

FGI 1120

Especificación de Materiales Geomembranas de PVC ^{1,2,3,4,5*}

(*Ver Notas sobre esta Especificación en Apéndice A)

Fecha efectiva: Diciembre 1° del 2019

Propiedades de Certificación ^{6,7}	ASTM	PVC 10	PVC 20	PVC 30	PVC 40	PVC 50	PVC 60
Espesor Promedio, mil [mm] ^{6,7,8,9}	D-5199 - Método B	10 ± 0.5 mil [0.25 ± 0.013 mm]	20 ± 1 mil [0.51 ± 0.03 mm]	30 ± 1.5 mil [0.76 ± 0.04 mm]	40 ± 2 mil [1.02 ± 0.05 mm]	50 ± 2.5 mil [1.27 ± 0.06 mm]	60 ± 3 mil [1.52 ± 0.08 mm]
Propiedades Tensiles ^{6,7,8}	D-882 Mínimo (L & T)						
Fuerza Tensil a Ruptura		24 lb-f/plg 4.2 kN/m	48 lb-f/plg 8.4 kN/m	73 lb-f/plg 12.8 kN/m	97 lb-f/plg 17.0 kN/m	116 lb-f/plg 20.3 kN/m	137 lb-f/plg 24.0 kN/m
Elongación a Ruptura		250%	360%	380%	430%	430%	450%
Fuerza Tensil a 100 % Elongación		10 lb-f/plg 1.8 kN/m	20 lb-f/plg 3.6 kN/m	30 lb-f/plg 5.4 kN/m	40 lb-f/plg 7.2 kN/m	50 lb-f/plg 9.0 kN/m	60 lb-f/plg 10.8 kN/m
Módulo Promedio a Ruptura		2,400 lb-f/plg ² 16,800 kN/m ²	2,400 lb-f/plg ² 16,800 kN/m ²	2,400 lb-f/plg ² 16,800 kN/m ²	2,400 lb-f/plg ² 16,800 kN/m ²	2,400 lb-f/plg ² 16,800 kN/m ²	2,400 lb-f/plg ² 16,800 kN/m ²
Módulo Promedio a 100 % de Elongación		1,000 lb-f/plg ² 6,895 kN/m ²	1,000 lb-f/plg ² 6,895 kN/m ²	1,000 lb-f/plg ² 6,895 kN/m ²	1,000 lb-f/plg ² 6,895 kN/m ²	1,000 lb-f/plg ² 6,895 kN/m ²	1,000 lb-f/plg ² 6,894.7 kN/m ²
Resistencia al Inicio de Rasgado ^{6,7,8}	D-1004 Mínimo (L & T)	2.5 lb-f 11 N	6.0 lb-f 27 N	8.0 lb-f 35 N	10.0 lb-f 44 N	13.0 lb-f 58 N	15.0 lb-f 67 N
Estabilidad Dimensional ^{6,7,10}	D-1204 Máximo (L & T)	4%	4%	3%	3%	3%	3%
Resistencia al Impacto a Baja Temperatura ^{6,7,11,12}	D-1790 Mínimo 50 % de las probetas pasan	-10° F -23° C	-15° F -26° C	-20° F -29° C	-20° F -29° C	-20° F -29° C	-20° F -29° C
Curvatura o Planicidad del rollo manufacturado, Máxima Desviación permitida entre dos (2) lecturas ^{6,7,8,23}	Prueba de Circunferencia, FGI - Apéndice C	Máxima Diferencia entre Circunferencia a lo ancho del rollo: < 25 mm (1.0 plg), y Máxima Diferencia entre extremos del rollo (arco) < 11 mm (0.43 plg)					
Propiedades Índice ^{7,13}	ASTM	PVC 10	PVC 20	PVC 30	PVC 40	PVC 50	PVC 60

