

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA



**Importancia de la interpretación de resultados de las
Técnicas de Ensayos Fisicomecánicos básicas en la
evaluación de películas para invernadero, manejando
normas acreditadas**

CASO DE ESTUDIO

PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA APLICADA

OPCIÓN: AGROPLATICULTURA

PRESENTA:

BERENICE MARTÍNEZ MATIAS

SALTILLO, COAHUILA

CIQA
CENTRO DE INFORMACIÓN

AGOSTO2014

08 AGO 2014

RECIBIDO

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA



Importancia de la interpretación de resultados de las Técnicas de Ensayos Fisicomecánicos básicas en la evaluación de películas para invernadero, manejando normas acreditadas

CASO DE ESTUDIO

PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA APLICADA

OPCIÓN: AGROPLASTICULTURA

**PRESENTA:
BERENICE MARTÍNEZ MATIAS**

ASESOR:

M.C. ARACELI NOXPANCO GUZMÁN

SALTILLO, COAHUILA

AGOSTO 2014

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA



Importancia de la interpretación de resultados de las Técnicas de Ensayos Fisicomecánicos básicas en la evaluación de películas para invernadero, manejando normas acreditadas

CASO DE ESTUDIO

PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA APLICADA

OPCIÓN: AGROPLASTICULTURA

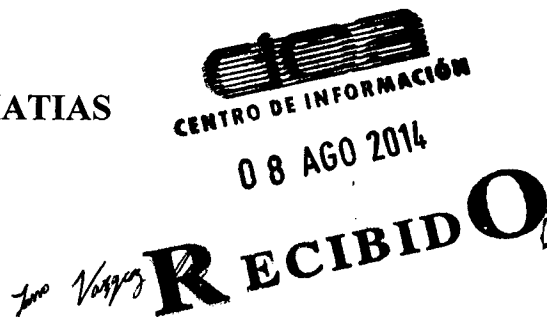
PRESENTA:

BERENICE MARTÍNEZ MATIAS

EVALUADORES:

Dra. Ana Margarita Rodríguez Hdz.

SALTILLO, COAHUILA



M.C. Jairo Vazquez Lee

AGOSTO 2014

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	OBJETIVO.....	2
3.	JUSTIFICACIÓN.....	2
4.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
4.1.	Norma.....	3
4.1.1.	Normas Oficiales Mexicanas (NOM).....	3
4.1.2.	Normas Oficiales Mexicanas (NMX).....	3
4.2.	CERTIFICACIÓN	4
4.3.	ACREDITACIÓN.....	4
4.3.1.	Evaluación de la conformidad.....	4
4.4.	ORGANISMOS ACREDITADORES NACIONALES.....	4
4.4.1.	EMA	4
4.5.	ORGANISMOS ACREDITADORES INTERNACIONALES	5
4.5.1.	ILAC	5
4.5.2.	IAF	5
4.5.3.	IAAC (Cooperación Inter Americana de Acreditación).....	5
4.5.4.	APLAC (Cooperación Económica Asia-Pacífico).....	6
4.6.	INVERNADERO	6
4.6.1.	Elección del modelo del invernadero y de sus accesorios apropiados.	6
4.6.2.	Tipo y el peso de la cubierta.....	6
4.6.3.	Luminosidad.....	7
4.6.4.	Dimensión	7
4.6.5.	Dirección e intensidad de los vientos.....	7
4.6.6.	Orientación.....	7
4.7.	TIPOS DE POLIETILENO.....	8
4.7.1.	Normal.....	8
4.7.2.	Larga duración.....	8
4.7.3.	Térmico	8
4.8.	PROPIEDADES FÍSICAS.....	9
4.8.1.	Peso	9
4.8.2.	Densidad.....	9
4.8.3.	Espesor	9

4.8.4.	Envejecimiento.....	9
4.9.	PROPIEDADES MECÁNICAS	10
4.9.1.	Resistencia a la tensión	10
4.9.2.	Elongación.....	10
4.9.3.	Resistencia al rasgado	10
4.9.4.	Resistencia al impacto.....	10
4.10.	PROPIEDADES ÓPTICAS	10
4.10.1.	Transmisión.....	10
4.10.2.	Difusión.....	11
4.11.	IMPORTANCIA DE LAS PRUEBAS FISICOMECÁNICAS EN LAS PELÍCULAS PARA INVERNADERO	11
4.11.1.	Tensión en el punto de ruptura.....	11
4.11.2.	Elongación.....	11
4.11.3.	Rasgado	11
4.11.4.	Impacto.....	11
4.12.	ENSAYOS DE PROPIEDADES MECANICAS BASICAS EN PELÍCULAS PARA INVERNADERO	12
4.12.1.	Determinación de la resistencia al rasgado por el método Elmendorf	12
4.12.3.	Resistencia al impacto por caída libre de dardo	19
4.12.3.	Determinación de las propiedades de tensión de películas plásticas.....	28
6.	ESTADO DEL ARTE.....	48
7.	ÁREAS DE OPORTUNIDAD.....	51
8.	CONCLUSIONES	51
9.	BIBLIOGRAFIA.....	52

INDICE DE IMAGENES

Imagen 1. Dinamómetro de péndulo tipo Elmendorf.....	12
Imagen 2. Aparato para resistencia al impacto por caída libre de dardo.....	19
Imagen 3. Equipo para determinación de las propiedades de tracción en películas plásticas.....	30

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Norma ASTM y NMX en determinación en de la resistencia al rasgado por el método de Elmendorf.....	13
Los resultados de las pruebas se presentan en los cuadros siguientes lo cual facilita al técnico para elaborar el informe de resultados que requiere el cliente.	17
Cuadro 2. Reporte de prueba de determinación al rasgado por el método de Elmendorf Norma ASTM.....	17
Cuadro 3. Reporte de prueba de determinación al rasgado por el método de Elmendorf Norma ASTM.....	18
Cuadro 4. Norma ASTM y NMX en resistencia al impacto por caída libre de dardo.	19
Los resultados de las pruebas se presentan en los cuadros siguientes lo cual facilita al técnico para elaborar el informe de resultados que requiere el cliente.	26
Cuadro 6. Reporte de prueba de resistencia al impacto por caída libre de dardo Norma NMX	27
Cuadro 7. Norma ASTM y NMX determinación de las propiedades de tracción en películas plásticas.....	30
Los resultados de las pruebas se presentan en los cuadros siguientes lo cual facilita al técnico para elaborar el informe de resultados que requiere el cliente.	38
Cuadro 8. Reporte de Prueba Determinación de las propiedades de tracción en películas plásticas (Tensión) Norma ASTM dirección máquina.....	38
Cuadro 9. Reporte de Prueba Determinación de las propiedades de tracción en películas plásticas (Tensión) Norma ASTM dirección transversal.....	39
Cuadro 10. Reporte de Prueba Determinación de las propiedades de tracción en películas plásticas (Tensión) Norma NMX dirección máquina.	40
Cuadro 11. Reporte de Prueba Determinación de las propiedades de tracción en películas plásticas (Tensión) Norma NMX dirección transversal.....	41

Cuadro 12. Reporte de Prueba Determinación de las propiedades de tracción en películas plásticas (Módulo) Norma ASTM dirección máquina.....	42
Cuadro 13. Reporte de Prueba Determinación de las propiedades de tracción en películas plásticas (Módulo) Norma ASTM dirección transversal.	43
Cuadro 14. Reporte de Prueba Determinación de las propiedades de tracción en películas plásticas (Módulo) Norma NMX dirección máquina.....	44
Cuadro 15. Reporte de Prueba Determinación de las propiedades de tracción en películas plásticas (Módulo) Norma NMX dirección transversal.	45
Cuadro 16. Tabla de referencia del Polietileno coeficiente de variación.	47
Los resultados en % de elongación del cuadro 17 para ambas normas en las dos direcciones, muestras que están dentro del rango permitido (35.76) por lo que podemos concluir que realizar los ensayos para esta propiedad es lo mismo con las dos normas.	47
Cuadro 17. Coeficiente de variación entre norma ASTM y NMX en Elongación.....	47
Cuadro 18. Coeficiente de variación entre norma ASTM y NMX en Resistencia a la Tensión.	47
Para el Módulo, los resultados obtenidos, cuadro 19 y utilizando las dos normas y en ambas direcciones, presentan una dispersión dentro de lo permitido (7.62), por lo que podemos concluir que los resultados son iguales ocupando cualquier norma (ASTM o NMX).....	47
Cuadro 19. Coeficiente de variación entre norma ASTM y NMX en Modulo.	48

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura en México se ha venido intensificando en los últimos años, debido a que cada día el mercado es más exigente en calidad, inocuidad, presentación y certificación de los productos agrícolas, el acelerado deterioro de los recursos naturales, el agotamiento del agua y empobrecimiento de los suelos, hacen que los invernaderos cobren fuerza en los últimos años.

La agricultura protegida en especial los invernaderos proporcionan un mejor microclima para la planta en comparación con otros sistemas de producción, también tienen importancia ambiental, eficiencia en el uso y manejo de recursos naturales (agua) y de insumos (agroquímicos).

Para que los invernaderos logren sus objetivos se deben tomar en cuenta factores que van desde el tipo de cultivo hasta la instalación de la estructura, siendo la cubierta lo que mayor importancia tiene.

El material de cubierta del invernadero influye en algunas de las variables que más afectan al cultivo como la luz, temperatura o humedad, por ejemplo deben ser cuidadosamente elegidas junto a la estructura para ayudar al manejo y optimizar el rendimiento del invernadero (Castilla, 2004 y Catilla y Hernández, 2005).

Otro punto muy importante en cuanto a la cubierta plástica son sus propiedades Fisicomecánicas puesto que esto nos da mayor seguridad sobre la duración del material frente a condiciones climáticas como fuertes vientos, lluvia intensa o granizo, al igual que no se rompa tan fácilmente cuando se estire o se coloque ya en la estructura.

Es por ello la importancia de saber y comprender que pruebas Fisicomecánicas se hacen a las películas plásticas para invernadero, por lo cual en el presente trabajo se analizarán las diferentes pruebas utilizando y comparando Normas nacionales y extranjeras.

1. OBJETIVO

Analizar las diferentes normas acreditadas para los ensayos base para una película para invernadero, como y cuando se aplican, las diferencias que existen entre ellas, así como el conocimiento de organismos acreditadores nacionales e internacionalmente.

2. JUSTIFICACIÓN

Los laboratorios de pruebas constituyen un punto clave dentro de una organización, ya que son elementos de apoyo para determinar o verificar las propiedades de los productos, de acuerdo a criterios establecidos.

Para garantizar la confiabilidad de los resultados obtenidos es necesario contar con el reconocimiento de la capacidad técnica del personal del laboratorio que desarrolla las pruebas.

La interpretación de los resultados obtenidos a través de normas acreditadas juega un papel muy importante, ya que proporciona los medios que hacen posible que las organizaciones aseguren la calidad de sus productos y la permanencia en el mercado.

La revisión de resultados utilizando normas acreditadas en diferentes ensayos físico-mecánicos para películas plásticas de uso agrícola pretende incrementar la familiaridad en el uso de las mismas y pueda ser apoyo en el ambiente laboral.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Norma

Es un documento que contiene especificaciones técnicas basada en los resultados de experiencia y del desarrollo tecnológico.

Las normas son el fruto del consenso entre todas las partes interesadas e involucradas en la actividad objeto de la misma y deben ser aprobadas por un organismo de normalización reconocido.

Las normas garantizan niveles de calidad y seguridad que permiten a cualquier empresa posicionarse mejor en el mercado y constituyen una importante fuente de información para los profesionales de cualquier actividad.

