño

Proteger e informar sobre el contenido del empaque como advertencias, condiciones de almacenamiento o manipulación, entre otros; publicidad y de marketing.



Características

Forma física, formulación, y presencia de laminas de otros sustratos, tintas o pigmentos.



Confiabilidad

Preservación del producto, sellabilidad, interacciones empaque-producto adecuadas, inviolabilidad, inocuidad, mínima cantidad de contaminantes o sustancias nocivas.



Conformidad

Apariencia, entintado, espesor, desempeño, cumplimiento de especificaciones de diseño



Durabilidad

Dependerá de la formulación del empaque, el producto que se desee conservar o la finalidad del empaque.



Capacidad de Servicio

Poca viabilidad de reparación del producto inmediato, se podría intercambiar el producto defectuoso y hacer mejoras en proceso y formulación para solucionar inconvenientes futuros



Estética

De acuerdo a especificaciones de clientes podrá desearse elevadas propiedades de barrera, apariencia y consistencia.



Percepción

Relación precio - calidad y sostenibilidad.



Empaque Flexible

Figura 2.6 Dimensiones de calidad de Garvin en empaques flexibles.

2.3.2 Propiedades de interés en el control de calidad de empaque flexible.

2.3.2.1. Propiedades ópticas y apariencia.

a. Apariencia.

La apariencia en el empaque flexible se encontrará relacionado íntimamente con los requerimientos del solicitante y para su correcta evaluación se deberá verificar la presencia de desviaciones de estándares predeterminados y acordados, es en este parámetro, por ejemplo, en donde se deberá considerar y evaluar la tonalidad o pigmentación de la película o la calidad de impresión. A la vez, se deberá determinar la presencia de posibles contaminantes, carbonos, geles, rayaduras o manchas que podrían haberse generado en la película al momento de su fabricación.

La presencia de defectos en apariencia puede llegar a tener un impacto negativo en el aspecto del empaque flexible y, en consecuencia, lo podría volver poco atractivo para una variedad de clientes, por otro lado, desviaciones como contaminantes pueden tener efectos en la procesabilidad y en la calidad de adherencia de láminas o impresión.

b. Neblina del empaque (Haze)

La Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM) en su norma D 1003 establece que esta propiedad se representa como el porcentaje de dispersión en que la luz se difunde al atravesar una muestra, del haz incidente en un ángulo mayor al especificado. Un porcentaje de neblina del empaque elevado puede generar pérdidas de contraste, puntualmente, en películas transparentes esto podría causar nubosidad indeseada que podría dificultar la visualización del contenido del envase o empaque.

c. Transmitancia

Se describe como transmitancia el porcentaje de luz de un haz incidente que no se desvía en un ángulo mayor al especificado al atravesar una muestra. En particular, una insuficiente transmitancia en empaques pigmentados o con acabados mate podría representar una transparencia indeseada permitiendo ver el contenido dentro de los envases o el paso de luz en empaques en donde no sea deseado (ASTM D 1003, 2000).

d. Brillo

Se define como el reflejo de un haz de luz sobre un ángulo determinado, es representado como un porcentaje. Mediante la medición del brillo se puede determinar si existe un acabado de baja calidad y en consecuencia desviaciones no deseadas en la apariencia del empaque (ASTM D 2457, 2003).

e. Densidad óptica

La Asociación Internacional de Metalizadores, Recubridores y Laminadores, AIMCAL por sus siglas en inglés, expone que la densidad óptica indica el grado de transparencia o opacidad de la película; produce una estimación de la homogeneidad de la película laminada y, además, efectos en las propiedades de barrera.

2.3.2.2. Propiedades mecánicas.

a. Tensión superficial

Es la fuerza a superar para expandir el área superficial de un líquido sobre la película, en otras palabras, se refiere a la capacidad de humedecer la superficie, sus unidades comunes son dinas/cm o unidades equivalentes. Esta propiedad afecta principalmente al entintado o laminación del empaque, provocando que se despegue con la manipulación o que no se adhiera con suficiente fuerza la lámina si la tensión superficial es baja; esto tiende a suceder en materiales no polares como polietilenos de alta y baja densidad y polipropileno (ASTM D 2578, 2017).

b. Coeficiente de Fricción

Se abrevia COF y es la proporción entre la fuerza requerida para desplazar una superficie sobre otra, hace alusión a la capacidad de deslizamiento. Existe un COF estático, que se refiere a la resistencia máxima en el instante que comienza el movimiento, y COF dinámico, que es la resistencia durante el movimiento. Su importancia en producción radica en las propiedades de desplazamiento de una película y un aditivo, ya que da una idea del grado de compatibilidad de los mismos (ASTM D 1894, 2001).

Esta propiedad posee alta influencia en las propiedades de deslizamiento en la película, esto es de importancia al momento de apilar empaques o colocarlos sobre alguna superficie, por ejemplo, un COF bajo podría causar que el envase se resbale fácilmente y no mantenga su posición. A la vez, es de importancia cuando se apilan los empaques uno sobre otro y al momento de llenar el envase con el producto correspondiente.

c. Sellabilidad

La ASTM F 2029 define sellabilidad como una propiedad de polímeros termoplásticos, indica la capacidad de unir superficies por acción del calor. Es posible cuantificarla por temperatura o por fuerza de sellado manteniendo presión, temperatura y tiempo constantes. Su aplicación en calidad es importante a causa de la influencia de la temperatura de sellado, si ésta es alta limita la velocidad de empaquetado y puede comprometer la composición del producto dentro del empaque; si ésta es baja genera problemas de hermeticidad y puede comprometer la inocuidad del empaque.

d. Fuerza de Rotura

Se trata de una propiedad de tensión que cuantifica la fuerza a la cual la probeta analizada presenta una falla o reviente, reportado en unidades de fuerza. Conocida también como carga máxima a la rotura, es una de las propiedades básicas para el análisis del resto de propiedades tensiles como resistencia a la tracción; su estudio permitirá estimar el comportamiento y desempeño del empaque bajo condiciones de trabajo y almacenamiento en las cuales se vea sometido, por lo tanto, su importancia radica en la finalidad del empaque o embalaje flexible, la cual es proteger el producto que contiene, siendo una baja fuerza de rotura la posible responsable de un empaque débil y en consecuencia capaz de comprometer la integridad de su contenido (Morris, 2017).

e. Fuerza de rasgado

Según la ASTM D 1004 esta propiedad se define como una función de la máxima resistencia a la rotura o desgarre para películas o láminas de plástico, iniciando desde uno de los costados de la película, esta propiedad se expresa en unidades de fuerza y

dependerá parcialmente del espesor de la película analizada. La fuerza para iniciar el desgarro a través de una geometría específica de una muestra de película o lámina se mide utilizando una máquina de separación de velocidad de agarre constante; se calcula a partir de la carga-tiempo o carga-desplazamiento.

f. Resistencia a la tracción

Conocida también como resistencia a la tensión, según la ASTM D 882, esta propiedad hace referencia a la fuerza necesaria para romper o deformar un material, dado que la prueba se realiza con muestras de dimensiones determinadas sus unidades son de fuerza entre unidades de área. Posee una alta importancia en el control de calidad del producto ya que permite estimar el comportamiento del empaque durante las condiciones de trabajo; esta propiedad podrá ser evaluada al momento de la ruptura representando la máxima carga necesaria para rasgar o dañar permanente el empaque o durante el límite elástico de la misma. Es importante resaltar que al tratarse de empaque flexible suele ser necesario, realizar mediciones en la dirección de la maquina (MD) o en dirección transversal (TD) de la película ya que podrían existir diferencias entre ambas.

g. Elongación

Medida como el porcentaje de extensión de la muestra desde sus dimensiones iniciales, esta propiedad permite estimar la capacidad de cedencia del empaque y su desempeño ante distintas condiciones de esfuerzo. Esta podrá ser evaluada al momento del rasgado o ruptura de la película o durante el límite elástico de la misma, indicando la elongación máxima de la película antes de sufrir daños permanentes. Es importante resaltar que al tratarse de empaque flexible suele ser necesario, realizar mediciones en MD o TD de la película ya que podrían existir diferencias entre ambas (ASTM D 882, 2010).

h. Módulo Secante

El módulo secante, representado en unidades de fuerza, hace referencia a la tensión entre un esfuerzo determinado o nominal, es decir que, en una curva carga-deformación, este será la pendiente de la línea que une un punto a otro. Este es uno de los numerosos

métodos que facilitan estimar el módulo de elasticidad de la película, es decir que permite comprender la elasticidad del material y del empaque en general (ASTM D 882, 2010).

i. Dureza

De acuerdo a la norma ASTM D 1415, la dureza es el nivel de profundidad de penetración de un sustrato con dimensiones especificadas, la cual puede ser medida mediante diversos instrumentos.

Generalmente para materiales flexibles, se determina por medio de un durómetro y funciona de tal forma que el espécimen es forzado con tipo específico de indentador, para este caso específico de nombrado de Tipo A. Esta dureza de indentación se encuentra inversamente relacionada con la penetración y es dependiente del módulo de elasticidad y del comportamiento viscoelástico del material (ASTM D 2240, 2015).

2.3.2.3. Propiedades fisicoquímicas.

a. Gramaje

De acuerdo a la ASTM D 4321, el gramaje en el empaque flexible funge como una relación entre el peso por unidad de volumen del mismo, comúnmente representado en g/m^2 o unidades equivalentes; esta propiedad, altamente relacionada con la densidad y el espesor de la película, facilita generar una percepción inicial del rendimiento al momento de fabricar el empaque ya que un gramaje alto indicara un mayor consumo de películas plásticas para su generación.

b. Espesor

Conocido también como calibre, esta propiedad hace referencia a la correlación entre el gramaje y la densidad. Representados en unidades de longitud, esta propiedad es de vital importancia en el control de calidad de empaque y películas plásticas ya que un descalibre o variación en el espesor puede causar desviaciones en apariencia y problemas de procesamiento como trenzado, orillas caídas o levantadas, estrías en la película, entre otros (ASTM D 6988, 2013).

c. Tasa de transferencia de vapor de agua

Se expresa como el vapor de agua que puede atravesar una película en estado estacionario a temperatura y humedad relativa determinada, representado en unidades de masa entre unidades de área por tiempo. Este parámetro si presenta un valor elevado afecta de manera negativa la vida útil del producto, por ejemplo, cuando se trata de un alimento se reducen los nutrientes e incluso compromete la textura y apariencia del mismo (ASTM F 1249, 2013).

d. Tasa de transferencia de oxígeno

Acorde a la norma ASTM D 3985, esta tasa es el oxígeno gaseoso que traspasa la película en estado estacionario a temperatura y humedad relativa definidas, representado en unidades de masa entre unidades de área por tiempo. De la misma forma que la tasa de vapor de agua, reduce la vida útil del producto afectando textura y en el caso de alimentos el sabor y aroma.

e. Adherencia de metalizado

Conforme la definición proporcionada por la AIMCAL esta propiedad hace alusión al nivel de adherencia de la lámina metalizada en el sustrato, influye en las propiedades de barrera, si ésta es pobre debilita la adherencia de otras películas durante la laminación.

f. Adherencia de recubrimiento

Este parámetro determina de manera cualitativa la adherencia de la capa de recubrimiento sobre el sustrato la cual influye en el sellado o abertura del empaque produciendo decapado si la adherencia se considera pobre.

g. Temperatura de fusión, transición vítrea y cristalización

De acuerdo a lo planteado en la norma ASTM D 3418, cuando un material de prueba es sometido a procesos de calentamiento y enfriamiento controlados, donde se cuantifican

los cambios de energía, es posible determinar las temperaturas a las que sufre un cambio de estado, así como entalpías de fusión y cristalización de un material.

h. Permeabilidad

Mediante esta propiedad es posible estimar la transmisión de gases puros a través de una película plástica y tiene sentido únicamente para materiales homogéneos (ASTM D 1434, 2003).

i. Fuga

Se refiere a la capacidad del empaque flexible de ser impenetrable, no permitir que ningún fluido entre o salga del mismo. Se mide mediante la identificación de fugas, estas dependen del producto contenido, la naturaleza del material de empaque y la cantidad de muestras de mismo (ASTM F 2029, 2000).

j. Degradación térmica

La ASTM D 3045 define la resistencia de los plásticos cuando son expuestos a aire caliente y elevadas temperaturas por periodos de tiempo determinados. La medición de la degradación térmica es importante puesto que afecta propiedades tanto mecánicas como fisicoquímicas del material, la tasa de cambio de las mismas varía dependiendo de cada una; por ejemplo, generalmente la elongación es más sensible a la degradación térmica que el módulo secante para la mayoría de materiales plásticos.

k. Sustancias peligrosas

La presencia de sustancia contaminantes en el empaque flexible o película de plástico puede ser identificado a través de una variedad de métodos de análisis químicos, como es el caso de espectrometría IR o cromatografía en sus distintas variantes, en su mayoría estas sustancias serán reportadas en partes por millón (ppm) o unidades similares. Este parámetro resulta de vital importancia en el análisis y control de calidad ya que posee un efecto directo en la inocuidad del empaque y en la seguridad y salud del usuario de este producto, así como el impacto que tendrá el empaque o embalaje flexible en el medio

ambiente una vez sea desechado; a la vez, los empaques pueden contener una variedad de contaminantes que son considerados como peligrosos por la legislación de distintos países, en particular, El Salvador en su Decreto 41: “*Reglamento especial en materia de sustancias, residuos y desechos peligrosos*”, como es el caso del contenido de metales pesados como cromo, níquel, plomo, entre otros, sustancias que pueden encontrarse en empaques como residuos de solventes, tintas, pigmentos y aditivos.

I. Resistencia química o degradación química

Acorde a la ASTM F 2250 se define como la capacidad de las tintas, capas o recubrimientos de los empaques flexibles para resistir la exposición a químicos comunes como agua, alcohol o ácidos durante el ciclo de vida útil, sin disolverse o degradarse. Esta propiedad facilita la comprensión de la duración del empaque en situaciones de operación normales y a la vez, permite identificar aquellos rubros en los cuales el empaque podría sobresalir por su desempeño.

m. Oxidación y biodegradabilidad

Cuantifica la disminución del peso molecular y las propiedades físicas de plásticos a causa de procesos de fotooxidación y oxidación térmica dependiendo del uso, así como biodegradabilidad en el ambiente después de la disposición final (ASTM D 6954, 2018).

n. Composición

La composición del empaque es un parámetro de importancia en el control de calidad ya que este permitirá estipular que las sustancias con las cuales se ha fabricado este producto son las adecuadas, como ocurre al momento de realizar empaque a partir de materiales recuperados, y a la vez, asegurar que la presencia de otros tipos de polímeros ajenos a la formulación sea mínima. Para realizar este tipo de análisis resulta factible hacer uso de métodos calorimétricos ya que facilitan la identificación de transiciones de fase correspondientes a las estructuras que componen la muestra; en el caso de polímeros, en su mayoría estos pueden ser identificados a través de temperaturas de fusión, cristalización, transición vítrea y degradación térmica, ya que estas transiciones ocurren en un rango de temperaturas característicos para el polímero en cuestión, por

ejemplo, se comprende que el polietileno de baja densidad posee temperaturas de fusión que se encuentra en el rango de 105°C a 120°C, en su mayor porcentaje de cristalinidad (Widmann , Riesen, Schawe, Schubnell, & Wagner, 2017).

o. Solubilidad

Resulta de especial interés al momento de analizar y controlar la calidad en producciones de empaques hidrosolubles, una presentación que se encuentra ganando popularidad por su solución al impacto ambiental que este tipo de productos genera. La solubilidad permitirá estimar el tiempo de vida útil del empaque una vez sea puesto en contacto con el solvente correspondiente, facilitando la comprensión del desempeño de este artículo frente a condiciones de uso y disposición. El impacto que la desviación de esta propiedad tiene sobre el empaque y su calidad radica en la capacidad de ser disuelto en el solvente sin perjudicar ni comprometer sus capacidades de protección y almacenamiento del producto que contendrá (MonoSol, 2003).

p. Encogimiento

La ASTM D 2838 establece que esta propiedad es la reducción lineal en una dirección de la película cuando ésta es sometida a elevadas temperaturas, se relaciona con la fase de transición de la resina base, y, además, tiene efecto en los procesos de fabricación en vista del estrés al que es sometido la película, mismo que puede ser liberado mediante la aplicación de calor sin llegar a la temperatura que causa encogimiento.

q. Retracción

La retracción es un parámetro basado en el porcentaje de variación entre las dimensiones iniciales de una muestra, y las dimensiones de la misma posterior a un baño de inmersión en aceite a una temperatura determinada. Esta propiedad es de vital importancia en la fabricación de empaque flexible ya que posee un alto impacto en el procesamiento de la película y a la vez afecta el desempeño de las películas termoretraíbles. Su valor dependerá de las condiciones de operación y procesamiento y de propiedades térmicas de la resina utilizada para su fabricación (ASTM D 2732, 2018).

2.3.3 Normativa, herramientas y equipo para la medición de las propiedades de calidad.

Para cada uno de los parámetros que se caracterizaron anteriormente existe una o más normas internacionales donde se detalla la forma de realizar los ensayos de manera que resulten en un valor confiable. A continuación, en la Tabla 2.4 se presenta la normativa correspondiente.

Tabla 2.4

Normativa, equipo e instrumentos para la evaluación de propiedades de interés para el control de calidad de empaque y embalaje flexible.

Propiedad	Normativa	Equipos e Instrumentos
Propiedades ópticas		
Apariencia	No Disponible	Plumón permanente, luces fluorescentes.
Neblina del empaque (Haze)	ASTM D 1003	Medidores de neblina o haze (hazemeter), o dispositivos semejantes.
Transmitancia	ASTM D 1003	Medidores de transmitancia o dispositivos semejantes.
Brillo	ASTM D 2457	Medidor de brillo
Densidad óptica	AIMCAL TP-101-78	Densitómetro
Propiedades mecánicas		
Tensión superficial	ASTM D 2578	Soluciones con dinaje estandarizadas, hisopos y cristalería volumétrica
Coefficiente de fricción	ASTM D 1894	Medidor de coeficiente de fricción (COF Tester), cinta adhesiva.
Sellabilidad	ASTM F 2029 ASTM F 88	Dinamómetro y equipo de sellado del tipo tasa de mordaza
Fuerza de Rotura (Carga Maxima)	ASTM D 882	Medidor de propiedades tensiles (Tensile tester)
Fuerza de Rasgado	ASTM D 1004	Medidor de fuerza de rasgado (Elmendorf)
Resistencia a la Tracción	ASTM D 882	Medidor de propiedades tensiles (Tensile tester)
Elongación	ASTM D 882	Medidor de propiedades tensiles (Tensile tester)
Modulo secante	ASTM D 882	Medidor de propiedades tensiles (Tensile tester)
Dureza	ASTM D 2240	Durómetro

Continúa

Tabla 2.4 (Continuación)

Normativa, equipo e instrumentos para la evaluación de propiedades de interés para el control de calidad de empaque y embalaje flexible.

Propiedad	Normativa	Equipos e Instrumentos
Propiedades fisicoquímicas		
Gramaje	ASTM D 4321	Balanza, estilete, moldes de corte
Espesor (calibre)	ASTM B 499 ASTM D 6988	Micrómetro
Tasa de transmisión de vapor de agua	ASTM F 1249	Molde, grasa de alto vacío, rotámetro, estilete y equipo para medición de transmisión de agua
Tasa de transmisión de oxígeno	ASTM D 3985	Molde, estilete, grasa, rotámetro y equipo para medición de transmisión de oxígeno
Adherencia del metalizado	AIMCAL TP-104-87	Cinta adhesiva y luces fluorescentes.
Adherencia del recubrimiento	No Disponible	Cinta adhesiva
Temperatura de fusión, transición vítrea y cristalización	ASTM D 3418	Calorímetro diferencial de barrido (DSC)
Permeabilidad	ASTM D 1434 ASTM E 96	Equipo de transmisión de gas adaptado con manómetro, micrómetro, mercurio y un gas puro de prueba.
Fuga	ASTM F 2029 ASTM D 3078	Cámara de vacío y un fluido de inmersión.
Degradación térmica	ASTM D 3045	Horno de flujo de aire
Resistencia química/degradación química	ASTM F 2250 ASTM D 543	Cristalería, cronometro, jeringa, materiales absorbentes como algodón
Oxidación y biodegradabilidad	ASTM D 6954	Horno de convección por gravedad u horno de ventilación forzada
Solubilidad	ASTM E1148	Cristalería, termómetro, cronometro, y agua calidad reactivo de grado II según lo establecido en la especificación ASTM D 1193

Continúa

Tabla 2.4 (Continuación)

Normativa, equipo e instrumentos para la evaluación de propiedades de interés para el control de calidad de empaque y embalaje flexible.