Gravedad Específica ^{7,13}	D-792 Valor Típico	1.2 g/cc	1.2 g/cc	1.2 g/cc	1.2 g/cc	1.2 g/cc	1.2 g/cc
Pérdida de Peso después de Extracción en ^{7,13}	D-1239 Máximo	0.25%	0.25%	0.25%	0.30%	0.30%	0.30%
Peso Molecular Promedio de mezcla de Plastificantes Basados en Ftalatos ^{7,13,14,15,16,20}	D-2124 Mínimo	400 g/mol	400 g/mol	400 g/mol	400 g/mol	400 g/mol	400 g/mol
Pérdida de Volátiles ^{7,13}	D-1203 Máximo	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%
Enterramiento en Suelo ^{7,13,17,22} Fuerza Tensil a Ruptura (95%), Elongación a Ruptura (80%), y Fuerza Tensil a 100 % de Elongación (80%)	G160 Valores Mínimos (L & T)	22.8 lb-f/plg 4.0 kN/m	45.6 lb-f/plg 8.0 kN/m	69.4 lb-f/plg 12.2 kN/m	92.2 lb-f/plg 16.2 kN/m	110.2 lb-f/plg 19.3 kN/m	130.2 lb-f/plg 22.8 kN/m
		200	288	304	344	344	360
		8.2 lb-f/plg 1.4 kN/m	16.0 lb-f/plg 2.9 kN/m	24.0 lb-f/plg 4.3 kN/m	32.0 lb-f/plg 5.8 kN/m	40.0 lb/plg 7.2 kN/m	48.0 lb-f/plg 8.6 kN/m
Resistencia a Presión Hidrostática ^{7,13}	D-751 Mínimo	42 lb-f/plg ² 290 kPa	68 lb-f/plg ² 470 kPa	100 lb-f/plg ² 690 kPa	120 lb-f/plg ² 830 kPa	150 lb-f/plg ² 1030 kPa	180 lb-f/plg ² 1240 kPa
Desviación de Color por lote ^{7,13,18,21}	E1164- y E308	Delta E < 2.0	Delta E < 2.0	Delta E < 2.0	Delta E < 2.0	Delta E < 2.0	Delta E < 2.0
Brillo a 60 °, Lado Contacto Rodillo Caucho, Lado Contacto Rodillo Grabador ^{7,13}	D2457 Máximo	50	50	50	50	50	50
		15	15	15	15	15	15
Dureza Shore ^{7,13,19}	D2240 - - Durómetro A	Delta ± 3	Delta ± 3	Delta ± 3	Delta ± 3	Delta ± 3	Delta ± 3
Propiedades del Selle ⁸	ASTM	PVC 10	PVC 20	PVC 30	PVC 40	PVC 50	PVC 60
Fuerza de Corte en el Selle ⁸	D-7408 Mínimo	20.0 lb/plg 3.5 kN/m	38.4 lb/plg 6.7 kN/m	58.4 lb/plg 10.0 kN/m	77.6 lb/plg 14.0 kN/m	92.8 lb/plg 16.0 kN/m	109.6 lb/plg 20.0 kN/m
Fuerza de Adhesión en el Selle, a 2 plg/min (50	D-7408 Mínimo	10.0 lb/plg 1.8 kN/m	12.5 lb/plg 2.2 kN/m	15.0 lb/plg 2.6 kN/m	15.0 lb/plg 2.6 kN/m	15.0 lb/plg 2.6 kN/m	15.0 lb/plg 2.6 kN/m
Fuerza de Adhesión en el Selle, a 20 plg/min (500 mm/min) ⁸	D-7408 Mínimo	10.0 lb/plg 1.8 kN/m	15.0 lb/plg 2.2 kN/m	18.0 lb/plg 3.1 kN/m	18.0 lb/plg 3.1 kN/m	18.0 lb/plg 3.1 kN/m	18.0 lb/plg 3.1 kN/m

