



## **APLICACIÓN DE PVC POR ASPERSIÓN**

Angie Carolina Diaz Ramírez

Informe de practica académica para optar al título de Ingeniero Químico

Asesores

Luis Alberto Diaz Montes, Doctor en Ingeniería Química

Liseth Andrea Piedrahita Gil, Ingeniera Química

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Química

Medellín

2023

---

<b>Cita</b>	(Díaz Ramírez, 2023)
<b>Referencia</b>	Díaz Ramírez A.C. (2023). <i>Aplicación de PVC por aspersión</i> [Practica empresarial/semestre de industria]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
<b>Estilo APA 7 (2020)</b>	

---



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Cespedes.

**Decano/Director:** Julio Cesar Saldarriaga Molina.

**Jefe departamento:** Lina María Gonzales Rodríguez.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## **Tabla de contenido**

Resumen	1
Abstract	2
Introducción	3
1 Objetivos	4
1.1 Objetivo general	4
1.2 Objetivos específicos	4
2 Marco teórico	5
3 Metodología	11
4 Resultados y Analisis de resultados	12
5 Conclusiones	57
Referencias	60

### Resumen

Una lona Blackout, es una lona especial que tiene como objetivo principal garantizar el bloqueo de la luz; ésta posee una lámina interna negra y un tratamiento en las superficies externas que garantizan un 100% de opacidad. Este tipo de lonas son de amplio uso en la industria textil, industria publicitaria e industria automotriz.

En búsqueda de desarrollo e innovación, PLASTEXTIL, una empresa con más de 60 años de experiencia en la fabricación de lonas y telas vinílicas, busca mejorar su catálogo de productos con el fin de llegar a importantes mercados y segmentos a nivel nacional e internacional, sacando al mercado una lona Blackout de menor peso y calibre. Para lograr este objetivo se realizó un estudio de viabilidad de varias ideas propuestas, entre estas la aplicación de PVC por aspersión, método no usado anteriormente en la empresa.

Adicional a esto, en búsqueda de alternativas viables que cumplan con el objetivo propuesto, se evaluó el uso de un tejido plano que cumpliera con las propiedades mecánicas pedidas pero que otorgara un menor peso al resultado final; a la vez se experimentó la obtención de una lona hibrida (aplicación de dos procesos, Stork y recubrimiento), propuestas que dieron resultados favorables.

***Palabras clave:* Lona Blackout, PLASTEXTIL, peso, calibre, opacidad, liviandad, aspersión, PVC, recubrimiento, stork.**

**Abstract**

A blackout tarpaulin is a special tarpaulin whose main objective is to guarantee the blocking of light; it has a black internal sheet and a treatment on the external surfaces that guarantee 100% opacity. This type of tarpaulin is widely used in the textile, advertising and automotive industries.

In search of development and innovation, PLASTEXTIL, a company with more than 60 years of experience in the manufacture of tarpaulins and vinyl fabrics, seeks to improve its product catalog in order to reach important markets and segments at national and international level, bringing to market a Blackout tarpaulin of lower weight and caliber. To achieve this objective, a feasibility study of several proposed ideas was carried out, including the application of PVC by spraying, a method not previously used in the company.

In addition to this, in search of viable alternatives that meet the proposed objective, the use of a flat fabric that complies with the requested mechanical properties but with a lower weight in the final result was evaluated; at the same time, the obtaining of a hybrid canvas (application of two processes, Stork and coating) was experimented, proposals that gave favorable results.

***Key words:* Blackout tarpaulin, PLASTEXTIL, weight, caliper, opacity, lightness, spraying, PVC, coating, stork.**

## **Introducción**

PLASTEXTIL es una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de telas plásticas, laminadas y recubiertas, la cual cuenta con una gran variedad de productos dirigidos a los segmentos de carpas, toldos, parasoles, ropa impermeable, tapicería, publicidad, construcción, entre otros; llegando a abastecer importantes mercados a nivel nacional e internacional.

Entre los principales productos de su catálogo para el sector de bodegas y carpas se encuentran las lonas Blackout. Esta es una lona especial que posee una película interna negra, cuyo objetivo es garantizar un 100% de opacidad y bloqueo de la luz, otorgando un microclima interior agradable ya que refleja la luz solar. Este producto puede contar además con diferentes aditivos que confieren propiedades como facilidad de limpieza (laca acrílica exterior) y retardancia al fuego de acuerdo con el requerimiento del cliente.

PLASTEXTIL, en la búsqueda de mejorar su producto Blackout ya existente en el mercado, se plantea innovar y desarrollar una lona de la misma naturaleza que tenga los mismos estándares de calidad del producto, pero con un menor peso y calibre (aproximadamente 700 g/m<sup>2</sup>), debido a que el producto que se maneja en la actualidad es muy pesado y por ende de difícil manipulación para el cliente.

Para lograr este objetivo se realizará una investigación textil y de aplicaciones de pastas PVC, considerando diferentes ideas propuestas y centrándose en la aplicación por aspersión, teniendo en cuenta que este es un método no usado anteriormente por la empresa. Para esto se realizarán pruebas a nivel de laboratorio y en caso tal de obtener resultados favorables, dichas pruebas se escalarán a planta.

# Aplicación de PVC por aspersión

## 1. Objetivos

### 1.1 Objetivo general

Evaluar la viabilidad de la aplicación de pastas de PVC por aspersión a nivel de laboratorio para escalamiento a planta.

### 1.2 Objetivos específicos

- Realizar pruebas de aplicación de pastas PVC por aspersión a nivel de laboratorio.
- Realizar curvas de aplicación, teniendo como posibles variables: presión de aire, caudal de fluido, viscosidad y altura de aplicación.
- Evaluar parámetros de aplicación: peso, opacidad, diámetro de aplicación de acuerdo con los ensayos realizados.
- Establecer condiciones teóricas de operación y número de boquillas requeridas.

## 2. Marco teórico

Una lona Blackout, es una lona especial para impresión solvente que posee una lámina interna negra y un tratamiento en las superficies externas que garantizan un 100% de opacidad. Estas permiten realizar impresiones sobre ambos lados sin que se trasluzcan las imágenes; son ampliamente utilizadas en anuncios de exterior e interior, principalmente donde la imagen debe ser vista desde cerca, ya que esta lona permite una mejor calidad de impresión y terminación del producto impreso. (COPRODI, 2022)

Las lonas Blackout son mayormente pesadas en su elaboración y en el tipo de material con el cual son hechas. Éstas son ideales para aislar completamente la luz solar del exterior; igualmente funcionan para aquellos espacios cerrados donde la luz artificial también interfiere, siendo mayormente usadas en salas de conferencias o reuniones, donde suelen utilizarse proyectores y en donde debido a la claridad, es difícil distinguir la imagen. (HunterDouglas, 2022)

Este tipo de lonas pueden ser fabricadas en distintos materiales e incluso no necesariamente tienen que ser de anillos y telas como las convencionales que se deben rodar para lograr ampliarlas; pensando en el confort y en el buen diseño, pueden ser fabricadas en diferentes telas. Su principal característica es que permiten aislar por completo la luz del exterior, pero también pueden reducir la sensación térmica o aumentarla ya que hay algunas que cuentan con tecnologías aislantes y otras que ayudan a almacenar el calor. Los sistemas aislantes en este tipo de lonas contienen una especie de capa que reflejan la luz por fuera evitando que el calor penetre hasta la estancia. (HunterDouglas, 2022)

Este tipo de lonas también son perfectas para sitios ruidosos donde la contaminación sónica es más que notable, hoy en día la mayoría de estas, están hechas con materiales aislantes como el poliéster y el acrílico y en su mayoría con PVC. (HunterDouglas, 2022)

El cloruro de polivinilo (PVC) se convirtió en un factor importante en la fabricación comercial de productos flexibles, sustituyendo al caucho, el cuero y la celulosa en muchas áreas. A medida que se desarrolló la tecnología de procesamiento, el PVC no plastificado comenzó a expandirse para sustituir al metal, el vidrio y la madera, una tendencia que continúa y que ahora consume la mayor parte del uso del PVC. La aceptación de éste se

## Aplicación de PVC por aspersión

basa en su relación rendimiento-costo. Una amplia gama de propiedades útiles, como la estabilidad, la resistencia a la intemperie, la inercia a muchos medios y la resistencia inherente a las llamas y a los microbios, están disponibles, con una formulación adecuada. (GROSSMAN, 2008)

Estructuralmente, el PVC es un polímero vinílico, es similar al polietileno, es producido por medio de una polimerización por radicales libres del cloruro de vinilo. Tiene una elevada resistencia a la abrasión, junto con una baja densidad, buena resistencia mecánica y al impacto, lo que lo hace común e ideal para la edificación y construcción. Al utilizar aditivos tales como estabilizantes, plastificantes entre otros, el PVC puede transformarse en un material rígido o flexible, característica que le permite ser usado en un gran número de aplicaciones. Es un material altamente resistente, los productos de PVC pueden durar hasta más de sesenta años como se comprueba en aplicaciones tales como tuberías para conducción de agua potable y sanitarios; de acuerdo al estado de las instalaciones se espera una prolongada duración del PVC, así como ocurre con los marcos de puertas y ventanas, no se quema con facilidad ni arde por sí solo y cesa de arder una vez que la fuente de calor se ha retirado; es un buen aislante eléctrico, se vuelve flexible y moldeable sin necesidad de someterlo a altas temperaturas (basta unos segundos expuestos a una llama) y mantiene la forma dada y propiedades una vez enfriado a temperatura ambiente, lo cual facilita su modificación. (Tecnología de los Plásticos, 2011)

Las resinas de PVC se pueden producir mediante cuatro procesos diferentes: Suspensión, emulsión, masa y solución:

Con el proceso de suspensión se obtienen homopolímeros y copolímeros y es el más empleado, correspondiéndole cinco octavas partes del mercado total. (Tecnología de los Plásticos, 2011)

Con el proceso de emulsión se obtienen las resinas de pasta o dispersión, las que se utilizan para la formulación de plastisoles, las resinas de pasta pueden ser homopolímeros o copolímeros; también se producen látices. La resina resultante no es tan clara ni tiene tan buena estabilidad como la de suspensión, pero tampoco sus aplicaciones requieren estas características; el mercado de esta resina es de dos octavos del total de la producción mundial. (Tecnología de los Plásticos, 2011)

## Aplicación de PVC por aspersión

La producción de resina de masa se caracteriza por ser de “proceso continuo”, donde sólo se emplean catalizador y agua, en ausencia de agentes de suspensión y emulsificantes, lo que da por resultado una resina con buena estabilidad. El control del proceso es muy crítico y por consiguiente la calidad variable; su mercado va en incremento, contando en la actualidad con un octavo del mercado mundial total. (Tecnología de los Plásticos, 2011)

La polimerización de las resinas tipo solución se lleva a cabo precisamente en solución, y a partir de este método se producen resinas de muy alta calidad para ciertas especialidades. Por lo mismo, su volumen de mercado es bajo. (Tecnología de los Plásticos, 2011)

Estos compuestos de PVC se calandran, se extruyen, se moldean mediante diversas técnicas, se recubren y se funden; en estas aplicaciones, el procesamiento comienza con un paso de mezcla en el que los aditivos se mezclan con la resina de PVC, el resultado puede ser una mezcla más o menos seca, un plastisol, un organosol, un látex mezclado o una solución. (GROSSMAN, 2008)

### **Calandrado:**

A partir de este proceso se elaboran principalmente películas y láminas, flexibles y rígidas, transparentes y opacas, espumadas o no, encogibles y orientadas, con y sin carga, con y sin pigmento, etc, en grandes volúmenes, empleando principalmente resinas de suspensión, homopolímero o copolímeros. (Tecnología de los Plásticos, 2011)

El proceso en sí consiste en hacer pasar el compuesto de PVC por un juego de tres o más rodillos de considerable dimensión, alimentándose el compuesto previamente molinado, para que por rotación y compresión se forme la película o lámina, según el espesor deseado.