Propiedad	Normativa	Equipos e Instrumentos
Encogimiento	ASTM D 2838	Horno de convección, masas para sostener la muestra e instrumentos para medición de longitud
Retracción	ASTM D 2732	Equipo para medición de encogimiento, solución a base de aceite, termocupla o termómetro, instrumentos para medición de longitud

2.4. Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y Embalaje en Centro América y Panamá.

Con el propósito de impulsar el desarrollo y la investigación en la industria del envase, empaque y embalaje, la Universidad de El Salvador mediante un convenio con el Gobierno de Taiwán y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) acuerda en 1996 crear un Centro que funcione como una entidad reguladora de certificación de calidad a nivel Regional, de esta forma en Mayo de 1998 se funda el Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y Embalaje en Centro América y Panamá, por sus siglas CDIECAP, como un laboratorio especializado que forma parte de la Escuela de Ingeniería Química de Facultad de Ingeniería y Arquitectura dentro de la Universidad de El Salvador (CDIECAP, 2019).

2.4.1 Descripción.

Una de las funciones del CDIECAP es la prestación de servicio de medición de diversos parámetros de calidad ya sea para empresas privadas u organizaciones gubernamentales, se especializa en pruebas para papel, cartón y cintas adhesivas, así como estudios de vida útil basándose en las normas de entidades internacionales como

la Asociación Técnica de las Industrias de la Celulosa y el Papel, TAPPI por sus siglas en inglés, y la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales abreviado ASTM.

Para el control de calidad de envase, empaque o embalaje de papel el CDIECAP realiza los ensayos mostrados en la Tabla 2.5

Tabla 2.5

Servicios de calidad para papel brindados por el CDIECAP (CDIECAP, 2019).

Servicio	Normativa
Prueba de Explosión en papel (Bursting Strength)	TAPPI T 403
Prueba de Resistencia a la Tensión en papel	TAPPI T 494
Resistencia al Rasgado, método de Elmendorf en papel	TAPPI T 414
Determinación de gramaje	TAPPI T 410
Calibre (Espesor)	TAPPI T 411

En cuanto a empaques y embalajes de cartón, en el Centro se ofrecen las pruebas de calidad mostradas en la Tabla 2.6 con la normativa correspondiente.

Tabla 2.6

Servicios de calidad para cartón corrugado brindados por el CDIECAP (CDIECAP, 2019).

Servicio	Normativa
Prueba de Compresión de Anillos	TAPPI T 818
Prueba de Explosión en Cartón	TAPPI T 810
Prueba de Penetración	TAPPI T 803
Compresión en cartón corrugado: Edge Crush	TAPPI T 811

Continúa

Tabla 2.6 (Continuación)

Servicios de calidad para cartón corrugado brindados por el CDIECAP (CDIECAP, 2019).

Servicio	Normativa
Compresión en cartón corrugado: Flat Crush	TAPPI T 808
Prueba de Resistencia a la Tensión en cartón	TAPPI T 494
Resistencia al Rasgado, método de Elmendorf en cartón	TAPPI T 414
Determinación de gramaje	TAPPI T 410
Compresión de Cajas	TAPPI T 804
Prueba de Resistencia a la Caída	TAPPI T 802
Calibre (Espesor)	TAPPI T 411

De la misma manera, se llevan a cabo pruebas para comprobar la calidad de cintas adhesivas, las cuales son presentadas a continuación en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7

Servicios de calidad para cinta adhesivas brindados por el CDIECAP (CDIECAP, 2019).

Servicio	Normativa
Test de Fuerza Inicial	ASTM D 3121
Capacidad de Sostenimiento	ASTM D 3654
Medición de Adhesividad	ASTM D 3330
Resistencia al Rasgado	PSTC - 38
Elongación	ASTM D 3959
Resistencia hasta la Rotura	ASTM D 3959
Calibre (Espesor)	ASTM D 3652

Cabe mencionar que actualmente en el CDIECAP los únicos ensayos de calidad que se realizan a empaques y envases a partir de materiales flexibles son en su mayoría

cualitativos como apariencia a la vista, transparencia, opacidad y brillo; además, se determina permeabilidad a gases.

Así mismo, el Centro se dedica a la capacitación por medio de cursos para personal de la industria que esté interesado en el área de empaque, envase y embalaje, y mediante materias técnicas electivas o cursos los estudiantes pre – grado pueden optar a la formación especializada en este campo y enseñanza en la manipulación de los equipos; además, apoya la innovación en el desarrollo y diseño de empaques o embalajes a través de asesorías (CDIECAP, 2019).

Por otra parte, y partiendo de las dimensiones de calidad planteadas anteriormente en la sección 2.3, es posible valorar el servicio del Centro en el ámbito de medición de parámetros mediante ensayos, como se muestra en la Figura 2.7



Figura 2.7 Dimensionamiento de calidad de servicios del CDIECAP.

2.4.2 Proyecciones

En el “Informe de actividades desarrolladas y proyecciones del Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y Embalaje en Centroamérica y Panamá (CDIECAP)”

presentado por el Centro en el presente año 2022, se propone consolidar el área de calidad de envases, empaques y embalajes en la región Centroamericana. Para conseguirlo, ha identificado tres líneas de trabajo para el desarrollo de proyectos que contribuyen al crecimiento y mejora de los servicios brindados por el mismo mediante el desarrollo e implementación de los siguientes proyectos:

a. Desarrollar vinculación y relaciones de cooperación con el sector productivo a nivel gubernamental y no gubernamental. Busca instaurar un sitio de comunicación web oficial para el Centro con información sobre como contactarlo, además, prestación de servicios de ensayos para papel, cartón y cintas adhesivas a entidades gubernamentales y empresas nacionales que lo soliciten.

b. Fortalecimiento de servicios. Propone consolidar el sistema de gestión de calidad en el Centro en función de la normativa ISO 17025, en consecuencia, resulta necesario la implementación de un programa metrológico y de mantenimiento de los equipos e insumos con los que cuenta, así como la correcta documentación de las metodologías de análisis.

c. Desarrollar investigación e ingeniería de calidad en el área de empaque, embalaje y materiales de empaque. Proyecta la ampliación de las áreas de estudio y análisis del Centro a una diversidad de tipos de materiales y pruebas como, por ejemplo, el estudio de vida útil de productos químicos. Simultáneamente, propone establecer relaciones de cooperación con múltiples industrias, MIPYMES (Micros, pequeñas y medianas empresas) y entidades gubernamentales.

2.4.3 Recursos (CDIECAP, 2019).

En la actualidad el CDIECAP cuenta con personal técnico especializado que consiste en dos ingenieros de laboratorio y un jefe de laboratorio para la realización y supervisión de los ensayos con los equipos. (Véase Tabla 2.8.)

Tabla 2.8

Maquinaria disponible en el CDIECAP.

Equipo	Descripción	Figura
Tensiómetro	Instrumento de la marca J. Bot S.A. que es utilizado para realizar pruebas de resistencia a la tensión para papel y cartón.	
Balanzas	Balanzas digitales de la marca Ohaus, de marca GBK y Shimadzu visto de izquierda a derecha, para determinación de gramaje y espesor.	
Equipo para pruebas de explosión	Modelo H-8321 de marca Hung Ta Instrument para realizar ensayos de explosión (Bursting Streght Tester) a papel y cartón.	
Medidor de compresión	También llamado compresómetro, un equipo de la marca Hung Ta CO. LTD. Modelo HT-9635A que es utilizado para pruebas de compresión de anillo, edge crush y flat crush para cartón.	

Continúa

Tabla 2.8 (Continuación)

Maquinaria disponible en el CDIECAP.

Equipo o Maquinaria	Descripción	Figura
Instrumento para resistencia al rasgado	Para realización de prueba de resistencia al desgarre y fuerza de rotura el Centro cuenta con un Elmendorf modelo HT-8181 de marca Hung Ta Instrument.	
Equipo para prueba de penetración	Modelo HT-8505 de Hung Ta Instrument, Puncture Tester por su nombre en inglés, para llevar a cabo ensayos de penetración a papel y cartón.	
Tester de permeabilidad de gases	La determinación de permeabilidad a gases como oxígeno y nitrógeno en el CDIECAP se hace con un Gas Permeability Tester, por su nombre en inglés, BTY-BIP de Labthink.	
Durómetro	Instrumento de la marca Baxlo modelo 53505 con un Shore tipo A, para la medición de dureza de materiales flexibles, semi rígidos y celulares. Sin usar.	

Continúa

Tabla 2.8 (Continuación)



Maquinaria disponible en el CDIECAP.

Equipo o Maquinaria	Descripción	Figura
<p>Micrómetro</p>	<p>Aplicado en la determinación del calibre con una precisión de 0.01 mm de la marca Teclock se trata de un instrumento análogo.</p>	
<p>Embalaje y transporte</p>	<p>Se cuenta con maquinaria para pruebas de embalaje como simulación de transporte por un sistema de vibración o prueba de resistencia a la caída en cajas de cartón, ambos equipos del fabricante Lansmont Corporation.</p>	
<p>Cintas Adhesivas</p>	<p>El CDIECAP cuenta con equipo para determinación de la adhesividad inicial, primera figura vista de arriba hacia debajo de la marca Hung Ta, y además para pruebas de sostenimiento y fuerza inicial, segunda figura.</p>	

Continúa

Tabla 2.8 (Continuación)

Maquinaria disponible en el CDIECAP.

Equipo o Maquinaria	Descripción	Figura
Estufa	Equipo de la marca Hung Ta que permite el calentamiento de muestras para pruebas que le requieran o como acondicionamiento previo al análisis o ensayos de envejecimiento.	
Composición	Para la identificación y cuantificación de las sustancias que componen la muestra a analizar, el Centro cuenta con el equipo adecuado para la realizar ensayo de cromatografía (figura superior), espectroscopia IR y espectrofotometría (figura inferior), todos de la marca Shimadzu.	

Cabe mencionar que algunos de los equipos expuestos en la Tabla 2.8 no se encuentran disponibles para su uso inmediato, en el caso del equipo de permeabilidad de gases actualmente el CDIECAP no cuenta con personal capacitado para la manipulación e interpretación de resultados del mismo. De igual forma, el equipo para espectrofotometría IR se encuentra dañado y fuera de uso.

CAPÍTULO 3: ESTUDIO EMPÍRICO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA

A partir de las propiedades y pruebas que dimensionan la calidad en empaque o embalaje flexible y el impacto que poseen sobre el producto final, temáticas estudiadas en el transcurso del segundo capítulo, se vuelve accesible realizar un análisis de la viabilidad de llevar a cabo los ensayos en el CDIECAP haciendo uso del equipo e insumos con los que cuenta. En consecuencia, en el Capítulo 3 se realizará el estudio de factibilidad técnica haciendo uso de una matriz como herramienta de selección que evalúe parámetros y criterios que delimiten la puesta en marcha de las pruebas.

3.1 Análisis técnico para la selección de pruebas

Con la finalidad de realizar una evaluación integral de todos los aspectos técnicos que conlleva la implementación de pruebas de calidad para materiales y empaques flexibles en el CDIECAP, y para determinar cuáles de los ensayos presentados en la sección 2.3 es posible ejecutar, se utilizará como herramienta principal una matriz de factibilidad que compare diversos parámetros que facilitarán la selección de las pruebas apropiadas para el análisis.

3.1.1 Matriz de selección de pruebas

Se busca determinar, en base a un sistema de evaluación desarrollado en función de cuatro criterios como variables, la posibilidad de ejecución de las pruebas de calidad. Los parámetros a considerar serán los siguientes:

- a. **Disponibilidad de instrumento de medición.** Hace referencia a la viabilidad de acceso al equipo, si este forma parte de los actuales insumos y recursos del CDIECAP; en el caso de no necesitar equipo de medición para la realización de la prueba, se valorará la disponibilidad de recurso humano.
- b. **Disponibilidad de insumos y herramientas.** Se representa con dicho parámetro la posibilidad de acceso a insumos, herramientas y reactivos, necesarios para llevar a cabo las pruebas y la capacidad de obtenerlos de ser requeridos.
- c. **Adaptabilidad/Aplicabilidad.** Este criterio evalúa la facilidad de aplicación de las pruebas o ensayos de las diversas propiedades con los recursos que presenta el CDIECAP, los cuales actualmente son utilizados para el estudio de empaque de papel o cartón.
- d. **Relevancia.** En la evaluación de empaque flexible existen ciertas propiedades que requieren ser reportadas en certificaciones de calidad y fichas técnicas de materiales, en consecuencia, estas se vuelven de mayor interés al momento de monitorear la calidad durante la producción.

Con la finalidad de valorar cada uno de los criterios descritos, estos serán calificados bajo una escala del 0 al 4, como se describe en la Figura 3.1; siendo cero el equivalente a una ausencia total del criterio y cuatro la máxima factibilidad del mismo.



Figura 3.1 Escala de evaluación de criterios de factibilidad.

Por lo tanto, al evaluar cada una de las pruebas estudiadas en el capítulo anterior, se obtiene como resultado las matrices mostradas en la Tabla 3.1, Tabla 3.2 y Tabla 3.3, correspondientes a las propiedades ópticas, mecánicas y fisicoquímicas, correspondientemente. Cabe mencionar que el orden que tienen los indicadores en la matriz de factibilidad no denota un orden de prioridad.

Tabla 3.1

Matriz de Selección de Ensayos de Propiedades Ópticas.

		Parámetros				Total
		Disponibilidad de instrumento de medición	Disponibilidad de insumos y herramientas	Adaptabilidad	Relevancia	
Propiedades Ópticas	Apariencia	4	4	4	4	16
	Neblina del empaque (Haze)	0	4	0	2	6
	Transmitancia	0	4	0	2	6
	Brillo	0	4	0	4	8
	Densidad óptica	0	4	0	2	6

Tabla 3.2

Matriz de Selección de Ensayos de Propiedades Mecánicas.

		Parámetros				Total
		Disponibilidad de instrumento de medición	Disponibilidad de insumos y herramientas	Adaptabilidad	Relevancia	
Propiedades mecánicas	Tensión superficial	4	2	3	3	12
	COF	0	4	0	4	8
	Sellabilidad	0	4	0	3	7
	Fuerza de rotura	4	4	4	4	16
	Resistencia al desgarre	4	4	4	4	16
	Resistencia a la tracción	4	4	4	4	16
	Elongación	4	4	4	4	16
	Modulo secante	3	4	1	3	11
	Dureza	4	4	4	3	15

Tabla 3.3

Matriz de Selección de Ensayos de Propiedades Fisicoquímicas.

		Parámetros				Total
		Disponibilidad de instrumento de medición	Disponibilidad de insumos y herramientas	Adaptabilidad	Relevancia	
Propiedades fisicoquímicas	Gramaje	4	4	4	4	16
	Espesor (calibre)	4	4	4	4	16
	Tasa de transferencia de vapor de agua	0	1	0	3	4
	Tasa de transferencia de oxígeno	0	1	0	3	4
	Adherencia del metalizado	4	4	4	2	14
	Adherencia del recubrimiento	4	4	4	2	14
	Permeabilidad	4	4	4	3	15

Continúa

Tabla 3.3 (Continuación)

Matriz de Selección de Ensayos de Propiedades Fisicoquímicas.

		Parámetros				Total
		Disponibilidad de instrumento de medición	Disponibilidad de insumos y herramientas	Adaptabilidad	Relevancia	
Propiedades fisicoquímicas	Fuga	0	4	2	3	9
	Degradación térmica	4	4	2	3	13
	Resistencia química/degradación química	4	4	4	3	15
	Oxidación y biodegradabilidad	0	4	4	3	15
	Solubilidad	4	4	4	1	13
	Encogimiento	0	3	0	3	6
	Retracción	4	4	4	4	16
	Composición	2	2	3	3	11
	Temperatura de fusión, transición vítrea y cristalización	0	2	0	4	6

3.1.2 Determinación de factibilidad en CDIECAP

Se definió, para determinar los resultados de cada matriz de factibilidad que serían aceptadas aquellas pruebas o ensayos con un puntaje total igual o mayor a 12, es decir, que cumplan como mínimo en un 75% los criterios de evaluación. En consecuencia, se han identificado como pruebas factibles las mostradas en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4

Pruebas calificadas como factibles.

N°	Prueba	Aceptación (%)
1	Apariencia	100.0
2	Tensión superficial	75.0
3	Fuerza de Rotura	100.0

Continúa

Tabla 3.4 (Continuación)
Pruebas calificadas como factibles.

N°	Prueba	Aceptación (%)
4	Fuerza de Rasgado	100.0
5	Resistencia a la Tracción	100.0
6	Elongación	100.0
7	Dureza	93.8
8	Gramaje	100.0
10	Adherencia de metalizado	87.5
11	Adherencia del recubrimiento	87.5
12	Degradación térmica	81.3
13	Permeabilidad	93.8
14	Resistencia química	93.8
15	Solubilidad	81.3
16	Retracción Térmica	100.0

3.2 Desarrollo de protocolos

En conformidad con la Sección 3.1 del presente capítulo, se retoman las pruebas de calidad que se concluyeron como técnicamente factibles para la elaboración de las marchas de laboratorio a ser implementadas de acuerdo con el funcionamiento del CDIECAP; detallando, además de los procedimientos mismos, el alcance y la aplicabilidad de cada ensayo a la variedad de sustratos flexibles.


3.2.1 Diseño de plantillas para la documentación de protocolos

A fin de mantener el formato de trabajo dentro del CDEICAP, se plantea para el registro de la información el diseño presentado en la Figura 3.2 como portada para identificar cada marcha, en el anexo A se podrá encontrar el logotipo diseñado.

Asimismo, en el contenido de cada practica se presentará la siguiente información:

- i. **Propósito:** se refiere a la definición de la propiedad a medir y el significado de ésta en el área de calidad.
- ii. **Alcance:** es la delimitación de los tipos de sustratos a los que es posible aplicar el ensayo.

- iii. **Documentos de referencia:** enlista todos los documentos, manuales o normativas que se utilizaron para la creación tanto del procedimiento, acondicionamiento y cálculos necesarios.
- iv. **Materiales y equipo:** enlista la maquinaria, instrumentos y reactivos a emplear en el procedimiento.
- v. **Responsabilidades:** se refiere al personal capacitado asignado para la puesta en marcha de las pruebas.
- vi. **Desarrollo:** expone el proceso de acondicionamiento de muestra o equipo si se requiere además del procedimiento de medición.
- vii. **Cálculos:** si se requiere para la obtención de datos de una prueba en específico, en esta sección del protocolo se expondrán las relaciones matemáticas o cálculos estadísticos de interés.
- viii. **Reporte:** enlista la información que se debe presentar, además de los resultados obtenidos de la experimentación.



Centro para el Desarrollo de la Industria de
Empaque y embalaje en Centro América y
Panamá (CDIECAP)

PROCEDIMIENTO PARA ENSAYO

Elaboró:	Firma:
Revisó y autorizó:	Firma:
Fecha de elaboración:	Revisión:
Número de cambio:	Revisión:

Contenido

1.0	Propósito	1
2.0	Alcance.....	1
3.0	Documentos De Referencia.....	1
4.0	Materiales Y Equipo.....	1
5.0	Responsabilidades	1
6.0	Desarrollo Del Ensayo	2
7.0	Cálculos.....	2
8.0	Reporte.....	2

Figura 3.2 Ejemplo de formato para marchas de laboratorio.

3.2.2 Elaboración de procesos de medición

Se desarrollaron metodologías o protocolos de análisis y medición de las propiedades consideradas en el apartado 3.1, cada una adaptada a los equipos e insumos con los que actualmente cuenta el CDIECAP y la normativa descrita en la sección 2.3 del marco teórico. Las distintas marchas para cada magnitud o propiedad y ensayo se presentan en el Anexo B.

Con el objetivo de que los ensayos se desarrollen de forma que se reduzcan al mínimo errores de medición, sin que se vea afectada la reproducibilidad de los mismos en la Tabla 3.5 se exponen las posibles fuentes de error durante la realización de las pruebas y el impacto que cada una de las propiedades, y, en consecuencia, el resultado de su análisis podría generar en el cliente o usuario.

Tabla 3.5

Importancia y origen de error para cada ensayo.

Ensayo	Fuentes de error	Impacto en producto final
Apariencia	Una pobre fuente de iluminación e identificación incorrecta de los defectos en la película	Desviaciones en la apariencia podrán causar defectos en el producto final que cause que el cliente cuestione su contenido o el proceso productivo.
Tensión superficial	Manipulación y almacenamiento inadecuado de las muestras, formulación incorrecta de las soluciones patrón y distribución irregular de la solución patrón sobre la muestra	La tensión superficial posee una relación directa con la facilidad de adherencia de la tinta de impresión o aditivos sobre la superficie del envase o empaque. A la vez, afectará la capacidad de laminación de la película.
Permeabilidad	Deficiencia en la sellabilidad de los frascos	Alteraciones en el ambiente controlado dentro del frasco.