La ley mexicana menciona dos tipos de normas, las normas oficiales mexicanas (NOMs) y las normas mexicanas (NMX).

3.1.1. Normas Oficiales Mexicanas (NOM)

Son las regulaciones técnicas que contienen la información, requisitos, especificaciones, procedimientos y metodología que permiten a las distintas dependencias gubernamentales establecer parámetros evaluables para evitar riesgos a la población, a los animales y al medio ambiente. Están presentes en prácticamente todo lo que nos rodea.

3.1.2. Normas Mexicanas (NMX)

Es la norma que elabora un organismo nacional de normalización (ONN) o la secretaria de economía (SE). Prevé para su uso común y repetido, reglas, directrices y características aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción. Así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado. Su aplicación no es voluntaria, salvo en los siguientes casos: cuando los particulares manifiestan que sus productos, procesos o servicios son conforme con las mismas y cuando en una norma mexicana se requiere la observación de una norma mexicana para fines determinados.

3.2. CERTIFICACIÓN

Procedimiento por el cual se asegura que un producto, proceso, sistema o servicio se ajusta a las normas, lineamientos o recomendaciones de organismos dedicados a la normalización nacional o internacional.

Es una actividad a cargo de los *organismos nacionales de certificación*, que son personas morales acreditadas que cumplen con dicho objeto social.

3.3. ACREDITACIÓN

La acreditación es el proceso mediante el cual una organización independiente y con la autoridad para ello, evalúa una entidad que presta un servicio y le otorga un reconocimiento formal de su capacidad técnica y confiable para realizar servicios.

3.3.1. Evaluación de la conformidad

Es la determinación del grado de cumplimiento con las normas oficiales mexicanas o la conformidad con las normas mexicanas, las normas internacionales u otras especificaciones, prescripciones o características. Comprende entre otros los procesos de muestreo, prueba, calibración, certificación y verificación.

La acreditación permite a las personas tomar una decisión informada cuando selecciona a un laboratorio, que demuestre competencia, imparcialidad y habilidad. Ayuda a fundamentar la credibilidad y el desempeño de los bienes y servicios.

3.4. ORGANISMOS ACREDITADORES NACIONALES

3.4.1. EMA

La entidad mexicana de acreditación (EMA), es la primera entidad de gestión privada en México, tiene por objetivo acreditar a los organismos de *evaluación de la conformidad* que son los laboratorios de ensayo, calibración, clínicos,

unidades de verificación (organismos de inspección) y organismos de certificación.

Su creación se impulsó al detectar los retos que nos presenta el intercambio de productos, bienes y servicios en el mundo globalizado; para dotar a la industria y comercio de herramientas para competir equitativamente, e internarse ampliamente al comercio internacional.

3.5. ORGANISMOS ACREDITADORES INTERNACIONALES

3.5.1. ILAC (Cooperación Internacional de Acreditación de Laboratorios)

Es una cooperación internacional de acreditación de laboratorios y de organismos de inspección que se formó para reducir las barreras técnicas al comercio. Su objetivo principal es el creciente uso y aceptación por parte de la industria y también de los reguladores de los resultados de los laboratorios y de los organismos de inspección acreditados, incluyendo los resultados de los laboratorios en otros países.

3.5.2. IAF (Asociación Mundial de los organismos de acreditación y evaluación de la conformidad)

Es la asociación mundial de los organismos de acreditación y evaluación de conformidad de otros organismos interesados en la evaluación de la conformidad en los campos de sistemas de gestión, productos, servicios, personal y otros programas similares de evaluación de la conformidad. Su función principal es desarrollar un único programa mundial de evaluación de la conformidad que reduce el riesgo para el negocio y sus clientes, asegurándose que los certificados acreditados puedan ser innovados. La acreditación asegura a los usuarios de la competencia y la imparcialidad del organismo acreditado.

3.5.3. IAAC (Cooperación Inter Americana de Acreditación)

Es una asociación regional de organismos de acreditación y de otras organizaciones interesadas en la evaluación de la conformidad en América.

Su misión es promover la cooperación entre los organismos de acreditación y las partes interesadas en América enfocada al desarrollo de las estructuras de

evaluación de la conformidad para lograr el mejoramiento de productos, procesos y servicios.

3.5.4. APLAC (Cooperación Económica Asia-Pacífico)

Es una cooperación de los organismos de acreditación en la región de Asia-Pacífico que acredita laboratorios, organismos de inspección y de los productores de materiales de referencia. Su objetivo principal es establecer, desarrollar y ampliar un acuerdo de reconocimiento mutuo entre organismos de acreditación en la región.

Parte de su función es proporcionar un foro para el intercambio de información entre sus miembros en materia de acreditación y temas relacionados con el objetivo de la mejora continua de servicios de acreditación que se ofrezcan en la región.

3.6. INVERNADERO

Un invernadero es una estructura de diversas formas y tamaños que tiene la capacidad de generar condiciones de temperatura y humedad ideales para cultivar plantas durante el invierno, o en sectores donde las condiciones climáticas son muy adversas.

Shany M. (2007), Jaramillo J., Patricia V. (2013) nos mencionan que para construir un invernadero debemos tomar en cuenta ciertos parámetros como los son:

3.6.1. Elección del modelo del invernadero y de sus accesorios apropiados.

La forma y modelo del invernadero se deben tener en cuenta las condiciones económicas de cada productor, siempre y cuando la estructura cumpla con los requerimientos apropiados para el desarrollo del cultivo, sea funcional y de fácil operación, que permita el cultivo de otras especies, así como lo suficientemente fuerte como para soportar condiciones climáticas extremas y el peso de las plantas y de los sistemas internos, tenga una duración prolongada y una cobertura fácil de cambiar y de fácil mantenimiento.

3.6.2. Tipo y el peso de la cubierta.

Deben ser materiales de calidad, durables, que garanticen la mayor resistencia del invernadero y que sean de fácil mantenimiento y económicos.

3.6.3. Luminosidad.

Cuando se planea la construcción es importante favorecer la máxima exposición de la luz hacia las plantas. La estructura debe estar diseñada con materiales que no obstaculicen el paso de la luz.

La cubierta plástica acumula gran cantidad de polvo debido a la electricidad estática sobre su superficie, lo que reduce la transmisión de luz dentro del invernadero, esto tiene efecto negativo sobre la cantidad y calidad de la producción.

3.6.4. Dimensión.

Naves con un ancho máximo de 10 a 12 m, y una longitud máxima de 60 m facilitan el manejo del cultivo y el control de las condiciones climáticas dentro del invernadero, sin embargo, es importante tener en cuenta el clima de la zona donde se va a construir. Las instalaciones deben tener la altura necesaria que permita mejorar la inercia térmica y la ventilación

3.6.5. Dirección e intensidad de los vientos.

En algunos casos se podrá utilizar para ventilación natural, y en otros será necesario disminuir su intensidad por medio de cortinas rompe vientos. El invernadero debe construirse en la misma dirección del viento, con el fin de permitir que las aperturas para la ventilación estén acordes a la dirección del viento.

3.6.6. Orientación.

El invernadero se construye generalmente en dirección norte-sur, pues está probado que, durante el día, la iluminación interna es más uniforme y más constante. Otro factor que debe considerarse como importante es la topografía del terreno.

La cubierta que se utiliza en los invernaderos juega un papel muy importante ya que es la que protege al cultivo, los materiales que se utilizan son los plásticos y el vidrio.

Las láminas de plástico tienen bajo peso en comparación con el vidrio. Así 1m² de lámina de polietileno (PE) de 0.2mm de espesor pesa menos de 200g frente al peso de 6.5 kg de 1m² de vidrio de 2.7mm de espesor. Ello ha favorecido la introducción del polietileno (PE) como material de cubierta de invernaderos.

Los materiales plásticos más empleados en films agrícolas son el polietileno de baja densidad (PEBD) cuya densidad es menor de 0.93kg m^{-2} , el copolímero de etil-acetato de vinilo (EVA) y el policloruro de vinilo (PVC) plastificado. También se emplean como placas rígidas, el policarbonato (PC), el polimetacrilato de metilo (PMMA), el PVC rígido y el poliéster armado con fibra de vidrio, entre otros (Espí E. 2012).

La cubierta plástica más utilizada en la construcción de invernaderos es el polietileno de baja densidad (PEBD). Tiene un espesor entre 0.10 a 0.20mm, cuenta con diferentes aditivos dependiendo de las necesidades del productor agrícola, las dimensiones disponible varían de 3 a 12 m de ancho y de 40 a 100m de largo.

4.7. TIPOS DE POLIETILENO

4.7.1. Normal

Su espesor más común es de 100 micras (0,10 mm). Tiene una duración promedio de 6 a 8 meses. Es de color transparente y muy permeable a los rayos infrarrojos de onda larga, lo que provoca pérdida de calor por las noches, con el consiguiente peligro de inversión térmica (menor temperatura dentro del invernadero en noches despejadas, frías y sin viento). Difunde poco la luz solar, lo que puede ocasionar daños por golpes de sol. Se produce gran condensación de la humedad generada al interior del invernadero (producto de la evapotranspiración).

4.7.2. Larga duración

Se mantiene en buenas condiciones por dos años. Presenta un color amarillo transparente y lleva aditivos en su composición para protegerlo de los rayos ultravioleta. El espesor más usado es entre 150 y 200 micras (0,15 a 0,20 mm). Difunde mejor la luz que el polietileno normal, pero no tiene efecto térmico y presenta el mismo peligro de inversión térmica.

4.7.3. Térmico

Dura dos años. Su color es amarillo o transparente, con un espesor generalizado de 200 micras (0,20 mm). Tiene aditivos contra los rayos infrarrojos de onda larga que, durante la noche, permiten retener más o menos el 85% del calor

almacenado en el día. Eso disminuye el peligro de heladas por inversión térmica. Produce gran dispersión de la luz, con lo que se evitan los golpes de sol. A la vez, requiere un buen sistema de ventilación para evitar temperaturas muy altas, ya que en los invernaderos cubiertos con este tipo de polietileno se acumula más calor. La condensación se produce como gotas de menor tamaño, lo que reduce el daño en las plantas.

Por lo que el PE utilizado en la fabricación de los invernaderos debe de contar con propiedades físicas, mecánicas y ópticas las que se consideran más importantes son las siguientes:

4.8. PROPIEDADES FÍSICAS

4.8.1. Peso

Los filmes de plástico tienen poco peso casi 33 veces menos que el vidrio (200g el plástico en 1m² y el vidrio 6.5 kg en 1m²) lo que reduce su exigencia en estructuras y por tanto aumenta la uniformidad de la luz en el interior al reducir el sombreado.

4.8.2. Densidad

Es la cantidad de masa por el volumen. Ésta modifica la flexibilidad, permeabilidad y propiedades térmicas del polímero. Una densidad baja facilita la manipulación y el transporte unido o un menor precio.

4.8.3. Espesor

Las unidades para los films plásticos serán en micras, dicho espesor tiene que ser de 0.10mm. 0.15mm o 0.20mm. Según la NMX-E-114.

4.8.4. Envejecimiento

El envejecimiento de los materiales utilizados como cubierta en invernadero está determinado por la degradación de sus propiedades físicas, radiométricas y mecánicas, cuando la película se ha deteriorado un 30% está ya no es apta para seguirse usando.

4.9. PROPIEDADES MECÁNICAS

4.9.1. Resistencia a la tensión

Es la máxima fuerza por unidad de superficie que puede soportar el material al ser estirado antes de romperse, su valor se mide en MPa.

4.9.2. Elongación

Es el máximo estiramiento desde ambos extremos que puede soportar el material antes de romperse en %.