### **Extrusión:**

El equipo consiste en un tornillo sinfín dentro de un barril, en cuyo extremo se encuentra un dado que da forma a un sin número de perfiles rígidos y flexibles, tales como cintas, cordones, mangueras, tubos rígidos, perfiles rígidos para ventanas, puertas, cancelería, etc. En este equipo también se obtienen mediante un dado plano películas y láminas

## Aplicación de PVC por aspersión

similares a las obtenidas por calandrado, aunque en dimensiones y volumen de producción menor. En este proceso se emplean exclusivamente resinas de suspensión homopolímeros y copolímeros. (Tecnología de los Plásticos, 2011)

### **Recubrimiento:**

A través de un par de rodillos se hace pasar el soporte, que puede ser papel o tela de varias calidades; en él se vierte el plastisol, cuyo espesor es regulado por los rodillos o por cuchillas. El soporte recubierto se hace pasar a través de un horno horizontal eléctrico o de flama, donde se lleva a cabo el proceso de curación. Mediante un proceso similar, pero usando papel siliconado y el soporte seleccionado, se puede producir el recubrimiento espumado para tapicería de muebles y automotriz. (Tecnología de los Plásticos, 2011)

### **Inmersión:**

El molde caliente se sumerge en el plastisol, el cual se adhiere al molde y por efecto de la temperatura toma la forma del objeto deseado. Posteriormente se aplica más temperatura para el curado final. Los productos típicos de este proceso son los guantes y las parrillas para secado de loza. (Tecnología de los Plásticos, 2011)

En PLASTEXTIL, se aplican dos de estos procesos explicados anteriormente, Extrusión, para el cual se hace uso de la resina de PVC obtenida por suspensión; y Recubrimiento, para el cual se hace uso de la resina de PVC obtenida por emulsión. Para el desarrollo de este proyecto nos enfocaremos en el proceso de recubrimiento, con el objetivo de obtener mejores propiedades mecánicas para el producto final, haciendo uso de resinas tipo emulsión para la obtención de plastisoles, buscando realizar su aplicación por medio de aspersión, proceso de aplicación poco aplicado en la industria.

La aplicación por aspersión de plastisoles, se realiza mediante pistolas similares a las usadas en la aplicación de pinturas, como películas protectoras de metal, para esto se hace uso de dos tipos principales de equipo rociador, rociador sin aire, el cual da un roció muy rápido cubriendo superficies grandes con una cantidad mínima de producto y rociador con aire; este tipo de rociador es comúnmente usado, utiliza aire comprimido para ejecutar dos funciones principales, atomizar el recubrimiento en la tobera de la pistola y suministrar recubrimiento bajo presión del tanque de abastecimiento, bomba o taza a la tobera de la pistola; este tipo de sistema es el más adaptable de todos los equipos de

rociamiento, el cual permite una selección de patrones con variación de la atomización y humedad del acabado. (Sika, 2019)

### **Selección de la boquilla:**

La boquilla determina la cantidad de producto aplicado, uniformidad y cobertura, una mala selección de esta puede causar que se aplique una cantidad excesiva o deficiencia de producto, cualquiera de los dos casos representa mayores costos debido a que se necesitara más producto o una nueva aplicación. (Amerquip, 2021)

Existe una gran diversidad de boquillas en el mercado y la selección de una u otra, dependerá de la operación en específico que se quiera realizar. Cada boquilla ha sido diseñada en base al producto que se aplica, el momento de aplicación y al cómo se aplica.

Existen tres tipos fundamentales que a continuación se describen:

- **Abanico plano:**

Como su nombre lo indica, el líquido expedido por esta boquilla tiene forma de abanico con una concentración de gotas hacia el centro en relación a los extremos; por lo cual al momento de realizar la aplicación será necesario cierto solapamiento para lograr uniformidad. De esta manera, las aspersiones de dos boquillas vecinas se solapan logrando una aplicación uniforme. No precisan de una alta presión, en general va de 1.5-4 kg/cm<sup>2</sup>. Debido a la particularidad de estas boquillas de concentrar el líquido hacia el centro, la altura de la barra de la pulverizadora cobra especial importancia al momento de regular la máquina. Una altura demasiado baja generará que el solapamiento disminuya y las áreas entre las boquillas no se cubran correctamente, generando diferencias de concentraciones. Algo similar ocurre cuando la barra se encuentra muy alta, el solapamiento aumenta demasiado, generando áreas con mayor concentración que otras.

- **Cono hueco:**

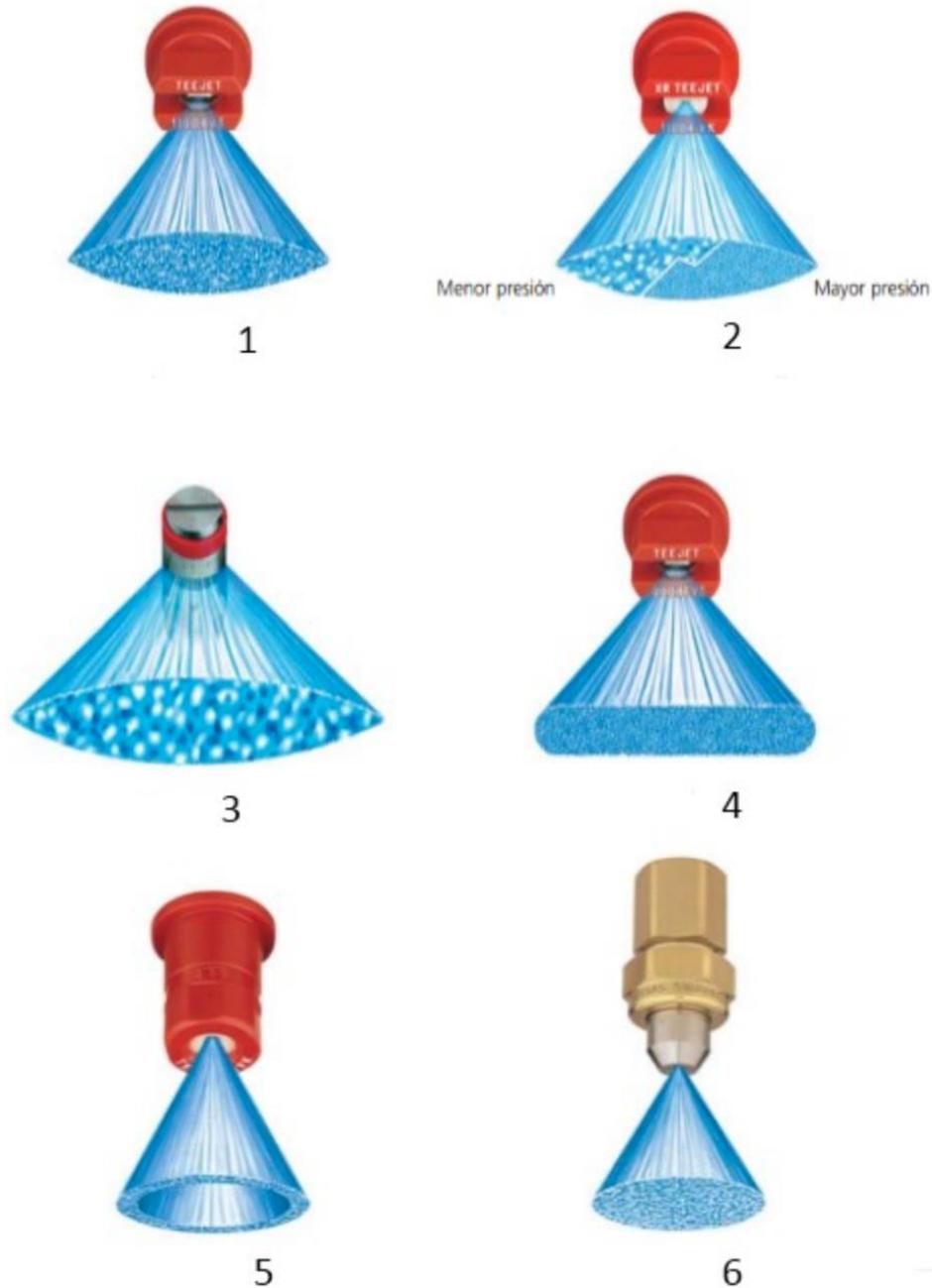
Este tipo de boquilla forma un patrón circular en forma de anillo para pulverizaciones dirigidas, este patrón garantiza una cobertura total debido a una aspersión finamente atomizada, producen gotas medianas y pequeñas.

## Aplicación de PVC por aspersión

- **Cono lleno:**

Esta boquilla crea un patrón circular lleno completamente de gotas y es utilizada para aplicaciones especiales. Produce gotas más gruesas que las de cono hueco.

**Ilustración 1.** *Tipos de aspersión de diferentes boquillas*



### 3. Metodología

- Revisión antecedentes

Abordar y revisar ideas propuestas con anterioridad en la empresa, con el fin de estudiar y entender la viabilidad de éstas para obtener lonas Blackout livianas.

- Investigación y búsqueda bibliográfica:

Abordar los conceptos técnicos básicos del PVC; características, propiedades, aplicaciones, obtención y procesamiento; al igual que el método de aspersión, tipos de boquillas y aplicación en otras industrias.

- Establecer metodología inicial para la aplicación de plastisol por medio de boquilla a nivel de laboratorio:

Acompañar al área de mantenimiento en el montaje a nivel de laboratorio del aplicador tipo spray o boquilla. Establecer parámetros de medición y procedimiento de aplicación.

- Ejecución de pruebas en laboratorio:

Ejecutar aplicaciones realizando modificaciones a las variables, con el fin de obtener curvas que permitan establecer relaciones entre dichas variables; siendo posible en el proceso modificar presiones, caudales, viscosidades y posición de boquilla.

- Evaluación de resultados:

Realizar un análisis de los resultados obtenidos y evaluar la posibilidad de realizar pruebas piloto en planta en pequeña escala, estableciendo metodologías y formulaciones.

- Elaboración de informes y conclusiones:

Elaborar informes de los resultados obtenidos durante la investigación y puesta en práctica del proyecto y extraer conclusiones que validen la viabilidad del proyecto a gran escala para dar continuidad.

#### 4. Resultados y Análisis de resultados

##### BOQUILLA

El proceso de aspersión para líquidos viscosos como un plastisol, resulta ser un proceso poco usado e investigado, esto debido a que este se usa generalmente en líquidos poco viscosos, buscando que el orificio de la boquilla o pistola usada logre aplicar todo el producto de forma correcta. Debido a la poca información encontrada, se realizarán varios ensayos con la boquilla comprada por la empresa, una boquilla BETE ¼ XA EF 250 recomendada por el proveedor (ACODINSA), la cual cuenta con la siguiente información técnica:

**Figura 1.** *Boquilla BETE 1/4 XA EF 250*

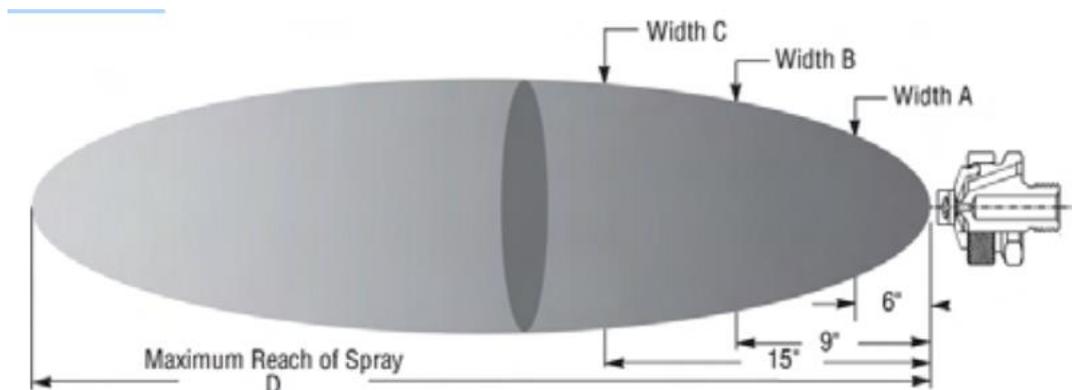


##### CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO:

- Mezcla externa: permite la pulverización de materiales viscosos
- Ángulo de pulverización moderado (60°- 90°)
- Dosificación precisa del caudal de líquido
- Atomización variable

**CAUDALES Y DIMENSIONES DE LA CONFIGURACIÓN XA EF:**

**Figura 2.** Ficha técnica boquilla BETE 1/4 XA EF 250



<b>XA EF Set-up Flow Rates and Dimensions</b>																							
<i>Pressure-fed, External Mix, Flat Fan Spray Pattern, 1/8" and 1/4" Pipe Sizes</i>																							
Pipe Size	Spray Set-up Number	Fluid and Air Cap Numbers	3 PSI Liquid			5 PSI Liquid			10 PSI Liquid			20 PSI Liquid			40 PSI Liquid			Spray Dimensions					
			PSI air	GPH	SCFM	PSI air	GPH	SCFM	PSI air	GPH	SCFM	PSI air	GPH	SCFM	PSI air	GPH	SCFM	PSI air	GPH	SCFM	PSI liquid	"A" in.	"B" in.
EF 250	Fluid Cap FC3 & Air Cap AC1001		6		0.9	6		0.9	6		0.9	10		1.2	20		1.9	8	5	14	19	24	5'0
			7		1.0	8		1.0	8		1.0	12		1.4	25		2.2	8	10	14	19	25	6'0
			2.3			3.0			4.2			5.9			8.4			15	20	16	20	26	7'0
			8		1.0	9		1.1	10		1.2	15		1.6	30		2.5	20	20	17	21	26	8'0
			10		1.2	10		1.2	12		1.4	20		1.9	35		2.8	25	30	16	20	27	9'0
																							10'0

**UBICACIÓN DE LAS BOQUILLAS:**

Se propone ubicar las boquillas al inicio de la rama recubridora, previo a la entrada del horno. A pesar de que el ancho máximo se logra con una altura (distancia respecto a la lona) de 15 pulgadas, se plantea el diseño a una altura de 13.8 pulgadas recomendada por el proveedor, buscando obtener un buen ancho, pero al mismo tiempo mejor cobertura en el ancho de la superficie

Teniendo en cuenta la ficha técnica de la boquilla recomendada, y siguiendo la proporción del espectro de aplicación parabólico; para una altura de 13.8 pulgadas se logra un ancho de 25.7 pulgadas. Con este valor es posible calcular cuántas boquillas son necesarias para cubrir un ancho de 1.50 metros y 2.05 metros, estándares ya establecidos para las lonas.

$$\text{Diametro de cubrimiento boquilla} = 25.7 \text{ in} = 0.6 \text{ m}$$

**Lona de 1.50 m:**

$$\text{Numero de boquillas} = \frac{1.50 \text{ m}}{0.6 \text{ m}} \text{ Ecuación 1}$$

$$\text{Numero de boquillas} = 2.3$$

## Aplicación de PVC por aspersión

El número de boquillas necesarias se aproximan a 3

**Lona de 2.05 m:**

$$\text{Numero de boquillas} = \frac{2.05 \text{ m}}{0.6 \text{ m}} \text{ Ecuación 2}$$

$$\text{Numero de boquillas} = 3.14$$

El número de boquillas necesarias se aproximan a 4

A continuación, se presenta un diagrama del montaje usado en el presente y el propuesto en el proyecto, en este último la ubicación de las boquillas permanecería fija y sería necesario modificar la ubicación de la lona de acuerdo a su ancho para lograr la correcta aplicación.