Continúa

Tabla 3.5 (Continuación)

Importancia y origen de error para cada ensayo.

Ensayo	Fuentes de error	Impacto en producto final
Pruebas Tensiles: Fuerza de rotura Elongación Resistencia a la Tracción	Manipulación y corte inadecuado de las probetas, selección de muestra con calibre irregular a lo largo de la probeta, separación inadecuada de las mordazas del tensiómetro, ajuste débil de las mordazas y velocidad de separación de mordazas incorrecta.	Las propiedades tensiles son un posible indicador del desempeño de la película en condiciones de uso y como se verá afecta ante la aplicación de cargas o fuerzas externas e internas.
Fuerza de Rasgado	Nivelación incorrecta del equipo de medición, uso de muestras fuera del rango de fuerza medible por el equipo, aplicación irregular de fuerza en el botón de liberación del péndulo.	La fuerza necesaria para rasgar la película fungirá como un indicador de las condiciones de trabajo en la cual el material puede desempeñarse sin presentar fallos.
Dureza	Incumplimiento a las condiciones de análisis recomendadas, manipulación inadecuada de las muestras, fuerza incorrecta aplicada al equipo y la muestra	La dureza facilita la estimación de la resistencia del empaque o embalaje ante cargas concentradas que podrían generar deformaciones indeseadas.
Gramaje	Nivelación incorrecta del equipo de medición, manipulación inadecuada de las muestras y el equipo de medición, contaminación de la muestra con grasa proveniente del analista	Esta propiedad es un indicador directo del rendimiento de producción y el consumo de películas requerido.

Continúa

Tabla 3.5 (Continuación)

Importancia y origen de error para cada ensayo.

Ensayo	Fuentes de error	Impacto en producto final
Espesor	Presencia de desviaciones de apariencia como contaminantes o grumos en la zona de análisis.	La presencia de un calibre variable a lo largo de una película afecta el desempeño de otras propiedades como las mecánicas y puede ser causante de desviaciones en apariencia como ondulaciones en los costados de la película.
Adherencia de metalizado	No suministrar suficiente fuerza al pegar la cinta adhesiva. Despegar la cinta en sentido contrario a lo planteado en el ensayo.	Esta propiedad tiene efecto en el proceso de laminación y, en consecuencia, en la permeabilidad y sellabilidad de un empaque o envase.
Adherencia de recubrimiento	No suministrar suficiente fuerza al pegar la cinta adhesiva y despegar la cinta en sentido contrario a lo planteado en el ensayo.	Baja adherencia de recubrimiento puede producir decapado en el empaque y afectar otras propiedades mecánicas como sellabilidad del empaque o envase.

3.3 Experimentación con metodologías propuestas

Con la finalidad de comprobar la validez de los procedimientos propuestos y a su vez la capacidad de evaluación conjunta de las dimensiones de calidad de Garvin (1987) en el CDIECAP, en la presente sección se expone la planificación y obtención de datos de la experimentación en materiales flexibles.

3.3.1 Plan para el desarrollo de los procesos de medición

Para el adecuado desarrollo de la parte experimental del presente trabajo, en la Tabla 3.6, se detalla el espécimen de muestra a utilizar en cada ensayo y los equipos o insumos que son requeridos.

Tabla 3.6

Insumos y tipo de muestra para cada ensayo.

Prueba	Instrumento o cristalería	Insumos	Muestra
Apariencia	No aplica	Marcador permanente, hoja de papel blanco y negro	Película plástica de material reciclado
Tensión superficial	Bureta, beaker y cronómetro	Reactivos, hisopos, frascos de vidrio	Bolsa transparente de polietileno
Fuerza de Rasgado	Elmendorf y micrómetro	Micrómetro y templete	Película de polietileno con impresión
Pruebas Tensiles	Tensiómetro y micrómetro	Templete, marcador permanente, regla o cinta métrica	Película de polietileno transparente
Dureza	Durómetro y cronometro	Marcador permanente	Empaque plástico impreso
Gramaje	Balanza analítica	Guantes y cinta métrica o regla	Película de polietileno de baja densidad con impresión
Calibre	Micrómetro	No aplica	Película de polietileno transparente
Adherencia de metalizado y al recubrimiento	No aplica	Cinta adhesiva	Empaque plástico impreso

Continúa

Tabla 3.6 (Continuación)

Insumos y tipo de muestra para cada ensayo.

Prueba	Instrumento o cristalería	Insumos	Muestra
Degradación térmica	Estufa, equipo de la propiedad a analizar, cronometro y vidrio reloj	No aplica	Película stretch de polietileno de baja densidad
Permeabilidad	Balanza analítica y frascos de vidrio	Cloruro de calcio, cloruro de bario dihidratado, agua destilada y cinta adhesiva	Bolsa transparente de polietileno
Resistencia química	No Aplica	Reactivo a probar	Empaque de plástico impreso
Solubilidad	Hot Plate, agitador magnético y pinzas	Agua destilada	Empaque de plástico impreso
Retracción térmica	Beaker, Hot Plate y termómetro	Solución de inmersión Bandeja portamuestra	Empaque de plástico impreso

3.3.2 Obtención de información

3.3.2.1 Prueba de Apariencia

Al poner en marcha la metodología cualitativa como se muestra en la Figura 3.3, se identificaron múltiples desviaciones de calidad en la película extruida como son contaminantes, geles o grumos en la película y líneas de extrusión.



Figura 3.3 Identificación visual de defectos de apariencia

Siguiendo la metodología de análisis, estas desviaciones fueron encerradas con marcador permanente para facilitar la identificación de las mismas, como se demuestra en la Figura 3.4.

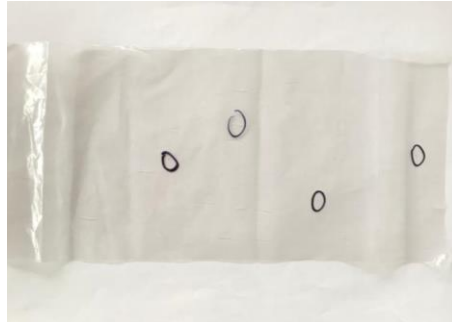


Figura 3.4 Desviaciones de apariencia marcadas en la muestra.

A partir de la prueba realizada se ha podido identificar la presencia de desviaciones en las muestras utilizadas, poniendo en evidencia no solamente los beneficios del análisis sino también su validez.

3.3.2.2 Prueba de Calibre

Para este ensayo se seleccionó como espécimen bolsas transparentes de medidas $6 \times 10 \text{ cm}$ como se observa en la Figura 3.5.



Figura 3.5 Bolsa transparente de polietileno como espécimen de prueba de calibre.

Para la determinación del espesor para todas las muestras se tomaron medidas en cinco puntos distintos, de la manera presentada en la Figura 3.6.



Figura 3.6 Manipulación del micrómetro.

i. Resultados

En la Tabla 3.7 se enlistan los datos obtenidos, en milímetros, para tres muestras distintas.

Tabla 3.7

Datos recopilados del ensayo de Calibre en mm.

N°	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
1	0.02	0.02	0.02
2	0.02	0.02	0.02
3	0.02	0.02	0.02
4	0.02	0.02	0.02
5	0.02	0.02	0.02

ii. Cálculos

Se reporta el promedio, el cual se determina de la siguiente manera:

$$Calibre_{prom} = \frac{0.02 + 0.02 + 0.02 + 0.02 + 0.02}{5} = \mathbf{0.02 \text{ mm}}$$

A partir del análisis se determina que el calibre promedio de la muestra es de 0.02 mm, siendo este el valor típico a lo largo de la película.

3.3.2.3 Prueba de Gramaje

Para la realización de este ensayo se utilizó una muestra de polietileno de baja densidad con impresión, así como se muestra en la Figura 3.7 literal A, evitando en medida de lo posible cualquier doblez y aplanando de ser necesario. Se cortaron cuadrados de dimensiones $10 \times 10 \text{ cm}$ que fueron enrollados a forma de nudos como se observa en la Figura 3.7 literal B.



Figura 3.7 A) Muestra de empaque impreso. B) Muestra preparada para realizar mediciones de prueba de gramaje.

Posteriormente, se pesó cada muestra en una balanza analítica, así como se muestra en la Figura 3.8.



Figura 3.8 Medición de masa de cada muestra.

i. Resultados

Las mediciones recopiladas se presentan en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8

Datos recopilados de masa de muestras.

N°	Masa (g)
1	0.3159
2	0.3137
3	0.3125
4	0.3152
5	0.3056

ii. Cálculos

Para el cálculo del gramaje se dividirá cada medición de masa sobre el área calculada a partir de las dimensiones de la muestra. como se muestra en el ejemplo de cálculo:

$$\text{Gramaje} = \frac{0.3159 \text{ g}}{10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}} = 0.003159 \text{ g/cm}^2$$

Los datos obtenidos para el gramaje se presentan en la Tabla 3.9, para posteriormente realizar el cálculo del promedio.

Tabla 3.9

Gramaje calculado para cada medición.

N°	Gramaje (g/cm²)
1	0.003159
2	0.003137
3	0.003125
4	0.003152
5	0.003056

$$Gramaje_{prom} = \frac{0.03159+0.003137+0.003125+0.003152+0.003056}{5} = 0.003126 \text{ g/cm}^2$$

El gramaje promedio obtenido es de 0.00313 g/cm², este valor es congruente para el material, polietileno de baja densidad, cuyos datos de gramaje en diversas fichas técnicas de producto terminado se encuentran entre valores de 0.001 a 0.0035 g/cm² para espesores de 0.01 a 0.02 milímetros (MACOGLASS, 2020).

3.3.2.4 Prueba de Dureza

La puesta en marcha de la metodología para determinación de dureza se realizó con un empaque de plástico impreso mostrado en la Figura 3.9. La muestra consistió en tres películas de 7.5 x 6.4 cm, esto permitió alcanzar un espesor de 6 mm puesto que el empaque solamente contaba con un espesor de 2 mm.



Figura 3.9 Muestra de empaque impreso utilizada en prueba de Dureza.

Seguidamente se tomaron mediciones en tres puntos separados de la muestra de la forma en que se ejemplifica en la Figura 3.10.



Figura 3.10 Medición con durómetro.

i. Resultados

En la Tabla 3.10 se indican los datos recopilados para la propiedad medida.

Tabla 3.10

Datos obtenidos para dureza.

N°	Dureza (unidades shore)
1	55
2	55
3	55

ii. Cálculos

Para determinar la dureza promedio de la muestra, se realiza el siguiente cálculo:

$$Dureza_{prom} = \frac{55 + 55 + 55}{3} = 55 \text{ unidades shore}$$

El valor de dureza promedio obtenido fue de 55 unidades shore, el cual fue el valor típico obtenido durante las repeticiones realizadas. Para una muestra fabricada a partir de una mezcla de polietileno y polipropileno el valor de dureza en unidades shore se encuentra en un rango de 40 a 66 unidades shore (Bautista, Delgado y Aperador, 2015).

3.3.2.5 Ensayo de Fuerza de Rasgado

Como espécimen de prueba para esta metodología se seleccionó una muestra de polietileno con impresión, como se presenta en la Figura 3.11, comprobando como primer paso que contara con el calibre adecuado para aplicar el procedimiento, siendo este de 0.03 mm.



Figura 3.11 Empaque a utilizar en el ensayo de Rasgado.

Se recortaron, con ayuda de un templete, cinco muestras en dirección transversal y dirección de la maquina respectivamente con dimensiones de $75 \times 64 \text{ mm}$; posteriormente para la prueba en cada muestra, se aseguraron las mordazas del instrumento y se efectuó un corte inicial como se ejemplifica en la Figura 3.12.



Figura 3.12 Manipulación del equipo Elmendorf.

i. Resultados

Se presentan en la Tabla 3.11 los datos recopilados de fuerza de rasgado necesaria en Newton para cada dirección de prueba.

Tabla 3.11

Datos de Fuerza de Rasgado.

N°	Fuerza MD (gf)	Fuerza TD (gf)	Fuerza MD (N)	Fuerza TD (N)
1	60	90	0.588	0.883
2	60	92	0.588	0.902
3	56	84	0.549	0.824
4	56	96	0.549	0.941
5	56	100	0.549	0.981

ii. Cálculos

La fuerza de rasgado promedio será calculada para cada dirección de la siguiente manera:

$$Fuerza_{prom}(MD) = \frac{0.588 + 0.588 + 0.549 + 0.549 + 0.549}{5} = \mathbf{0.565\ N}$$

$$Fuerza_{prom}(TD) = \frac{0.883 + 0.902 + 0.824 + 0.941 + 0.981}{5} = \mathbf{0.906\ N}$$

La fuerza de rasgado promedio obtenida en la dirección de la maquina (MD) se encuentra dentro del rango correspondiente a polietileno de baja densidad el cual se encuentra en un rango de 0.49 a 0.78 N (González Véliz, 2019).

Sin embargo, el valor de fuerza promedio obtenida para la dirección transversal (TD) no es coherente con el valor tipico de este material, el cual se encuentra entre 5 a 7 N; esto se debe a que el equipo que se encuentra en el CDIECAP no cuenta con la capacidad de medición necesaria sino más bien posee un limite maximo de detección de 0.981 N (HUNG TA INSTRUMENT CO., LTD., s.f.).

En consecuencia se concluye que este ensayo es aplicable para aquellos materiales cuyo valor promedio de fuerza de rasgado se encuentre dentro del rango de 0 a 0.981 N

por las capacidades del equipo, siendo más confiables en el rango de 0 a 0.588 *N* según el manual de uso del Elmendorf.

3.3.2.6 Pruebas de Tensión

Se realizaron múltiples pruebas de mediciones de propiedades tensiles con el tensiómetro del CDIECAP; sin embargo, aun ajustando las condiciones de operación del instrumento, no fue posible causar el reviente de las muestras probadas, como se observa en la Figura 3.11. Esto podrá ser atribuido a que la velocidad de separación de las mordazas con la que cuenta el equipo, no es la ideal para realizar pruebas con películas plásticas ya que, según lo descrito en la norma ASTM D882, para películas con porcentajes de elongación a la ruptura mayores a 20, se deberá tener una velocidad de separación de las mordazas de 50 *mm/min*, cinco veces mayor a la velocidad máxima permitida por el tensiómetro del CDIECAP.

En consecuencia, para esta prueba no fue calculada ninguna de sus propiedades reportables; sin embargo, se proporciona la marcha de análisis en el caso de que pudiese encontrarse con una muestra de elongación menor a un 20% que pueda ser apto para la prueba.

3.3.2.7 Ensayos de Adherencia.

Para la verificación de esta metodología se seleccionaron diversas muestras de empaque de polietileno con impresión, las cuales se representan en la Figura 3.13.



Figura 3.13 Muestra A (Izquierda) y Muestra B (derecha) para ensayos de adherencia.

Se recortaron tres muestras de cada empaque con dimensiones de 25.4 × 7.62 cm y posteriormente se realizaron cortes de cinta adhesiva Scotch de 15.24 centímetros de largo, que fué colocado sobre cada una de las muestras, asegurándose de adherirla completamente a la película, como se muestra en la Figura 3.14.



Figura 3.14 Adherencia de cinta sobre la muestra.

Se retiró la cinta adhesiva en la dirección opuesta a la cual fue colocada en la muestra, asegurando que se removiera en un solo movimiento y sin pegarse sobre ninguna otra superficie o sobre si misma. Se tomarón fotografías de la cinta y las muestras posterior a la prueba, cuyos resultados se muestran en la Figura 3.15 y 3.16.

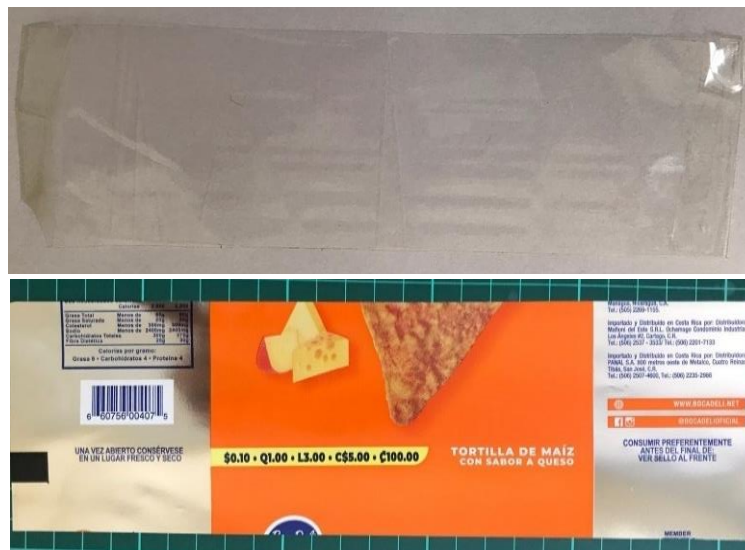


Figura 3.15 Muestra A posterior a la prueba de



Figura 3.16 Muestra B posterior a la prueba de

i. Resultados

Se observa desprendimiento de la muestra B, notable en la cinta adhesiva retirada para las tres repeticiones realizadas; sin embargo, en la muestra A no se observó ningún desgaste en la película ni material visible en la cinta adhesiva para las tres repeticiones realizadas.

3.3.2.8 Prueba de Resistencia química

En la puesta en marcha de este procedimiento se utilizaron muestras de empaque plástico con impresión, la cual se muestra en la Figura 3.17.



Figura 3.17 Empaque impreso a utilizar como muestra de prueba de resistencia química.

Para ello se recortaron cuatro muestras de $13 \times 13 \text{ cm}$, una para poner a prueba cada uno de los cuatro procedimientos descritos en la metodología de análisis, propuestos para la simulación de posibles escenarios de contacto del empaque con químicos comunes, ejemplificados en la Figura 3.18 para derrames o resistencia a ciertas sustancias y en la Figura 3.19 para contacto prolongado a químicos, en este fueron utilizados agua, etanol y acetona.

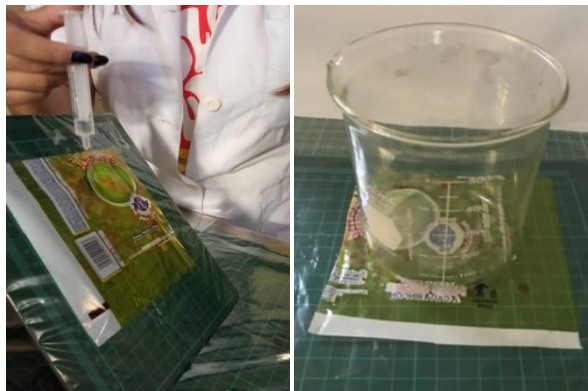


Figura 3.18 Procedimiento A (izquierda) y procedimiento B (derecha) para ensayo de adherencia



Figura 3.19 Procedimiento C (izquierda) y procedimiento D (derecha) para ensayo de adherencia.

i. Resultados

En consecuencia, para los distintos procedimientos se obtuvieron los resultados descritos en la Tabla 3.12; en donde “Pasa” identifica aquellas pruebas en donde no se observó un desprendimiento de la tinta y “Falla”, representa lo contrario.

Tabla 3.12

Resumen de resultados para ensayo de resistencia química.

Procedimiento	Agua	Etanol	Acetona
A	Pasa	Pasa	Falla
B	Pasa	Pasa	Pasa
C	Pasa	Falla	Falla
D	Falla	Pasa	Falla

Adicionalmente, para el procedimiento C y D, requiere el registro de la cantidad de trazos (ida y vuelta) necesarios para desprender la tinta en cada una de las muestras, para ello se resume la información en la Tabla 3.13.

Tabla 3.13

Resultados de cantidad de trazos para procedimientos C y D de prueba de resistencia química.

Procedimiento	Agua	Etanol	Acetona
C	No Aplica	3	2
D	10	No Aplica	1

Es importante mencionar que la decisión de cual o cuales de los métodos propuestos es aplicable para la muestra a analizar se realiza en acuerdo con el cliente, puesto que dependiendo de la industria a la que se destine el empaque o envase así se considerarán los químicos comunes a los que será expuesto.

3.3.2.9 Ensayo para Degradación térmica

En la realización de este ensayo se tomaron cuatro muestras de una película polietileno de baja densidad para colocar cada una debidamente extendida en un vidrio reloj por cada procedimiento, como se muestra en la Figura 3.20, en vista de que se evaluó el espécimen a cuatro temperaturas y tiempos de exposición distintos como se plantea en

la metodología. De forma arbitraria se determinó que la propiedad a estudiar es la fuerza de rasgado.