***Notas:**

1. La presente Hoja de Especificaciones de “Fabricated Geomembrane Institute, FGI” para Geomembranas Nuevas de PVC reemplaza la Especificación revisada con fecha Enero 1° del 2017, (FGI 1117).
2. La nueva geomembrana de PVC puede contener material de re-proceso. El material de re-proceso está definido como el material proveniente de procesos internos asociados al proceso de manufactura propio de la geomembrana, pero no proveniente de fuentes externas al productor ni que haya sido expuesto en campo. El productor debe tener trazabilidad de la formulación de la geomembrana incluyendo la cantidad de material de re-proceso que haya sido incluida en la composición, en caso de que el Cliente requiera esta información.
3. El material de re-proceso no incluye geomembrana de PVC que haya sido utilizada por fuera del proceso de manufactura en ningún tipo de aplicación.
4. El material de re-proceso está definido en la norma ASTM D883 y es considerado como scrap del proceso del productor de la geomembrana.
5. Se recomienda que las geomembranas de PVC no sean manejadas ni instaladas a bajas temperaturas, por debajo de 5 °C/40 °F. Si una geomembrana de PVC tiene que ser instalada – o será instalada- por debajo de las temperaturas mencionadas, el instalador deberá someter un plan de trabajo para manejo a bajas temperaturas, para ser aprobado por el productor de la geomembrana y/o fabricante de la geomembrana modulada.
6. Las propiedades de certificación son probadas por lote tal como se especifica en el Apéndice A (ver abajo) de la Especificación de PVC de la FGI, con fecha de revisión del 1° de Septiembre del 2019.
7. Modificaciones o detalles adicionales sobre las pruebas, se encuentran descritas en el Apéndice B (ver abajo) de la Especificación de PVC de la FGI, con fecha de revisión del 1° de Septiembre del 2019.
8. Los valores en sistema métrico fueron convertidos a partir de unidades americanas y redondeados a cifras significativas.
9. El espesor bajo la norma ASTM D5199 no deberá variar más de $\pm 5\%$ del valor nominal. Buenas prácticas de fabricación requieren un scanner en línea a la producción.
10. Las probetas para Estabilidad Dimensional deberán ser expuestas a 100 °C por un período de 15 minutos para su determinación.
11. El Grupo que revisó la presente especificación, consideró la prueba de doblado a bajas temperaturas, norma ASTM D2136, pero seleccionó la prueba de rompimiento en frío, ASTM D1790 debido a que las condiciones de ésta son más severas para asegurar el comportamiento a bajas temperaturas de la geomembrana.
12. Para climas cálidos y desérticos (temperatura de la película mayor o igual a 50 °C ó 120 °F y precipitaciones anuales menores a 250 mm o 10 pulgadas), la temperatura que debe pasar la prueba de impacto, ASTM D1790, es de -17 °C para PVC 20 y -20 °C para los otros espesores. Para áreas que experimentan temperaturas menores a -20 °C (ambiente típico), la geomembrana de PVC debe pasar la prueba de impacto a -29 °C para los espesores de 30, 40, 50, y 60 milésimas de pulgada, mils. Si el destino del producto no es conocido, la geomembrana de PVC deberá pasar la prueba de impacto a -29 °C para los espesores de 30, 40, 50, y 60 mils.
13. Las propiedades índice son probadas una vez por cada cambio en formulación, como se especifica en el Apéndice A (ver abajo) de la presente especificación, revisada con fecha del 1° de Septiembre del 2019.
14. Estos requerimientos para el peso molecular promedio pertenecen a la formulación que utiliza plastificantes tipo Ftalato.
15. Este método no determina uno de los co-plastificantes usados en películas de PVC flexibles, el aceite epoxidado de soya. El punto relevante de este plastificante es que tiene un peso molecular muy alto, por lo cual, puede incrementar el valor del promedio.
16. Para climas áridos (temperaturas sobre la película mayores o iguales a 50 °C (120 °F), y precipitaciones de menos de 250 mm (10 plg), usar un peso molecular promedio de plastificante con un valor mínimo de 410 g/mol.
17. La prueba de resistencia al enterramiento no requiere someter el espécimen a

- acondicionamiento ni exposición UV, antes de elaborarse.
18. Esta especificación de color debe ser compartida entre el productor y el Sellador/Cliente para alcanzar la uniformidad deseada del color o la que haya sido especificada por el Cliente.
 19. El productor de la geomembrana debe especificar la Dureza Shore para el lote de producción y los resultados de la prueba, usando la norma ASTM D2240. La variación debe estar entre ± 3 del valor especificado por el productor.
 20. Si la aplicación de la geomembrana es para agua potable, por favor usar la Certificación de "National Sanitation Foundation, NSF", o una certificación similar.
 21. Los requerimientos de color de esta especificación deben ser cumplidos a menos que se fije en forma diferente por el Cliente.
 22. Los valores mínimos después de la prueba de enterramiento en suelo, para: (1) Fuerza Tensil a Ruptura, corresponde al 95 % de la Fuerza Tensil a Ruptura sin el tratamiento de enterramiento; (2) Elongación a Ruptura, corresponde al 80 % de la elongación a ruptura antes del tratamiento de enterramiento, y (3) Fuerza Tensil a 100 % de Elongación corresponde al 80 % de la Fuerza Tensil al 100 % de Elongación antes de la prueba de enterramiento.
 23. Las variables de la prueba de curvatura o planicidad del rollo manufacturado deber ser especificada con el Cliente, es decir, número de puntos a medir, o cumplir las Diferencias Máximas en Circunferencia y Arco, recomendadas en esta especificación.