**Ilustración 2.** *Proceso de recubrimiento usado en PLASTEXTIL actualmente.*



**Ilustración 3.** Montaje sugerido con 3 boquillas para una lona de 1.50 m



**Pruebas de aplicación con boquilla**

**a. PRIMER ENSAYO BOQUILLA:**

Se realizó un primer ensayo con el fin de conocer el funcionamiento de la boquilla y observar y entender los factores que se deben tener en cuenta, para esto se tomó una muestra de plastisol de color negro obtenido del proceso productivo que presentaba el comportamiento reológico descrito a continuación

**Tabla 1.** Comportamiento reológico plastisol ensayo #1

Velocidad [RPM]	Viscosidad [Cp]
0.5	92000
1	88000
2	46000
2.5	38000
4	26000
5	21000
10	12100
20	8050
50	4780
100	3330

## Aplicación de PVC por aspersión

Dado que la viscosidad es dependiente de la temperatura y al ser un fluido no newtoniano, varía también con el esfuerzo; se agita el plastisol para disminuir su viscosidad, obteniendo un valor de 2180 cP a 20 rpm.

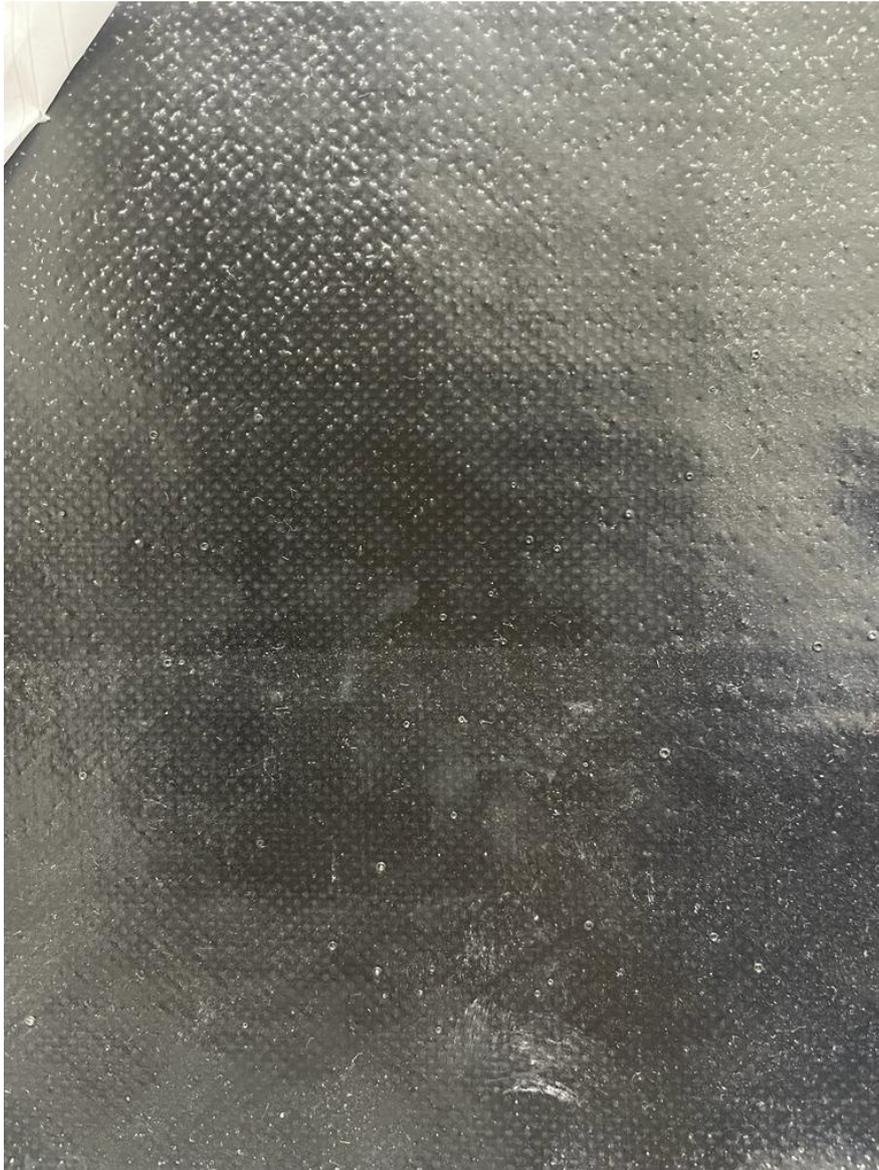
Este ensayo se lleva a cabo en las instalaciones de producción con el uso de una bomba centrífuga:

- Primera prueba:  
Se ubica la presión de la bomba en 50 psi y la presión del aire en 10 psi, pero se observa que la boquilla cubre un radio muy pequeño menor al esperado.
- Segunda prueba:  
Se ubico la presión de la bomba en 50 psi y la presión del aire en 50 psi, se cambió el ángulo de aspersión de la boquilla y se observa que esta logra cubrir un poco mejor el radio de aspersión.

### **Resultados:**

La aplicación no es uniforme, es posible apreciar espacios sin cubrimiento, indicando así que la presión del aire en esta aplicación es alta; teniendo en cuenta que, a menores presiones, se obtienen aplicaciones más compactas y homogéneas pero con un menor diámetro aplicado.

**Ilustración 4.** *Resultados boquilla ensayo #1*



Se propone entonces repetir el ensayo para evaluar factibilidad en un montaje de laboratorio, para permitir mayor independencia y continuidad a las pruebas, facilitando además la obtención de curvas dependientes de flujo, presión de aire, entre otros parámetros.

**b. SEGUNDO ENSAYO BOQUILLA:**

Para este ensayo se hace uso de una bomba peristáltica, la cual no requiere flujo de aire para su operación, esta es un tipo de bomba hidráulica de desplazamiento positivo usada para bombear una gran variedad de fluidos; el fluido es contenido dentro de un tubo

## Aplicación de PVC por aspersión

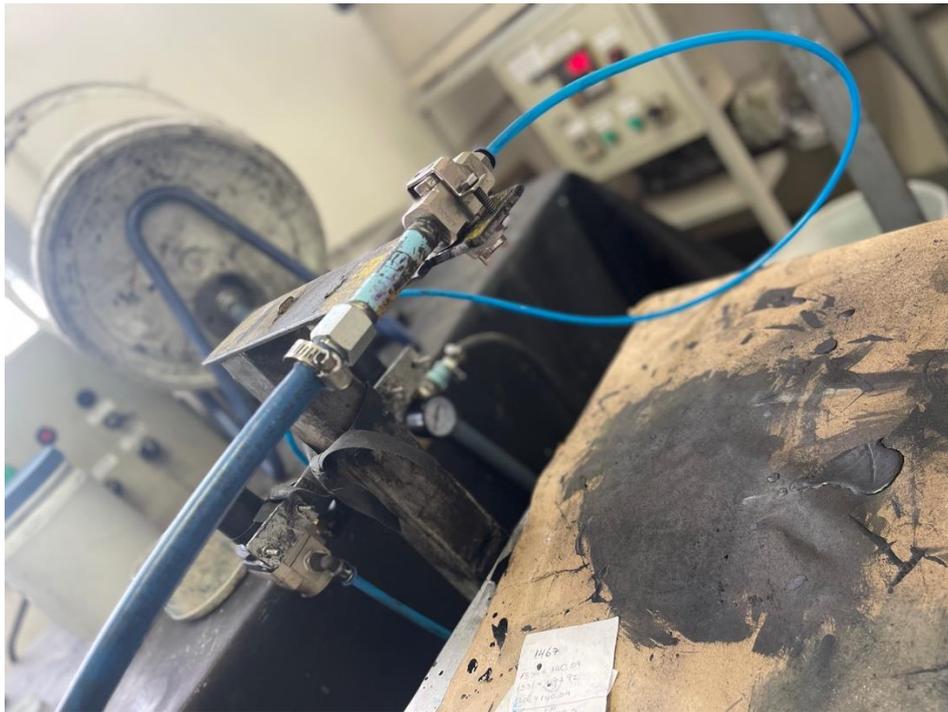
flexible empotrado dentro de una cubierta circular de la bomba, un rotor con un número de rodillos unidos a la circunferencia externa comprime el tubo flexible, mientras que el rotor da vuelta, la parte del tubo bajo compresión se cierra forzando, de esta manera, el fluido a ser bombeado para moverse a través del tubo. Esta bomba eléctrica se encuentra conectada a un recipiente plástico adaptados que suministra el plastisol por gravedad a través de una manguera de nylon, la variación del flujo para obtener la apariencia adecuada se hace por medio de sus revoluciones.

La boquilla es alimentada por el flujo de salida de la bomba por medio de una manguera de mayor rigidez y menor diámetro para lograr su acople y a su vez por una línea de aire comprimido que será regulado por medio de un manómetro.

**Ilustración 5.** *Bomba peristáltica usada en los ensayos de la boquilla*



**Ilustración 6.** *Montaje de boquillas a nivel de laboratorio*



Para llevar a cabo este experimento, se toma un plastisol negro de proceso ya preparado, y se agita para modificar su reología en reposo.

**Tabla 2.** *Propiedades reológicas plastisol usado en los ensayos con boquillas*

Viscosidad [Cp]	
Sin agitación	9440
Con agitación	5280

Para lograr obtener una pasta de menor viscosidad, se agrega 0,8% de Disolvente N°4 (Varsol), con el fin de facilitar el paso de este fluido por la boquilla, para efectos de ensayo.

**Resultados:**

En este ensayo no se obtuvieron resultados favorables, debido a que la boquilla no permitió el paso del plastisol. Este resultado negativo se pudo presentar debido a varios factores, entre ellos, la viscosidad del plastisol, el tipo de manguera de alimentación, potencia de suministro de la bomba, tipo de boquilla etc. Dado que la boquilla, bomba y manguera son los parámetros de más difícil modificación, se intervendrá inicialmente únicamente la viscosidad del plastisol para evaluar la incidencia de este primer parámetro.

**c. TERCER ENSAYO BOQUILLA**

Se modifica la viscosidad agregando 3,7% de Disolvente N°4, de acuerdo con la siguiente relación:

**Tabla 3.** *Propiedades reológicas del plastisol con Varsol agregado*

Viscosidad inicial [cp]	4120
Peso pastal total [kg]	16.7
Peso de Varsol agregado [kg]	0.62
Viscosidad final [cp]	1420

Las propiedades del ensayo se especifican de la siguiente forma:

**Tabla 4.** *Propiedades del ensayo con boquillas a nivel de laboratorio*

Velocidad bomba [Hz]	50
Presión aire [psi]	5
Altura boquilla [cm]	60
La boquilla se ubica perpendicular a la línea	

Se realiza el ensayo a diferentes velocidades. Debido a que este fue un procedimiento realizado con arrastre manual del material, se tomó el tiempo en que se retiraba la lona; buscando obtener muestras a diferentes velocidades y así evaluar opacidad del producto, que es en sí la propiedad más importante de un Blackout. Para verificar el bloqueo de luz, se hace uso de una lámpara incandescente de 60 W en un cuarto oscuro.

Para las pruebas realizadas se tomaron muestras de lonas de 50 m de longitud y se tomó el tiempo en cubrir cada una de estas; el objetivo es lograr una capa de PVC inferior a 150 g/m<sup>2</sup>, correspondiente a una película de 110 – 120 micras con una densidad de 1.3 g/cc.