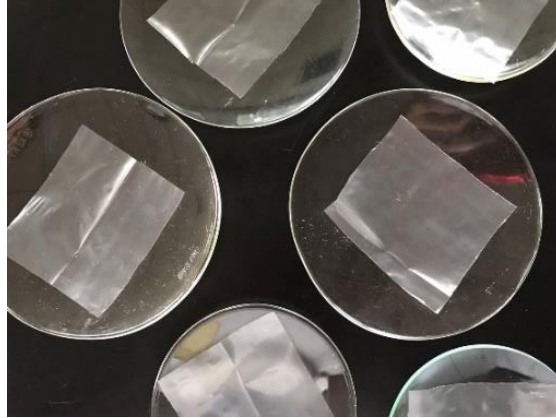


Figura 3.20 Disposición de muestras en crisoles para ensayo de degradación térmica.

Aplicando el método A se realizó el análisis de cuatro muestras calentadas a una temperatura constante de 60°C retirando periódicamente cada media hora una muestra del horno y analizando la propiedad definida con anterioridad.

Por otra parte, en el método B una vez definidas las temperaturas a las que se desea evaluar la propiedad, en este caso en particular fueron de 40°C, 50°, 60° y 70° Celsius, se colocó la muestra dentro de la estufa, ejemplificado en la Figura 3.21, y se cronometró media hora.

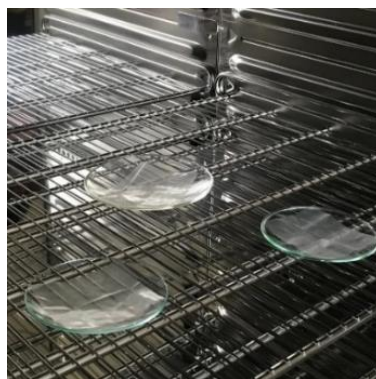


Figura 3.21 Muestras colocadas dentro del horno para ensayo de degradación térmica.

i. Resultados

Posterior a la realización de las pruebas, con el método A, se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 3.14 para la fuerza de rasgado en dirección MD, en unidades de Newton (N).

Tabla 3.14

Variación de la Fuerza de rasgado MD en función del tiempo para prueba de degradación térmica.

Tiempo (min)	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
0	0.451	0.461	0.441	0.451	0.461
30	0.588	0.588	0.569	0.588	0.579
60	0.588	0.598	0.588	0.608	0.579
90	0.608	0.588	0.588	0.579	0.588
120	0.647	0.637	0.647	0.628	0.657

Por otra parte, con la aplicación del método B se detallan los resultados en la Tabla 3.15 cuyos datos se encuentran en Newton.

Tabla 3.15

Variación de la Fuerza de rasgado MD en función de la temperatura para prueba de degradación térmica.

Temperatura (°C)	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
25	0.451	0.422	0.441	0.451	0.441
50	0.549	0.530	0.539	0.549	0.549
60	0.588	0.579	0.588	0.598	0.588
70	0.608	0.608	0.608	0.618	0.598
80	0.637	0.667	0.657	0.657	0.637

ii. Cálculos

Se utilizó el complemento de Excel llamado *Herramienta de Análisis* con la opción de *Análisis de Varianza de un Factor*, en el cual se planteó como hipótesis nula el que no existe relación o dependencia de la fuerza de rasgado con la temperatura o el tiempo de

exposición respectivamente. Para el método A se obtuvo un resumen generado por el programa de los datos de la prueba como se muestra en la Tabla 3.16, con su respectivo análisis de varianza en la Tabla 3.17.

Tabla 3.16

Resumen de prueba de degradación térmica: método A.

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Tiempo: 0 min	5	2.26534	0.45307	0.00007
Tiempo: 30 min	5	2.91258	0.58252	0.00008
Tiempo: 60 min	5	2.96161	0.59232	0.00013
Tiempo: 90 min	5	2.95180	0.59036	0.00012
Tiempo: 120 min	5	3.21658	0.64332	0.00013

Tabla 3.17

Análisis de Varianza para método A de prueba de degradación térmica.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.10046	4	0.02511	246.35849	1.04769E-16	2.86608
Dentro de los grupos	0.00204	20	0.00010			
Total	0.10249	24				

En función a los resultados obtenidos del Análisis de Varianza (ANOVA), es posible concluir que la hipótesis nula que señala que las medias poseen el mismo valor es rechazada al contrastar el valor F con el valor crítico para F, siendo el primero mayor al segundo. Esto permite consolidar que existe una variación significativa en función al tiempo de exposición a altas temperaturas de las muestras para la propiedad de rasgado en la dirección de la maquina (MD).

De la misma forma, para el método B se presenta en la Tabla 3.18. el resumen de los datos recopilados, mientras que en la Tabla 3.19 se muestra el análisis de varianza.

Tabla 3.18

Resumen de prueba de degradación térmica: método B.

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
25 °C	5	2.20650	0.44130	0.00014
50 °C	5	2.71644	0.54329	0.00008
60 °C	5	2.94200	0.58840	0.00005
70 °C	5	3.04006	0.60801	0.00005
80 °C	5	3.25581	0.65116	0.00017

Tabla 3.19.

Análisis de Varianza para método B de prueba de degradación térmica.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.12792	4	0.03198	326.01961	6.70734E-18	2.86608
Dentro de los grupos	0.00196	20	9.80938E-05			
Total	0.12988	24				

Al realizar nuevamente el Análisis de Varianza, se puede observar que una vez más la hipótesis nula queda rechazada a causa de que F es mayor al valor crítico para F, en consecuencia, existe una variabilidad notoria entre los valores de fuerza de rasgado en dirección de maquina (MD) al exponer las muestras a diversas temperaturas.

A partir del análisis ANOVA realizado a ambos métodos es posible identificar que uno de estos exhibe una mayor variación en la propiedad medida al variar una de las condiciones de análisis, siendo este el método B el cual evalúa fuerza de rasgado en función de la Temperatura de calentamiento de la muestra.

3.3.2.10 Ensayo de Tensión superficial

En la realización de esta prueba se presentó una limitante sobre disponibilidad de formamida y metilcelosolve, los cuales son los reactivos patrón propuestos en la norma

ASTM D2578 y los necesarios para generar las soluciones patrón A en la metodología de análisis. En consecuencia, se realizó una búsqueda bibliográfica de un conjunto de reactivos que al ser mezclados proporcionen un amplio rango de tensiones superficiales conocidas, se encontró un estudio que documenta la tensión superficial de mezclas de etanol absoluto con agua a distintas condiciones de temperatura, estos datos se detallan en la Tabla 3.20.

Tabla 3.20

Tensión superficial de mezcla etanol/agua (Soto Regalado, 2000).

Concentración de Etanol (%)	Tensión Superficial (Dinas/cm)
0.00	70.91
0.50	68.79
1.00	62.07
5.00	47.53
10.00	38.75
30.00	28.37
60.00	25.21
80.00	23.87
100.00	22.43

Se utilizó una muestra de bolsa transparente de polietileno de baja densidad como espécimen de prueba, al humedecer el hisopo en agua pura (solución al 0%) se observa que el tiempo transcurrido fue 5 segundos, por lo cual se prosiguió a realizar la prueba con una solución de menor tensión superficial.

Se repitió el procedimiento, así como lo muestra la Figura 3.22, con múltiples soluciones hasta llegar a la concentración de 27% para la cual se observó que el tiempo necesario para la separación en gotas fue 2 segundos, representando la identificación de la tensión superficial de la película en un valor de 29.9 *dinas/cm*. Este valor es representativo del material del cual se encuentra fabricada la película, ya que al ser de polietileno este debería tener un valor de tensión superficial cercano a 30 y 31 *dinas/cm* (ACCU DYNE TEST, s.f.).



Figura 3.22 Uso de hisopo para prueba de tensión superficial.

3.3.2.11 Permeabilidad

Con la finalidad de verificar la metodología diseñada, se tomaron tres muestras de un empaque transparente de $15.24 \times 25.4 \text{ cm}$. Dentro de estas se colocó una masa determinada de cloruro de calcio en forma granular que posteriormente fueron cerradas y suspendidas dentro de un frasco de vidrio que contenía una solución saturada de cloruro de bario como se referencia en la Figura 3.23.



Figura 3.23 Muestras de pruebas de permeabilidad.

Las muestras fueron almacenadas a condiciones controladas de humedad y temperatura ambiente, siendo estas 55% y 26°C aproximadamente. Durante el transcurso de una semana, se retiraron a diario las muestras de los frascos de vidrio para medir la masa de la muestra suspendida y las condiciones de almacenamiento, tal como lo muestra la Figura 3.24.



Figura 3.24 Seguimiento a la prueba de permeabilidad.

i. Resultados

Finalizada una semana de estudio y seguimiento al experimento se obtuvieron los resultados presentados en la Tabla 3.21.

Tabla 3.21

Mediciones de masa de la muestra en una semana.

Día	Masa de Muestra (g)		
	1	2	3
1	2.30022	2.52554	2.56321
2	2.30027	2.53346	2.61756
3	2.37457	2.57749	2.62133
4	2.38648	2.5956	2.62992
5	2.39261	2.6314	2.63994
6	2.39504	2.68986	2.64099
7	2.53969	2.69811	2.66189

ii. Cálculos

El cálculo de la permeabilidad se realizará con ayuda de la Ecuación 1, para la cual WVT representa la razón de transmisión de vapor de agua a través de la película analizada, Δx representa el calibre de la película, p_o es la presión de vapor de agua pura a condiciones ambientales y, Hr_1 y Hr_2 representa la humedad relativa dentro del frasco y dentro de la muestra, respectivamente.

$$B = \frac{WVT \times \Delta x}{\frac{p_o}{100} \times (Hr_1 - Hr_2)} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Para obtener la razón de transmisión de vapor de agua será necesario graficar la ganancia de masa en función del tiempo transcurrido durante el periodo de prueba. La data utilizada para la construcción de la Figura 3.25 se encuentra detallada en la Tabla 3.22.

Tabla 3.22

Ganancia de Masa de las Muestras.

Horas	Masa de Muestra (g)			Masa Ganada (g)		
	1	2	3	1	2	3
0	2.300220	2.525540	2.563210	N/A	N/A	N/A
24	2.324570	2.533460	2.617560	0.024350	0.233240	0.317340
48	2.374570	2.577490	2.621330	0.074350	0.277270	0.321110
72	2.386480	2.595600	2.629920	0.086260	0.295380	0.329700
96	2.409730	2.631400	2.639940	0.109510	0.331180	0.339720
120	2.452810	2.689860	2.640990	0.152590	0.389640	0.340770
144	2.539690	2.698110	2.661890	0.239470	0.397890	0.361670

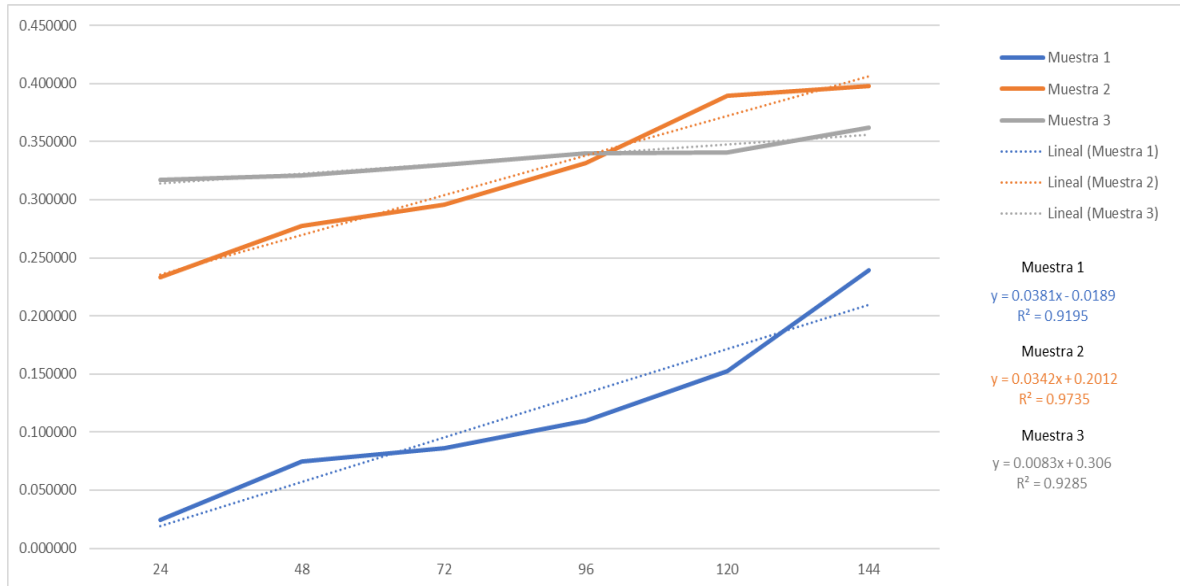


Figura 3.25 Gráfico de la ganancia de masa en función del tiempo.

Al realizar un análisis de regresión a las curvas generadas se recupera la pendiente de la ecuación obtenida, con ella y el área de contacto de la muestra será posible obtener el valor de WVT para cada una de las repeticiones.

La presión de vapor de agua será recuperada de las Tablas de Vapor de la Asociación Internacional para las Propiedades del Agua y el Vapor (IAPWS), determinada a la temperatura ambiente durante la realización del ensayo, la cual se considerará constante a aproximadamente 26°C, durante la totalidad de la prueba. Adicionalmente, se considera que la humedad relativa se mantiene constante a 90% dentro del frasco de vidrio y se mantiene a 0% dentro de la muestra de plástico gracias al efecto del desecante. Por lo tanto, los datos utilizados para el cálculo de la permeabilidad serán los detallados en la Tabla 3.23.

Tabla 3.23

Cálculos necesarios para determinar permeabilidad.

Parámetro	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Unidades
Valor de la pendiente de la curva	0.038100	0.008300	0.034200	$\frac{g}{h}$
Área de Transmisión	0.000860	0.000860	0.000860	m^2
Presión de Vapor de Agua pura	3363.90	3363.90	3363.90	Pa
Espesor de la Película	0.000020	0.000020	0.000020	m
Humedad Relativa dentro del Frasco	90.0	90.0	90.0	%
Humedad Relativa dentro de la Muestra	0.0	0.0	0.0	%

Al aplicar la Ecuación 1 con la data obtenida se tiene, para cada una de las muestras, los valores de permeabilidad mostrados en la Tabla 3.24.

Tabla 3.24

Permeabilidad para cada muestra y promedio.

Muestra	Permeabilidad	Promedio	Unidades
1	2.92665E-07	2.06376E-07	$\frac{g}{hora \times m \times Pa}$
2	6.37564E-08		
3	2.62707E-07		

A partir de una revisión bibliográfica se ha identificado que el valor de permeabilidad para laminas plásticas de polietileno se encuentran cercanos a valores de las potencias de 10^{-7} a $10^{-9} \frac{g}{hora \times m \times Pa}$ (Keller & Kouzes, 2017).

El dato de permeabilidad dependerá significativamente de las condiciones ambientales de temperatura y presión, así como también de la composición de la película, en especial del porcentaje de cada grado de polietileno u otro tipo de polímero adicionado a la formulación, por lo cual es importante resaltar que la muestra se encuentra formulada

con un alto porcentaje de polietileno de baja densidad según lo descrito en el empaque que contenía las muestras (Zia, Paul, Heredia-Guerrero, Athanassiou, & Fragouli, 2019).

3.3.2.12 Ensayo de solubilidad

Para desarrollar la prueba se tomó una muestra cuadrada de un empaque alimenticio con dimensiones de 3.82 cm, además se empleó un beaker de 250 mL y un hot plate con agitador magnético programado en la primera velocidad como se muestra en la Figura 3.26.



Figura 3.26 Ejemplificación de prueba de solubilidad

Luego, con ayuda de las pinzas se sumergió la muestra e inmediatamente se inició el conteo del tiempo.

i. Resultados

Transcurridos 5 minutos no se apreció ningún indicio de disolución, por lo cual se determina que la película no es hidrosoluble y su integridad no se verá afectada al entrar en contacto prolongado con este líquido.

3.3.2.13 Prueba de Retracción térmica

En la verificación de este ensayo se utilizó como muestra un empaque alimenticio con impresión y con dimensiones de un cuadrado de 10 cm en cada dirección, por otro lado,

para la sustancia del baño se tomó agua destilada a temperatura ambiente. Se prepararon dos muestras y, una vez alcanzada la temperatura deseada se sumerge con ayuda de una pinza por un tiempo de 10 segundos; lo anterior se puede observar en la Figura 3.27.

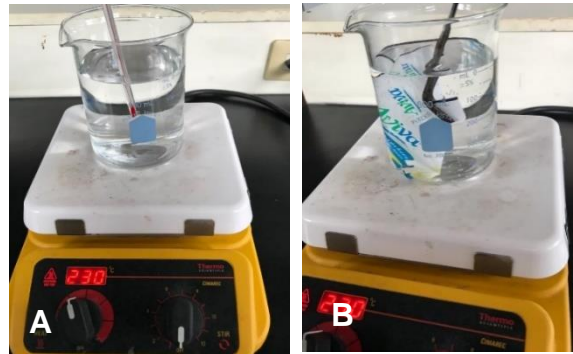


Figura 3.27 A) Medición de temperatura del baño B) Muestra sumergida en el baño en prueba de retracción térmica.

Posteriormente, se retira la muestra del baño y se sumerge en otro medio líquido a temperatura ambiente por 5 segundos para luego realizar las mediciones de las dimensiones de la muestra.

i. Resultados

En la Tabla 3.25 se muestran las dimensiones antes y después del baño, a cada temperatura de prueba. A partir de los resultados obtenidos, es posible determinar que la muestra, si bien se ve ligeramente afectada por la prueba, no presenta una retracción significativamente alta como para ser utilizado bajo este rubro a la temperatura y medio utilizado para su análisis.

Tabla 3.25

Resultados de prueba de retracción térmica.

Temperatura	Dimensiones iniciales	Dimensiones finales	
		Ancho	Largo
90 °C	10 cm por lado	9.9 cm	9.9 cm

3.3.3 Documentación del protocolo y resultados de los ensayos

3.3.3.1 Reporte de prueba de apariencia



Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y
Embalaje en Centro América y Panamá

Reporte de Ensayo

Nombre de ensayo	Apariencia
Estándar	No disponible

i. Generalidades

Identificación del solicitante:

Descripción de la muestra: película transparente de plástico reciclado

Dimensiones o cantidad de muestra: película de 12.7 cm × 38.1 cm

Fecha de recepción de muestra: 10 de junio, 2022

Período de análisis: 16 de julio, 2022

Lugar de realización de prueba: CDIECAP

ii. Reporte

Dimensiones completas y cantidad de muestra: tres muestras de 10 cm de largo y ancho completo de la película.

Desviaciones identificadas: impurezas color negro.

Frecuencia de aparición: de 4 a 5 por muestra.

3.3.3.2 Informe de prueba de Calibre



Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y
Embalaje en Centro América y Panamá

Reporte de Ensayo

Nombre de ensayo	Calibre o espesor
Estándar	ASTM 6988

i. Generalidades

Identificación del solicitante:

Descripción de la muestra: bolsas transparentes marca termoencogibles sin impresión.

Dimensiones o cantidad de muestra: tres bolsas de 15.24 × 25.4 cm

Fecha de recepción de muestra: 10 de junio, 2022

Período de análisis: 16 de julio, 2022

Lugar de realización de prueba: CDIECAP

ii. Reporte

Condiciones de prueba

Temperatura: 26.1 °C

Humedad Relativa: 53.8%

Especificación de muestra: cuadrados de dimensiones 10 × 10 cm

Puntos evaluados: cinco mediciones por muestra, en cada esquina y en el centro.

Calibre promedio: 0.02 mm

Desviación estándar: 0.00 mm

3.3.3.3 Informe de prueba de Gramaje



Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y
Embalaje en Centro América y Panamá

Reporte de Ensayo

Nombre de ensayo	Gramaje
Estándar	ASTM 4321

i. Generalidades

Identificación del solicitante:

Descripción de la muestra: empaque de polietileno de baja densidad con impresión.

Dimensiones o cantidad de muestra: cinco cuadrados de 10 cm

Fecha de recepción de muestra: no disponible

Período de análisis: 16 de julio, 2022

Lugar de realización de prueba: CDIECAP

ii. Reporte

Condiciones de prueba

Temperatura: 25.3 °C

Humedad Relativa: 57.4%

Especificación de muestra: cinco cuadrados del espécimen con dimensiones de 10 × 10 cm dispuestos en forma de nudos.