APÉNDICE A - FGI 1120-Geomembranas de PVC FRECUENCIAS DE ANÁLISIS EN LA PRODUCCIÓN

Propiedades de Certificación

Las propiedades de Certificación son probadas basadas sobre una cantidad de material producido. Estas propiedades son probadas una vez por lote o una vez cada 18.000 kg (40,000 lb) de material, la que sea más frecuente. Las propiedades de certificación incluyen: espesor, fuerza tensil a ruptura, elongación a ruptura, fuerza tensil a 100 % de elongación, resistencia al rasgado, estabilidad dimensional, curvatura o layflat (ver siguiente nota acerca de la frecuencia), e impacto a bajas temperaturas. El espesor debe ser medido una vez por rollo a menos que se cuente con un equipo automático de medida instalado sobre el equipo de producción. El certificado o reporte de calidad para las propiedades probadas deberá ser provisto para cualquier lote que sea requerido. La curvatura o planicidad deberá ser chequeada por lo menos cada 2,288 m (2.500 yd), cada dos (2) horas de producción, la que sea más frecuente.

Propiedades Índice

Las pruebas Índice son realizadas cuando se está desarrollando y aprobando la formulación de la geomembrana. Estas pruebas son ejecutadas sobre la formulación final producida de una geomembrana. Las propiedades índice incluyen: gravedad específica, pérdida de peso después de extracción por agua, pérdida de volátiles, resistencia a la presión hidrostática, peso molecular promedio de plastificante, color, brillo, dureza y resistencia al enterramiento en suelo. La Declaración de Certificación de los resultados de la prueba para la formulación utilizada debe estar disponible para el Cliente si lo requiere.

APÉNDICE B - FGI 1120-Geomembranas de PVC ACLARACIONES DE PRUEBAS Y DETALLES

Generales:

- Cuando los valores tanto en unidades americanas como métricas aparezcan, el valor para aceptación es el valor en unidades americanas. Los valores en Sistema Métrico son convertidos del Sistema Americano y pueden contener errores de redondeo o aproximación.

ASTM D5199: Medida del Espesor Nominal de Geo-sintéticos

- Unidad del Sistema Americano: milésimas de pulgada (0.001 pulgadas = 1 mil),
- Unidad del Sistema Métrico: milímetros (mm),
- Adicional a las medidas de espesor sobre las muestras como es requerido por la norma ASTM D5199, durante la producción deberá ser medido en dirección longitudinal (dirección de máquina, L), cada 30 m (100 pies) y continuamente en la dirección transversal, T, por otros medios.

ASTM D882: Propiedades tensiles de Láminas de Plástico Delgadas

- Use el Método A,
- La norma ASTM D882 puede ser usada para películas de PVC hasta de 1.5 mm (60 mil) de espesor,
- Las unidades de fuerza tensil están dadas en libras-fuerza/pulgada, lb-f/plg para fuerza tensil a ruptura y para fuerza tensil a 100 % de elongación,
- Para módulo a rompimiento y módulo a 100 % de elongación, las unidades están en lb-f/plg²,
- Las unidades en Sistema Métrico están en kilo Newton por metro de ancho, kN/m, o Newtons por milímetro de ancho, N/mm, los cuales son equivalentes a unidades de fuerza tensil a ruptura y a 100 % de elongación.

ASTM D1004: Resistencia al Inicio de Rasgado de Películas Plásticas y láminas

- Las unidades están en libras fuerza, lb-f, o en Newtons, N, para el inicio de rasgado en el espécimen de prueba, el cual es particularmente cortado con troquel.

ASTM D1790: Rompimiento a Bajas Temperaturas de Láminas Plásticas por impacto

- Más del 50 % de los especímenes deben pasar la temperatura especificada.

ASTM G160: Evaluación de Susceptibilidad Microbiana de Materiales no Metálicos por Enterramiento en Suelo

- La muestra se entierra en el suelo preparado por 30 días,
- La prueba se realiza sobre las muestras de láminas reales,
- Se mide el máximo cambio en propiedades como es mostrado en la especificación.

ASTM D1204: Cambios Dimensionales Lineales de Películas Termoplásticas a Temperatura Elevada

- Las probetas de ensayo se someten a 100°C por 15 minutos,
- Mida el porcentaje de cambio en las dos dimensiones lineales, (longitudinal, L, y transversal, T)

ASTM D1203: Pérdida de Volátiles de Plásticos Usando Métodos de Carbón Activado

- Use el Método A.

ASTM D1239: Resistencia de Películas Plásticas a la extracción por Compuestos Químicos

- Los especímenes de prueba se someten a 50°C (122°F) en agua por un período de 24 h,
- Mida el porcentaje de cambio en peso.