El peso inicial de la lona es de  $660 \frac{g}{m^2}$ .

- Prueba #1: tercer ensayo boquilla:

**Tabla 5.** *Resultados obtenidos en la prueba #1*

Primera prueba	
Velocidad [cm/s]	0.694
Peso [g/m <sup>2</sup> ]	1095
Calibre [μm]	950

## Aplicación de PVC por aspersión

### Resultados:

El producto final obtenido cubre de forma deseada la lona, la opacidad es completa, pero se observa un exceso de pasta y un peso y calibre muy superior al deseado. Esta prueba no fue favorable debido a que el gramaje de la capa Blackout aplicada es de  $435 \frac{g}{m^2}$ , muy por encima del objetivo establecido.

**Ilustración 7.** *Lona obtenida en la prueba #1*



**Ilustración 8.** *Lona obtenida en la prueba #1*



## Aplicación de PVC por aspersión

- Prueba #2: tercer ensayo boquilla:

**Tabla 6.** Resultados obtenidos en la prueba #2

Segunda prueba	
Velocidad [cm/s]	1.43
Peso [g/m <sup>2</sup> ]	830
Calibre [μm]	700

### Resultados:

Se puede observar que el producto final tiene la opacidad deseada, cubriendo de forma adecuada y sin permitir el paso de la luz. En las imágenes adjuntas a continuación se puede observar un paso de luz mínimo en las esquinas, esto se debe a que al ser un procedimiento manual no se logró aplicar de forma uniforme la pasta para todo el radio deseado.

En esta prueba el gramaje aplicado en la capa Blackout fue de  $170 \frac{g}{m^2}$ , un peso superior al objetivo establecido, pero considerado aceptable, teniendo en cuenta el tamaño de la muestra y el proceso de aplicación no controlado.

**Ilustración 9.** Lona obtenida en la prueba #2



**Ilustración 10.** Lona obtenida en la prueba #2



- Prueba #3: tercer ensayo boquillas:

**Tabla 7.** Resultados obtenidos en la prueba #3

Tercera prueba	
Velocidad [cm/s]	1.78
Peso [g/m <sup>2</sup> ]	780
Calibre [μm]	680

**Resultados:**

La lona obtenida en el resultado final no fue la deseada, debido a que, a pesar de que cumple con el peso objetivo establecido, aplicando tan solo  $120 \frac{g}{m^2}$  la película aplicada no cubre de manera adecuada el paso de luz, por el contrario, su opacidad es mínima.

**Ilustración 11.** *Lona obtenida en la prueba #3*



**Ilustración 12.** *Lona obtenida en la prueba #3*



#### **d. CUARTO ENSAYO BOQUILLAS**

Con los resultados obtenidos en el último ensayo, se evidencia la incidencia de las diferentes variables del proceso:

- La altura a la que se encuentra la boquilla
- La viscosidad de la pasta/plastisol
- La velocidad de aplicación
- La frecuencia de la bomba
- La presión del aire
- Frecuencia de la bomba

Se plantea mantener fija la altura de la boquilla, dadas las recomendaciones del proveedor, y se busca establecer curvas de flujo de salida sin presión de aire aplicada y manteniendo como constante la viscosidad del plastisol de acuerdo con el estándar de Plastextil para este producto. Esto se logra aumentando o disminuyendo la frecuencia de la bomba, tomando el flujo con apoyo de un cronómetro y una balanza analítica.

#### **Resultados:**

A pesar de la preferencia por mantener la misma formulación, se encuentra que con esta viscosidad se hace imposible la aplicación por boquilla, al menos por la boquilla existente, ya que el orificio de salida se obstruye fácilmente; dejando como opciones, la modificación de formulación o el cambio de boquilla, siendo ésta última una variable menos inmediata.

**Ilustración 13.** *Boquilla BETE 1/4 XA EF 250*



- ***Viscosidad de la pasta***

La viscosidad de un plastisol está sujeta a la formulación y naturaleza de sus componentes: Resina de PVC, plastificante, carbonato de calcio, estabilizante termico entre otros; cada uno de estos cumple un papel importante en la formulación

El Carbonato de Calcio es ampliamente usado como carga en muchas formulaciones de PVC, ya que además de disminuir costos de formulación, otorga mayor resistencia al impacto y la abrasión, y en este caso específico otorga opacidad a la película. Es importante aclarar que mayores cantidades de este componente también resultan perjudiciales para la apariencia, rigidez, propiedades mecánicas del producto y viscosidad del plastisol.

**Propuesta 1:** Adición de modificador reológico:

Con el fin de disminuir la viscosidad del plastisol sin afectar sus propiedades, se evalúa un depresor de viscosidad de hidrocarburos alifáticos y volatilidad media para plastisoles en 3 diferentes proporciones - 2.5%, 5% y 7.5% con base en la resina - de acuerdo a las recomendaciones de ficha técnica, de las cuáles obtendremos curvas de viscosidad iniciales.

## Aplicación de PVC por aspersión

*Condiciones del Ensayo:*

- Temperatura: NA
- Tiempo: NA
- Velocidad de agitación: Máxima en Cowles

### **Formulación 1: Sin depresor**

**Tabla 8.** *Formulación #1*

<b>Materia Prima</b>	<b>Dosificación [PHR]</b>
Resina emulsión	100
Plastificante	50-60
Carbonato de calcio	50-60
Estabilizante térmico	0.2-1.2
Depresor de viscosidad	0

### **Formulación 2: 2.5%**

**Tabla 9.** *Formulación #2*

<b>Materia Prima</b>	<b>Dosificación [PHR]</b>
Resina emulsión	100
Plastificante	50-60
Carbonato de calcio	50-60
Estabilizante térmico	0.2-1.2
Depresor de viscosidad	2.0-3.0

### **Formulación 3: 5%**

**Tabla 10.** *Formulación #3*

<b>Materia Prima</b>	<b>Dosificación [PHR]</b>
Resina emulsión	100
Plastificante	50-60
Carbonato de calcio	50-60
Estabilizante térmico	0.2-1.2
Depresor de viscosidad	2.5-7.5

**Formulación 4: 7.5%**

**Tabla 11.** *Formulación #4*

<b>Materia Prima</b>	<b>Dosificación [PHR]</b>
Resina emulsión	100
Plastificante	50-60
Carbonato de calcio	50-60
Estabilizante térmico	0.2-1.2
Depresor de viscosidad	5.0-10

Se parte del plastisol preparado con la formulación 1 descrita anteriormente sin agregar el depresor, y se realiza una curva de viscosidad para conocer su comportamiento inicial.

**Formulación 2:**

Se prepara nuevamente el plastisol base, incluyendo el aditivo correspondiente a un 2.5% del total de la resina y llevando a agitación con velocidad máxima en dispersor tipo cowles hasta observar una mezcla homogénea, posterior a ello se realiza curva de viscosidad de esta nueva pasta.

**Formulación 3:**

Se repite el procedimiento indicado anteriormente, incrementando la cantidad de aditivo a un 5% (base resina). Nuevamente se toma curva de viscosidad a modo comparativo.

**Formulación 4:**

Adición de un 7.5% del aditivo reológico, con el que se busca llegar al punto máximo recomendado para dicha materia prima, logrando un espectro de acción completo. Durante la agitación se evidencia la disminución significativa de viscosidad respecto al estándar, se realiza la curva de viscosidad, teniendo en cuenta el cambio de aguja de lectura del equipo para valores más precisos.

## Aplicación de PVC por aspersión

### Resultados:

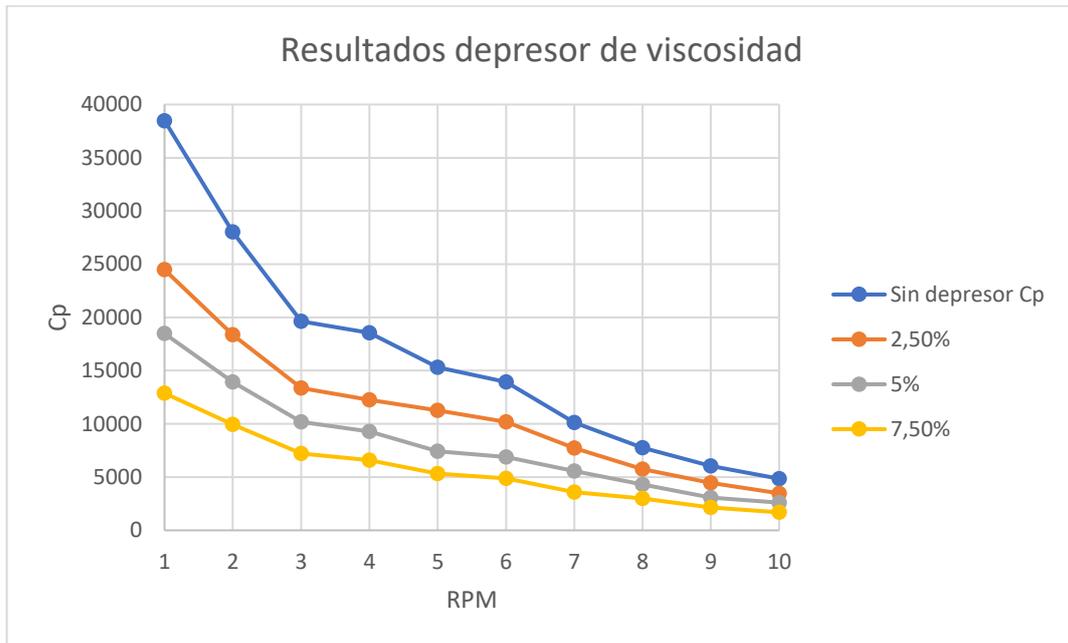
Las curvas de viscosidad obtenidas para cada formulación se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 12.** *Resultados de viscosidad obtenidos*

<b>RESULTADOS DEPRESOR DE VISCOSIDAD</b>				
	<b>Sin depresor</b>	<b>2.5%</b>	<b>5%</b>	<b>7.5%</b>
<b>RPM</b>	<b>Cp</b>	<b>Cp</b>	<b>Cp</b>	<b>Cp</b>
<b>0,5</b>	38480	24480	18480	12880
<b>1</b>	28040	18360	13920	9960
<b>2</b>	19640	13360	10180	7220
<b>2,5</b>	18560	12260	9280	6592
<b>4</b>	15300	11250	7420	5320
<b>5</b>	13920	10200	6880	4864
<b>10</b>	10140	7740	5580	3584
<b>20</b>	7750	5750	4300	2980
<b>50</b>	6060	4460	3068	2150
<b>100</b>	4850	3480	2600	1690

Los resultados obtenidos se grafican a continuación con el fin de ilustrar claramente cómo la viscosidad del plastisol disminuye proporcionalmente a la cantidad de aditivo agregada

**Figura 3.** Resultados de viscosidad obtenidos



En los resultados obtenidos anteriormente, se puede observar que el depresor de viscosidad evaluado cumple con el objetivo propuesto, disminuyendo la viscosidad del plastisol a medida que la cantidad adicionada de este va aumentando; en el proceso de evaluación no se observa que la pasta presente ningún tipo de inconformidad ni novedad. Teniendo en cuenta además como punto a favor, que la curva de viscosidad disminuye su pendiente, indicando que su afectación por el esfuerzo o velocidad de corte, al ser un fluido no newtoniano, es menor.

**Propuesta 2:** Dispersión pigmentaria (empastado) negro en capa Black Out

Se identifica el concentrado negro usado en la formulación como otro de los componentes que influye en la viscosidad de la formulación.

Una dispersión pigmentaria es una preparación compuesta por pigmento en polvo un vehículo líquido para la dispersión carga y dispersante. Dado que la compañía cuenta con varias referencias de negro: Dispersiones pigmentarias con negro de humo, negro óxido e incluso combinaciones entre ambos pigmentos; se plantea la modificación del negro de humo, que siempre se ha considerado de mayor opacidad, pero otorga mayor viscosidad al plastisol; por una combinación 80% negro humo y 20% negro óxido; con esta nueva

## Aplicación de PVC por aspersión

formulación se validará tanto el impacto en la viscosidad como en la opacidad de la película

### Formulación estándar:

**Tabla 13.** *Formulación estándar usada en lonas Blackout*

<b>Código</b>	<b>Estándar [PHR]</b>
Resina emulsión	100
Plastificante	60-70
Estabilizante térmico	0.2-1.2
Carbonato de calcio	10-20
Concentrado pigmento #1	8.0-10
Concentrado pigmento #2	0
Varsol	0

### Formulación 1:

**Tabla 14.** *Formulación #1 con pigmento #2*

<b>Código</b>	<b>Estándar [PHR]</b>
Resina emulsión	100
Plastificante	60-70
Estabilizante térmico	0.2-1.2
Carbonato de calcio	25-35
Concentrado pigmento #1	0
Concentrado pigmento #2	8.0-10
Varsol	0

### Formulación 2:

**Tabla 15.** *Formulación #2 con 100 R ESO y Varsol*

<b>Código</b>	<b>Estándar [PHR]</b>
Resina emulsión	100
Plastificante	60-70
Estabilizante térmico	1.0-2.0
Carbonato de calcio	25-35
Concentrado pigmento #1	0
Concentrado pigmento #2	8.0-10
Varsol	1.5-2.5

Las curvas de viscosidad obtenidas se muestran a continuación:

**Tabla 16.** Resultados de viscosidad obtenidos

<b>Curva de viscosidad [Cp]</b>			
<b>Velocidad [RPM]</b>	<b>Formulación estándar [Cp]</b>	<b>Formulación 1 [Cp]</b>	<b>Formulación 2 [Cp]</b>
0,5	30000	14800	5000
1	32000	13400	4000
2	25500	11400	4000
2,5	23200	10720	3760
4	17500	9150	3500
5	15000	8520	3400
10	10400	6500	2940
20	7100	4900	2550
50	4720	3530	2040
100	3650	2770	1750

Para evaluar la opacidad de las formulaciones propuestas anteriormente, se hace uso del espectrofotómetro Datacolor, obteniendo para las 3 muestras una opacidad de 100%

Aplicación de PVC por aspersión

*Ilustración 14. Resultados de opacidad obtenidos con la formulación #1*

**LENETA** Date..... Time .....

Formula..... Applicator.....