4.9.3. Resistencia al rasgado

Es la fuerza que se necesita para propagar el rasgado a partir de un corte inicial definido o practicado en la probeta de ensayo (el material), su valor se mide en gr/mm.

4.9.4. Resistencia al impacto

Es la capacidad del material a absorber un golpe o impacto sin romperse. Su valor se mide en gramos.

Para los ensayos de resistencia al rasgado, resistencia a la tensión y elongación, las determinaciones se realizan en dos direcciones, máquina (DM) y transversal (DT).

Para el caso de la resistencia al impacto por caída de dardo no se hace esta consideración.

4.10. PROPIEDADES ÓPTICAS

4.10.1. Transmisión

La radiación solar que incide sobre una lámina de plástico que cubre un invernadero puede ser transmitida (atravesando dicha lámina), reflejada por dicha lámina o absorbida.

La proporción de la radiación que atraviesa la lámina se conoce como transmitancia y dependerá de las características de la lámina y del tipo de radiación (directa y difusa). La calidad de luz es, asimismo, afectada al atravesar la lámina plástica. En el caso de la radiación directa, la transmisividad

dependerá también del ángulo de incidencia, que forman los rayos solares con la línea perpendicular a la superficie de la lámina.

4.10.2. Difusión

Es una propiedad que hace que la luz se disperse en diferentes direcciones a través del plástico

Todas estas propiedades tienen demasiada importancia ya que se necesita de una película plástica que cumpla con todo esto para poder crear un microclima favorable para la planta dentro del invernadero.

4.11. IMPORTANCIA DE LAS PRUEBAS FISICOMECAÑICAS EN LAS PELÍCULAS PARA INVERNADERO

Berardocco Hernán (2008) nos menciona la importancia de las principales propiedades fisicomecánicas de las películas plásticas.

4.11.1. Tensión en el punto de ruptura

Fuerza necesaria para romper una película. Evitará rupturas del plástico durante el montaje y ante las inclemencias del tiempo como vientos fuertes.

4.11.2. Elongación

Alargamiento de la película hasta llegar a romperse. Permite una tensión adecuada de la cubierta a la hora de su colocación.

4.11.3. Rasgado

Fuerza necesaria para rasgar el plástico. Evita que la cubierta se rasgue con algún objeto punzante y siga deteriorándose en ese corte. Adicionalmente no se inicie un rasgado.

4.11.4. Impacto

Resistencia de la película cuando le dejamos caer un determinado peso desde una determinada altura. Muestra la resistencia a efectos climáticos como el granizo y los fuertes vientos.

4.12. ENSAYOS DE PROPIEDADES MECANICAS BASICAS EN PELÍCULAS PARA INVERNADERO

4.12.1. Determinación de la resistencia al rasgado por el método Elmendorf

Determinación de la resistencia a la propagación del rasgado de un corte definido bajo condiciones específicas de carga.

Un péndulo se eleva hasta cierta altura y luego se suelta para partir en dos el espécimen al caer el péndulo, y se registra la energía que ocasionó el rasgado, es decir, la resistencia que ofrecen las películas plásticas al rasgado. Las capacidades del péndulo van de 200 gf, 400gf, 800gf, **1600gf**, 3200gf y 6400 gf.

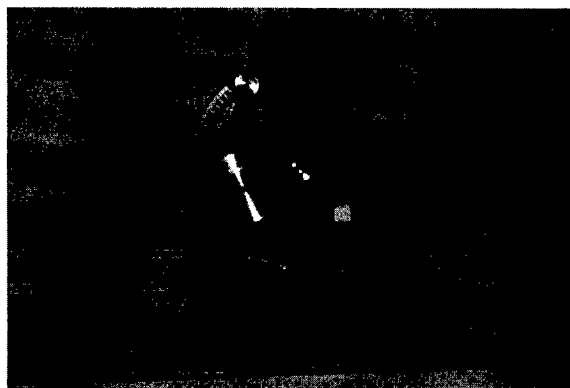
Resistencia al rasgado: fuerza promedio requerida para propagar el rasgado a través de una longitud específica de un espécimen de película plástica.

Información que proporciona

Si la resistencia al rasgado es alta, significa que cuesta mucho desgarrar el film o la lámina a partir de un corte previo. Habitualmente, cuanto mayor es la resistencia al rasgado, se suele considerar que el comportamiento es mejor, ya que esta propiedad protege al film de desgarros involuntarios.

El equipo que se utiliza para realizar las prueba de resistencia al rasgado con las normas ASTM y NMX es el siguiente.

Imagen 1. Dinamómetro de péndulo tipo Elmendorf



La comparación de las normas ASTM y NMX se presentan en el siguiente cuadro en donde se explica el material y equipo utilizado, el acondicionamiento y preparación de las probetas así como el procedimiento y la expresión de resultados.

Cuadro 1. Norma ASTM y NMX en determinación en de la resistencia al rasgado por el método de Elmendorf.

Norma Mexicana NMX-E-027	Norma ASTM-D1922-06
Materiales y Equipo	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Se utiliza un Dinamómetro de péndulo tipo Elmendorf. 2. Micrómetro para medir el espesor u otros sistema que mida una presión de $\pm 0.002\text{mm}$. 3. Planilla o sacabocado para cortar los especímenes con la forma especificada. 4. Cuchilla para efectuar el corte inicial del espécimen. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Péndulo 2. Dispositivo indicador que registrarse el arco máximo a través del cual el péndulo se balancea cuando se suelta. El péndulo llevará a una escala circunferencial , graduado de 0 a 100 % de la capacidad de la máquina a fin de leer en contra del puntero la fuerza promedio necesaria para desgarrar una muestra de 43 mm (1,7 pulgadas). El puntero y la escala pueden ser sustituidos por una lectura digital electrónica. 3. Cortador del espécimen 4. Un micrómetro adecuado para medir el espesor de la película. La presión ejercida por el medidor en la muestra que se mide no podrá distorsionar o deformar la probeta.
Acondicionamiento	
<p>Es la exposición de los materiales plásticos a la influencia de una atmósfera determinada, durante un período de tiempo determinado. En este sentido, el fin principal del acondicionamiento es facilitar (mejorar) la reproducibilidad de los resultados de las</p>	

pruebas.

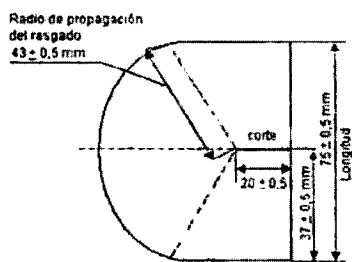
1. Temperatura $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$
Puede elegirse entre:
 - a) 293 K y 65% de humedad relativa.
 - b) 296 K y 50% de humedad relativa.
 - c) 300 K y 65% de humedad relativa.

1. Temperatura $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$
Humedad Relativa $50 \pm 5\%$

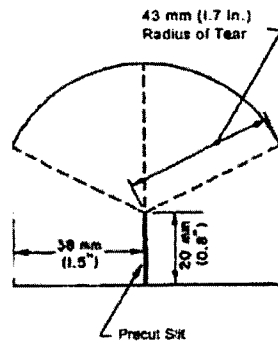
Preparación

1. El espécimen puede ser de radio constante o rectangular, debe tener las siguientes medidas:
2. Se utilizan 10 especímenes y se ensayaran en grupos de 5.
3. Los especímenes de ensayo se cortaran utilizando plantillas o una cuchilla, los bordes deben de estar libres de irregularidades.

1. Las probetas se cortan utilizando una platilla, los especímenes se cortan para formar un rectángulo de 76 mm (3 pulgadas) o más de ancho por 63 mm (2,5 pulgadas) de largo y claramente marcados para denotar dirección prevista del desgarre.
2. Cuando la muestra se corta, una hendidura de 20 mm (0,8 pulgadas) de profundidad podrán presentarse en el centro del borde perpendicular a la dirección a ensayar.
3. Se utilizan 10 especímenes

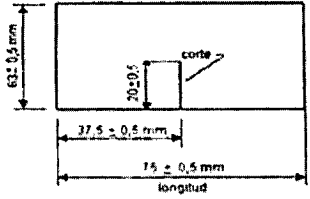


a) de radio constante



Tolerance = ± 0.050 mm (0.002 in.)

FIG. 1 Die or Template for Constant-Radius Test Specimen

 <p style="text-align: center;">b) rectangular</p>	
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Calibración del aparato: se corrige el cero del aparato soltando el péndulo sin espécimen para que cuando retome su posición la aguja ya marque cero. 2. Medir el espesor del espécimen en diferentes puntos y calcular la media de esos valores. 3. Colocar el espécimen entre las mordazas quedando el corte inicial en el centro, la aguja se coloca en posición tope. Se suelta el péndulo y se anota el valor. Cuando hay valores superiores a los de 0.087 rad (5%) se rechazan. <p>Cuando se requiere más del 60% del valor máximo que la escala puede dar, se coloca al péndulo una pesa adicional. Si la energía de desgarre obtenida en los nuevos ensayos es mayor al 60% de la lectura máxima, entonces este método no es apropiado.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se mide el espesor de cada espécimen y se registra el promedio de tres lecturas. 2. Con el péndulo en su posición elevada se coloca el espécimen y se sujeta con la mordaza, se realiza el corte inicial en la parte superior de cada espécimen. 3. Soltar el puntero del péndulo para desgarrar de la muestra. 4. Se registra la lectura a la unidad 0.5 más cercana. 5. Se examina la muestra, si la línea de desgarro fue más 60 ° respecto de la vertical, se rechaza y se vuelve a probar otro espécimen.

Expresión de los Resultados

La resistencia a la propagación de resultados, expresada en N/mm de espesor de la película, se calcula por la siguiente formula:

$$T = \frac{32 \times S}{e} \times f$$

Donde:

T = Es la resistencia a la propagación del rasgado, en N/mm.

S = Es la energía de desgarre, en Newton

e = Es el espesor del espécimen, en milímetros

f = Factor de corrección correspondiente a la pesa adicional del aparato, si dicha pesa hubiera sido utilizada. Si no se utiliza, su valor es 1.

El resultado será la media aritmética de todos los valores obtenidos en el ensayo.

1. Calcular la fuerza promedio del desgarre en milinewtons y , si se desea , en gramos - fuerza de la siguiente manera:

Si el instrumento es de 1600-gf

$$\text{Fuerza promedio} = \frac{\text{promedio de lecturas}}{n} \quad \text{desgarre, mN} =$$

$$\text{Fuerza promedio desgarre, gf} = \frac{\text{promedio de lecturas}}{n}$$

Donde

n = Es 1 o el número de capas cuando aplique

Nota: el instrumento utilizado proporciona un resultado directo de manera digital en mN/gf.

Los resultados de las pruebas se presentan en los cuadros siguientes lo cual facilita al técnico para elaborar el informe de resultados que requiere el cliente.