Gramaje promedio: 0.003126 g/cm²

Mínimo y máximo de las mediciones de masa:

Máximo	0.3159 g
Mínimo	0.3056 g

3.3.3.4 Informe de prueba de Dureza



Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y
Embalaje en Centro América y Panamá

Reporte de Ensayo

Nombre de ensayo	Dureza
Estándar	ASTM 2240

i. Generalidades

Identificación del solicitante:

Descripción de la muestra: empaque plástico con impresión y espesor de 2 mm

Dimensiones o cantidad de muestra: tres rectángulos 7.5 x 6.4 cm

Fecha de recepción de muestra: no disponible

Período de análisis: 16 de julio, 2022

Lugar de realización de prueba: CDIECAP

ii. Reporte

Condiciones de prueba

Temperatura: 25.3 °C

Humedad Relativa: 58.0%

Especificación de muestra: tres muestras en forma cuadrada con dimensiones de 7.5 × 6.4 cm, dispuestas una sobre otra.

Dureza promedio: 55 unidades Shore.

Desviación estándar: 0.00 unidades Shore.

3.3.3.5 Informe de prueba de Fuerza de rasgado



Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y
Embalaje en Centro América y Panamá

Reporte de Ensayo

Nombre de ensayo	Fuerza de Rasgado
Estándar	ASTM 1004

i. Generalidades

Identificación del solicitante:

Descripción de la muestra: empaque de polietileno marca Fruit of the Loom con impresión.

Dimensiones o cantidad de muestra: empaque de 47.5 × 62 cm de espesor de 0.03 mm

Fecha de recepción de muestra: no disponible

Período de análisis: 16 de julio, 2022

Lugar de realización de prueba: CDIECAP

ii. Reporte

Condiciones de prueba

Temperatura: 24.4 °C

Humedad Relativa: 58.1%

Especificación de muestra:

Número de probetas: 5 por cada dirección (10 en total)

Fuerza de Rasgado promedio:

Fuerza de Rasgado en MD: 0.565 N

Fuerza de Rasgado en TD: 0.910 N

Mínimo y máximo de las mediciones:

Fuerza de Rasgado en MD		Fuerza de Rasgado en TD	
Máximo	0.588 N	Máximo	0.981 N
Mínimo	0.549 N	Mínimo	0.824 N

3.3.3.6 Informe de prueba de Adherencia de metalizado y recubrimientos.



Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y
Embalaje en Centro América y Panamá

Reporte de Ensayo

Nombre de ensayo	Adherencia de metalizado y recubrimiento
Estándar	AIMCAL TP - 104 - 87

i. Generalidades

Identificación del solicitante:

Descripción de la muestra: empaque de marca Bocadeli metalizado con impresión.

Dimensiones o cantidad de muestra: empaque de 27 × 53 cm

Fecha de recepción de muestra: 23 de julio, 2022

Período de análisis: 01 de agosto, 2022

Lugar de realización de prueba: No disponible

ii. Reporte

Especificación de muestra: tres muestras en forma rectangular con dimensiones de 25.4 × 7.62 cm.

Observaciones

No se apreciaron diferencias visibles en la muestra posterior a la realización de la prueba, tampoco se observó material adherido a la cinta adhesiva.



Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y
Embalaje en Centro América y Panamá

Reporte de Ensayo

Nombre de ensayo	Adherencia de metalizado y recubrimiento
Estándar	AIMCAL TP - 104 - 87

Fotografías de la muestra previa y posterior al ensayo.



Figura 1. Muestra previa (superior) y posterior (inferior) al ensayo.



Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y
Embalaje en Centro América y Panamá

Reporte de Ensayo

Nombre de ensayo	Adherencia de metalizado y recubrimiento
Estándar	AIMCAL TP - 104 - 87

i. Generalidades

Identificación del solicitante:

Descripción de la muestra: empaque primario de marca La Costeña con impresión.

Dimensiones o cantidad de muestra: tres envases de 11 × 22 cm

Fecha de recepción de muestra: 01 de agosto, 2022

Período de análisis: 01 de agosto, 2022

Lugar de realización de prueba: No disponible

ii. Reporte

Especificación de muestra: tres muestras en forma rectangular con dimensiones de 11 × 22 cm

Observaciones

Si se aprecia un desprendimiento en las tres repeticiones realizadas, a la vez se observa material adherido a la cinta adhesiva posterior al desprendimiento.



Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y
Embalaje en Centro América y Panamá

Reporte de Ensayo

Nombre de ensayo	Adherencia de metalizado y recubrimiento
Estándar	AIMCAL TP - 104 - 87

Fotografías de la muestra previa y posterior al ensayo.



Figura 1. Muestra previa al ensayo.



Figura 2. Muestra posterior al ensayo.

3.3.3.7 Informe de prueba de resistencia química



Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y
Embalaje en Centro América y Panamá

Reporte de Ensayo

Nombre de ensayo	Resistencia química
Estándar	ASTM F 2250

i. Generalidades

Identificación del solicitante:

Descripción de la muestra: empaque plástico de marca Tasty con impresión

Dimensiones o cantidad de muestra: empaque de 51 × 52 cm

Fecha de recepción de muestra: 23 de julio, 2022

Período de análisis: 01 de agosto, 2022

Lugar de realización de prueba: CDIECAP

ii. Reporte

Especificación de muestra: cuatro muestras cuadradas de 13 × 13 cm

Identificación de sustancias

Agua

Alcohol etílico desnaturalizado 90°

Acetona comercial

Resultados

Procedimiento	Agua	Etanol	Acetona
A	Pasa	Pasa	Falla
B	Pasa	Pasa	Pasa
C	Pasa	Falla	Falla
D	Falla	Pasa	Falla

3.3.3.8 Informe de ensayo para degradación térmica



Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y
Embalaje en Centro América y Panamá

Reporte de Ensayo

Nombre de ensayo	Degradación Térmica
Estándar	ASTM D 3045

i. Generalidades

Identificación del solicitante:

Descripción de la muestra: Película plástica de polietileno de baja densidad.

Dimensiones o cantidad de muestra: Película de 12.7 cm de ancho y 100 cm de largo.

Fecha de recepción de muestra: 23 de julio, 2022

Período de análisis: 03 de septiembre, 2022

Lugar de realización de prueba: CDIECAP

ii. Reporte

Propiedad evaluada: Fuerza de Rasgado

Método de evaluación de la propiedad: “Procedimiento para ensayo de fuerza de rasgado para materiales y empaques flexibles”.

Observaciones: No se observaron cambios visibles en la muestra.

Tipo de horno empleado: Horno de convección Binder.

Tiempos de evaluación:

Se realizaron evaluaciones cada media hora por el transcurso de 2 horas, siguiendo el método A, manteniendo una temperatura de 60°C constante durante toda la evaluación. A la vez, se realizaron evaluaciones con incrementos de temperatura de 10°C entre el rango de 50°C a 70°C, brindándole a la muestra 30 min para alcanzar el equilibrio.



Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y
Embalaje en Centro América y Panamá

Reporte de Ensayo

Nombre de ensayo	Degradación Térmica
Estándar	ASTM D 3045

iii. Resultados

Procedimiento A:

Tiempo (min)	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
0	46	47	45	46	47
30	60	60	58	60	59
60	60	61	60	62	59
90	62	60	60	59	60
120	66	65	66	64	67

Procedimiento B:

Temperatura (°C)	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
25	46	43	45	46	45
50	56	54	55	56	56
60	60	59	60	61	60
70	62	62	62	63	61
80	65	68	67	67	65

iv. Análisis de varianza para método A

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1044.5600	4.0000	261.1400	246.3585	1.0477E-16	2.8661
Dentro de los grupos	21.2000	20.0000	1.0600			
Total	1065.7600	24.0000				



Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y
Embalaje en Centro América y Panamá

Reporte de Ensayo

Nombre de ensayo	Degradación Térmica
Estándar	ASTM D 3045

v. Análisis de varianza para método B

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1044.5600	4.0000	261.1400	246.3585	1.0477E-16	2.8661
Dentro de los grupos	21.2000	20.0000	1.0600			
Total	1065.7600	24.0000				

3.3.3.9 Informe de Ensayo de Tensión superficial



Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y
Embalaje en Centro América y Panamá

Reporte de Ensayo

Nombre de ensayo	Tensión Superficial
Estándar	ASTM D 2578

i. Generalidades

Identificación del solicitante:

Descripción de la muestra: bolsa transparente de polietileno de baja densidad.

Dimensiones o cantidad de muestra: 6 x 10 cm

Fecha de recepción de muestra: 4 de octubre, 2022.

Período de análisis: 5 de octubre, 2022.

Lugar de realización de prueba: CDIECAP

ii. Reporte

Reactivos utilizados:

Etanol absoluto 99°

Agua destilada

Soluciones de prueba

Solución (%v/v)	Resultado
Agua pura (0%)	Falla
10% Etanol	Falla
15% Etanol	Falla
27% Etanol	Pasa

Tensión superficial promedio: 29.9 dinas/cm

3.3.3.10 Reporte de prueba de Permeabilidad



Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y
Embalaje en Centro América y Panamá

Reporte de Ensayo

Nombre de ensayo	Permeabilidad
Estándar	ASTM E 96

iii. Generalidades

Identificación del solicitante:

Descripción de la muestra: Película plástica de polietileno de baja densidad.

Dimensiones o cantidad de muestra: Porción de empaque de espesor de 0.02 mm.

Fecha de recepción de muestra: 23 de julio, 2022

Período de análisis: 26 de septiembre al 4 de octubre, 2022.

Lugar de realización de prueba: CDIECAP

iv. Reporte

Desviaciones de apariencia en la película. No se observa imperfecciones en la película.

Reactivos utilizados:

Cloruro de Calcio (CaCl_2) como desecante.

Cloruro de Bario ($\text{BaCl} \cdot \text{H}_2\text{O}$) en solución saturada como medio generador de humedad.

Temperatura y Humedad Relativa: La prueba se realizó a una humedad relativa de 55% y una temperatura de 26 °C aproximadamente.



Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y
Embalaje en Centro América y Panamá

Reporte de Ensayo

Nombre de ensayo	Permeabilidad
Estándar	ASTM E 96

Ganancia de masa en el desecante

Día	Masa de Muestra (g)			Masa Ganada (g)		
	1	2	3	1	2	3
1	2.30022	2.52554	2.56321	-	-	-
2	2.30027	2.53346	2.61756	0.000050	0.007920	0.054350
3	2.37457	2.57749	2.62133	0.074300	0.044030	0.003770
4	2.38648	2.5956	2.62992	0.011910	0.018110	0.008590
5	2.39261	2.6314	2.63994	0.006130	0.035800	0.010020
6	2.39504	2.68986	2.64099	0.002430	0.058460	0.001050
7	2.53969	2.69811	2.66189	0.144650	0.008250	0.020900

Permeabilidad

Muestra	Permeabilidad	Promedio	Unidades
1	2.92665E-07	2.06376E-07	$\frac{g}{hora \times m \times Pa}$
2	6.37564E-08		
3	2.62707E-07		

3.3.3.11 Reporte de ensayo de Solubilidad



Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y
Embalaje en Centro América y Panamá

Reporte de Ensayo

Nombre de ensayo	Solubilidad
Estándar	N/D

i. Generalidades

Identificación del solicitante:

Descripción de la muestra: Empaque plástico impreso

Dimensiones o cantidad de muestra: Empaque de 63 × 18 cm

Fecha de recepción de muestra: 23 de julio, 2022

Período de análisis: 03 de septiembre, 2022

Lugar de realización de prueba: CDIECAP

ii. Reporte

Especificación de muestra: tres muestras cuadradas de 4 × 4 cm

Medio de análisis: Agua destilada

Temperatura inicial del medio: 25°C

Temperatura final del medio: 25°C

Tiempos de disolución: No se observó disolución de la muestra, ni ninguna variación posterior al análisis.

3.3.3.12 Informe de prueba de Retracción térmica



Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y
Embalaje en Centro América y Panamá

Reporte de Ensayo

Nombre de ensayo	Retracción Térmica
Estándar	ASTM D 2732

i. Generalidades

Identificación del solicitante:

Descripción de la muestra: Empaque plástico con impresión.

Dimensiones o cantidad de muestra: Empaque de 63 × 18 cm

Fecha de recepción de muestra: 23 de julio, 2022

Período de análisis: 03 de septiembre, 2022

Lugar de realización de prueba: CDIECAP

ii. Reporte

Especificación de muestra: dos muestras cuadradas de 10 × 10 cm

Medio de análisis: Agua destilada

Temperatura inicial del medio: 25°C

Temperatura final del medio: 90°C

Resultados:

Condición	Largo	Ancho
Inicial	10 cm	10 cm
Final	9.9 cm	9.9 cm
Variación	1%	1%

CONCLUSIONES

- i. De acuerdo a esta investigación en El Salvador existen 11 empresas dedicadas a la industria de empaques flexibles con mayor relevancia en el mercado, dedicándose estas a la fabricación de empaques y envases para su uso en la industria alimenticia y de productos químicos de consumo masivo principalmente, mediante formulaciones de una variedad de sustratos siendo los más utilizados el polietileno en sus distintos grados y el polipropileno.
- ii. Se definió el concepto de calidad del empaque flexible mediante el dimensionamiento planteado por David Garvin (1987) (ver figura 2.6). Este dimensionamiento luego se tradujo en un conjunto de *propiedades ópticas y apariencia, mecánicas y fisicoquímicas*, en la en la sección 2.3.2 y en la tabla 2.4 se desarrolló el enfoque sistemático de la medición de las propiedades para el control de calidad de los empaques flexibles con la indicación de los procesos de medición basados en normativas como la ASTM.
- iii. A partir de criterios establecidos en el tema 3.1 se seleccionaron los ensayos técnicamente factibles en función de la disponibilidad de uso del equipo y su adaptabilidad para materiales y empaques flexibles fabricados con plásticos. En función del proceso de selección y análisis desarrollado los ensayos seleccionados fueron los siguientes: *pruebas de apariencia, tensión superficial, fuerza de rasgado, dureza, gramaje, calibre, adherencia de metalizado y recubrimientos, degradación térmica, permeabilidad, resistencia química, solubilidad y retracción térmica*. Como parte de la validación de las metodologías desarrolladas para cada ensayo se identificó que la prueba para medición de propiedades de tensión, a pesar de ser factible, no podría ser realizada a causa de la limitada capacidad del equipo.

- iv. Posterior al análisis técnico se elaboraron procesos de medición para cada una de las propiedades factibles, para ello se utilizaron como referencia los manuales de operación de los equipos, las respectivas normas ASTM aplicables para cada ensayo, trabajos de investigación y experiencias prácticas, estos fueron validados a través de una puesta en marcha con el fin de verificar la veracidad y precisión de los procedimientos planteados. En general se desarrollaron trece procedimientos de ensayo correspondientes a cada una de las propiedades seleccionadas.

- v. Como resultado de la puesta en marcha de las metodologías desarrolladas, se realizó un análisis de los valores obtenidos para cada una de las propiedades, contrastándolos con los datos típicos para cada material evaluado y se concluye que, de forma exploratoria, los procedimientos desarrollados tienen confiabilidad. A la vez, se diseñó un formato para el reporte de resultados el cual está armonizado con el establecido por el CDIECAP, que presenta los siguientes ítems: descripción de las muestras, normativa aplicada, generalidades y detalle de la evaluación de la propiedad.

RECOMENDACIONES

- a. Para la correcta realización de los ensayos al momento de recortar las probetas es necesario contar con templetes, de preferencia de metal, y cuchillas que puedan ser afiladas a medida se usen.
- b. Durante los ensayos es aconsejable que las condiciones ambientales se mantengan constantes o con la menor variación posible para prevenir una diferencia significativa en las propiedades de las muestras y otros insumos como soluciones; en caso de no poder realizar el análisis en un ambiente controlado, reportar las condiciones a las cuales se realizan las pruebas.
- c. Dada la naturaleza de los ensayos y las propiedades a evaluar, se recomienda el uso de guantes adecuados durante la manipulación y manejo de las muestras para reducir en el mínimo posible el contacto directo y la contaminación de las mismas.
- d. El estudio descrito en este documento ha permitido determinar la factibilidad técnica de la implementación de pruebas de control de calidad de empaques flexibles a base de polímeros en el CDIECAP. A partir de los resultados obtenidos, se recomienda la realización de un estudio de factibilidad económica de la implementación de las pruebas para complementar el análisis de manera que se facilite la toma de decisiones sobre el beneficio que se obtendría y la diversificación del portafolio de pruebas que ofrece el CDIECAP.

BIBLIOGRAFÍA

- ACCU DYNE TEST. (s.f.). *Surface Energy Data for PE: Polyethylene, CAS # 9002-88-4*. Recuperado el 28 de Septiembre de 2022, de http://www.accudynetest.com/polymer_surface_data/polyethylene.pdf
- Ad Meskens. (s. f.). *El packaging a través de la historia: Antigua Grecia (IV)*. Obtenido de Paper blog: <https://es.paperblog.com/el-packaging-a-traves-de-la-historia-antigua-grecia-iv-669027/>
- Anyadike, N. (2003). *Introduction to Flexible Packaging*. Surrey: Pira International Ltd.
- Arapack. (2017). *Ventajas de los blisters para medicamentos*. Obtenido de <https://www.arapack.com/ventajas-los-blisters-medicamentos/>
- Asociación Salvadoreña de Industriales. (2022). *Cuarto informe Trimestral de Desempeño Económico y Normativo*. San Salvador.
- Bautista, J., Delgado , A., & Aperador, W. (2015). *Evaluación de las propiedades mecánicas de materiales compuestos elaborados a partir de cenizas volantes y polímeros reciclados*. Medellín: Revista Ingenierías Universidad de Medellín.
- Bemisal. (2020). *Acerca de los productos*. Obtenido de Bemisal: <https://www.bemisal.com/products/>
- Borrás, A. B. (2012). *Las poliamidas en films para envase alimentario*. Obtenido de Canales sectoriales: <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/98723-Las-poliamicas-en-films-para-envase-alimentario.html>
- D. Weinstock . (2022). *Materiales para embalaje*. Obtenido de <https://dw.com.ar/#>
- Diasa. (2022). Obtenido de Diasa: <https://www.diasaonline.com/>
- Empaques Plasticos, S.A. de C.V. (2022). *¿Quiénes somos?* Recuperado el Abril de 2022, de EMPLASA: <https://www.emplasa.com.sv/nosotros.html>
- Evans, J. R., & Lindsay, W. M. (2015). *Administración y control de la calidad* (Novena ed.). Cengage Learning Editores.
- FLEXCA. (2020). *Sobre nosotros: FLEXCA*. Obtenido de FLEXCA: Soluciones de Empacado y Embalaje: <https://www.flexca.net/>
- Flexsal. (2022). *Una marca de J. de J.* Obtenido de Flexsal: <https://flexsal.net/>
- Garvin, D. A. (1987). Competir en las ocho dimensiones de calidad. *Harvard Business Review*, 102-109.