Batch No. *Propuesta 1*.....

Notes.....

FORM 2A - OPACITY BATCH STANDARD MADE IN USA LENETA COMPANY



Aplicación de PVC por aspersión

*Ilustración 15. Resultados obtenidos con la formulación #2*



## Aplicación de PVC por aspersión

Con los resultados obtenidos, se observa que esta propuesta es viable, debido a que disminuye la viscosidad del plastisol sin afectar la opacidad de éste.

---

### **Otras alternativas propuestas:**

Simultáneamente a las pruebas realizadas con la boquilla, se evaluaron otras propuestas con el objetivo de desarrollar el producto blackout liviano, esta decisión se tomó dadas las dificultades iniciales presentadas con la aplicación por aspersión. Las propuestas llevadas a cabo son:

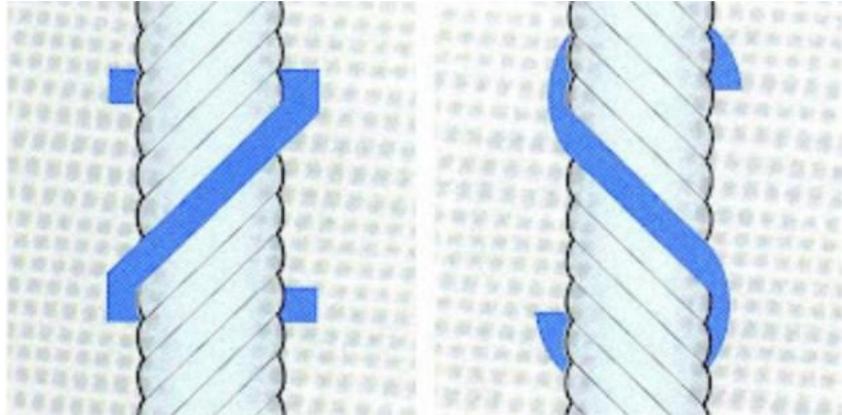
- **TEJIDO PLANO CON FIBRA SIN TORSIÓN:** Modificación de tipo de fibra, manteniendo características de gramaje de filamento, construcción del tejido y número de hilos por pulgada.
- **LONA HIBRIDA BLACKOUT:** Modificación del primer proceso de plastificado, sustituyendo película recubierta por película laminada

### **TELA PLANA**

La primera propuesta consiste en el cambio de hilo, pasando de un hilo calibre 1100 Dtex con torsión a uno del mismo calibre sin torsión; con éste se mantienen las las mismas propiedades mecánicas y el mismo peso de la usada habitualmente (150g/m<sup>2</sup> aprox.), pero al usar hilos sin torsión, se generan espacios más pequeños entre hilo e hilo y con esto se reduce la cantidad de plastisol necesaria para cubrir dicha tela; además de que al poseer una textura más lisa al tacto, no es necesario aplicar mayor cantidad de PVC para lograr un acabado agradable al tacto y vista para el cliente:

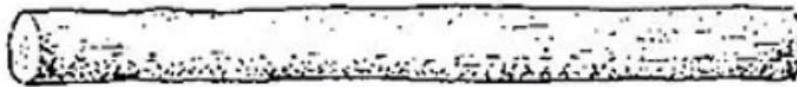
**Hilo con torsión:**

**Ilustración 16.** *Hilos con torsión*



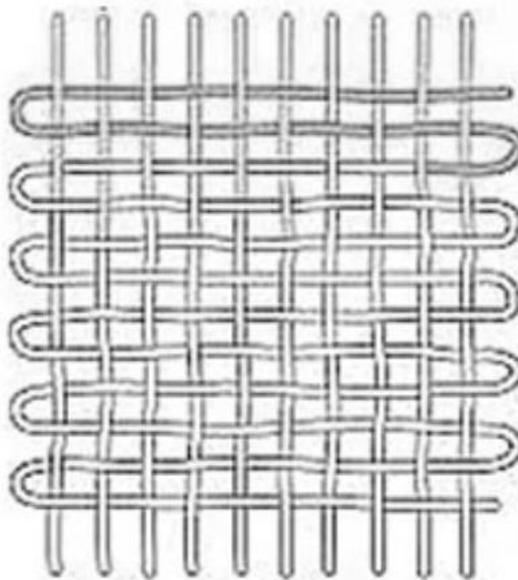
**Hilo sin torsión:**

**Ilustración 17.** *Hilo sin torsión para tela plana*



**Figura 4.** *Diagrama tejido plano*

## Tejido plano



## Aplicación de PVC por aspersión

Para probar esta propuesta, se realiza compra de fibra sin torsión y se teje tela de construcción plana manteniendo el estándar de 16 x 16 hilos por pulgada, con la que se logra un peso de 153 g/m<sup>2</sup>.

El proceso a realizar, implica el paso por dos máquinas: En primera instancia un paso por stork - dipping, en el que se busca llenar completamente los espacios entre los hilos para otorgar impermeabilidad al material; en un segundo proceso se realiza un recubrimiento (capa blackout interna), buscando que la aplicación sea la mínima posible que garantice opacidad total del producto; finalmente, se realiza un tercer recubrimiento sobre la capa blackout para otorgar el acabado final.

### Ensayo # 1 – Tela fibra plana sin torsión

Se selecciona una tela 16 x 16 1100 Dtex; en el primer proceso de stork se toman 571 m, se hace uso de un plastisol de viscosidad 4100 cp y se usan 375,924 kg de este, con el cual se calcula el consumo de plastisol en el ensayo:

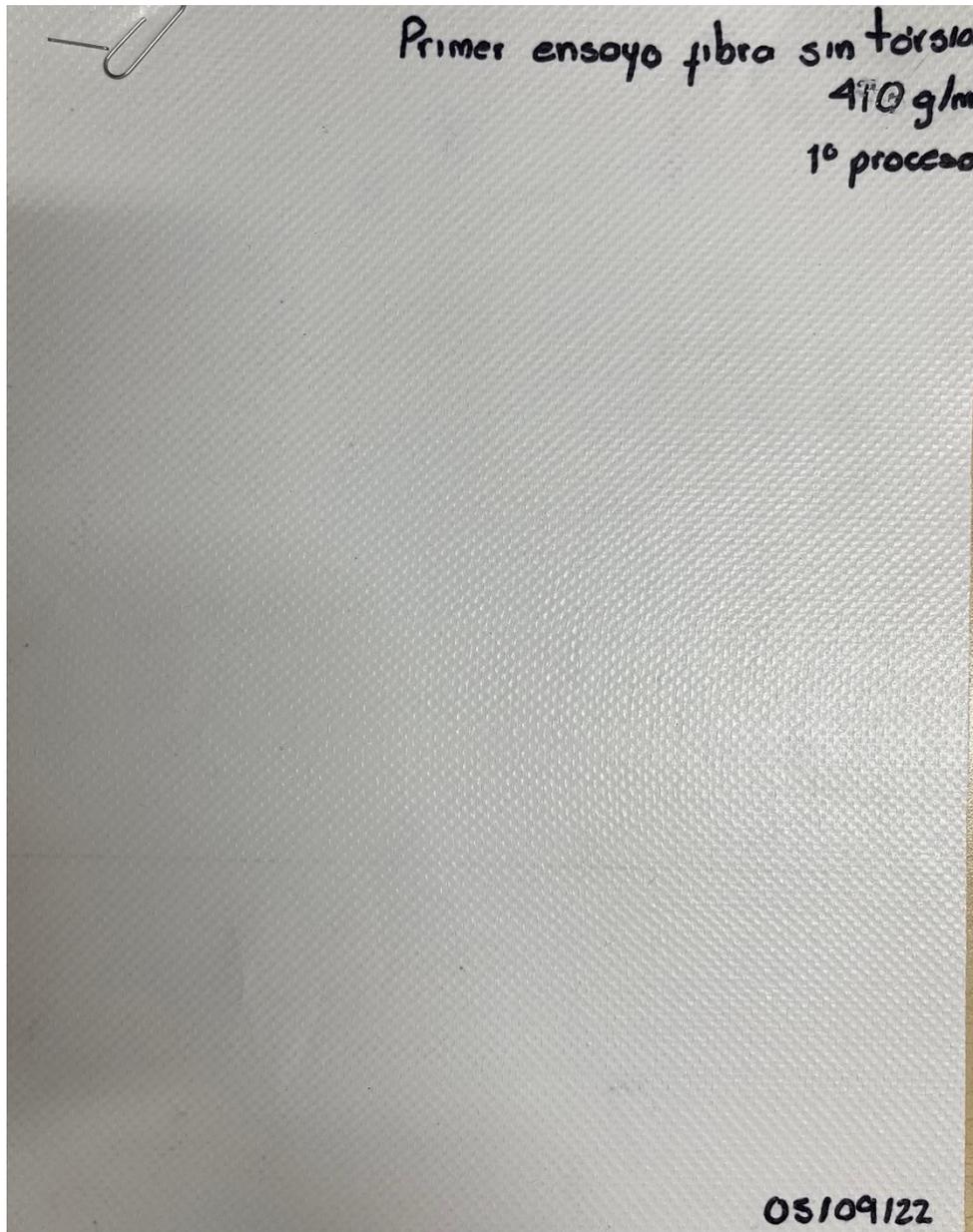
$$\text{Consumo} = \frac{375.924 \text{ Kg}}{571 \text{ m}} = 0.6584 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \text{ Ecuación 3}$$

- Primer proceso ensayo #1 tela fibra plana: Aplicación en stork

**Tabla 17.** Resultados obtenidos primer proceso ensayo #1

Primer proceso	
Peso promedio [g/m <sup>2</sup> ]	410
Calibre promedio [μm]	320

*Ilustración 18. Resultados primer proceso ensayo #1*

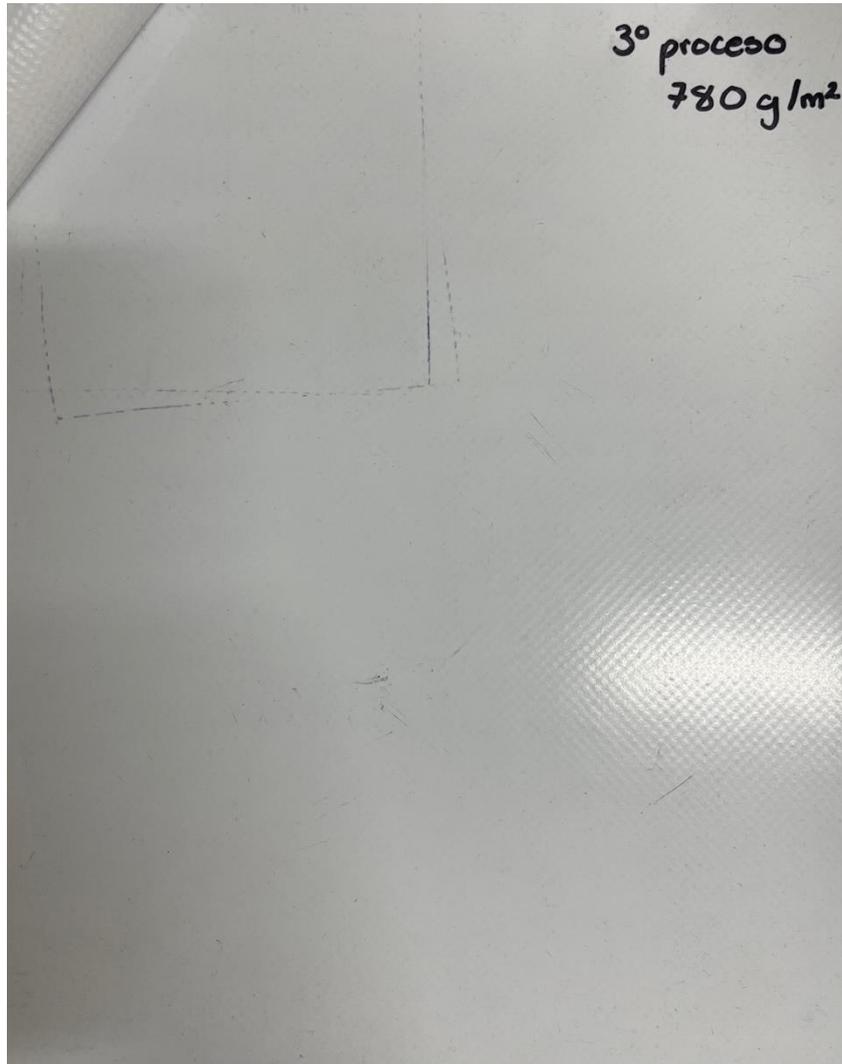


- Segundo proceso ensayo #1 tela fibra plana: Aplicación de capa Blackout
- Tercer proceso ensayo #1 tela fibra plana: Aplicación de última capa (derecho del producto) con acabado