Cuadro 2. Reporte de prueba de determinación al rasgado por el método de Elmendorf Norma ASTM

REPORTE DE PRUEBA							
Clave de Muestra: -----		Fecha de Inicio: 7-04-2014		Fecha de Término: 9-04-2014			
Prueba: Resistencia al Rasgado (Método del Péndulo)				Método de Prueba: ASTM-D-1922-05		Material: Película	
Equipo Utilizado		No. de Inventario			Condiciones de Prueba		
Probador de rasgado del péndulo		CEF-94					
Indicador digital de base		CEF-62			Temperatura=23°C		
Suajador de probetas /Suaje		CEF-46/CEF-46-18			H.R.= 48%		
PROBETA	CALCULOS/RESULTADOS						OBSERVACIONES
	Espesor 1 (mm)	Espesor 2 (mm)	Espesor 3 (mm)	Espesor Prom. (mm)	Resistencia al Rasgado (gf)		
1	0.149	0.138	0.125	0.137	1580.8		Tiempo acondicionamiento 48h
2	0.134	0.145	0.168	0.149	1379.2		Dirección Transversal
3	0.133	0.142	0.175	0.15	1504		
4	0.157	0.138	0.15	0.148	1532.8		
5	0.137	0.142	0.151	0.143	1568		
6	0.126	0.148	0.163	0.146	1430.4		
7	0.126	0.138	0.148	0.137	1529.6		
8	0.148	0.148	0.149	0.148	1465.6		
9	0.135	0.14	0.147	0.141	1590.4		
10	0.168	0.145	0.141	0.151	1474.4		
Datos Estadísticos:					X=1516		
					S=70.74		
					%CV=4.7		

Cuadro 3. Reporte de prueba de determinación al rasgado por el método de Elmendorf Norma ASTM

REPORTE DE PRUEBA						
Clave de Muestra: -----		Fecha de Inicio: 7-04-2014		Fecha de Término: 9-04-2014		
Prueba: Resistencia al Rasgado (Método del Péndulo) Método de Prueba: ASTM-D-1922-05 Material: Película						
Equipo Utilizado		No. de Inventario			Condiciones de Prueba	
Probador de rasgado del péndulo		CEF-94				
Indicador digital de base		CEF-62			Temperatura=23°C	
Suajador de probetas /Suaje		CEF-46/CEF-46-18			H.R.= 48%	
PROBETA	CALCULOS/RESULTADOS					OBSERVACIONES
	Espesor 1 (mm)	Espesor 2 (mm)	Espesor 3 (mm)	Espesor Prom. (mm)	Resistencia al Rasgado (gf)	
1	0.138	0.137	0.134	0.136	1392	Tiempo acondicionamiento 48h
2	0.154	0.141	0.138	0.144	1414.4	Dirección Máquina
3	0.14	0.137	0.135	0.137	1385.6	
4	0.142	0.142	0.135	0.14	1468.8	
5	0.142	0.149	0.14	0.144	1507.2	
6	0.138	0.138	0.14	0.139	1353.6	
7	0.138	0.14	0.167	0.148	1398.4	
8	0.167	0.166	0.159	0.164	1384.2	
9	0.169	0.159	0.16	0.163	1311.3	
10	0.14	0.141	0.137	0.139	1267.2	
Datos Estadísticos:					X=1388	
					S=69.31	
					%CV=4.9	

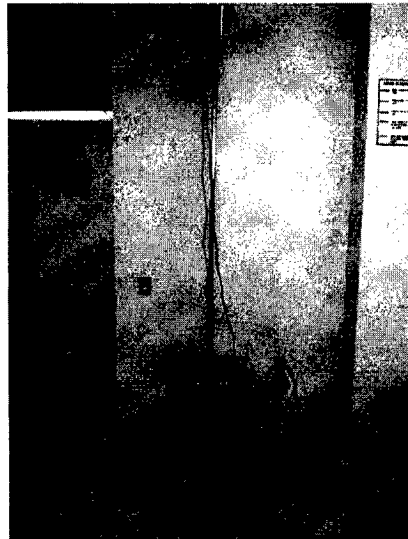
4.12.3. Resistencia al impacto por caída libre de dardo

Es empleado para medir la energía que se requiere para dañar una película por el impacto de un dardo en caída libre bajo condiciones específicas. Esta energía se expresa en términos de peso de un dardo en caída libre.

Establece dos métodos de prueba A y B para determinar la energía de impacto necesaria para provocar la ruptura de películas y laminados plásticos. Se anotan las lecturas obtenidas y se determina la masa teórica necesaria para provocar la ruptura del 50% de las probetas.

El equipo que se utiliza para realizar los ensayos tanto en la norma ASTM como en la NMX para la prueba de resistencia al impacto por caída de dardo es el mismo.

Imagen 2. Aparato para resistencia al impacto por caída libre de dardo.



La comparación de las normas ASTM y NMX se presentan en el siguiente cuadro en donde se explica el material y equipo utilizado, el acondicionamiento y preparación de las probetas así como el procedimiento y la expresión de resultados.

Cuadro 4. Norma ASTM y NMX en resistencia al impacto por caída libre de dardo.

Norma NMX-E-099-1990	Norma ASTM- D-1709-09
Material y Equipo	
El aparato está formado por:	1. Abrazaderas para sujetar el espécimen

<p>1. Mordaza anular de dos piezas con diámetro interno de 125 mm \pm 2,0 mm para la muestra, La parte baja de la mordaza debe estar sujetada de manera rígida para que el plano de la muestra sea horizontal.</p> <p>La parte superior del soporte deberá ser diseñada para mantener contacto firme y plano con la parte inferior de la mordaza cuando se encuentre en posición para el ensayo.</p> <p>2. Mecanismo de Liberación del Dardo, capaz de soportar un peso de 2 kg deberá utilizarse para sujetar y liberar el ensamblaje del dardo. Deberá estar equipado con un dispositivo centrado, como una plomada removible, para asegurar la reproducibilidad de la caída del dardo. Puede ser utilizado cualquier mecanismo de liberación ya sea operado de manera electromagnética o neumática.</p> <p>3. Dispositivo de Posicionamiento. El equipo debe ser capaz de arrojar el dardo desde alturas de 0,66 m \pm 0,01 m para el Método de Prueba A y 1,50 m \pm 0,03 m</p>	<p>2. Mecanismo de lanzamiento: capaz de soportar un peso de 2kg que se utilizara para apoyar y liberar el dardo.</p> <p>3. Dispositivo de posicionamiento: el aparato será capaz de soltar el dardo desde una altura 0,66 m \pm 0,01 m para el método A y 1,50 m \pm 0,03 m para el B. el dardo se coloca verticalmente por encima del centro de la muestra del ensayo.</p> <p>4. Micrómetro para medir el espesor de la muestra.</p> <p>5. Amortiguador y dispositivo de protección para proteger al personal y evitar dañar la superficie en que incide el dardo.</p> <p>6. Collar con un diámetro interior aproximado 7mm y con un tornillo de fijación para sujetar el cuello del eje del dardo.</p> <p>7. Dardos para las pruebas A y B tendrán cabezas semiesféricas cada una con un 6.5 o 6.1mm de diámetro del eje y por lo menos 115mm de largo para dar cabida a pesos adicionales. El dardo para el método A consta de una cabeza semiesférica de 38.10 \pm 0,13 mm de diámetro.</p> <p>El dardo para el método B consta de una cabeza semiesférica de 50.80 \pm 0,13 mm de diámetro.</p>
--	---

para el Método de Prueba B. La distancia entre la superficie de incidencia de la cabeza del dardo y la superficie de la muestra de prueba es considerada como la altura de lanzamiento. El dardo debe ser colocado verticalmente por encima del centro de la muestra de prueba.

4. Micrómetro, con una precisión de $\pm 0,0025$ mm en el rango de 0,0025 mm a 1 mm para la medición del espesor de la muestra.
5. Los Dardos para los Métodos de Prueba A y B deberán tener cabezas semiesféricas, cada una ajustada a $6,5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ de diámetro con un eje de al menos 115 mm de largo para colocar incrementos con pesas removibles. Cada peso en el dardo deberá ser relativamente conocido hasta en un $\pm 0,5\%$. Las superficies de las cabezas de los dardos deberán estar libres de hendiduras, ralladuras, u otras irregularidades.
 - El dardo para el método A consta de una cabeza semiesférica de $38.10 \pm 0,13$ mm de diámetro.

8. Pesos adicionales para cada método pueden ser de acero inoxidable en forma cilíndrica, cada uno debe de tener un agujero central 6.6mm de diámetro.

<ul style="list-style-type: none"> • El dardo para el método B consta de una cabeza semiesférica de $50.80 \pm 0,13$ mm de diámetro. <p>6. Anillo de sujeción con un diámetro de 7 ± 0.5 mm y provisto de un tornillo para fijarlo a la barra del dardo.</p> <p>7. Masas adicionales en forma cilíndrica de acero inoxidable con un orificio en el centro de 7 ± 0.5 mm de diámetro.</p>	
Acondicionamiento	
<p>1. Temperatura $20 \pm 2^\circ\text{C}$</p> <p>Puede elegirse entre:</p> <p>a) 293 K y 65% de humedad relativa.</p> <p>b) 296 K y 50% de humedad relativa.</p> <p>c) 300 K y 65% de humedad relativa.</p>	<p>1. Temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$</p> <ul style="list-style-type: none"> • Humedad relativa 50 a 10%. • No menos de 40 horas antes de la prueba. • En caso de descuerdo la tolerancia puede ser 61°C y 65% humedad relativa.
Preparación	
<p>Se utilizan 20 o más probetas de dimensiones tales que puedan sobresalir de las mordazas del equipo en todos sus puntos.</p> <p>Las probetas se cortan de la pieza a probar de manera que sean lo más representativas.</p> <p>Utilizar una sola probeta para cada impacto.</p>	<p>Las probetas deben de ser lo suficientemente grande para que sobresalga de las abrazaderas.</p> <p>Los especímenes deben ser representativos de la película en estudio.</p> <p>Las probetas deben de estar libres de agujeros, arrugas, pliegues u otras imperfecciones visibles.</p>
Procedimiento	

<ol style="list-style-type: none"> 1. Se selecciona el método de prueba A o B dependiendo de la especificación. 2. Medir el espesor de la probeta en el área de impacto, con exactitud de 0.001mm. 3. Asegurar la horizontalidad del soporte de las probetas y de que el electroimán sea capaz de soportar el dardo y el peso a emplear. 4. Asegurarse que el impacto se produzca en el centro de la probeta. 5. Seleccionar una masa cercana a la falla por impacto esperada, para lo cual añadir las masas necesarias al dardo para lograr el valor deseado y ajustarlas con el anillo de sujeción, de modo que se mantenga en su lugar. 6. Seleccionar un incremento uniforme ΔF, en la masa del dardo. Determinar este incremento de modo que por lo menos se puedan utilizar tres masas diferentes. 7. Colocar la probeta en la mordaza y sujetarla de manera uniforme y libre de plagas. 8. Colocar el electroimán y el dardo 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se selecciona el método de prueba A o B dependiendo la especificación de lo requerido. 2. Medir y registrar el espesor medio de la prueba del espécimen en el área de impacto. Añadir el peso al dardo. 3. Colocar la primera muestra de la prueba sobre la parte inferior de la abrazadera asegurándose de que no tenga pliegues y que se cubra en todos los puntos. 4. Poner el dardo en posición y soltarlo. 5. Examinar la muestra, si se produce deslizamiento esto es razón para rechazar los resultados. 6. Examinar la muestra para determinar si tiene o no falla. Registrar los resultados usando 0 para la no falla y X para la falla. 7. Si la primera muestra falló, disminuir el peso del dardo. Si las primeras pruebas no fallaron aumentar el peso del dardo, probar la segunda muestra. Continuar las pruebas sucesivas disminuyendo o aumentando el peso del dardo dependiendo si en el espécimen anterior hubo falla o no. 8. Después de probar 20 especímenes, contar el total N, de fracasos X. Si $N=10$ entonces la prueba está completa, pero si no la seguir de la siguiente manera: <ul style="list-style-type: none"> • Si $N < 10$, continúe el análisis hasta
--	--