- González Véliz, L. (2019). *Determinación de los parámetros para la caracterización óptica y mecánica de la película de polietileno de alta y baja densidad con materia prima virgen y con materia reciclada*. Quito: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.
- Grupo RAJA. (Septiembre de 2017). *Embalaje primario, secundario y terciario: ¿en qué se diferencian?* Obtenido de Novedades y consejos de embalaje: <https://www.rajapack.es/blog-es/embalaje-primario-secundario-terciario-diferencian>
- Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2013). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma* (Tercera ed.). McGraw-Hill.
- HUNG TA INSTRUMENT CO., LTD. (s.f.). *Material Testing Machine*. Taichung: HUNG TA INSTRUMENT CO., LTD.
- Industrias Plásticas S.A. de C.V. Latinoamérica. (2020). *IPSA: Nuestra Historia*. Recuperado el 13 de Abril de 2022, de Industrias Plásticas S.A. de C.V. Latinoamérica: <https://ipsalatinoamerica.com/ipsa/>
- Keller, P., & Kouzes, R. (2017). *Water Vapor Permeation in Plastics*. Richland, Washintong: U.S. Department of Energy.
- MACOGLASS. (2020). *LÁMINA ESTANQUES POLIETILENO (LDPE) GALGA 1000*. FICHA TÉCNICA, Madrid. Recuperado el 26 de Julio de 2022
- MonoSol. (2003). *Standard Test Method for Solubility of MonoSol Soluble Film when contained within a Plastic Holder*. MonoSol. Obtenido de https://www.monosol.com/wp-content/uploads/2017/01/CID604_MSTM-205_Water_soluble_film_contained_Plastic-Holder.pdf
- Morris, B. A. (2017). *The science and technology of flexible packaging: Multilayer films from resin and process to end use*. Oxford: ELSEVIER.
- OBEN Group. (31 de Mayo de 2018). *Opp Film El Salvador Certificada en ISO 9001*. Recuperado el Abril de 2022, de Oben Holding Group: <https://www.obengroup.com/es/noticias/opp-film-el-salvador-certificada-en-iso-9001>
- Pack Print S.A. de C.V. (2022). *Quienes somos*. Obtenido de Pack Print: <http://packprint.biz/quienes-somos-2/>
- Perez Espinoza, C. K. (2012). *Empaques y Embalajes*. Estado de México: Red Tercer Milenio S.C. .
- SigmaQ. (2022). *Sobre Nosotros: SigmaQ*. Recuperado el Abril de 2022, de SigmaQ: <https://sigmaq.com/sobre-sigmaq/>
- Soto Regalado, E. (2000). *Cantidades Termodinamicas Superficiales de las Mezclas de Agua con un Alcohol*. Nuevo Leon: Universidad Autonoma de Nuevo Leon.
- Tecnología de los plásticos. (julio de 2012). *Polietileno (PE)*. Obtenido de <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/07/polietileno-pe.html>

Ternova Group. (2020). *Sobre nosotros: Termoencogibles*. Recuperado el Abril de 2022, de Termoencogibles: <http://termo.demos.clanstudios.com/termoencogibles>

TOTO. (2022). *Sobre Nosotros*. Recuperado el Abril de 2022, de TOTO: <https://toto.com.sv/empresa/>

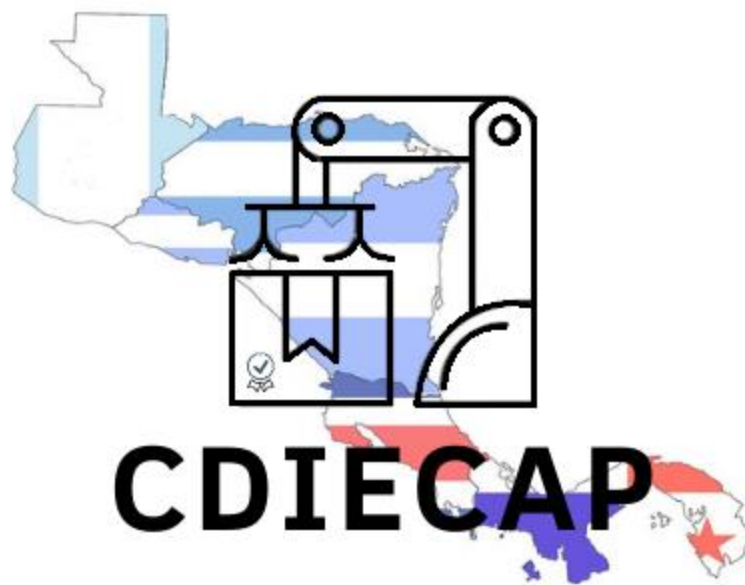
Velásquez Zapata, F. (2019). *Revisión de propiedades mecánicas y especificaciones de materiales de empaques flexibles en el sector de alimentos*. Trabajo de Investigación, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

Widmann , G., Riesen, R., Schawe, J., Schubnell, M., & Wagner, M. (2017). *Thermal Analysis in Practice: Collected Applications* (2° ed.). METTLER TOLEDO.

Zia, J., Paul, U., Heredia-Guerrero, J., Athanassiou, A., & Fragouli, D. (2019). Low-density polyethylene/curcumin melt extruded composites with enhanced water vapor barrier and antioxidant properties for active food packaging. *ELSEVIER*, 137-145.

ANEXO A: LOGO DE CDIECAP

Como parte del presente trabajo de graduación se realizó una actualización al logotipo de El Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y Embalaje en Centro América y Panamá (CDIECAP).



ANEXO B: MARCHAS DE LABORATORIO

Se presentan las marchas de laboratorio elaboradas para la cuantificación de propiedades ópticas, mecánicas y fisicoquímicas para el control de calidad de empaques y materiales flexibles.




PROCEDIMIENTO PARA EVALUACIÓN DE APARIENCIA DE MATERIALES Y EMPAQUES FLEXIBLES

Elaboró:	Firma:
Revisó y autorizó:	Firma:
Fecha de elaboración:	Revisión:
Número de cambio:	Revisión:

Contenido

1.0	Propósito	1
2.0	Alcance	1
3.0	Materiales y equipo	1
4.0	Responsabilidades	1
5.0	Desarrollo de evaluación de apariencia	1
6.0	Reporte	2

Centro para el desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para prueba de apariencia		Revisión:

1.0 PROPÓSITO

Este procedimiento permitirá estimar de manera cualitativa la calidad de la apariencia de la película de empaque flexible, la cual deberá encontrarse acorde a las especificaciones y estándares del solicitante siendo este un previo acuerdo entre el mismo y el Centro.

2.0 ALCANCE

Este ensayo es aplicable a películas plásticas provenientes de empaques flexibles que sean transparentes sin impresión.

3.0 MATERIALES Y EQUIPO


- > Marcador permanente.
- > Superficie plana y sin obstrucciones.
- > Sala con buena iluminación.
- > Hoja de papel bond blanca y negra.

4.0 RESPONSABILIDADES

El personal técnico del Centro es el asignado para desarrollar este ensayo es responsable de cumplir este procedimiento.

5.0 DESARROLLO DE EVALUACIÓN DE APARIENCIA

- 5.1 Seleccionar seis muestras de los especímenes a analizar, de manera que sean representativos de la totalidad de ellos.
- 5.2 Tomar una muestra y extenderla sobre una superficie plana, de preferencia blanca, en un área con buena iluminación.

Centro para el desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para prueba de apariencia		Revisión:

- 5.3 Revisar minuciosamente toda la extensión de la superficie de la muestra; en el caso de detectar alguna desviación como la presencia de contaminantes o defectos de impresión, resaltarlos con el plumón permanente. Repetir este proceso con dos muestras adicionales.
- 5.4 Posteriormente, tomar una muestra y colocarla a contraluz en un área con buena iluminación. Mientras se revisa la extensión de la película, resaltar posibles desviaciones como la presencia de líneas o una mala pigmentación. Repetir este proceso con dos muestras adicionales.
- 5.5 De las muestras revisadas, identificar aquellas que presentan una desviación constante en la totalidad de su superficie. Se deberá cuantificar la frecuencia de aparición de dicha desviación.

6.0 REPORTE

- 6.1 Información General
 - 7.1.1. Identificación del solicitante.
 - 7.1.2. Descripción de la muestra, incluyendo tipo de sustrato, forma física, presencia de impresiones o pigmentos y alguna otra característica visible.
 - 7.1.3. Dimensiones o cantidad de muestra recibida y número de lote o ID correspondiente.
 - 7.1.4. Fecha de recepción de muestra y período de análisis.
 - 7.1.5. Identificación del lugar de realización de prueba
- 6.2 Dimensiones completas de las probetas evaluadas y cantidad analizada.
- 6.3 Desviaciones detectadas y frecuencia de aparición promedio.




PROCEDIMIENTO PARA PRUEBA DE GRAMAJE A MATERIALES Y EMPAQUES FLEXIBLES

Elaboró:	Firma:
Revisó y autorizó:	Firma:
Fecha de elaboración:	Revisión:
Número de cambio:	Revisión:

Contenido

1.0	Propósito	1
2.0	Alcance	1
3.0	Documentos De Referencia	1
4.0	Materiales Y Equipo	1
5.0	Responsabilidades	1
6.0	Desarrollo Del Ensayo Para Gramaje	2
7.0	Cálculos	2
8.0	Reporte	2

Centro para el desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para prueba de gramaje		Revisión:

1.0 PROPÓSITO

Este procedimiento permite determinar el gramaje, definido matemáticamente como masa por unidad de área del material, de películas plásticas pertenecientes a empaque o envase flexible; esto permitirá estimar el rendimiento, que se conoce como el inverso del gramaje.

2.0 ALCANCE

Este ensayo es posible llevarlo a cabo para cualquier tipo de película plástica.

3.0 DOCUMENTOS DE REFERENCIA


- › Método de prueba ASTM D 4321 “*Standard Test Method for Package Yield of Plastic Film*”.

4.0 MATERIALES Y EQUIPO

- › Balanza analítica.
- › Una superficie plana horizontal lo suficientemente amplia para cortar la muestra.
- › Equipo o instrumentos de corte.
- › Cinta métrica o regla.

5.0 RESPONSABILIDADES

El personal técnico del Centro es el asignado para desarrollar este ensayo es responsable de cumplir este procedimiento.

Centro para el desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para prueba de gramaje		Revisión:

6.0 DESARROLLO DEL ENSAYO PARA GRAMAJE

> Procedimiento

- 6.1 Si la muestra a analizar es perteneciente a un rollo de producción, se deberá descartar al menos dos vueltas del rollo previo a la selección de las muestras. En el caso de que la muestra sea una película cortada, descartar las películas externas y que podrían haber sido contaminadas o dañadas en el transporte.
- 6.2 Extender la muestra sobre una superficie plana, si la muestra tiene múltiples pliegues aplanarla hasta que obtenga la forma de una lámina o tubo plano.
- 6.3 Cortar cinco muestras de dimensiones conocidas, registrando con la mayor precisión posible el ancho y largo de las mismas. Para ello se podrá generar un templete, que permita que las muestras posean las mismas dimensiones, o se podrán generar, con ayuda de instrumentos de corte, muestras de 10 cm x 10 cm.
- 6.4 Pesarse cada muestra y anotar la masa en gramos.
- 6.5 Con las dimensiones de las muestras, obtener el área y realizar el cálculo del gramaje según lo mencionado en la sección 7 de esta marcha.


7.0 CÁLCULOS

$$Gramaje = \frac{masa (g)}{ancho (m) \times largo (m)}$$

$$Rendimiento = \frac{1}{Gramaje}$$

8.0 REPORTE

- 8.1 Información General
 - 8.1.1 Identificación del solicitante.

Centro para el desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para prueba de gramaje		Revisión:

- 8.1.2 Descripción de la muestra, incluyendo tipo de sustrato, forma física, presencia de impresiones o pigmentos y alguna otra característica visible.
- 8.1.3 Dimensiones o cantidad de muestra recibida y numero de lote o ID correspondiente.
- 8.1.4 Fecha de recepción de muestra y periodo de análisis.
- 8.1.5 Identificación del lugar de realización de prueba
- 8.2 El gramaje promedio, máximo y mínimo obtenido.
- 8.3 El rendimiento promedio obtenido.




PROCEDIMIENTO PARA PRUEBA DE CALIBRE EN MATERIALES Y EMPAQUES FLEXIBLES

Elaboró:	Firma:
Revisó y autorizó:	Firma:
Fecha de elaboración:	Revisión:
Número de cambio:	Revisión:

Contenido

1.0	Propósito	1
2.0	Alcance	1
3.0	Documentos De Referencia	1
4.0	Materiales Y Equipo	1
5.0	Responsabilidades	1
6.0	Desarrollo De Prueba De Calibre	1
7.0	Reporte	2

Centro para el desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para la prueba de Calibre		Revisión:

1.0 PROPÓSITO

Este procedimiento permite calcular el calibre de una película plástica de envase o empaque flexible y a la vez, estimar su variación.

2.0 ALCANCE

Este ensayo es aplicable a películas plásticas provenientes de empaques o envases flexibles.

3.0 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- › Norma ASTM D 6988: "*Standard Guide for Determination of Thickness of Plastic Film Test Specimens*".

4.0 MATERIALES Y EQUIPO

- › Micrómetro.
- › Equipo o instrumentos de corte.


5.0 RESPONSABILIDADES

El personal técnico del Centro es el asignado para desarrollar este ensayo es responsable de cumplir este procedimiento.

6.0 DESARROLLO DE PRUEBA DE CALIBRE

- › Acondicionamiento

La presencia de contaminantes sobre la película podría ser causantes de mediciones erróneas, por lo cual se deberán resguardar las muestras de manera adecuada hasta desarrollar la prueba.

Centro para el desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para la prueba de Calibre		Revisión:

> Procedimiento

- 6.1 Seleccionar muestras de los especímenes a analizar, de manera que sean representativos de la totalidad de ellos.
- 6.2 Colocar una película de las muestras a analizar entre las mordazas del micrómetro, verificando que no presente dobleces y se encuentre extendida sin estirar, luego permitir que este cierre manteniendo la película sin moverla.
- 6.3 Repetir el paso 6.2 en diferentes puntos a lo largo y ancho de la película, registrando cada uno de los valores obtenidos.

Nota: La presencia de desviaciones en apariencia de la película podrán ser generadores de descalibres, por ejemplo, la presencia de geles o grumos podrán causar un aumento en el espesor, o la presencia de líneas de extrusión podrán exhibir un espesor menor que podrá ser no representativo de la muestra analizada.

7.0 CÁLCULOS

$Calibre_{prom} = \frac{\sum x_i}{n}$, Dónde n es el número de mediciones.

8.0 REPORTE

- 8.1 Información General
 - 8.1.1 Identificación del solicitante.
 - 8.1.2 Descripción de la muestra, incluyendo tipo de sustrato, forma física, presencia de impresiones o pigmentos y alguna otra característica visible.
 - 8.1.3 Dimensiones o cantidad de muestra recibida y numero de lote o ID correspondiente.
 - 8.1.4 Fecha de recepción de muestra y periodo de análisis.
 - 8.1.5 Identificación del lugar de realización de prueba
- 8.2 Parámetros de acondicionamiento de la muestra y desarrollo de la prueba.
- 8.3 Cantidad y dimensiones completas de las muestras analizadas.
- 8.4 Cantidad de puntos evaluados en cada película y cantidad de datos totales considerados por muestra.
- 8.5 Calibre promedio, mínimo y máximo de las mediciones realizadas por espécimen.




PROCEDIMIENTO PARA PRUEBA DE DUREZA EN MATERIALES FLEXIBLES

Elaboró:	Firma:
Revisó y autorizó:	Firma:
Fecha de elaboración:	Revisión:
Número de cambio:	Revisión:

Contenido

1.0	Propósito	1
2.0	Alcance	1
3.0	Documentos De Referencia	1
4.0	Materiales Y Equipo	1
5.0	Responsabilidades	2
6.0	Desarrollo Del Ensayo Para Dureza.....	2
7.0	Cálculos	3
8.0	Reporte	3

Centro para el desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para la prueba de dureza		Revisión:

1.0 PROPÓSITO

El presente documento aborda la determinación de la dureza de manera empírica mediante una prueba de penetración con un indentado específico, obtenida a través de la deformación en un mismo punto de precisión. En consecuencia, la fuerza aplicada, la duración del ensayo y el tipo de indentado utilizado influyen en los resultados.

2.0 ALCANCE


Este ensayo es aplicable para materiales elastómeros, neopreno, PVC blando resinas, goma vulcanizada, cuero y materiales semirrígidos similares de un espesor mayor a 6.0 mm.

3.0 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- > Instrucciones de uso de Durómetro Shore marca Baxlo, modelo 53505/A.
- > Norma ASTM D 2240 “*Standard Test Method for Rubber Property: Durometer Hardness*”.
- > Procedimiento de acondicionamiento ASTM D 618 “*Standard Practice for Conditioning Plastics for Testing*”.

4.0 MATERIALES Y EQUIPO

- > Durómetro Shore A marca Baxlo.
- > Superficie plana.
- > Marcador.
- > Pesas.
- > Talco.

Centro para el desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para la prueba de dureza		Revisión:

5.0 RESPONSABILIDADES

El personal técnico del Centro es el asignado para desarrollar este ensayo es responsable de cumplir este procedimiento.

6.0 DESARROLLO DEL ENSAYO PARA DUREZA

> Acondicionamiento

Esta prueba se realiza a $20 \pm ^\circ\text{C}$ o en su defecto a atmosfera estándar de laboratorio ($23 \pm 2 ^\circ\text{C}$). Cuando se analizan muestras vulcanizadas estas deberán cumplir con un tiempo mínimo de tres días después de vulcanización.

> Procedimiento

6.1 Espolvorear la superficie donde se llevará a cabo el ensayo con talco.


6.2 Cortar tres muestras de 10 cm x 10 cm con el cuidado de no dañar su superficie ni contaminarlas con otra sustancia.

Nota: En caso de que el espécimen de análisis sea una película de un espesor menor al indicado para la prueba, es posible doblarla hasta obtener el necesario, sin embargo, se deberá tomar en consideración que el hacer esta modificación podrá generar desviaciones entre el resultado obtenido y el verdadero valor de dureza.

6.3 En cada espécimen, identificar tres puntos distintos separados entre sí como mínimo por 5 mm.

6.4 Colocar el durómetro bajo los puntos identificados y permitir que la pesa realice la fuerza necesaria sobre el equipo para realizar la medición.

6.5 De existir variaciones entre los tres puntos de medida, hacer uso del promedio.

Centro para el desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para la prueba de dureza		Revisión:

7.0 CÁLCULOS

$$Dureza_{prom} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Dónde n es el número de mediciones.

8.0 REPORTE

- 8.1 Información General
 - 8.1.1 Identificación del solicitante.
 - 8.1.2 Descripción de la muestra, incluyendo tipo de sustrato, forma física, presencia de impresiones o pigmentos y alguna otra característica visible.
 - 8.1.3 Dimensiones o cantidad de muestra recibida y numero de lote o ID correspondiente.
 - 8.1.4 Fecha de recepción de muestra y periodo de análisis.
 - 8.1.5 Identificación del lugar de realización de prueba
- 8.2 Condiciones ambientales.
- 8.3 Dureza promedio, mínimo y máximo.




PROCEDIMIENTO PARA PRUEBA DE ADHERENCIA DE RECUBRIMIENTOS Y METALIZADO A MATERIALES Y EMPAQUES FLEXIBLES

Elaboró:	Firma:
Revisó y autorizó:	Firma:
Fecha de elaboración:	Revisión:
Número de cambio:	Revisión:

Contenido

1.0	Propósito	1
2.0	Alcance	1
3.0	Documentos De Referencia	1
4.0	Materiales Y Equipo	1
5.0	Responsabilidades	1
6.0	Desarrollo Del Ensayo Para Adherencia De Recubrimientos.....	2
7.0	Reporte	2

Centro para el desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para la prueba Adherencia de recubrimientos y metalizado		Revisión:

1.0 PROPÓSITO

Este método expone una manera cualitativa de determinar el nivel de adhesión que puede tener una capa de aditivo o revestimiento metalizado sobre cualquier tipo de película flexible, de tal forma que sea posible establecer si es aceptable según criterios o estándares del solicitante o si podría presentar una falla en su uso.

2.0 ALCANCE

Este ensayo es posible aplicarlo a cualquier tipo de material flexible con revestimiento y/o metalizado.

3.0 DOCUMENTOS DE REFERENCIA


- › Método de prueba AIMCAL Procedure for Qualitatively Determining Metal Adhesion TP-104-87.

4.0 MATERIALES Y EQUIPO

- › Dispensador de cinta adhesiva Scotch (610) de 1 pulgada de ancho.
- › Superficie plana y libre de obstrucciones.
- › Espacio con buena iluminación.
- › Equipo o instrumentos de corte.

5.0 RESPONSABILIDADES

El personal técnico del Centro es el asignado para desarrollar este ensayo es responsable de cumplir este procedimiento.

Centro para el desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para la prueba Adherencia de recubrimientos y metalizado		Revisión:

6.0 DESARROLLO DEL ENSAYO PARA ADHERENCIA DE RECUBRIMIENTO

> Procedimiento

- 6.1 Cortar tres muestras de 10 pulgadas de largo y 3 pulgadas de ancho teniendo el cuidado de realizar un corte limpio.
- 6.2 Sobre una superficie plana colocar una de las muestras con el revestimiento hacia arriba.
- 6.3 Aplicar con la mayor precisión posible 6 pulgadas de la cinta adhesiva Scotch 610 al espécimen, utilizar el dedo índice y pulgar para alisar la superficie de contacto. Doblar el extremo final de la cinta.
- 6.4 Mientras se sostiene la muestra con una mano, con la otra despegar lentamente la cinta en un ángulo de 180° en sentido inverso al pegado inicial.
- 6.5 Observar con detenimiento si al despegar la cinta se adhiere a ella algún fragmento del recubrimiento de la muestra. Repetir el procedimiento con las muestras restantes y confirmar el resultado obtenido.

7.0 REPORTE

- 7.1 Información General
 - 7.1.1 Identificación del solicitante.
 - 7.1.2 Descripción de la muestra, incluyendo tipo de sustrato, forma física, presencia de impresiones o pigmentos y alguna otra característica visible.
 - 7.1.3 Dimensiones o cantidad de muestra recibida y número de lote o ID correspondiente.
 - 7.1.4 Fecha de recepción de muestra y periodo de análisis.
 - 7.1.5 Identificación del lugar de realización de prueba.
- 7.2 Identificación del estándar utilizado, en el caso de ser proporcionado por el solicitante.
- 7.3 Observaciones sobre los cambios apreciables en los especímenes.
- 7.4 Fotografías de las muestras previo y posterior a la realización de la prueba.