*Tabla 18. Resultados obtenidos segundo y tercer proceso ensayo #2*

Segundo y tercer proceso	
Peso promedio [g/m <sup>2</sup> ]	780
Calibre promedio [μm]	670

*Ilustración 19. Resultados segundo y tercer proceso ensayo #2*



Observaciones:

El peso obtenido supera el esperado, se procede a realizar un segundo ensayo, ajustando condiciones de proceso de acuerdo con las observaciones obtenidas luego de esta primera prueba

**Ensayo # 2 – Tela fibra plana sin torsión**

$$\text{Peso inicial tela} = 153 \frac{g}{m^2}$$

En el primer proceso de stork se toman 120 m, se hace uso de 55 kg de plastisol, con el cual se calcula el rendimiento de este en el ensayo #2:

## Aplicación de PVC por aspersión

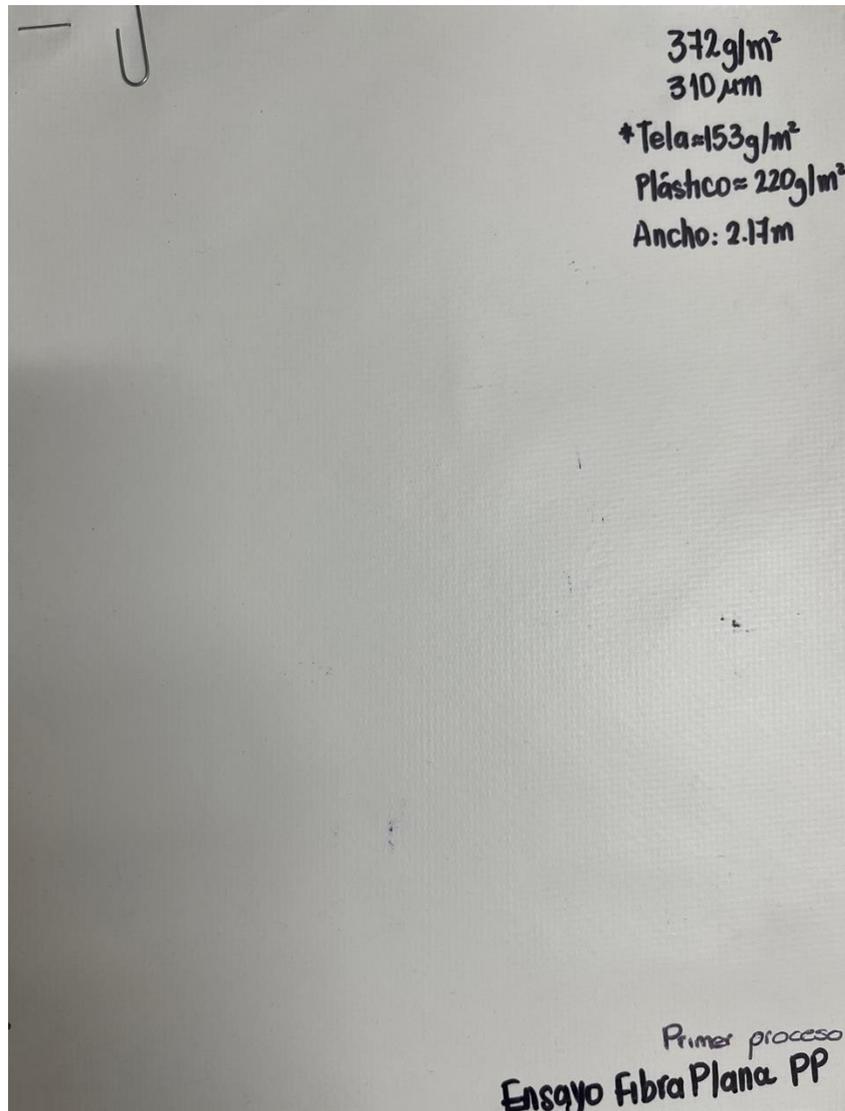
$$\text{Rendimiento} = \frac{55 \text{ Kg}}{120 \text{ m}} = 0.458 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad \text{Ecuación 4}$$

- Primer proceso ensayo #2 tela fibra plana: Aplicación en stork

**Tabla 19.** Resultados obtenidos primer proceso ensayo #2

Primer proceso	
Peso promedio [g/m <sup>2</sup> ]	372
Calibre promedio [μm]	310

**Ilustración 20.** Resultados primer proceso ensayo #2



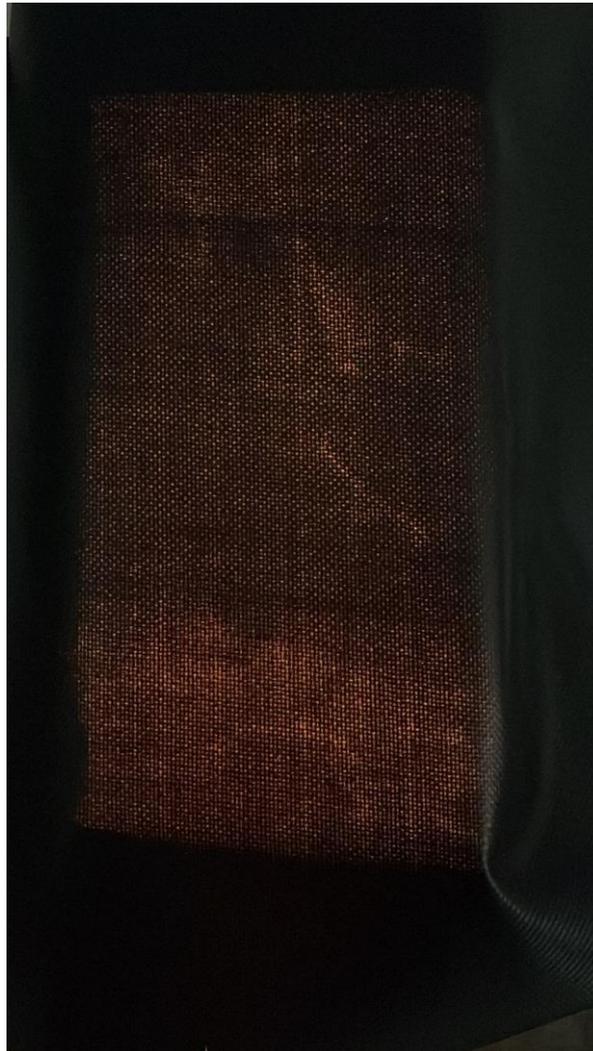
- Segundo proceso ensayo #2 tela fibra plana:: Aplicación de Capa Blackout en recubrimiento

## Aplicación de PVC por aspersión

**Tabla 20.** Resultados obtenidos en el segundo proceso ensayo #2

Segundo proceso	
Peso promedio [g/m <sup>2</sup> ]	497
Calibre promedio [μm]	450

**Ilustración 21.** Resultados segundo proceso ensayo #2



Como se puede observar, en el segundo proceso aún se observa un paso de luz considerable, el cual se espera se logre ocultar con la última capa de color blanco.

- Tercer proceso ensayo #2 tela fibra plana:: Aplicación de última capa en recubrimiento (blanco)

## Aplicación de PVC por aspersión

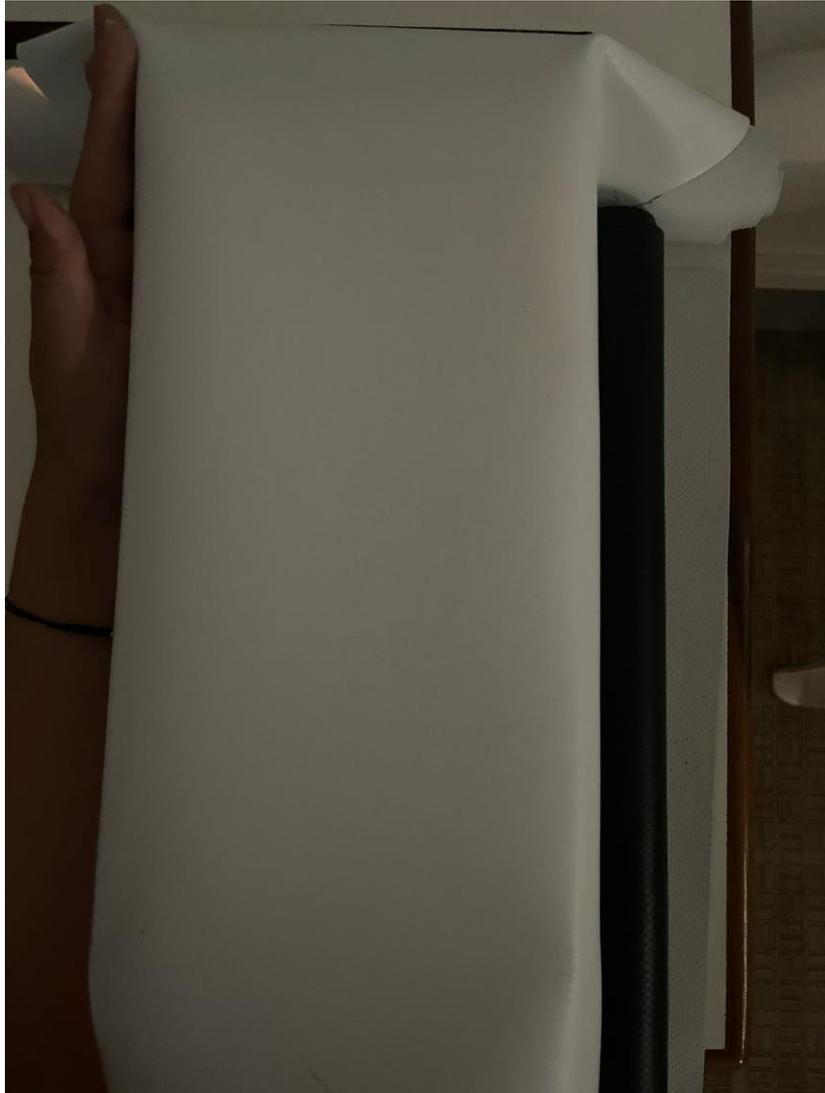
**Tabla 21.** Resultados obtenidos tercer proceso ensayo #2

Tercer proceso	
Peso promedio [g/m <sup>2</sup> ]	790
Calibre promedio [μm]	680

### **Resultado final:**

Se obtiene una lona Blackout blanca, de un peso y calibre mayor al esperado; este peso aumento en el tercer proceso, donde la capa agregada fue de casi 300 g/m<sup>2</sup>; a pesar de esto, esta lona logra un alto porcentaje de opacidad, donde se logra observar un paso de luz muy mínimo, que se puede considerar incluso insignificante, como se observa a continuación:

*Ilustración 22. Resultado final ensayo #2*



### **LONA HIBRIDA BLACKOUT**

Para obtener una lona híbrida, se propone modificar el primer proceso que normalmente se realiza por stork, por un proceso de extruder (laminado) y un segundo y tercer proceso de recubrimiento como habitualmente se hace, esperando que, al cambiar el primer proceso, esto disminuya considerablemente el peso en la primera capa, y por tanto el peso del producto final.

Como desventaja de la modificación del proceso de dipping por laminado, se tiene una disminución de las propiedades mecánicas del producto, específicamente la resistencia a la rotura o tensión, que puede pasar de 1500 N/in a 1400 N/in.