<p>verticalmente, de modo que la distancia entre el dardo y la probeta sea el prestablecido, 660 mm para el método A y 1500 mm para el método B.</p> <p>9. Desconectar el electroimán y dejar caer el dardo en el centro de la probeta, asegurándose que no ocurran más impactos, en caso de rebote.</p> <p>10. Después del impacto examinar la probeta para ver si ha ocurrido deslizamiento en las mordazas, si es así rechazar el resultado.</p> <p>11. Examinar la probeta para ver si ha fallado o no. Si la falla se produce en la zona de sujeción de la probeta, la prueba no es válida.</p> <p>12. Registrar los resultados obtenidos en una tabla, utilizando la X la falla y 0 para lo contrario.</p> <p>13. Si fallo la probeta, disminuir la masa del dardo, si no, hay que aumentarla. Ensayar la segunda probeta y continuar aumentando o disminuyendo la masa del dardo, dependiendo si la probeta falla o no.</p> <p>14. Después de 20 probetas ensayadas, contar el número total de N de fallas, si N=10 la prueba</p>	<p>que N=10 y luego se detiene la prueba.</p> <ul style="list-style-type: none">• Si $N > 10$, continúe el análisis de muestras adicionales hasta que el número total de no falla llegue a 10 y posteriormente se detiene la prueba.
--	--

<p>ha terminado. Si n es menor que 10, se continúan ensayando probetas adicionales hasta que N sea igual a 10. Si N es mayor que 10, ensayar probetas adicionales hasta que el número total de no fallas sea igual a 10, entonces terminara la prueba.</p>	
<p>Expresión de resultados</p>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Registrar el número de fallas, con cada masa bajo una columna ni, contando únicamente las últimas 10 fallas. 2. Bajo una columna i, colocar los enteros 0, 1, 2, etc. donde 0, corresponde al valor de la menor masa empleada Fo, a la cual se le asigna el primer valor de ni. 3. Bajo la columna i x ni, se tabula este producto. 4. Tabular el producto i 2 x ni. 5. Sumar los valores de la columna ni=N=10. 6. Sumar los valores de la columna i x n=A. 7. Sumar los valores de la columna i² x ni=B. 8. Calcular la masa de la falla por impacto, F(50) a partir de la expresión: $F(50) = F_0 + \left[\Delta F \left(\frac{A}{N} - \frac{1}{2} \right) \right]$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se anotan en la tabla el número total de X en cada peso del dardo, contando solo las últimas 10 X durante la prueba. 2. Bajo i anote los números 0, 1, 2 etc. para cada entrada ni. Introduzca 0 para el peso del dardo, 1 para el próximo peso del dardo superior etc. 3. Debajo de i x ni escriba el resultado de i veces ni. 4. Añadir las de Ni y escriba como N; por el procedimiento descrito, N siempre será 10. Introduzca ΔW al incremento de peso del dardo empelado uniforme. 5. Calcular el peso de falla Wf, g, de la siguiente manera: $Wf = W_0 + \left[\Delta W \left(\frac{A}{N} - \frac{1}{2} \right) \right]$

Los resultados de las pruebas se presentan en los cuadros siguientes lo cual facilita al técnico para elaborar el informe de resultados que requiere el cliente.

Cuadro 5. Reporte de prueba de resistencia al impacto por caída libre de dardo Norma ASTM

Clave de la Muestra: _____ Fecha de Inicio: 5-04-2014 Fecha de Término: 7-04-2014
 Prueba: Resistencia al impacto por caída libre de dardo Método de Prueba: ASTM-D-1709 Material: Película

Equipo Utilizado/No. de Inventario:

Probador de Impacto por Caída Libre de Dardo: CEF-51

Indicador Digital CEF-62

Condiciones de Prueba:

Temperatura: 23°C Humedad Relativa: 50%

Altura de Caída de Dardo: 1.5m Diámetro del dardo: 50.8mm

Tiempo de Acondicionamiento: 48 h

Peso (g)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	(ni)	(i)	(ixni)	
385																																		
370	X		X																															
355		O		X				X		X																						2	5	10
340					X		O		O		X								X													2	4	8
325						O						X				X		O		O												2	3	6
310													X		O		O					X										2	2	4
295														O									X									1	1	1
280																								X								1	0	0
265																									O									
Espesor (pulg)																																		

$\Delta W = 15$

$W_o = 265$

$W_f = W_o + [\Delta W (\frac{A}{N} - \frac{1}{2})]$

$W_f = 265 + [15(29/10 - 0.5)]$

$W_f = 301 \text{ gf}$

$N=10 \quad A=29$

Cuadro 6. Reporte de prueba de resistencia al impacto por caída libre de dardo Norma NMX

Clave de la Muestra: _____ Fecha de Inicio: 5-04-2014 Fecha de Término: 7-04-2014
 Prueba: Resistencia al impacto por caída libre de Dardo Método de Prueba: NMX-E-099 Material: Película

Equipo Utilizado/No. de Inventario:

Probador de Impacto por Caída Libre de Dardo: CEF-51

Indicador Digital CEF-62

Condiciones de Prueba:

Temperatura: 23°C Humedad Relativa: 50%

Altura de Caída de Dardo: 1520mm Diámetro del dardo: 50mm

Tiempo de Acondicionamiento: 48 h

Peso (g)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	(ni)	(i)	(ixni)
400																											X			1	10	10	
385																											O			0	9	0	
370																X										O				1	8	8	
355													X		O		O								O					1	7	7	
340										X		O		X				X					X		O					4	6	24	
325									O		O								X		O		O							1	5	5	
310								O												O										0	4	0	
295					X		O																							1	3	3	
280				O		O																								0	2	0	
265	X		O																											1	1	1	
250		O																												0	0	0	
Espesor (pulg)																																	

N=10 A=58

$\Delta W = 15$

$W_o = 250$

$W_f = W_o + [\Delta W (\frac{A}{N} - \frac{1}{2})]$

$W_f = 250 + [15(58/10 - 0.5)]$

$W_f = 329.5 \text{ gf}$

4.12.3. Determinación de las propiedades de tensión de películas plásticas

Establece un método de ensayo para determinar las características de tracción o tensión de películas plásticas de cualquier espesor.

La tracción o tensión es la aplicación de un esfuerzo en la misma dirección que el eje longitudinal de las muestras. Lo que se hace en este tipo de ensayos es sujetar por los dos extremos una muestra cortada con unas dimensiones determinadas (probeta) y “se estira”. La deformación que sufre esta probeta o incluso la ruptura, y los esfuerzos a los que se produce proporcionan información acerca de lo resistente que es el material al ser sometido a un esfuerzo de estirado.

Es importante considerar la dirección de las probetas, por lo que es conveniente preparar dos series de probetas con sus ejes principales en dirección paralela y perpendicular respectivamente a la dirección de fabricación del material.

Algunos de los principales resultados que se pueden obtener de este ensayo son los siguientes:

1. Alargamiento: Modificación de la longitud de referencia producido por un esfuerzo de tracción (%). Se pueden obtener del ensayo distintos tipos de alargamiento:
 - ✓ Alargamiento a fuerza máxima
 - ✓ Alargamiento a ruptura
2. Resistencia a tracción: Es el esfuerzo máximo que se puede aplicar sobre la probeta antes de que se rompa.

Este estudio proporciona información sobre la resistencia de la película al ser estirada, si va a romperse de manera brusca o si por el contrario soportará un gran estiramiento antes de romperse.

Información que proporciona

Resistencia a tensión: Cuánta fuerza soportará la muestra (película) antes de romperse. Cuanto mayor es este valor, más fuerza aguantará el material antes de romper.

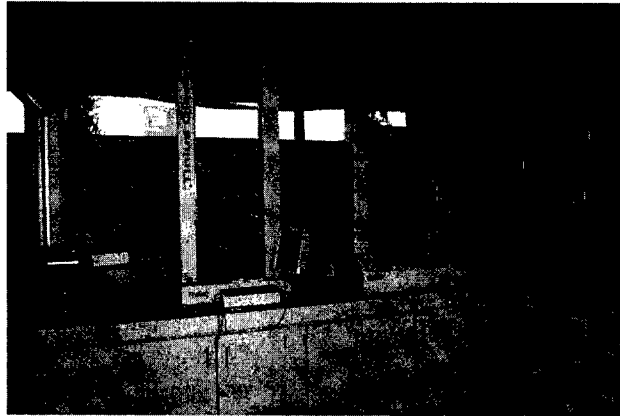
Alargamiento a la ruptura: Cuánto se podrá estirar el material (film) antes de romperse. Cuanto mayor sea este valor, más será capaz de estirarse el material antes de romper.

Algunos conceptos utilizados en las normas:

- Alargamiento / Elongación ($L_u - L_0$): es la diferencia entre la distancia final (L_u) y la distancia inicial (L_0).
- Alargamiento / Elongación en %: es el alargamiento expresado en porcentaje de la distancia inicial.
- Carga unitaria (R): es el cociente de dividir la carga a que esté sometido el espécimen, en cualquier momento del ensayo, por la sección recta inicial.
- Punto de fluencia o cedencia: es el primer punto de la curva- alargamiento en la cual se produce una deformación sin aumentar la carga. Cuando el punto de fluencia o cedencia no está bien definido, se toma como tal, aquel en el que la deformación haya alcanzado un porcentaje previamente establecido.
- Resistencia a la tracción o tensión (R_m): es la carga unitaria máxima soportada por el espécimen durante el ensayo.
- Módulo de elasticidad: es la relación entre una carga unitaria de tracción o tensión y la deformación correspondiente en el intervalo de mayor esfuerzo de tracción que el material es capaz de soportar sin desviarse de la proporcionalidad lineal en la curva de tracción.
- Módulo secante al 1%: es la relación entre la carga unitaria y el alargamiento unitario correspondiente cuando este alargamiento es del 1%. Otros módulos secantes están definidos por las líneas trazadas desde el origen a cualquier punto definido de la curva.

Para realizar las pruebas de determinación de las propiedades de tracción se utiliza el mismo equipo para las dos normas.

Imagen 3. Equipo para determinación de las propiedades de tracción en películas plásticas



La comparación de las normas ASTM y NMX se presentan en el siguiente cuadro en donde se explica el material y equipo utilizado, preparación de las probetas así como el procedimiento y la expresión de resultados.

Cuadro 7. Norma ASTM y NMX determinación de las propiedades de tracción en películas plásticas.