ASTM D751: Métodos de Prueba para Telas Recubiertas

- Para la Resistencia a explosión hidrostática, use el Procedimiento A de la Sección 33, Aplicación de Presión por el probador hidrostático tipo Mullen,
- Las Unidades de presión se expresan en libras por pulgada cuadrada, lb-f/plg², psi, o kiloPascales, kPa.

ASTM D7408: Especificación Estándar para Sellos de Geomembranas de PVC (Policloruro de Vinilo) no reforzadas

- Los sellos pueden ser usando métodos de sellado químico, con adhesivo, solventes y fusión térmica,
- Usan muestras de 25.4 mm (1 pulgada) de ancho,
- Prueba de fuerza de corte en el selle:
Use separación de mordazas de 51 mm (2 plg), más el ancho del selle,
Velocidad de la prueba de 510 mm/min (20 plg/min)
- Prueba de Fuerza de Adhesión a lo largo del selle:
Posición de las mordazas: 13 mm (1/2 plg), sobre cualquier lado del selle,
Velocidad de la prueba: 51 mm/min (2 plg/min), o 510 mm/min (20 plg/min). (Tener en cuenta cambio en especificación)

ASTM E308: Prácticas Estándar para Cálculo de Colores de Objetos usando el Sistema CIE

- Evalúa la desviación del color en un lote producido.

ASTM E1164: Prácticas Estándar para la Obtención de Datos Espectrofotométricos para la Evaluación de Color de Objetos.

- Evalúa la desviación del color en un lote producido.

ASTM D2457: Método de Prueba Estándar para el Brillo Especular de Películas Plásticas y Sólidos Plásticos

- Evalúa el brillo en un lote producido.

ASTM D2240: Método de Ensayo Estándar para Propiedad del Caucho- Dureza por Durómetro

- Evalúa el grado de dureza y cómo se siente a la mano, una geomembrana de un lote producido.

APÉNDICE C - FGI 1120-Geomembranas de PVC PRUEBA DE CIRCUNFERENCIA FGI

Espécimen de Prueba y Frecuencia de Análisis:

- Rollo de material una vez ha completado su metraje,
- En general, las medidas están hechas en Sistema Métrico,
- Cuando los valores del Sistema Americano y Métrico sean mostrados, el valor de aceptación es el de sistema Métrico. Los valores en unidades americanas son conversiones y pueden contener errores de aproximación,
- Los Productores de la geomembrana deben realizar la Prueba de Circunferencia cada 2,288 m (2.500 yardas), cada dos (2) horas de producción, o lo que sea más frecuente.

Equipo:

- Se usa la cinta de Tailor, flexible pero no elongable. Ver fotos, Figuras 1 a 4, las cuales muestran la cinta de medida típica, tanto en unidades americanas como métricas. (Para ilustrar mejor, ver https://www.amazon.com/eBoot-Measure-Sewing-Tailor-Ginger/dp/B06XS877YJ/ref=sr_1_2_sspa?ie=UTF8&qid=1542303512&sr=8-2-spons&keywords=tailors+tape+measure&psc=1&smid=APHB2NWNKDSBL).

Método de Ensayo:

- Circunferencia: medida de circunferencia a cualquier punto dado sobre el rollo,
- Diferencia entre Circunferencias: Diferencia entre medidas de máximo y mínimo de circunferencias.
- Diferencia de arco: Diferencia entre medidas de circunferencia a bordes opuestos del rollo a 25.4 mm (1 plg) de cada borde.
- Frente al rollo, coloque la cinta de Taylor de forma tal que le dé la vuelta al rollo con el lado de centímetros y milímetros hacia arriba como lo muestra la Figura 1. (no usarlo con el lado de pulgadas hacia arriba).
- Fije la cinta métrica alrededor del rollo, hasta que complete el total del perímetro y registre la medida en unidades métricas. Por favor, ver las Figuras 1 y 2 para observar los métodos de medición correctos y los no correctos, Figuras 3 y 4.
- Repita el procedimiento en el número especificado de puntos a lo ancho del rollo. Ver puntos de inspección en la Figura 5.



Figura 1: Medida correcta

Figura 2: Medida correcta



Figura 4: Medida incorrecta debido a entorchamiento de la cinta.



Figura 4: Medida incorrecta debido a que la cinta no está paralela al borde del rollo.