**1. PRIMER ENSAYO LONA HIBRIDA:**

Se prepara la pasta de color negro, realizando un cambio, haciendo uso de la siguiente formulación propuesta:

*Tabla 22. Formulación pasta negra ensayo #1*

<b>Código</b>	<b>Estándar [PHR]</b>
Resina emulsión	100
Plastificante	60-70
Estabilizante térmico	0.2-1.2
Carbonato de calcio	10-15
Concentrado 100S	8.0-10

Para comprobar que las propiedades reológicas del plastisol sean las deseadas, se realiza una curva de viscosidad a la pasta obtenida:

*Tabla 23. Propiedades reológicas plastisol ensayo #1*

<b>Velocidad [rpm]</b>	<b>Viscosidad [cp]</b>
0,5	378000
1	335000
2	198000
2,5	135000
4	95500
5	66400
10	40400
20	24800
50	12660
100	9170

Se repite este procedimiento con el plastisol de color blanco, haciendo uso de la siguiente formulación:

*Tabla 24. Formulación pasta blanca ensayo #1*

<b>Código</b>	<b>Estándar [PHR]</b>
Resina emulsión	100
Plastificante	50-60
Estabilizante térmico	0.2-1.2
Carbonato de calcio	25-35
Concentrado blanco	20-30

## Aplicación de PVC por aspersión

Se obtiene la siguiente curva de viscosidad:

**Tabla 25.** Propiedades reológicas pasta blanca ensayo #1

Velocidad [rpm]	Viscosidad [cp]
0,5	12000
1	11000
2	8500
2,5	8000
4	7500
5	7200
10	6100
20	5250
50	4520
100	4130

- Primer proceso ensayo #1 lona hibrida: Prueba realizada a nivel de laboratorio

Se toma de base una lona España con primer proceso por extruder en uno de sus lados, para la cual se obtienen las siguientes características:

**Tabla 26.** Resultados obtenidos primer proceso ensayo #1

Primer proceso	
Peso promedio [g/m <sup>2</sup> ]	428
Calibre promedio [μm]	330

- Segundo proceso ensayo #1 lona hibrida: Recubrimiento pasta negra Blackout

**Tabla 27.** Resultados obtenidos segundo proceso ensayo #1

Segundo proceso	
Peso promedio (g/m <sup>2</sup> )	627
Calibre promedio [μm]	550

- Tercer proceso ensayo #1 lona hibrida: Recubrimiento con pasta blanca

**Tabla 28.** Resultados obtenidos tercer proceso ensayo #1

Tercer proceso	
Peso promedio [g/m <sup>2</sup> ]	977
Calibre promedio [μm]	880

**Observaciones:**

A pesar de que el producto final cumple con la opacidad deseada, se obtuvo una lona final con un peso muy alto, por lo cual se realiza una segunda prueba en planta cambiando la preparación de la pasta negra Blackout.

**2. SEGUNDO ENSAYO HIBRIDA:**

Se hace uso de 50 metros de tela con primer proceso ya aplicado, la cual tiene las siguientes características:

**Tabla 29.** *Propiedades lona primer proceso ensayo #2*

Primer proceso	
Peso promedio [g/m <sup>2</sup> ]	481
Calibre promedio [μm]	430

- Segundo proceso ensayo #2 lona hibrida:

Para la preparación de la pasta negra (Blackout), se usa el empastado habitual, pero con un dispersante diferente, el cual incrementa la viscosidad del color y por tanto la del plastisol a usar, se realiza la preparación de la pasta en planta y se realiza la curva de viscosidad:

**Tabla 30.** *Propiedades reológicas pasta negra*

Velocidad [rpm]	Viscosidad [cp]
0,5	48000
1	47600
2	43000
2,5	33760
4	26300
5	19520
10	14080
20	9920
50	6616
100	3515

Se obtuvieron dos lonas con capa Blackout, a las cuales se les aplico un calibre diferente, se obtienen las siguientes propiedades:

## Aplicación de PVC por aspersión

### *Primer calibre: 550 $\mu\text{m}$*

**Tabla 31.** Resultados obtenidos segundo proceso calibre #1

Segundo proceso	
Peso promedio [ $\text{g}/\text{m}^2$ ]	665
Calibre promedio [ $\mu\text{m}$ ]	550

### *Segundo calibre: 520 $\mu\text{m}$*

**Tabla 32.** Resultados obtenidos segundo proceso calibre #2

Segundo proceso	
Peso promedio [ $\text{g}/\text{m}^2$ ]	633
Calibre promedio [ $\mu\text{m}$ ]	520

- Tercer proceso ensayo #2 lona híbrida:

Se aplica una última capa de pasta blanca, se aplica un calibre de 90  $\mu\text{m}$  a las dos lonas anteriores y se obtienen los siguientes resultados:

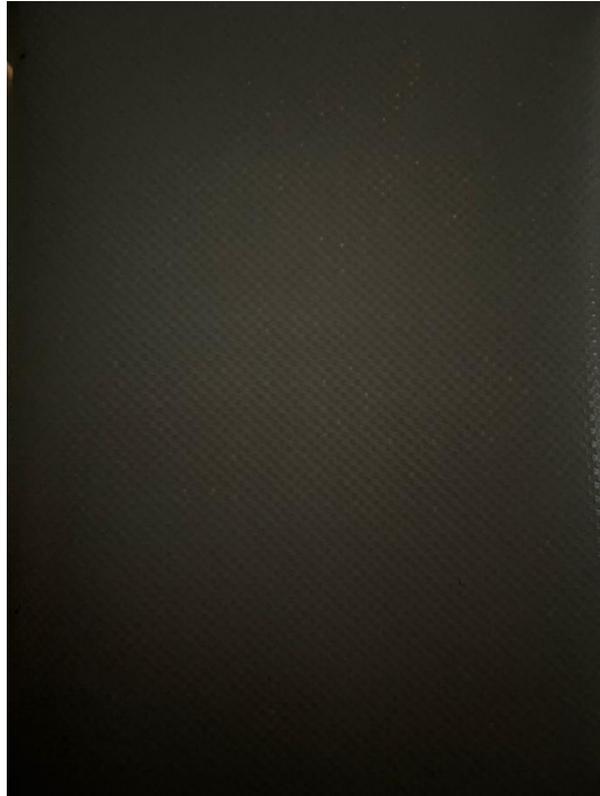
### *Primer calibre:*

**Tabla 33.** Resultados obtenidos en el tercer proceso calibre #1

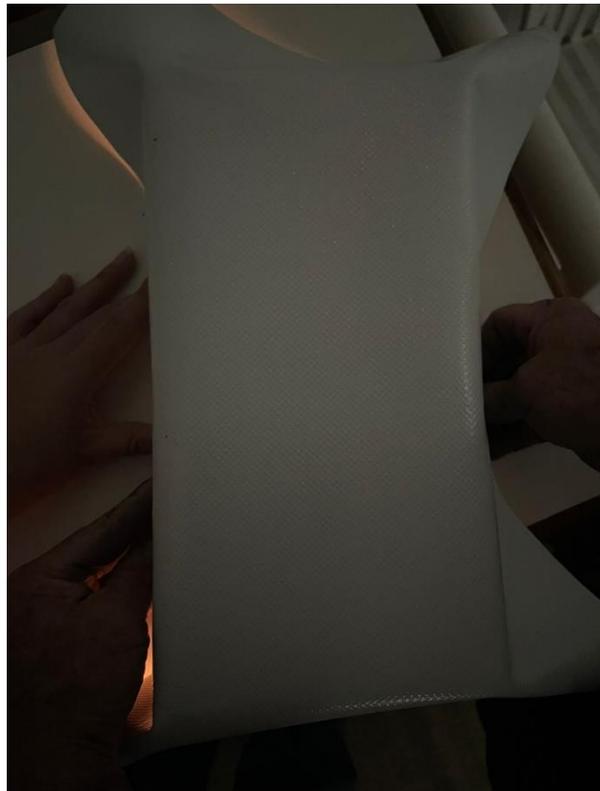
Tercer proceso	
Peso promedio ( $\text{g}/\text{m}^2$ )	826
Calibre promedio [ $\mu\text{m}$ ]	670

## Aplicación de PVC por aspersión

**Ilustración 23.** *Paso de luz obtenido calibre #1*



**Ilustración 24.** *Resultado final obtenido calibre #1*



*Segundo calibre: 520  $\mu\text{m}$*

**Tabla 34.** Resultados obtenidos segundo proceso calibre #2

Segundo proceso	
Peso promedio [ $\text{g}/\text{m}^2$ ]	771
Calibre promedio [ $\mu\text{m}$ ]	630

**Ilustración 25.** Paso de luz obtenido en la lona final calibre #2



**Observaciones:**

En la lona obtenida de menor peso y calibre, no se obtiene la apariencia deseada, mientras que la de mayor peso logra cubrir mejor el paso de la luz.

**PRIMERA PRODUCCIÓN EN PLANTA:**

Debido a un pedido especial, se encuentra la oportunidad de fabricar la “Lona Híbrida Black Out” teniendo en cuenta las retroalimentaciones de las pruebas anteriores, teniendo además la ventaja de que el cliente requiere el producto en color doble faz gris y verde, que al ser colores de gama oscura, facilitan opacidad con un menor calibre.

## Aplicación de PVC por aspersión

Para esta producción, se realiza un ensayo del plastisol evaluado a nivel de laboratorio, modificando nuevamente el dispersante por el habitual para no afectar la temperatura del empastado.

**Tabla 35.** *Formulación pasta negra con pigmento #1*

<b>Código</b>	<b>Estándar [PHR]</b>
Resina emulsión	100
Plastificante	50-60
Estabilizante térmico	0.2-1.2
Carbonato de calcio	10-15
Concentrado pigmento #1	5.0-15

- **Curva de viscosidad (pigmento #1)**

**Tabla 36.** *Propiedades reológicas pasta negra con pigmento #1*

Velocidad [rpm]	Viscosidad [cp]
0,5	152000
1	115000
2	64500
2,5	47600
4	33500
5	27400
10	16100
20	9750
50	5500
100	3750

- **Curva de viscosidad (pigmento #2)**

## Aplicación de PVC por aspersión

**Tabla 37.** *Propiedades reológicas pasta negra con pigmento #2*

Velocidad [rpm]	Viscosidad [cp]
0,5	48000
1	42000
2	26500
2,5	22800
4	16250
5	14000
10	8800
20	3520
50	2540
100	-

Con los resultados obtenidos a nivel de laboratorio, se toma la decisión de usar el pigmento #2,; con el cual se obtuvo una mejor viscosidad.

- Primer proceso primera producción en planta: Aplicación en extruder (color gris)

**Tabla 38.** *Resultados primer proceso en extruder*

Primer proceso	
Peso promedio [g/m <sup>2</sup> ]	354
Calibre promedio [μm]	400

- Segundo proceso primera producción en planta:

En el segundo proceso, se da la capa de Blackout en recubrimiento, realizando un primer chequeo inicial y otro durante el proceso de aplicación.

### **Primer chequeo de viscosidad:**

## Aplicación de PVC por aspersión

**Tabla 39.** Resultados obtenidos en el primer chequeo de viscosidad

Velocidad [rpm]	Viscosidad [cp]
0,5	30000
1	28000
2	26500
2,5	24800
4	20250
5	18000
10	11500
20	7800
50	4800
100	3660

### Segundo chequeo de viscosidad:

**Tabla 40.** Resultados obtenidos en el segundo chequeo de viscosidad

Velocidad [rpm]	Viscosidad [cp]
0,5	98000
1	76000
2	45500
2,5	40400
4	27250
5	24200
10	15000
20	9350
50	5280
100	4150

Se modifica calibre durante el proceso para identificar el rango óptimo de operación, obteniendo los siguientes resultados: Con el fin de ensayar se decidió obtener dos lonas, las cuales difirieran en su peso y calibre:

### Ensayo #1:

**Tabla 41.** Resultados obtenidos segundo proceso ensayo #1

Segundo proceso	
Peso promedio [g/m <sup>2</sup> ]	595
Calibre promedio [μm]	510

## Aplicación de PVC por aspersión

### Ensayo #2:

**Tabla 42.** Resultados obtenidos segundo proceso ensayo #2

Segundo proceso	
Peso promedio [g/m <sup>2</sup> ]	540
Calibre promedio [μm]	470

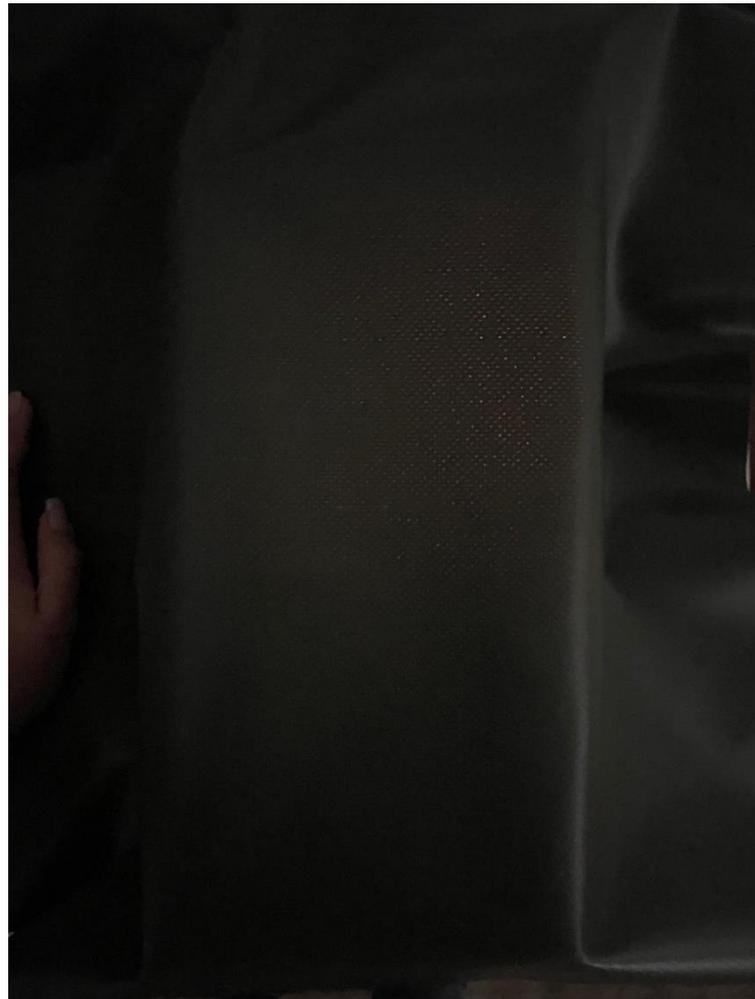
- Tercer proceso primera producción en planta: Aplicación en recubrimiento (color verde)