PROCEDIMIENTO PARA ENSAYO DE DEGRADACIÓN TÉRMICA DE MATERIALES Y EMPAQUES FLEXIBLES

Elaboró:	Firma:
Revisó y autorizó:	Firma:
Fecha de elaboración:	Revisión:
Número de cambio:	Revisión:

Contenido

1.0	Propósito	1
2.0	Alcance	1
3.0	Documentos De Referencia	1
4.0	Materiales Y Equipo	1
5.0	Responsabilidades	1
6.0	Desarrollo Del Ensayo Para Degradación Térmica.....	2
7.0	Cálculos	3
8.0	Reporte	3

Centro para el desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para la prueba de degradación térmica		Revisión:

1.0 PROPÓSITO

Este documento tiene como objetivo definir las condiciones para determinar la resistencia a la oxidación por exposición a aire caliente durante periodos de tiempo definidos en materiales flexibles, a su vez, contribuir a observar los cambios físicos y químicos que puede o no sufrir el espécimen durante la exposición a temperaturas elevadas.

2.0 ALCANCE

Este ensayo es posible llevarlo a cabo para cualquier tipo material o empaque flexible. Cabe mencionar que el procedimiento presentado es únicamente para la exposición al calor, el efecto en una propiedad en particular debe determinarse siguiendo el método de ensayo del mismo.

3.0 DOCUMENTOS DE REFERENCIA


- > Método de prueba ASTM D 3045 “*Standard Practice for Heat Aging of Plastics Without Load*”
- > Práctica de acondicionamiento ASTM D 618 “*Standard Practice for Conditioning Plastics for Testing*”

4.0 MATERIALES Y EQUIPO

- > Estufa.
- > Equipo necesario para la propiedad a la que se desee dar seguimiento.
- > Cronómetro.
- > Vidrio Reloj.
- > Equipo e instrumentos de corte.

5.0 RESPONSABILIDADES


El personal técnico del Centro es el asignado para desarrollar este ensayo es responsable de cumplir este procedimiento.

Centro para el desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para la prueba de degradación térmica		Revisión:

6.0 DESARROLLO DEL ENSAYO PARA DEGRADACIÓN TÉRMICA

> Procedimiento

- 6.1 Cuando se desee probar la variación de una propiedad definida a una temperatura tener en cuenta un número de muestras tal que sean suficientes para cada tiempo de exposición de forma que los resultados permitan comparar las variaciones de la propiedad de interés mediante un análisis estadístico.
- 6.2 **Método A:** Variación en función del Tiempo.
- 6.2.1 Colocar cuatro muestras del espécimen analizado en cuatro vidrios reloj diferentes, asegurando que se encuentren extendidas completamente y no presenten dobleces en su superficie.
- 6.2.2 Ajustar la temperatura de evaluación a la cual se desea realizar la prueba en la mufla. Tomar en consideración que se deberá evitar temperaturas de transición características del material a analizar ya que es conocido que la razón de degradación varía significativamente a estas temperaturas para materiales plásticos.
- 6.2.3 Colocar las muestras dentro de la mufla brindándoles el espacio suficiente para que no se encuentren en contacto.
- 6.2.4 Se deberá llevar registro del tiempo de calentamiento de las muestras, las cuales deberán retirarse de la mufla, una a la vez, transcurrido media hora, una hora, una hora y media y dos horas de análisis.
- 6.2.5 Acondicionar las muestras de manera correspondiente a la descrita en la marcha de la propiedad a analizar y realizar la prueba correspondiente.

Centro para el desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para la prueba de degradación térmica		Revisión:

6.3 **Método B:** Variación en función de Temperatura

- 6.3.1 Colocar una muestra del espécimen analizado en un vidrio reloj, asegurando que se encuentre extendido completamente y no presente dobleces en su superficie.
- 6.3.2 Ajustar la temperatura de evaluación a la cual se realizará la prueba en la mufla y colocar la muestra en su interior. Tomar en consideración que se deberá evitar temperaturas de transición características del material a analizar ya que es conocido que la razón de degradación varía significativamente a estas temperaturas para materiales plásticos.
- 6.3.3 Transcurrida una hora de calentamiento retirar la muestra de la mufla y acondicionarla de manera correspondiente a la descrita en la marcha de la propiedad a analizar y realizar la prueba deseada.
- 6.3.4 Repetir la medición con tres muestras adicionales aumentando la temperatura en 10 grados Celsius a la última temperatura probada.

7.0 CÁLCULOS

- › Promedio

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$


- › Desviación estándar

$$S = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + (x_3 - \bar{x})^2 + (x_4 - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Dónde n es el número de mediciones

8.0 REPORTE

- 8.1 Información General
8.1.1 Identificación del solicitante.

Centro para el desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para la prueba de degradación térmica		Revisión:

- 8.1.2 Descripción de la muestra, incluyendo tipo de sustrato, forma física, presencia de impresiones o pigmentos y alguna otra característica visible.
- 8.1.3 Dimensiones o cantidad de muestra recibida y numero de lote o ID correspondiente.
- 8.1.4 Fecha de recepción de muestra y periodo de análisis.
- 8.1.5 Identificación del lugar de realización de prueba
- 8.2 Métodos de prueba utilizados para evaluar las propiedades de interés.
- 8.3 Observaciones sobre cualquier cambio visible en la muestra.
- 8.4 Tipo de horno empleado.
- 8.5 Temperaturas y/o tiempos de exposición evaluados.
- 8.6 Resultados obtenidos para la propiedad evaluada.
- 8.7 Gráfico de la variación de la propiedad en función del tiempo de exposición o temperatura de exposición.
- 8.8 Análisis de Varianza para el método utilizado.




PROCEDIMIENTO PARA PRUEBA DE TENSIÓN SUPERFICIAL DE MATERIALES O EMPAQUES FLEXIBLES

Elaboró:	Firma:
Revisó y autorizó:	Firma:
Fecha de elaboración:	Revisión:
Número de cambio:	Revisión:

Contenido

1.0	Propósito	1
2.0	Alcance.....	1
3.0	Documentos de referencia.....	1
4.0	Dateriales y equipo	1
5.0	Responsabilidades	1
6.0	Desarrollo del ensayo para tensión superficial	2
7.0	Cálculos.....	4
8.0	Reporte.....	4

Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para Prueba de Tensión Superficial		Revisión:

1.0 PROPÓSITO

Este ensayo tiene como objetivo permitir la estimación de la tensión superficial de una película plástica o empaque flexible; se ha comprobado la relación de esta propiedad con la capacidad de retención de tintas, recubrimientos, adhesivos, entre otros aditivos, en la superficie de la película.

2.0 ALCANCE

Este ensayo es posible aplicarlo a películas de empaques o envases flexibles sin impresión fabricadas a partir de plástico cuya tensión superficial típica se encuentre entre 30 a 56 dinas/cm.

3.0 DOCUMENTOS DE REFERENCIA


- › Método de prueba ASTM D 2578 “*Standard Test Method for Wetting Tension of Polyethylene and Polypropylene Films*”

4.0 MATERIALES Y EQUIPO

- › Hisopos.
- › Pipeta de 50 mL.
- › Frascos de vidrio.
- › Viñetas para identificación.
- › Superficie horizontal plana.
- › Equipo o instrumentos de corte.
- › Cronómetro.
- › Para soluciones patrón A: Metilcelosolve (Éter monometílico del etilenglicol) y Formamida.
- › Para soluciones patrón B: Agua destilada y Alcohol Etílico Absoluto.

5.0 RESPONSABILIDADES

El personal técnico del Centro es el asignado para desarrollar este ensayo es responsable de cumplir este procedimiento.

Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para Prueba de Tensión Superficial		Revisión:

6.0 DESARROLLO DEL ENSAYO PARA TENSIÓN SUPERFICIAL

> Acondicionamiento

Se deberá resguardar las muestras en un lugar apropiado que evite su contaminación con sustancias externas. De la misma manera, se deberá manejar cada una de las muestras a analizar con extremo cuidado, evitando tocar o manipular las áreas superficiales en las cuales se realizarán las pruebas ya que esto podría generar errores en la medición.

> Procedimiento

6.1 Soluciones Patrón

6.1.1 Con ayuda de la pipeta, medir el volumen necesario de cada reactivo para generar las soluciones patrón A o B según disponibilidad de insumos, siguiendo lo indicado en la Tabla 6.1 y 6.2.


6.1.2 Mezclar ambos reactivos en el frasco de vidrio e identificarlo en función a la tensión superficial de la solución preparada.

6.2 Ensayo de Tensión Superficial

6.2.1 Recolectar una muestra cuadrada del espécimen de análisis que abarque la totalidad del ancho de la película.

6.2.2 Colocar la muestra en una superficie horizontal plana libre de obstrucciones y asegurarse de que no presente dobleces o arrugas.

6.2.3 Humedecer el hisopo con la solución patrón a utilizar y esparcirla ligeramente sobre la muestra; asegurarse de que la cantidad de solución utilizada sea la adecuada para cubrir a totalidad la superficie de análisis.

Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para Prueba de Tensión Superficial		Revisión:

- 6.2.4 Registrar el tiempo que le toma a la solución aplicada, separarse en gotas individuales. Repetir la medición en diferentes secciones de la muestra para confirmar el resultado obtenido.
- 6.2.5 Si el tiempo es menor a 2 segundos, la tensión de la solución utilizada es equivalente a la de la película analizada. Repetir la prueba en una nueva muestra para confirmar el resultado obtenido y la uniformidad de la película.
- 6.2.6 En el caso de que el tiempo sea mayor a 2 segundos, la tensión superficial de la película es mayor a la de la solución utilizada, por lo tanto, repetir la medición utilizando una solución de mayor dinaje.

Nota: Utilizar un nuevo hisopo cada vez que se repita la prueba.

Tabla 6.1. Formulación de soluciones patrón.

Formamida (% Volumen)	Metilcelosolve (% Volumen)	Tensión Superficial (Dinas/cm)
0.0	100.0	30
2.5	97.5	31
10.5	89.5	32
19.0	81.0	33
26.5	73.5	34
35.0	65.0	35
42.5	57.5	36
48.5	51.5	37
54.0	46.0	38
59.0	41.0	39
63.5	36.5	40
67.5	32.5	41
71.5	28.5	42
74.7	25.3	43
78.0	22.0	44
80.3	19.7	45
83.0	17.0	46
87.0	13.0	48
90.7	9.3	50
93.7	6.3	52
96.5	3.5	54
99.0	1.0	56


Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para Prueba de Tensión Superficial		Revisión:

Tabla 6.2 Tensión superficial de mezcla etanol/agua (Soto Regalado, 2000).

Concentración de Etanol (%)	Tensión Superficial (Dinas/cm)
0.00	70.91
0.50	68.79
1.00	62.07
5.00	47.53
10.00	38.75
30.00	28.37
60.00	25.21
80.00	23.87
100.00	22.43


7.0 CÁLCULOS

$$Tensión\ superficial_{prom} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Dónde n es el número de mediciones.

8.0 REPORTE

- 8.1 Información General
 - 8.1.1 Identificación del solicitante.
 - 8.1.2 Descripción de la muestra, incluyendo tipo de sustrato, forma física, presencia de impresiones o pigmentos y alguna otra característica visible.
 - 8.1.3 Dimensiones o cantidad de muestra recibida y numero de lote o ID correspondiente.
 - 8.1.4 Fecha de recepción de muestra y periodo de análisis.
 - 8.1.5 Identificación del lugar de realización de prueba
- 8.2 Identificación completa de los reactivos utilizados para la formulación de las soluciones patrón.
- 8.3 Identificación completa de las soluciones patrón utilizadas para las pruebas y reportar si pasa o falla la prueba, según sea el caso.

Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para Prueba de Tensión Superficial		Revisión:

- 8.4 Reportar el valor de tensión superficial promedio, en el caso de que la película no sea uniforme y el valor obtenido varíe, reportar los valores individuales.




PROCEDIMIENTO PARA ENSAYO DE PERMEABILIDAD A GASES DE EMPAQUES FLEXIBLES

Elaboró:	Firma:
Revisó y autorizó:	Firma:
Fecha de elaboración:	Revisión:
Número de cambio:	Revisión:

Contenido

1.0	Propósito	1
2.0	Alcance	1
3.0	Documentos de referencia	1
4.0	Materiales y equipo	1
5.0	Responsabilidades	2
6.0	Desarrollo del ensayo para permeabilidad	2
7.0	Calculos	3
8.0	Reporte	3

Centro para el desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para prueba de permeabilidad a gases		Revisión:

1.0 PROPÓSITO

Este procedimiento permite la determinación semicuantitativa de la permeabilidad mediante la tasa de transmisión de vapor de agua o gases puros, como oxígeno y nitrógeno, en gramos por unidad de superficie que pasa a través de películas flexibles de un espesor definido por unidad de tiempo. (y por unidades de concentración generalmente expresadas en diferencia de presión); con el objetivo de evaluar los empaques o envases con la protección y estabilidad del producto contenido.

2.0 ALCANCE


Este ensayo es posible llevarlo a cabo para cualquier tipo de película plástica, laminadas y papeles plastificados en condiciones de prueba específicas que se acerquen a la realidad de su utilidad.

3.0 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- › Ocampo Muñoz, J. A. (2003). Determinación de la vida de anaquel del café soluble elaborado por la empresa DECAFÉ S.A. y evaluación del tipo de empaque en la conservación del producto.
- › Procedimiento de análisis ASTM E 96 "Standard Test Method for Water Vapor Transmission of Materials"
- › Procedimiento de acondicionamiento ASTM D 618 "*Practice for Conditioning Plastics for Testing*"

4.0 MATERIALES Y EQUIPO

- › Dos frascos de vidrio con tapadera
- › Cloruro de Calcio (CaCl_2)
- › Cloruro de Bario (BaCl)
- › Balanza analítica
- › Agua destilada

Centro para el desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para prueba de permeabilidad a gases		Revisión:

5.0 RESPONSABILIDADES


El personal técnico del Centro es el asignado para desarrollar este ensayo es responsable de cumplir este procedimiento.

6.0 DESARROLLO DEL ENSAYO PARA PERMEABILIDAD

> Procedimiento

- 6.1 Registrar la temperatura y humedad del ambiente durante la totalidad del proceso experimental.
- 6.2 Mezclar una solución saturada de cloruro de bario (BaCl) con agua destilada.
- 6.3 Colocar la solución en un frasco de vidrio llenando solamente un cuarto de la capacidad del frasco.
- 6.4 Colocar una porción de 10 gramos de CaCl₂ y colocarlo en un vidrio reloj dentro de un horno a 200°C para retirar cualquier excedente de humedad presente en la muestra.
- 6.5 Construir un sobre con la muestra plástica y colocar dentro de ella dos gramos del CaCl₂ secado y cerrar con ayuda de cinta asegurando que no existan aberturas y el cierre se mantenga sellado durante la totalidad del procedimiento.
- 6.6 Pesar el sobre con la muestra y registrar el valor de la masa inicial.
- 6.7 Suspender el sobre en la tapadera del frasco de vidrio fijándolo firmemente para evitar caídas.
- 6.8 Cerrar el frasco de vidrio herméticamente y colocar en un ambiente con temperaturas y humedad relativa poco variante por el tiempo solicitado en el requerimiento.
- 6.9 Realizar mediciones de masa de manera periódica según la necesidad de análisis. Se aconseja realizar evaluaciones de manera diaria o en frecuencias menores por el transcurso de siete días.
- 6.10 Repetir el procedimiento para preparar dos muestras adicionales.

Nota: Al realizar la medición de la masa de las muestras, asegurarse de retirar cualquier condensado presente en el exterior de las mismas. A la vez, sellar adecuadamente el frasco de vidrio para evitar transferencias con el medio.

Centro para el desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para prueba de permeabilidad a gases		Revisión:

7.0 CALCULOS

7.1 Ganancia de Peso:

$$Ganancia\ de\ Masa = Masa\ Final - Masa\ Inicial$$

7.2 Realizar un análisis de regresión lineal a la grafica de la ganancia de masa en función del tiempo, a partir de ella recuperar la pendiente de la curva "b".

7.3 Transmisión de Vapor de Agua:

$$WVT = \frac{b}{A}$$

En donde:

b = Pendiente de la curva de ganancia de masa en función del tiempo.

A = Área de la superficie de contacto.

7.4 Permeabilidad:

$$B_i = \frac{WVT \times \Delta x}{\frac{p_o}{100} \times (Hr_1 - Hr_2)}$$

7.5 Permeabilidad Promedio:

$$\bar{B} = \sum \frac{B_i}{i}$$

8.0 REPORTE

8.1 Información General

8.1.1 Identificación del solicitante.

8.1.2 Descripción de la muestra, incluyendo tipo de sustrato, forma física, presencia de impresiones o pigmentos y alguna otra característica visible.

8.1.3 Dimensiones o cantidad de muestra recibida y numero de lote o ID correspondiente.

8.1.4 Fecha de recepción de muestra y periodo de análisis.

8.1.5 Identificación del lugar de realización de prueba

8.2 Identificación de desviaciones físicas en la muestra como la presencia de burbujas o arrugas, u otra imperfección de fabricación conocida.

8.3 Temperatura y humedad relativa del ambiente durante el desarrollo del ensayo.

8.4 Identificación de los reactivos utilizados para la prueba.

8.5 Calibre promedio de las muestras analizadas.

8.6 Frecuencia de seguimiento a la ganancia de masa de las muestras.

8.7 Mediciones de masa y ganancia de masa en cada intervalo de análisis.

8.8 Permeabilidad de cada muestra y permeabilidad promedio.




PROCEDIMIENTO PARA PRUEBA DE SOLUBILIDAD PARA MATERIALES Y EMPAQUES FLEXIBLES

Elaboró:	Firma:
Revisó y autorizó:	Firma:
Fecha de elaboración:	Revisión:
Número de cambio:	Revisión:

Contenido

1.0	Propósito	1
2.0	Alcance	1
3.0	Documentos De Referencia	1
4.0	Materiales Y Equipo	1
5.0	Responsabilidades	1
6.0	Desarrollo Del Ensayo Para Solubilidad.....	2
7.0	Reporte	3

Centro para el desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para prueba Solubilidad		Revisión:

1.0 PROPÓSITO

Esta marcha propone una metodología de evaluación de la solubilidad de un empaque, envase o película flexible, de tal forma que sea posible estimar su desempeño.

2.0 ALCANCE

Este ensayo es posible aplicarlo a cualquier tipo de empaque o envase flexible hidrosoluble.

3.0 DOCUMENTOS DE REFERENCIA


- › Metodología de MONOSOL: “Solubility of MonoSol Water Soluble Film”.

4.0 MATERIALES Y EQUIPO

- › Beaker de 250 mL.
- › Termómetro.
- › Agitador Magnético.
- › Hot Plate.
- › Equipo o instrumentos de corte.
- › Cronómetro.
- › Agua destilada.
- › Pinzas.

5.0 RESPONSABILIDADES

El personal técnico del Centro es el asignado para desarrollar este ensayo es responsable de cumplir este procedimiento.

Centro para el desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para prueba Solubilidad		Revisión:

6.0 DESARROLLO DEL ENSAYO PARA SOLUBILIDAD

> Procedimiento


- 6.1 Recortar tres muestras cuadradas de 1.5 pulgadas de lado, por cada película a analizar.
- 6.2 Colocar en un beaker de 250 ml, agua destilada hasta la línea de aforo y, con ayuda del termómetro, medir y registrar la temperatura inicial.
- 6.3 Ubicar el beaker sobre el hot plate y dejar caer, cuidadosamente, el agitador magnético dentro del agua destilada.
- 6.4 Encender el hot plate para iniciar la marcha del agitador magnético; esperar un par de segundos para que la agitación sea constante.
- 6.5 Tomar el cronometro y, con ayuda de las pinzas, sumergir una de las muestras dentro del beaker sin soltarla. Iniciar el monitoreo del tiempo tan pronto el espécimen toque el agua destilada.
- 6.6 Registrar el tiempo en el cual la película se rompe y separa de las pinzas, este será identificado como tiempo de desintegración; y el tiempo que toma en disolverse en totalidad. Si no se observa una disolución posterior a cinco minutos de evaluación, detener la prueba.
- 6.7 Detener el agitador magnético y medir nuevamente la temperatura final de análisis.

Nota: Al analizar una nueva muestra, siempre se deberá realizar el cambio del agua destilada a utilizar para la prueba.

7.0 CÁLCULOS

$$Tiempo_{prom} = \frac{\sum t_i}{n}$$

Dónde n es el número de mediciones.

Centro para el desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para prueba Solubilidad		Revisión:

8.0 REPORTE

8.1 Información General

8.1.1 Identificación del solicitante.

8.1.2 Descripción de la muestra, incluyendo tipo de sustrato, forma física, presencia de impresiones o pigmentos y alguna otra característica visible.