Norma Mexicana NMX-E-005	Norma ASTM D882
Materiales y Equipo	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Máquina de ensayo: dinamómetro cuyas mordazas pueden separarse a una velocidad especificada. 2. Mordazas: están constituidas de dos partes, una fija a la parte estática de la máquina y la otra móvil. 3. Indicador de carga: mecanismo capaz de indicar la carga total de tracción soportada por el espécimen. 4. Indicador de alargamiento: instrumento que permita 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Máquina de ensayo de prueba de tipo velocidad constante de movimiento. 2. Mordazas: sostienen la probeta de ensayo entre el elemento fijo y móvil. 3. Mecanismo de accionamiento: mecanismo de arrastre para impartir a los elementos móviles una velocidad uniforme. 4. Indicador de carga: un adecuado mecanismo de indicación de carga capaz de mostrar la carga total de

<p>determinar en cada instante del ensayo la distancia entre las dos marcas, situadas en la parte central del espécimen. Registra automáticamente la distancia o algunas de sus deformaciones en función de la carga que actúe sobre el espécimen o del periodo de tiempo contando desde la iniciación del ensayo o en función de ambas.</p> <p>5. Micrómetro: para medir el espesor del espécimen, este aplicara sobre el espécimen una presión de 0.01 a 0.3 MN/m².</p>	<p>tracción soportada por la probeta de ensayo sostenida por las mordazas.</p> <p>5. Indicador de extensión de cruceta: mecanismo indicador de extensión adecuado, capaz de mostrar la cantidad de cambio en la separación de las mordazas, esto es, el movimiento de una cruceta.</p> <p>6. Extensómetro: instrumento adecuado para determinar la distancia entre dos puntos designados en la probeta de ensayo de acuerdo al estiramiento. El uso de este instrumento es opcional.</p> <p>7. Dispositivos de medición de ancho: escalas de ensayo adecuadas u otros dispositivos de medición de ancho capaces de medir 0.25 mm o menos.</p> <p>8. Cortador de probeta: para películas plásticas y láminas utilizadas en este método de ensayo.</p> <p>9. Medidor de espesor: micrómetro de disco de peso muerto o micrómetro digital según sea apropiado para el material o la geometría de la probeta que se ensaya.</p>
--	---

Preparación de los especímenes

- | | |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. Se toman como mínimo cinco especímenes de cada muestra a ensayar, los cuales deben estar exentos de torsión.2. El espécimen se corta del material a ensayar en forma de tira de 10 a 25 mm de ancho como mínimo y mayor de 150mm de longitud como máximo.3. Las marcas de referencia se sitúan sobre la parte central del espécimen y se hace a una distancia $L_0=50$ mm.4. Para medir el módulo de elasticidad, el espécimen se debe cortar del material de ensayo en forma de una tira de 10 a 25 mm de anchura. Cuando el alargamiento se mida por la separación de las mordazas, el espécimen tendrá una longitud suficiente para que la separación inicial entre aquellas sea como mínimo de 250mm.5. Cuando el alargamiento se mida con un extensómetro, el espécimen debe ser el usado para medir la carga unitaria y no soportara el peso de aquel.6. La velocidad de ensayo se | <ol style="list-style-type: none">1. Ensayar por lo menos cinco probetas.2. Las probetas de ensayo consisten en tiras de ancho y espesor uniforme por lo menos 50 mm más largas que la separación de las mordazas utilizadas.3. El ancho de la probeta no debe ser inferior a 5.0 mm o superior a 25.4 mm.4. Se debe tener cuidado extremo en el corte de las probetas para evitar hendiduras y grietas que causen fallas prematuras.5. Para la determinación de módulo de elasticidad en tracción, una longitud calibrada de muestra de 250mm, se debe considerar como estándar. Esta longitud se utiliza con el fin de minimizar los efectos del deslizamiento de mordazas en los resultados del ensayo. |
|---|--|

escogerá entre las establecidas en la tabla, en otros casos, vendrá expresada en las especificaciones correspondientes al material.

TABLA 1. Velocidades de ensayo

Velocidad, mm/min	Tolerancia %	
A	1	±50
B	5	±20
C	10	±10
D	25	±10
E	50	±10
F	100	±10
G	500	±10

7. Si se mide el módulo de elasticidad la velocidad de ensayo se seleccionara lo más próximo al 1% por minuto de la distancia inicial entre las mordazas. Si las velocidades de ensayo no son las mismas, las determinaciones del módulo de elasticidad se harán en especímenes distintos a los usados para determinar la carga unitaria y el alargamiento.

Procedimiento

1. Medir el espesor y el ancho.
2. Colocar el espécimen entre las mordazas (dirección máquina), alineando el eje longitudinal de la muestra según una línea imaginaria que une los puntos de contacto de aquellas con la máquina.
3. Apretar las mordazas uniforme y firmemente para evitar que la

1. Seleccionar un intervalo de carga de tal forma que la falla en la probeta ocurra dentro de los tercios superiores.
2. Medir el área transversal de la probeta en varios puntos a lo largo de la su longitud.
3. Establecer la separación entre mordazas iniciales.
4. Establecer la velocidad de

<p>muestra se deslice durante el ensayo, la distancia entre las mordazas sea de 100 mm y las marcas de referencia situadas en la zona central. Si el alargamiento se mide por el desplazamiento de las mordazas estarán separadas 250 mm.</p> <p>4. Con el espécimen preparado se procede de acuerdo a lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Módulo de elasticidad: colocar el indicador de alargamiento y seleccionar la velocidad de ensayo para arrancar el equipo, se registra la carga y la deformación para elaborar la gráfica que indique la región elástica a intervalos adecuados y aproximadamente iguales de deformación. • Carga unitaria, el límite elástico y la resistencia a la tracción: colocar el extensómetro y elegir la velocidad de ensayo, registrarse la carga y el alargamiento hasta la ruptura del espécimen para construir la curva carga-alargamiento que indique lo anterior. <p>5. Los especímenes que no se rompan en el interior de las mordazas o por algún efecto</p>	<p>separación de las mordazas para alcanzar la deformación deseada.</p> <p>5. En caso de que se desee medir una sección ensayo distinta a la longitud total de entre las mordazas, marcar los extremos de la sección de ensayo deseada con un crayón suave, fino de cera o con tinta.</p> <p>6. Colocar la probeta de ensayo en las mordazas de la máquina de ensayo, teniendo cuidado de alinear el eje longitudinal de la probeta con una línea imaginaria que une los puntos de fijación de las mordazas a la máquina. Apretar las mordazas uniforme y firmemente en la medida necesaria para reducir al mínimo el deslizamiento de la probeta durante el ensayo.</p> <p>7. Poner en marcha la máquina y registrar la carga versus la extensión.</p> <p>8. Si se determinan los valores de módulo, seleccionar un intervalo de carga y trazar la velocidad para producir una nueva carga-extensión de 30 y 60 grados respecto al eje X.</p> <p>9. En caso de los materiales que</p>
---	--

<p>visible, deberán ser rechazadas y remplazarlas por otras.</p>	<p>están siendo evaluados para el módulo secante, el ensayo puede interrumpirse cuando la extensión especificada es alcanzada.</p>
<p>Expresión de resultados</p>	
<p>1. Alargamiento en por ciento (A)</p> $A = 100 \times \left(\frac{Lu - Lo}{Lo} \right)$ <p>A= alargamiento en por ciento Lu= distancia final en mm Lo= distancia inicial en mm</p> <p>2. Carga unitaria (R)</p> $R = \frac{F}{So}$ <p>R= carga unitaria expresada en N/mm² o en MN/m² F= carga en N o Mn So= sección inicial en mm² o m²</p> <p>3. Carga unitaria en el límite de fluencia (Re)</p> $Re = \frac{FM}{So}$ <p>Re= carga unitaria en el límite de fluencia expresada en N/mm² o en MN/m² Fm= valor máximo de máxima en N o Nm So= sección inicial en mm² o m²</p> <p>4. Resistencia a la tracción (Rm)</p>	<p>1. Factor de ruptura: se calcula dividiendo la carga máxima por el ancho mínimo original de la probeta. El resultado debe expresarse en fuerza por unidad de ancho, por lo general N/m² de ancho.</p> <p>2. Resistencia a la tracción se calcula dividiendo la carga máxima por la sección transversal mínima original de la probeta el resultado se expresa en MPa.</p> <p>3. Resistencia a la tracción en la ruptura: se calcula de la misma manera que la resistencia a la tracción, salvo que se utiliza la carga de ruptura en lugar de la carga máxima.</p> <p>4. Porcentaje de alargamiento en la ruptura: se calcula dividiendo la extensión al momento de la ruptura de la probeta por la longitud inicial calibrada de la probeta y multiplicada por 100.</p> <p>5. Porcentaje de alargamiento en la</p>

$$Rm = \frac{Fm}{So}$$

Rm= resistencia a la tracción en n/mm² o en MN/m²

Fm= carga máxima en No MN

So= sección inicial en mm² o m²

5. Módulo de elasticidad (E): tomar el valor máximo de la carga unitaria correspondiente a la parte recta de la curva carga-alargamiento y dividirlo por la deformación unitaria que haya tenido el espécimen.
6. Módulo secante al 1%: prolongar la parte recta inicial de la curva hasta su intersección con el eje de alargamiento (figura 2). Este punto de intersección es el origen a partir del cual se calcula la carga unitaria correspondiente a una deformación del 1% para determinar el módulo secante al 1% , se divide esta carga unitaria por el alargamiento unitario del 1%, que en este caso vale 0.01. Los resultados deben expresarse en N/mm² o en MN/m².

fluencia: cuando aplique, debe calcularse dividiendo la extensión en el límite de elasticidad por la longitud calibrada inicial de la probeta y multiplicado por 100.

6. Módulo elástico: debe calcularse trazando una tangente a la porción inicial de la curva de carga-extensión, seleccionando cualquier punto en esta tangente y dividido el esfuerzo de tracción por la deformación correspondiente.
7. Modulo secante, a una deformación asignada, se calcula dividiendo la tensión (nominal) correspondiente por la deformación designada. Los valores de módulo elástico son preferibles y deben calcularse siempre que sea posible.
8. Desviación estándar

$$s = \sqrt{(\sum X^2 - n \bar{X}^2)/(n - 1)}$$

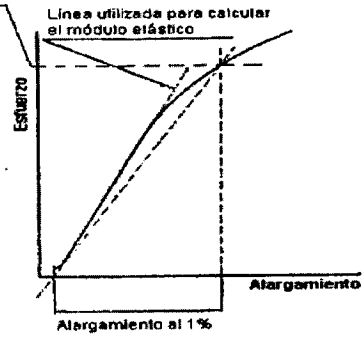
s= desviación estándar estimada

X= valor de una sola observación

n= número de observaciones

^X= media aritmética del conjunto de observaciones.

Esfuerzo correspondiente a un alargamiento del 1% para el cálculo del módulo secante



7. Los valores determinados en los incisos anteriores serán la media aritmética de los obtenidos con los cinco especímenes de ensayo. Si es necesario se calcula la desviación típica con dos cifras significativas por la fórmula siguiente:

$$\sigma = \frac{x^2 - nx^2}{n-1}$$

σ = desviación típica

x = valor de una determinación cualquiera

$n\bar{X}$ = media aritmética de una serie de medidas

n = número de especímenes ensayados

Los resultados de las pruebas se presentan en los cuadros siguientes lo cual facilita al técnico para elaborar el informe de resultados que requiere el cliente.

Cuadro 8. Reporte de Prueba Determinación de las propiedades de tracción en películas plásticas (Tensión) Norma ASTM dirección máquina.

REPORTE DE PRUEBA							
Clave de Muestra: -----		Fecha de Inicio: 7-04-2014		Fecha de Término: 9-04-2014			
Prueba: Determinación de las propiedades de tracción en Películas Plásticas (Tensión)				Método de Prueba: ASTM-D-882-10		Material: Película	
Equipo Utilizado		No. de Inventario		Condiciones de Prueba			
Máquina Universal		CEF-49		Temperatura =21°C H.R.= 47%			
Indicador de Base		CEF-62		Separación de Mordazas= 50.8 mm			
Suajador de probetas /Suaje		CEF-46/CEF-46-17		Velocidad de prueba= 500mm/min			
PROBETA	CALCULOS/RESULTADOS						OBSERVACIONES
	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Área (mm ²)	Fuerza Máx. (N)	Resistencia Tensión (N/mm ²)	Elongación de ruptura (%)	
1	0.153	11.736	1.7	25.8	12.4	1050	Dirección Máquina
2	0.149	11.736	1.73	26.2	19.2	1160	N/mm ² =Mpa
3	0.118	11.736	1.35	37.3	27.6	852	Tiempo Acondicionamiento 48h
4	0.176	11.736	2.05	30	15.1	892	
5	0.139	11.736	1.58	40	25.4	774	
Datos Estadísticos:				X=20=2898.2 lbf/pulg ² (psi)	X= 946		
				S=6.5	S= 156.48		
				%CV= 32.5	%CV= 16.55		

Cuadro 9. Reporte de Prueba Determinación de las propiedades de tracción en películas plásticas (Tensión) Norma ASTM dirección transversal.