Puntos de Inspección:

- La circunferencia se inspecciona típicamente de 2 a 7 puntos transversales del rollo, dependiendo del ancho de la película. Para geomembranas, siete (7) chequeos o medidas deben ser realizadas a lo ancho del rollo localizados en puntos específicos. Si se definen menos medidas a hacer sobre el rollo, éstas deben seguir las siguientes localizaciones:
- Chequeo en dos lugares: Chequeo a los dos bordes,
- Chequeo en tres lugares: Chequeo a un borde, en la mitad y en el otro borde,
- Chequeo en cinco lugares: Chequeo al inicio del borde (a una pulgada, 25.4 mm, del borde), aproximadamente a la cuarta parte del ancho, a la mitad, a las $\frac{3}{4}$ partes del ancho y al otro borde,
- Chequeo en 7 lugares: adicional a los puntos de chequeo anteriores, se mide a máximo 127 mm de cada borde. Ver **Figura 5**.

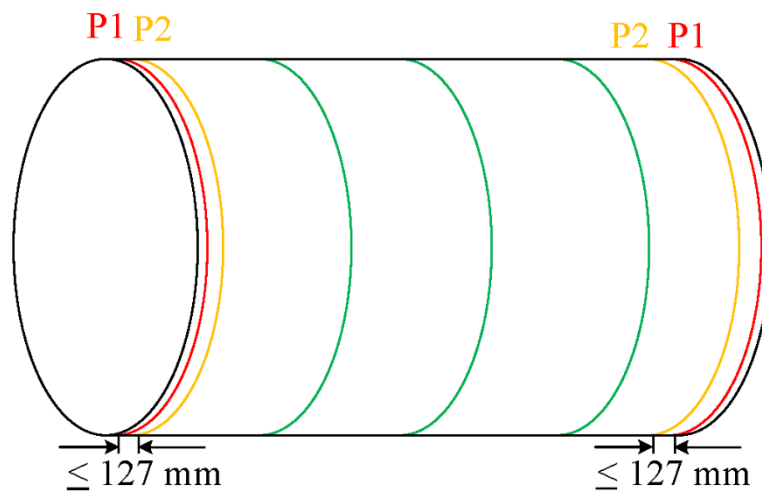


Figura 5: Localización de los 7 puntos de chequeo para la medición de circunferencias, incluyendo los dos puntos de los bordes del rollo, a cada extremo.

Máxima diferencia sugerida entre dos lecturas:

- Para todos los productos, las primeras y últimas dos lecturas no deben de ser tomadas a más de 127 mm a partir de los bordes. Es decir, tanto las medidas primeras como las últimas, deben estar tan cercanas al borde como sea posible en todos los rollos pero no más de 127 mm. Ver **Figura 5**.
- Recuerde procurar como target, bordes bajos en todos los productos.
- Elabore la primer medida del rollo en el punto P1, seguida del punto P2. Ver **Figura 5**. La diferencia entre estas dos circunferencias debe estar entre – 3 mm y +1.0 mm cómo es mostrada en la siguiente ecuación:

$$- 3 \text{ mm} \leq (P1 - P2) \leq + 1.0 \text{ mm}.$$
- La situación ideal es que la diferencia entre estas dos circunferencias (P1 y P2), sea de 0 mm.

Requerimientos del Reporte:

- Registre las medidas reales de las circunferencias y sus diferencias especificadas, aproximando al milímetro más cercano, entre los diferentes puntos, incluyendo diferencia entre los dos bordes (arco) y los puntos internos del rollo.
- El productor debe someter la máxima diferencia en circunferencias al ancho del rollo y si es o no menor a 25 mm (1.0 plg), indicando, “pasa” o “falla”, para cada rollo enviado como es requerido arriba.
- El productor debe someter de igual forma, la máxima diferencia en el arco, mostrando la desviación de borde a borde del rollo completa, y si ésta es menor o no a 11 mm (0.43 plg), indicando “pasa” o “falla”, para cada rollo enviado tal como es requerido arriba.

La Especificación de la FGI para Geomembranas de PVC (efectiva desde el 1° de Septiembre del 2019) fue desarrollada en cooperación con los miembros de compañías asociadas a la FGI para cumplir con los requisitos más exigentes de las aplicaciones actuales de los geo-sintéticos. Para asegurar este nivel de calidad, asegúrese de especificar geomembrana de PVC que sea producida y fabricada en módulos por miembros de la FGI.

**No. Teléfono :+1- 217-333-392 Correo electrónico:
 fabricatedgeomembrane@gmail.com
 www.fabricatedgeomembrane.com**