8.1.3 Dimensiones o cantidad de muestra recibida y numero de lote o ID correspondiente.

8.1.4 Fecha de recepción de muestra y periodo de análisis.

8.1.5 Identificación del lugar de realización de prueba

8.2 Temperatura inicial y final del agua destilada.

8.3 Tiempos de desintegración y disolución promedio, mínimos y máximos.




PROCEDIMIENTO PARA PRUEBA DE RETRACCIÓN TÉRMICA DE MATERIALES Y EMPAQUES FLEXIBLES

Elaboró:	Firma:
Revisó y autorizó:	Firma:
Fecha de elaboración:	Revisión:
Número de cambio:	Revisión:

Contenido

1.0	Propósito	1
2.0	Alcance	1
3.0	Documentos De Referencia	1
4.0	Materiales Y Equipo	1
5.0	Responsabilidades	1
6.0	Desarrollo Del Ensayo Para Retracción Térmica	2
7.0	Cálculos	2
8.0	Reporte	3

Centro para el desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para la prueba de retracción térmica		Revisión:

1.0 PROPÓSITO

El presente ensayo pretende determinar el porcentaje de variación en las dimensiones iniciales de una muestra posterior a un baño de inmersión.

2.0 ALCANCE

Este ensayo es aplicable para películas plásticas o laminadas con un espesor de 0.76 mm o menos.

3.0 DOCUMENTOS DE REFERENCIA


- > Método de prueba ASTM D 2732 “Standard Test Method for Unrestrained Linear Thermal Shrinkage of Plastic Film and Sheeting”
- > Procedimiento de acondicionamiento de ASTM D 618 “*Standard Practice for Conditioning Plastics for Testing*”.

4.0 MATERIALES Y EQUIPO

- > Baño con líquido de inmersión como agua, polietilenglicol o glicerina.
- > Termómetro.
- > Regla graduada en milímetros o micrómetro.
- > Bandeja o soporte de metal.
- > Marcador permanente.
- > Pinzas.

5.0 RESPONSABILIDADES

El personal técnico del Centro es el asignado para desarrollar este ensayo es responsable de cumplir este procedimiento.

Centro para el desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para la prueba de retracción térmica		Revisión:

6.0 DESARROLLO DEL ENSAYO PARA RETRACCIÓN TÉRMICA

> Acondicionamiento

El espécimen debe encontrarse a una temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ de humedad relativa, además, ajustar la temperatura del baño con una variación de $\pm 0.5^\circ\text{C}$ y esperar a que se estabilice.

> Procedimiento


- 6.1 Marcar un cuadrado con dimensiones de 100 mm por 100 mm y cortar las muestras dejando un borde al área marcada. Un mínimo de dos muestras es necesario.
- 6.2 Colocar el espécimen en el soporte o bandeja de manera que quede en el centro del mismo y definir una dirección longitudinal a la misma. El responsable de realizar la prueba debe evitar que la muestra flote en el baño, sin restringir el contacto alrededor de la muestra.
- 6.3 Registrar la temperatura del baño antes de cada inmersión.
- 6.4 Sumergir la muestra en el baño durante 10 segundos o un tiempo que se considere suficiente para que el material alcance una temperatura de equilibrio.
- 6.5 Retirar la muestra del baño y sumergir inmediatamente en un medio líquido a temperatura ambiente por 5 segundos.
- 6.6 Medir las dimensiones de la muestra después del baño.

7.0 CÁLCULOS

$$\%variación = \frac{L_i - L_f}{L_i} \times 100$$

Dónde

L_i es longitud inicial de un lado.

Centro para el desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para la prueba de retracción térmica		Revisión:

L_f es longitud después de la retracción.

8.0 REPORTE

8.1 Información General

8.1.1 Identificación del solicitante.

8.1.2 Descripción de la muestra, incluyendo tipo de sustrato, forma física, presencia de impresiones o pigmentos y alguna otra característica visible.

8.1.3 Dimensiones o cantidad de muestra recibida y número de lote o ID correspondiente.

8.1.4 Fecha de recepción de muestra y período de análisis.

8.1.5 Identificación del lugar de realización de prueba

8.2 Temperatura y sustancia utilizada para el baño.

8.3 Porcentaje promedio de variación en las dimensiones de la dirección longitudinal y transversal.




PROCEDIMIENTO PARA PRUEBA DE RESISTENCIA QUÍMICA DE EMPAQUES FLEXIBLES

Elaboró:	Firma:
Revisó y autorizó:	Firma:
Fecha de elaboración:	Revisión:
Número de cambio:	Revisión:

Contenido

1.0	Propósito	1
2.0	Alcance.....	1
3.0	Documentos De Referencia.....	1
4.0	Materiales Y Equipo.....	1
5.0	Responsabilidades	2
6.0	Desarrollo Del Ensayo Para Resistencia Química.....	2
6.1	Procedimiento A	2
6.2	Procedimiento B	3
6.3	Procedimiento C	3
6.4	Procedimiento D	4
7.0	Reporte.....	4

Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para Prueba de Resistencia Química		Revisión:

1.0 PROPÓSITO

El objetivo de este ensayo es determinar la capacidad de una tinta, sobreimpresión o recubrimiento de resistir la exposición a agentes químicos comunes con los que un empaque llegue a entrar en contacto, así como agua, ácidos, alcoholes y entre otros que puedan considerarse dependiendo del destino de uso del material.

2.0 ALCANCE

Este ensayo es posible aplicarlo a diversos empaques flexibles que cuenten con recubrimiento o impresión de tintas. Además, esta práctica es posible emplearla para evaluar cualquier material revestido que haya sido diseñado para resistir a un químico en específico y cubre las siguientes situaciones:

- a. *Método A*: para prever la resistencia ante derrames o salpicaduras de químicos.
- b. *Método B*: cuando se desea cierto nivel de resistencia a exposición a químicos.
- c. *Método C*: cuando el material debe contar con un nivel de resistencia a la abrasión a químicos.
- d. *Método D*: para prever la resistencia a un contacto continuo del sustrato con un químico.


3.0 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- › Método de prueba ASTM F 2250 *“Standard Practice for Evaluation of Chemical Resistance of Printed Inks and Coatings on Flexible Packaging Materials”*
- › Práctica de acondicionamiento y condiciones ambientales ASTM D 4332 *“Standard Practice for Conditioning Containers, Packages, or Packaging Components for Testing”*

4.0 MATERIALES Y EQUIPO

Procedimiento A

- › Superficie plana capaz de inclinarse aproximadamente 45°.

Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para Prueba de Resistencia Química		Revisión:

- > Gotero o jeringa.

Procedimiento B

- > Vidrio de reloj.
- > Cronómetro.
- > Gotero o jeringa.
- > Papel toalla.

Procedimiento C

- > Hisopos.
- > Recipiente para contener el producto químico a ensayar.

Procedimiento D

- > Vidrio de reloj.
- > Gotero o jeringa.
- > Cronómetro.
- > Hisopos.
- > Atomizador.


5.0 RESPONSABILIDADES

El personal técnico del Centro es el asignado para desarrollar este ensayo es responsable de cumplir este procedimiento.

6.0 DESARROLLO DEL ENSAYO PARA RESISTENCIA QUÍMICA

6.1 Procedimiento A

- 6.1.1 Cortar la muestra en dimensiones 13 cm por 13 cm.
- 6.1.2 Fijar la muestra al plano inclinado de manera que no se formen pliegues ni arrugas.
- 6.1.3 Verter el químico a lo largo del área elevada de la muestra.

Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para Prueba de Resistencia Química		Revisión:

6.1.4 Examinar la muestra en busca de manchas, decoloración o tinta corrida.

6.2 Procedimiento B

6.2.1 Cortar la muestra en dimensiones 13 cm por 13 cm.

6.2.2 Colocar la muestra sobre una superficie plana y verificar que no tenga arrugas o pliegues con el lado impreso o recubierto hacia arriba.

6.2.3 Rociar el producto químico sobre el área de interés.

6.2.4 Situar el vidrio de reloj sobre la muestra húmeda y medir un minuto con el cronometro.

6.2.5 Cuando el tiempo haya transcurrido remover el vidrio de reloj y buscar en la muestra decoloraciones, manchas o tinta corrida.

6.2.6 Secar suavemente con papel toalla la muestra y observar si hay transferencia de tinta o recubrimiento en la toalla absorbente.

6.3 Procedimiento C


6.3.1 Cortar la muestra en dimensiones 13 cm por 13 cm.

6.3.2 Colocar la muestra sobre una superficie plana y verificar que no tenga arrugas o pliegues con el lado impreso o recubierto hacia arriba.

6.3.3 Saturar un hisopo con el químico que se desea probar.

6.3.4 Sobre la muestra, frotar el hisopo en un movimiento de ida y vuelta de aproximadamente 3 pulgadas de largo.

6.3.5 Para efectos de reporte de resultados, contar el número de trazos para que se observe decoloración o transferencia de tinta o recubrimiento.

Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para Prueba de Resistencia Química		Revisión:

6.4 Procedimiento D

- 6.4.1 Cortar la muestra en dimensiones 13 cm por 13 cm.
- 6.4.2 Colocar la muestra sobre una superficie plana y verificar que no tenga arrugas o pliegues con el lado impreso o recubierto hacia arriba.
- 6.4.3 Rociar el producto químico uniformemente sobre el área de interés.
- 6.4.4 Colocar el vidrio de reloj con el lado cóncavo hacia arriba sobre la muestra húmeda y ajustar cinco minutos en el temporizador.
- 6.4.5 Cuando haya transcurrido el tiempo especificado, retirar con cuidado el vidrio de reloj y examinar en busca de decoloraciones, manchas o tinta corrida.
- 6.4.6 Secar con papel toalla y observar si existe alguna transferencia de tinta o recubrimiento.
- 6.4.7 Sobre la muestra, frotar el hisopo en un movimiento de ida y vuelta de aproximadamente 3 pulgadas de largo.
- 6.4.8 Para efectos de reporte de resultados, contar el número de trazos para que se observe decoloración o transferencia de tinta o recubrimiento.

7.0 REPORTE

- 7.1 Información General
 - 7.1.1 Identificación del solicitante.
 - 7.1.2 Descripción de la muestra, incluyendo tipo de sustrato, forma física, presencia de impresiones o pigmentos y alguna otra característica visible.
 - 7.1.3 Dimensiones o cantidad de muestra recibida y numero de lote o ID correspondiente.
 - 7.1.4 Fecha de recepción de muestra y periodo de análisis.
 - 7.1.5 Identificación del lugar de realización de prueba
- 7.2 Identificación completa de la sustancia utilizada para los análisis.
- 7.3 Reportar los resultados identificando si pasa o falla la prueba, según sea el caso.




PROCEDIMIENTO PARA ENSAYO DE FUERZA DE RASGADO PARA MATERIALES Y EMPAQUES FLEXIBLES

Elaboró:	Firma:
Revisó y autorizó:	Firma:
Fecha de elaboración:	Revisión:
Número de cambio:	Revisión:

Contenido

1.0	Propósito	1
2.0	Alcance	1
3.0	Documentos De Referencia	1
4.0	Materiales Y Equipo	1
5.0	Responsabilidades	1
6.0	Desarrollo Del Ensayo De Rasgado.....	2
7.0	Cálculos	3
8.0	Reporte	3

Centro para el desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para la prueba de Rasgado		Revisión:

1.0 PROPÓSITO

El presente método de prueba tiene por finalidad determinar la fuerza promedio necesaria para producir el rasgado de un espécimen, en ambas direcciones de producción del sustrato.

2.0 ALCANCE

Realizar este ensayo con películas plásticas y láminas delgadas de espesor igual o menor a 1 mpulg.

3.0 DOCUMENTOS DE REFERENCIA


- > Manual de operación de equipo Elmendorf HT – 8181.
- > Norma ASTM D 1004 “*Test Method for Initial Tear Resistance of Plastic Film and Sheeting*”.
- > Procedimiento para prueba de calibre en materiales y empaque flexible.

4.0 MATERIALES Y EQUIPO

- > Equipo Elmendorf HT – 8181.
- > Micrómetro.
- > Equipo o instrumentos de corte.
- > Regla graduada.

5.0 RESPONSABILIDADES

El personal técnico del Centro es el asignado para desarrollar este ensayo es responsable de cumplir este procedimiento.

Centro para el desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para la prueba de Rasgado		Revisión:


6.0 DESARROLLO DEL ENSAYO DE RASGADO

> Acondicionamiento

Verificar que el equipo se encuentre en una superficie completamente horizontal y nivelado. Además, asegurarse de disponer de muestras suficientes para realizar mediciones en dirección de la maquina (M_D) y dirección contraria (T_D) que se encuentren a condiciones ambientales.

> Procedimiento

- 6.1 Utilizando el micrómetro, realizar tres mediciones a cada muestra de ambas direcciones para verificar si es aplicable el procedimiento, el resultado obtenido deberá ser menor a 1 mpulg (aproximadamente 0.025 \pm 0.005mm).
- 6.2 Cortar muestras con dimensiones de 75 mm de largo y 64 mm de ancho, teniendo el cuidado de realizar un corte limpio sin fisuras en los bordes de la película que podrían causar errores en la medición.
- 6.3 Debido a que la resistencia al rasgado varía en función a la dirección evaluada, se deberán realizar cortes en dirección transversal y dirección de la máquina. En el caso de no ser capaz de identificarlas, recolectar muestras de cortes en dos direcciones y numerarlas para no confundirlas.
- 6.4 Asegurar la muestra en las abrazaderas del instrumento girando las perillas.
- 6.5 Realizar una hendidura en la muestra con la hoja del cuchillo del equipo moviendo hacia abajo la palanca.
- 6.6 Verificar que la flecha o indicador rojo se encuentre situado al costado del botón de liberación del péndulo, ya que será este el encargado de marcar la fuerza de desgarre.
- 6.7 Presionar el botón que retiene el péndulo, a una fuerza y velocidad constante, esto dará inicio a la prueba, rasgando la muestra.

Centro para el desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para la prueba de Rasgado		Revisión:

- 6.8 Haciendo uso del indicador, registrar el valor de fuerza marcado en la escala.

Nota: Cuando se observe que la muestra se rasga a más de 10 mm de la hendidura inicial se rechaza la medición.

- 6.9 Realizar como mínimo cinco repeticiones por dirección de la película.

Nota: El comportamiento típico de los materiales flexibles exhibe que aquellas pruebas que presenten un promedio de fuerza de rasgado mayor, serán las realizadas en dirección transversal (TD) y aquellas que presenten un valor promedio menor, serán identificadas como la dirección de la maquina (MD).

7.0 CÁLCULOS

$$Fuerza_{prom} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Dónde n es el número de mediciones.

8.0 REPORTE

- 8.1 Información General
- 8.1.1 Identificación del solicitante.
 - 8.1.2 Descripción de la muestra, incluyendo tipo de sustrato, forma física, presencia de impresiones o pigmentos y alguna otra característica visible.
 - 8.1.3 Dimensiones o cantidad de muestra recibida y numero de lote o ID correspondiente.
 - 8.1.4 Fecha de recepción de muestra y periodo de análisis.
 - 8.1.5 Identificación del lugar de realización de prueba
- 8.2 Número de probetas analizadas en cada dirección, principalmente cuando se mide más de una película al mismo tiempo.
- 8.3 Fuerza de rasgado promedio, mínimo y máximo, en Newton para cada orientación de la película.




PROCEDIMIENTO PARA PRUEBAS TENSILES EN PELÍCULAS DE MATERIALES Y EMPAQUE FLEXIBLE.

Elaboró:	Firma:
Revisó y autorizó:	Firma:
Fecha de elaboración:	Revisión:
Número de cambio:	Revisión:

Contenido

1.0	Propósito	1
2.0	Alcance	1
3.0	Documentos De Referencia	1
4.0	Materiales Y Equipo	1
5.0	Responsabilidades	1
6.0	Desarrollo Del Ensayo Para Pruebas Tensiles	2
7.0	Cálculos	3
8.0	Reporte	4

Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para Pruebas Tensiles		Revisión:

1.0 PROPÓSITO

El objetivo de este ensayo es evaluar las propiedades tensiles tales como la resistencia a la tracción, elongación o fuerza de rotura, en películas plásticas de materiales o empaques flexibles, propiedades de interés que permiten estimar el comportamiento del material bajo condiciones de uso.

2.0 ALCANCE

Este ensayo es aplicable a cualquier empaque flexible plástico cuyo porcentaje de elongación a la rotura sea menor a 20.

3.0 DOCUMENTOS DE REFERENCIA


- › Método de prueba ASTM D882: “*Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting*”

4.0 MATERIALES Y EQUIPO

- › Micrómetro
- › Equipo o instrumentos de corte
- › Cinta métrica o regla graduada
- › Tensiómetro (Tensile Tester)

5.0 RESPONSABILIDADES


El personal técnico del Centro es el asignado para desarrollar este ensayo es responsable de cumplir este procedimiento.

Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para Pruebas Tensiles		Revisión:

6.0 DESARROLLO DEL ENSAYO PARA PRUEBAS TENSILES

> Procedimiento

- 6.1 Haciendo uso del micrómetro identificar el calibre de la película. Se deberán seleccionar muestras cuyo espesor sea uniforme a lo largo de la muestra para asegurar que los resultados sean característicos del material.
- 6.2 Haciendo uso de los instrumentos de corte, y teniendo el cuidado de realizar cortes paralelos, se generarán muestras de 20 cm de longitud, realizar una marca a 5 cm y 15 cm de la muestra. Es importante tomar en consideración que los cortes realizados deberán ser lo más limpios posibles, dado que cualquier fisura o daño en la película podría causar un rompimiento prematuro, resultando en mediciones erróneas.
- 6.3 Colocar las muestras en el tensiómetro. Para ello se deberán abrir las mordazas que acompañan el equipo haciendo uso de los husillos, la película deberá ingresar en la segunda apertura de la mordaza y deberá ubicarse en las marcas identificadas, dejando 5 cm de excedente en cada mordaza. Una vez ubicada la muestra, ajustar las mordazas de manera que le sostengan de manera firme.
- 6.4 Ubicada la muestra, ajustar el medidor de longitud a cero con ayuda del tornillo provisto.
- 6.5 Asegurarse que la separación de las mordazas sea de 10 cm y que la velocidad de separación sea de 10 mm/min; registrar estas condiciones e iniciar la prueba presionando el botón verde con la flecha hacia abajo, este moverá el bastidor inferior hacia abajo estirando la muestra.
- 6.6 Si la probeta se revienta, presionar el botón de mínimo y máximo en el panel de control para identificar el valor de la carga máxima soportada hasta la rotura, esta será la fuerza de tracción máxima durante la rotura. De igual manera registrar el valor de la longitud final.

Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para Pruebas Tensiles		Revisión:

- 6.7 Haciendo uso del panel de control, hacer subir el bastidor nuevamente a cero con el botón verde con la flecha hacia arriba hasta alcanzar nuevamente el cero en el medidor de longitud.
- 6.8 Abrir las mordazas y recuperar la probeta. Verificar que la ruptura sea completa y no solamente rasgado de uno de los costados de la película ya que este podría representar un mal corte.
- 6.9 Repetir la medición en 5 probetas para cada dirección de la película siguiendo el mismo procedimiento.

7.0 CÁLCULOS

- › Porcentaje de Elongación

$$\%Elongación = \frac{L_{inicial}}{L_{final}} \times 100$$

Donde $L_{inicial}$ representa la longitud inicial de la probeta y L_{final} la longitud de la probeta posterior a la rotura.

- › Resistencia a la tracción (Durante la Rotura)

$$Resistencia\ a\ la\ tracción = \frac{Fuerza\ máxima\ de\ Tracción}{Área\ transversal}$$


- › Promedio

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

- › Desviación estándar

$$S = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Donde n representa el número total de mediciones.

Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y el Embalaje en Centro América y Panamá. (CDIECAP)		
Código:	Fecha:	Cambio n°
Procedimiento para Pruebas Tensiles		Revisión:

8.0 REPORTE

8.1 Información General

8.1.1 Identificación del solicitante.

8.1.2 Descripción de la muestra, incluyendo tipo de sustrato, forma física, presencia de impresiones o pigmentos y alguna otra característica visible.

8.1.3 Dimensiones o cantidad de muestra recibida y numero de lote o ID correspondiente.

8.1.4 Fecha de recepción de muestra y periodo de análisis.

8.1.5 Identificación del lugar de realización de prueba

8.2 Dimensiones completas de las probetas evaluadas y cantidad analizada.

8.3 Separación inicial de las mordazas

8.4 Velocidad de separación de las mordazas

8.5 En el caso de obtener fallos en la prueba de una probeta, se deberá reportar el fallo y posible causa raíz.

8.6 Fuerza máxima de tracción promedio y su desviación estándar.

8.7 Resistencia a la tracción promedio y su desviación estándar.

8.8 Elongación a la rotura promedio y su desviación estándar.