REPORTE DE PRUEBA							
Clave de Muestra: -----		Fecha de Inicio: 7-04-2014		Fecha de Término: 9-04-2014			
Prueba: Determinación de las propiedades de tracción en Películas Plásticas (Tensión)				Método de Prueba: ASTM-D-882-10 Material: Película			
Equipo Utilizado		Número de Instrumento		Condiciones de Prueba			
Máquina Universal		CEF-49		Temperatura =21°C H.R.= 47%			
Indicador de Base		CEF-62		Separación de Mordazas= 50.8 mm			
Suajadora /Suaje		CEF-46/CEF-46-17		Velocidad de prueba= 500mm/min			
CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS							
Número	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Área (mm ²)	Fuerza Máx. (N)	Resistencia Tensión (N/mm ²)	Elongación de ruptura (%)	Observaciones
1	0.197	11.736	2.19	69.8	33.3	1140	Dirección Transversal
2	0.212	11.736	2.2	62.4	28.4	972	N/mm ² =Mpa
3	0.185	11.736	1.99	69.7	35	1100	Tiempo Acondicionamiento 48h
4	0.208	11.736	2.07	74.4	35.9	1100	
5	0.21	11.736	2.2	67.4	32.2	969	
Datos Estadísticos:				X=33=4782.03 lbf/pulg ² (psi)		X=105	
				S=34.3		S=79.92	
				%CV= 2.93		%CV= 7.57	

Cuadro 10. Reporte de Prueba Determinación de las propiedades de tracción en películas plásticas (Tensión) Norma NMX dirección máquina.

REPORT DE PRUEBA							
Clave de Muestra: -----		Fecha de Inicio: 7-04-2014		Fecha de Término: 9-04-2014			
Prueba: Determinación de las propiedades de tracción en Películas Plásticas (Tensión) Método de Prueba: NMX-E-005 Material: Película							
Equipo / Marca		Número de Inventario		Condiciones de Prueba			
Máquina Universal		CEF-49		Temperatura =21°C H.R.= 48%			
Indicador de Base		CEF-62		Separación de Mordazas= 100 mm			
Suajadora /Suaje		CEF-46/CEF-46-17		Velocidad de prueba= 500mm/min			
RESULTADOS							
PRUEBA	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Área (mm ²)	Fuerza Máx. (N)	Resistencia Tensión (N/mm ²)	Elongación de ruptura (%)	COMENTARIOS
1	0.115	11.736	1.33	32.3	23.9	1300	Dirección Máquina
2	0.135	11.736	1.55	37.1	23.4	1420	N/mm ² =Mpa
3	0.119	11.736	1.35	29.8	21.4	801	Tiempo Acondicionamiento 48h
4	0.18	11.736	2.06	30.5	22.6	801	
5	0.109	11.736	1.25	31.4	24.7	608	
Datos Estadísticos:				X=23=3332.93 lbf/pulg ² (psi)	X=986		
				S=1.28	S=353		
				%CV=5.6	%CV=35.8		

Cuadro 11. Reporte de Prueba Determinación de las propiedades de tracción en películas plásticas (Tensión) Norma NMX dirección transversal.

Clave de Muestra: ----- Fecha de Inicio: 7-04-2014 Fecha de Término: 9-04-2014 Prueba: Determinación de las propiedades de tracción Método de Prueba: NMX-E-005 Material: Película en Películas Plásticas (Tensión)							
Máquina Universal		CEF-49		Temperatura =21°C H.R.= 48%			
Indicador de Base		CEF-62		Separación de Mordazas= 100 mm			
Suajadora /Suaje		CEF-46/CEF-46-17		Velocidad de prueba= 500mm/min			
PRUEBA	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Área (mm ²)	Fuerza Máx. (N)	Resistencia Tensión (N/mm ²)	Elongación de ruptura (%)	CONDICIONES
1	0.19	11.736	1.96	56.1	28.7	833	Dirección Transversal
2	0.206	11.736	2.07	56.6	26.4	754	N/mm ² =Mpa
3	0.207	11.736	2.07	55.5	29.2	836	Tiempo Acondicionamiento 48h
4	0.185	11.736	1.92	55.2	27.9	764	
5	0.184	11.736	1.85	56.2	28.5	768	
Datos Estadísticos:				X=28=4057.48lbf/pulg ² (psi)	X=791		
				S=1.10	S=40.05		
				%CV=3.9	%CV=5.06		

Cuadro 12. Reporte de Prueba Determinación de las propiedades de tracción en películas plásticas (Módulo) Norma ASTM dirección máquina.

REPORT DE PRUEBA							
Clave de Muestra: -----		Fecha de Inicio: 7-04-2014		Fecha de Término: 9-04-2014			
Prueba: Propiedades de Tracción en Películas Plásticas			Método de Prueba: ASTM-D-882-10 Material: Película				
Equipo utilizado		Número de Prueba		Condiciones de Prueba			
Máquina Universal		CEF-49		Temperatura =21°C H.R.= 48%			
Indicador de Base		CEF-62		Separación de Mordazas= 250 mm			
Suajadora /Suaje		CEF-46/CEF-46-17		Velocidad de prueba= 25mm/min			
DATOS RESULTADOS							
PRUEBA	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Modulo (N/mm ²)				OBSERVACIONES
1	0.129	25.8	277				Dirección Máquina
2	0.158	25.8	253				Tiempo de acondicionamiento 48 h
3	0.188	25.8	256				Modulo secante 2% en 279 Mpa
4	0.21	25.8	236				
5	0.169	25.8	241				
Datos Estadísticos:			X=253=36662.23 lbf/pulg ² (psi)				
			S=15.95				
			%CV=6.31				

Cuadro 13. Reporte de Prueba Determinación de las propiedades de tracción en películas plásticas (Módulo) Norma ASTM dirección transversal.

Clave de Muestra: -----		Fecha de Inicio: 7-04-2014		Fecha de Término: 9-04-2014		
Prueba: Propiedades de Tracción en Películas Plásticas		Método de Prueba: ASTM-D-882-10 Material: Película				
Máquina Universal		CEF-49		Temperatura =21°C H.R.= 48%		
Indicador de Base		CEF-62		Separación de Mordazas= 250 mm		
Suajadora /Suaje		CEF-46/CEF-46-17		Velocidad de prueba= 25mm/min		
PROBETA	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Modulo (N/mm ²)			COMENTARIOS
1	0.168	25.8	266			Dirección Transversal
2	0.180	25.8	236			Tiempo de acondicionamiento 48 h
3	0.186	25.8	230			
4	0.176	25.8	253			
5	0.172	25.8	264			
Datos Estadísticos:		X=250=36227.5 lbf/pulg ² (psi)				
		S=16.25				
		%CV=6.51				

Cuadro 14. Reporte de Prueba Determinación de las propiedades de tracción en películas plásticas (Módulo) Norma NMX dirección máquina.

REPORTE DE PRUEBA						
Clave de Muestra: -----		Fecha de Inicio: 7-04-2014		Fecha de Término: 9-04-2014		
Prueba: Propiedades de Tracción en Películas Plásticas		Método de Prueba: NMX-E-005		Material: Película		
Equipo Utilizado		Número de Máquina		Condiciones de Prueba		
Máquina Universal		CEF-49		Temperatura =21°C H.R.= 48%		
Indicador de Base		CEF-62		Separación de Mordazas= 250 mm		
Suajadora /Suaje		CEF-46/CEF-46-17		Velocidad de prueba= 5mm/min		
CÁLCULOS Y RESULTADOS						
NÚMERO	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Modulo (N/mm ²)			OBSERVACIONES
1	0.139	25.8	230			Dirección Máquina
2	0.167	25.8	243			Tiempo de acondicionamiento 48 h
3	0.162	25.8	254			
4	0.188	25.8	265			
5	0.145	25.8	229			
Datos Estadísticos: X=244=35358.04 lbf/pulg ² (psi) S=15.51 %CV=6.35						

COMPARACION DE RESULTADOS

Resistencia al rasgado por el Método de Péndulo de Elmendorf

Para la norma ASTM los ejemplos están en los cuadros 2 y 3 en dirección máquina y dirección transversal respectivamente.

Al ser analizadas 10 probetas en dirección máquina, el resultado fue de 1388 gf promedio lo que significa que la película tiene una alta resistencia al rasgado y que necesita más de dicha fuerza para provocar el desgarre. En el cuadro 3 para dirección transversal los resultados fueron 1516 gf para 10 probetas analizadas, el comportamiento de la película en esta dirección es normal, ya que a diferencia de la dirección máquina en la dirección transversal es necesaria más fuerza para rasgar.

En cuanto a la Norma NMX no se muestran ejemplos debido a que no se cuenta con el equipo de 3200gf para la realización de la prueba.

Resistencia al Impacto por Caída Libre de Dardo.

Para la norma ASTM y NMX los ejemplos están en los cuadros 5 y 6 respectivamente.

La fuerza que se necesita para provocar la ruptura en la película plástica para invernadero con la norma ASTM fue de 301gf y en la NMX de 329.5gf, presentando un 8.6 % de diferencia entre los resultados, la experiencia técnica del personal del Laboratorio de Ensayos Fisicomecánicos del CIQA considera como aceptable un rango de hasta 10% para concluir que los resultados son iguales.

Determinación de las propiedades de Tensión en películas plásticas (Tensión y Elongación)

Para la norma ASTM los ejemplos están en los cuadros 8 y 9 dirección máquina y dirección transversal respectivamente y para la norma NMX están en los cuadros 10 y 11 dirección máquina y dirección transversal respectivamente.

Para poder comparar los resultados con ambas normas, fue necesaria la información del cuadro 16, que son datos tomados de las tablas que se encuentran en la Norma ASTM-D-882-10 y hacen referencia al polietileno (LDPE).

Cuadro 16. Tabla de referencia del Polietileno coeficiente de variación.

	Promedio,	S _R	Dispersión de datos o coeficiente de variación
Modulo secante	45 psi	3.43 psi	7.62 %
Elongación	205	73.30 %	35.76 %
Resistencia a la Tensión	3.42 psi	0.53 psi	15.5 %

Nota: Módulo y elongación su unidad de medida es en psi, elongación es en porcentaje.

Los resultados en % de **elongación** del cuadro 17 para ambas normas en las dos direcciones, muestran que están dentro del rango permitido (35.76) por lo que podemos concluir que realizar los ensayos para esta propiedad es lo mismo con las dos normas.

Cuadro 17. Coeficiente de variación entre norma ASTM y NMX en Elongación.

	ASTM %	NMX %	Dispersión de datos o coeficiente de variación
DM (Dirección máquina)	946	986	4.1%
DT (Dirección transversal)	1056	791	25%

Para la **resistencia a la tensión**, cuadro 18, y teniendo en cuenta la información del cuadro 16, concluimos que la dispersión de los resultados con las dos normas y en ambas direcciones está dentro de lo permitido que es 15.5

Cuadro 18. Coeficiente de variación entre norma ASTM y NMX en Resistencia a la Tensión.

	ASTM lbf/pulg ² (psi)	NMX lbf/pulg ² (psi)	Dispersión de datos o coeficiente de variación
DM (Dirección máquina)	2898.2	3332.93	13%
DT (Dirección transversal)	4782.03	4057.48	15.1%

Para el **Módulo**, los resultados obtenidos, cuadro 19 y utilizando las dos normas y en ambas direcciones, presentan una dispersión dentro de lo permitido (7.62), por lo que

podemos concluir que los resultados son iguales ocupando cualquier norma (ASTM o NMX).

Cuadro 19. Coeficiente de variación entre norma ASTM y NMX en Modulo.