### Ensayo #1:

**Tabla 43.** Resultados tercer proceso ensayo #1

Tercer proceso	
Peso promedio [g/m <sup>2</sup> ]	638
Calibre promedio [μm]	580

**Ilustración 26.** Resultado final ensayo #1



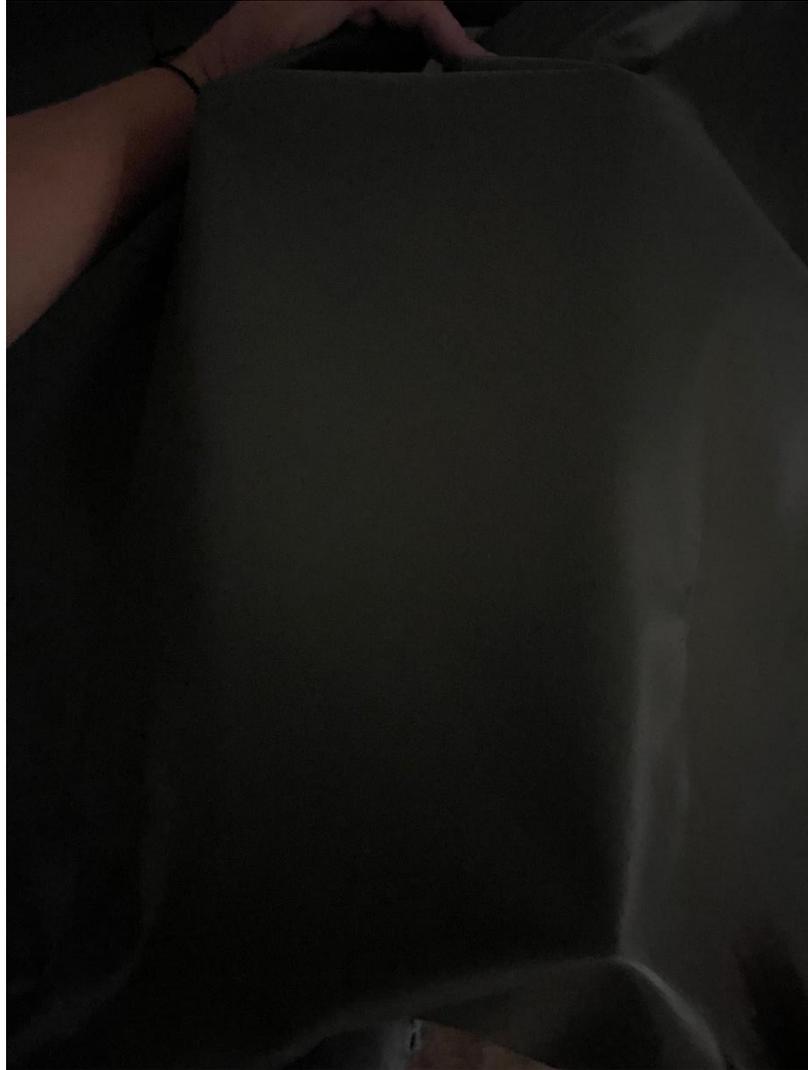
## Aplicación de PVC por aspersión

### Ensayo #2:

**Tabla 44.** Resultados tercer proceso ensayo #2

Tercer proceso	
Peso promedio [g/m <sup>2</sup> ]	680
Calibre promedio [μm]	610

**Ilustración 27.** Resultado final ensayo #2

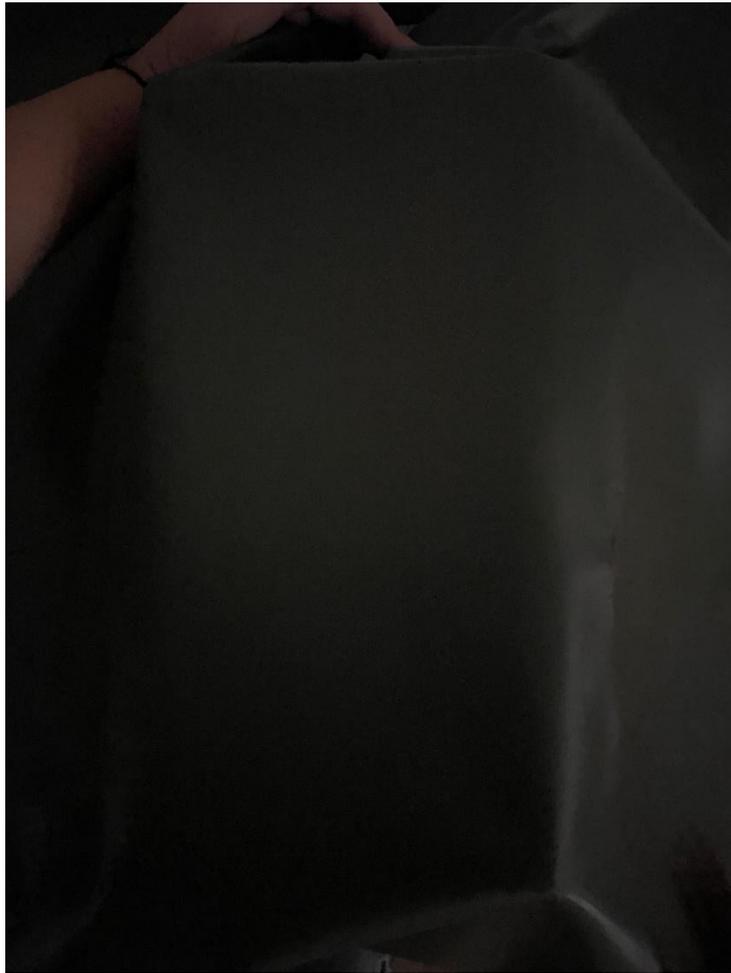


### Ensayo #3:

**Tabla 45.** Resultados obtenidos tercer proceso ensayo #3

Tercer proceso	
Peso promedio [g/m <sup>2</sup> ]	667
Calibre promedio [μm]	590

*Ilustración 28. Resultado final ensayo #3*



**Observaciones:**

La primera producción en planta realizada otorgo unos resultados positivos, obteniendo una lona final con la apariencia deseada, con una opacidad del 100% y con un peso menor al esperado, en este caso con el ensayo #2 y #3.

## 5. Conclusiones

Los estudios realizados en este proyecto fueron de gran importancia para la empresa PLASTEXTIL, la cual en búsqueda de mejorar su producto Blackout ya existente en el mercado, se plantea innovar y desarrollar una lona de la misma naturaleza que tenga los mismos estándares de calidad del producto, pero con un menor peso y calibre (aproximadamente  $700 \text{ g/m}^2$ ), buscando que este producto otorgue una manipulación de mayor facilidad al cliente, sin perder sus propiedades mecánicas, su opacidad y su apariencia adecuada; para este fin se plantea usar un método poco común en la empresa, la aspersión de PVC, para esto se basó el proyecto en estudiar la viabilidad de éste, se realizó la compra de una boquilla BETE  $\frac{1}{4}$  XA EF 250 y se ejecutó un montaje a nivel de laboratorio con el fin de obtener mayor autonomía en el momento de realizar los ensayos.

Después de varias pruebas realizadas y explicadas anteriormente, no se pudo obtener un resultado favorable para esta propuesta; debido a diversos factores identificados, entre ellos:

La boquilla adquirida por la empresa y recomendada por el proveedor, cuenta con un orificio de salida pequeño, el cual se taponó de manera recurrente durante los ensayos debido a las propiedades reológicas del plastisol de color negro usado, cuya viscosidad resultó ser muy alta para mantener el flujo de salida constante y lograr una aspersión de aire adecuada. Adicional a esto se identificó que tanto el material de las mangueras como sus diámetros, no fueron las opciones más convenientes, ya que se presentó obstrucción y/o ruptura en varias oportunidades, teniendo además en cuenta que este tipo de pastas de PVC son fluidos no newtonianos, los cuales con el transcurso del tiempo modifican sus propiedades reológicas, en nuestro caso una de gran importancia, la viscosidad, propiedad que al transcurrir el tiempo sin agitación tiende a aumentar.

Durante la realización del proyecto, se desarrollaron diferentes propuestas buscando solucionar el problema de la viscosidad, entre estas estuvieron:

## Aplicación de PVC por aspersión

Hacer uso de un depresor de viscosidad. Esta propuesta resultó favorable, debido a que disminuyó la viscosidad de la pasta de forma notable; y se espera que la empresa realice un estudio de viabilidad de costo de la formulación para su implementación.

Modificación del pigmento (dispersión pigmentaria) negro de humo usado habitualmente; dicha propuesta también otorgo un resultado favorable, observando que, al realizar el cambio del pigmento, era posible mantener la proporción de carbonato usado en la formulación, lo cual disminuye los costos de materia prima y mejora la opacidad de la película, sin presentar un incremento de viscosidad.

A pesar de resultado favorable de estas propuestas y de obtener una pasta con una viscosidad más homogénea en el tiempo (1420 cp), el montaje solo funcionó de forma adecuada en una ocasión, con resultados favorables, pero no repetibles, por lo que no fue concluyente.

Simultáneamente a las pruebas realizadas con la boquilla, se evaluaron otras opciones, esta decisión se tomó dadas las dificultades presentadas con la aplicación por aspersión.

Como primera propuesta, se sustituyó el tipo de hilo para el tejido plano, manteniendo el mismo calibre 1100 decitex para mantener las propiedades mecánicas del producto. Con los ensayos escritos anteriormente en este proyecto se obtuvieron resultados positivos, debido a que este tipo de tejido necesita una menor cantidad de plastisol para cubrir la capa, por lo cual el peso y calibre de la lona final resultó ser menor.

Como segunda propuesta se combinaron los dos procesos de aplicación de PVC usados en la empresa (Extrusión y recubrimiento), sustituyendo el primer proceso que habitualmente se realiza por recubrimiento por un proceso de extrusión, con el fin de obtener un menor peso, sacrificando aproximadamente un 20% de propiedades mecánicas. Esta propuesta fue evaluada en varias ocasiones, realizando, cambios adicionales a la formulación con el fin de disminuir su viscosidad. Los resultados obtenidos fueron viables para la empresa, realizando incluso una primera producción a gran escala, donde se obtuvo un peso menor al peso objetivo establecido.

Con el proyecto se logró evidenciar la viabilidad de las propuestas planteadas para la obtención de una lona blackout de bajo gramaje; y a pesar de que la aplicación de

## Aplicación de PVC por aspersión

PVC por aspersión no fue concluyente, la investigación, desarrollos y pruebas preliminares realizadas permitieron identificar falencias, oportunidades de mejora e incluso otros campos de aplicación, por lo que es necesario llevar a cabo mayor cantidad de ensayos antes de ser descartada como método de aplicación en la compañía.

## Referencias

- Amerquip. (2021). *Equipos de pintura Ariless*. Obtenido de <https://www.amerquip.com/equipos-de-pintura-airless-la-maquina-ideal-para-aplicacion/>
- COPRODI. (2022). *Lona blackout PVC para impresion en Plotter*. Obtenido de <https://coprodi.com.ar/lonas/lona-block-out/>
- GROSSMAN, R. F. (2008). *HANDBOOK OF VINYL FORMULATING SECOND EDITION*.
- HunterDouglas. (2022). *¿Que son las cortinas Black Out y cuales son sus beneficios?* Obtenido de <https://www.hunterdouglas.com.pe/cortinas/novedades/326/%C2%BFque-son-las-cortinas-tipo-black-out-y-cuales-son-sus-beneficios#:~:text=Estas%20cortinas%20est%C3%A1n%20hechas%20con,una%20capa%20gruesa%20de%20algod%C3%B3n.>
- Tecnologia de los Plasticos*. (6 de JUNIO de 2011). Obtenido de <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/pvc.html>