	ASTM lbf/pulg ² (psi)	NMX lbf/pulg ² (psi)	Dispersión de datos o coeficiente de variación
DM (Dirección máquina)	36662.23	35358.04	3.5%
DT (Dirección transversal)	36227.5	33764.03	6.8%

Al hacer la comparación entre las Normas ASTM y NMX se puede observar que son lo mismo existiendo solo pequeñas diferencias entre ellas, la información técnica en cuanto al tipo de material que proporcionan algunas normas ASTM nos ayudan a corroborar que es indistinto el uso de los dos tipos de normas y el criterio para utilizarlas dependerá de las necesidades de cada empresa que solicite los ensayos.

6. ESTADO DEL ARTE

La evolución y la generación de nuevas técnicas equipos y procedimientos, la importancia de obtener una mejora continua en productos, procesos y servicios, llevaron a la necesidad de evaluar constantemente los estándares de calidad, tanto de los procesos de producción como del producto final.

Los laboratorios de pruebas son elementos de apoyo para determinar o verificar las propiedades de los productos, de acuerdo a criterios establecidos.

En México, los estándares de producción han sido desarrollados por las dependencias gubernamentales, contando con el apoyo de la iniciativa privada, quienes, a final de cuentas, son los interesados directos de aplicar dichos estándares. La firma de tratados y convenios comerciales internacionales ha hecho necesario que los países tiendan a armonizar sus normas, tanto en la fabricación de productos, como en la forma en que éstos han de ser certificados (Hernández A., Fabela M. 2011).

Para poder garantizar tanto la confiabilidad de los procedimientos de pruebas ejecutados como de los resultados obtenidos, es necesario contar con el reconocimiento, por parte de

un organismo pertinente, de la capacidad técnica y administrativa del personal del laboratorio para el desarrollo de las pruebas, en las cuales se declara apto.

Actualmente el organismo responsable de otorgar este reconocimiento es la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA).

La Acreditación de laboratorios de prueba se basa en la evaluación de la conformidad de un Sistema de Calidad que cumpla con los requisitos administrativos y técnicos establecidos en una norma de calidad de referencia.

Los requisitos para la acreditación que debe cumplir un laboratorio de pruebas, han sido modificados continuamente, adaptándolos secuencialmente a la normativa internacional. Los criterios empleados en la evaluación de la conformidad de estos requisitos, se establecen en la norma mexicana NMX-EC-17025:2000 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de calibración y prueba”, emitida por el Instituto Mexicano de Normalización y Certificación (IMNC). Esta norma tiene su fundamento en la guía ISO/IEC 17025:1999.

La Cooperación Internacional para la Acreditación de Laboratorios (ILAC, *International Laboratory Accreditation Cooperation*) ha jugado un papel importante en el establecimiento de estándares internacionales para laboratorios de prueba. ILAC fue fundada en 1978, siendo formalizada como un organismo de cooperación en 1996, cuando 44 naciones firmaron en Amsterdam un Memorándum de Entendimiento (MOU, *Memorandum of Understanding*). La firma del MOU proporcionó las bases para un desarrollo más amplio de la Cooperación, así como para el eventual establecimiento de un acuerdo de reconocimiento multilateral entre los miembros de ILAC. Tal acuerdo permite reforzar y facilitar la aceptación internacional de los resultados de las pruebas y la eliminación de barreras técnicas comerciales. En conjunción con ILAC, existen asociaciones regionales específicas que han establecido sus propios organismos de cooperación en materia de acreditación, especialmente en Europa (EAL, *European Cooperation for the Accreditation of Laboratories*) y en la región Asia - Pacífico (APLAC, *Asia Pacific Laboratory Accreditation Cooperation*).

ILAC es el principal foro internacional en el mundo para exponer el desarrollo de procedimientos y prácticas de acreditación de laboratorios, así como para la promoción de su acreditación. La acreditación es exhibida como una herramienta que facilita el comercio,

mediante el reconocimiento de la competencia técnica de los laboratorios en la realización de pruebas normalizadas.

Debido a la presencia de México como miembro de ILAC y a la inminente importancia que adquirieron los laboratorios de pruebas, el país se vio en la necesidad de crear un sistema propio para evaluar la conformidad de sus laboratorios. El Sistema Nacional para la Acreditación de Laboratorios de Prueba (SINALP) fue creado por decreto presidencial y publicado en el Diario Oficial de la Federación el 21 de abril de 1980, elevándose a rango de Ley el 28 de enero de 1988. Años después, el 1 de julio de 1992, el SINALP fue reconocido como único organismo de acreditamiento de laboratorios de pruebas, a través de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

El SINALP fue creado como un organismo de naturaleza mixta (oficial y privada), cuyo objetivo principal era el de estimular el desarrollo industrial del país. Este estímulo se llevaba a cabo mediante el reconocimiento y la aceptación de los resultados de pruebas obtenidas en laboratorios confiables, basándose en directrices internacionales como las normas emitidas por ISO, por los trabajos de ILAC, por normas regionales, industriales, Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y Normas Mexicanas (NMX).

Poco tiempo después de la creación de SINALP, se establece el Sistema Nacional de Calibración (SNC), con el fin de que el trabajo conjuntado de ambos fuera la base del sistema mexicano de evaluación de la conformidad. Posteriormente, las primeras reformas a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN), junto con la creación del Centro Nacional de Metrología (CENAM) y el nacimiento de los Organismos de Certificación de Productos, Sistemas y Personal, vinieron a imprimirle mayor fuerza (Hernández A., Fabela M. 2011).

Finalmente, a partir de las reformas aplicadas a la LFMN el 20 de mayo de 1997, se crea la figura denominada Entidad de Acreditación, misma que absorbería las funciones y actividades relacionadas con el acreditamiento que la Dirección General de Normas venía desarrollando. En noviembre de 1998 surge y es evaluada la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA). La evaluación es realizada por un grupo de evaluadores de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI) y un evaluador líder de sistemas de calidad; este último, externo a la Secretaría. Finalmente, el 15 de enero de 1999, EMA quedó plenamente autorizada para operar como entidad de acreditación, dándose a conocer

mediante publicación en el Diario Oficial de la Federación. Con la autorización de EMA como entidad de acreditación, se ha iniciado una nueva etapa en el establecimiento de la actividad de acreditación en nuestro país, con base en el sistema precedente administrado por DGN-SECOFI. Desde entonces, es EMA quien proporciona la acreditación de los laboratorios de prueba en México.

En la actualidad México cuenta con 1209 laboratorios acreditados en diferentes ramas, 29 de ellos localizados en Coahuila.

7. ÁREAS DE OPORTUNIDAD

Con tan solo el 20.68% de laboratorios de prueba acreditados en la rama metal mecánica, Coahuila tiene el potencial para crecer y ofrecer el servicio que las industrias requieren. El crecimiento del sector agrícola y la competitividad favorecen la creación de más laboratorios de ensayos acreditados y por consecuencia la necesidad de contar con personal con competencia técnica, capaz de orientar de una manera expedita al sector que así lo requiera.

A pesar de que en las normas se mencionan las diferentes capacidades de medición en los equipos para rasgado, el CIQA solo cuenta con un equipo de 1600 gf, lo que hace que el servicio se vea limitado, tomando en cuenta que cada día se realizan mejoras en las formulaciones de las películas con el objetivo de hacerlas más resistentes.

8. CONCLUSIONES

La disponibilidad de opciones de normas para trabajar los diferentes ensayos para propiedades físico-mecánicas que requieren las películas plásticas, es amplio, depende de las necesidades de cada organización, para cubrir sus requisitos, el trabajo que se realizó fue delimitado para normas mexicanas (NMX) e internacionales (ASTM) que son las más comunes en cuanto a la elección de los clientes.

Realizando algunos de los ensayos básicos con dichas normas (rasgado, impacto por caída de dardo y tensión) se pudo verificar que la dispersión de resultados utilizando diferentes normas ratifica que es lo mismo utilizar cualquiera de las opciones que hay para medir una propiedad y que únicamente el utilizar unas u otras es debido a requerimientos de las organizaciones.

9. BIBLIOGRAFIA

<https://www.aplac.org/>

http://biblioteca.sena.edu.co/exlibris/aleph/u21_1/alephe/www_f_spa/icon/17025/index.html#

<http://www.ema.org.mx/portal/>

<http://www.fao.org/docrep/005/s8630s/s8630s05.htm>

<https://www.ilac.org/espanol.html>

<http://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt185.pdf>

http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/plasticos.htm

<http://www.inplexvenados.com>

<http://www.invernaderosima.com/descargas/FilmPlastico.pdf>

<http://www.fps.org.mx/divulgacion/attachments/article/865/Produccion%20de%20hortalizas%20bajo%20invernadero.pdf>

<http://www.pslc.ws/spanish/mech.htm>

<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/06/propiedades-opticas.html>

Berardocco G. Hernán. Acolchado Plastico. Departamento Técnico Inplex Venados SA, 2008.

Espí E., Materiales de cubierta para invernaderos. Centro de Tecnología Repsol, 2012.

Hernández a., Fabela M., Sistemas de Calidad y Acreditación aplicados a laboratorios de prueba. Qro. México 2011.

Jaramillo J., Patricia V. (2013). Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural. Colombia 2013.

Montaña M. Estudio comparativo físico y mecánico de una película coextruida de tres capas LLDPE y HDPE-NYLON 6.6-LLDPE como aplicación de empaques al vacío para la empresa polietilenos del valle S.A. Cali 2013.

Shany. Tecnología de producción bajo cubierta. Ministro de Agricultura Rural, Centro de Cooperación Internacional para el Desarrollo Agrícola. Israel 2007.

N. Catilla Prados. Invernaderos de Plástico, Tecnología y Manejo. España, Ediciones Mundo-Prensa, 20017.

Norma ASTM-D882-12. Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting.

Norma ASTM-D1709-09. Standard Test Methods for Impact Resistance of Plastic Film by Free-Falling Dart Method.

Norma ASTM-D1922-06a. Standard Test Method for Propagation Tear Resistance of Plastic Film and Thin Sheeting by Pendulum Method.

Norma Mexicana NMX-E-005-CNCP-2004. Industria del Plástico. Determinación de las Propiedades de Tracción de Películas Plásticas. Método de Ensayo.

Norma Mexicana NMX-E.027-SCFI-2003. Industria del Plástico. Determinación de la Resistencia al Rasgado por el Método de Elmendorf en Películas y Laminados-Método de Ensayo.

Norma Mexicana NMX-E-097-1980. Plásticos- Características de Acondicionamiento.

Norma Mexicana NMX-E-099-1990. Industria del Plástico. Resistencia al Impacto por Caída Libre de Dardo en Películas Plásticas y Laminados. Método de Prueba.

Cuadro 15. Reporte de Prueba Determinación de las propiedades de tracción en películas plásticas (Módulo) Norma NMX dirección transversal.

REPORTE DE PRUEBA						
Clave de Muestra: -----		Fecha de Inicio: 7-04-2014		Fecha de Término: 9-04-2014		
Prueba: Propiedades de Tracción en Películas Plásticas		Método de Prueba: NMX-E-005		Material: Película		
Equipo		No. de Instrumento		Condiciones de Prueba		
Máquina Universal		CEF-49		Temperatura =21°C H.R.= 48%		
Indicador de Base		CEF-62		Separación de Mordazas= 250 mm		
Suajadora /Suaje		CEF-46/CEF-46-17		Velocidad de prueba= 5mm/min		
DATOS DE RESULTADOS						
No. de Prueba	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Modulo (N/mm ²)			Observaciones
1	0.186	25.8	235			Dirección Transversal
2	0.171	25.8	229			Tiempo de acondicionamiento 48 h
3	0.188	25.8	225			
4	0.187	25.8	238			
5	0.176	25.8	240			
Datos Estadísticos:			X=233=33764.03 lbf/pulg ² (psi)			
			S=6.28			
			%CV=2.7			