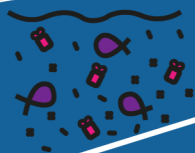


# Ingeniería Industrial 360°

Procesos, tecnologías y gestión avanzada de la contaminación industrial



Editor: Óscar Rafael Tinoco Gómez



# Ingeniería industrial 360°

Procesos, Tecnologías  
y  
Gestión Avanzada  
de la  
Contaminación Industrial

Manuel Enrique Gonzales Aparicio

Betsy Katherine Cambindo Quiñónez

Jessica Gisell Valdivia Cuentas

Domingo Hussein Pacheco Alvaro

Nancy Elizabeth Barreda de Miranda

Nohemy Mirian Canahua Apaza

Mickey Elvis Ayrampo Espinoza

Edgar Jara Acosta

Karenth Elena Ramírez Álvarez

**Editor. Óscar Rafael Tinoco Gómez**

# Ingeniería industrial 360°

## Procesos, Tecnologías y Gestión Avanzada de la Contaminación Industrial

### Autores:

- © Manuel Enrique Gonzales Aparicio
- © Betsy Katherine Cambindo Quiñónez
- © Jessica Gisell Valdivia Cuentas
- © Domingo Hussein Pacheco Alvaro
- © Nancy Elizabeth Barreda de Miranda
- © Nohemy Mirian Canahua Apaza
- © Mickey Elvis Ayrampo Espinoza
- © Edgar Jara Acosta
- © Karenth Elena Ramírez Álvarez

### Editado por :

- © Óscar Rafael Tinoco Gómez
- Calle El Abutillón 3881, Urb. Las Palmeras - Los Olivos. Lima - Perú  
otinocog@unmsm.edu.pe

### Diagramación de texto, maquetación y diseño:

Carlos Alberto Vega Vidal

Arte y portada

Mariella Soledad Villavicencio Quiñones

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2026-12921

Primera edición digital, octubre 2026

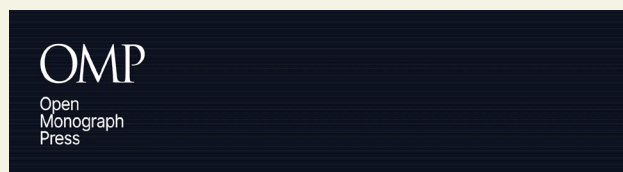
ISBN: 978-612-03-3327-3

Libro electrónico disponible en: [http:// librosctscafe.ctscafe.pe/](http://librosctscafe.ctscafe.pe/)

# Contenido

|                                                                                                                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Introducción                                                                                                                                                                                                                                 | 6  |
| Capítulo I                                                                                                                                                                                                                                   | 7  |
| Gestión de residuos con aplicación de tecnologías emergentes                                                                                                                                                                                 | 7  |
| Waste Management with Application of Emerging Technologies                                                                                                                                                                                   | 7  |
| Manuel Enrique Gonzales Aparicio<br>Universidad Nacional Mayor de San Marcos<br>Betsy Katherine Cambindo Quiñónez<br>Universidad Nacional Mayor de San Marcos<br>Jessica Gisell Valdivia Cuentas<br>Universidad Nacional Mayor de San Marcos |    |
| Capítulo 2                                                                                                                                                                                                                                   | 27 |
| Gestión de procesos textiles bajo un enfoque de sostenibilidad                                                                                                                                                                               | 27 |
| Textile process management under a sustainability approach                                                                                                                                                                                   | 27 |
| Domingo Hussein Pacheco Alvaro<br>Universidad Nacional Mayor de San Marcos<br>Nancy Elizabeth Barreda de Miranda<br>Universidad Nacional Mayor de San Marcos<br>Nohemy Mirian Canahua Apaza<br>Universidad Nacional Mayor de San Marcos      |    |
| Capítulo 3                                                                                                                                                                                                                                   | 44 |
| Economía circular en la industria textil: innovación y sostenibilidad para un futuro responsable                                                                                                                                             | 44 |
| Circular economy in the textile industry: innovation and sustainability for a responsible future                                                                                                                                             | 44 |
| Mickey Elvis Ayrampo Espinoza<br>Universidad Nacional Mayor de San Marcos<br>Edgar Jara Acosta<br>Universidad Nacional Mayor de San Marcos<br>Karenth Elena Ramírez Álvarez<br>Universidad Nacional Mayor de San Marcos                      |    |
| Sobre los autores                                                                                                                                                                                                                            | 80 |

Este libro ha sido sometido a una rigurosa revisión por pares por expertos en el campo por medio del sistema



Agradecemos a los revisores por sus valiosos comentarios y sugerencias, que han contribuido a la calidad final de esta publicación científica

Libro para descarga disponible en <https://librosctscafe.ctscafe.pe/index.php/1>

El arte, el diseño y la tipografía de este libro se han realizado sin el uso de Inteligencia Artificial (IA)

# Introducción

En las últimas décadas, la contaminación industrial es un concepto recurrente tanto en la literatura académica y científica como en la prensa cotidiana, asociada a su impacto nocivo en agua, aire y suelo.

La presión social sobre estos impactos genera la formación de opinión en el medio público, el entorno empresarial y en la sociedad civil en su conjunto. Tanto en maestrías como en doctorados se han incrementado el número de tesis asociadas a la gestión que permita dar solución a este flagelo que causa daños inmensos a nuestro planeta. La revisión de literatura especializada en este tema, en idioma español, identifica un vacío que es necesario abordar.

Doctorandos de la cátedra de Gestión y Control de la Contaminación, del doctorado en Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, con perspectiva multidisciplinaria, abordan esta temática, desde la perspectiva del paradigma de Ingeniería Industrial 360<sup>a</sup>, el mismo que representa una mirada holística e integral para optimizar sistemas productivos, integrando la gestión de calidad, seguridad y productividad con tecnologías emergentes y sostenibilidad.

Este libro presenta un abordaje multidisciplinario de la gestión y control de la contaminación industrial:

- Gestión de residuos con Aplicación de Tecnologías Emergentes
- Gestión de procesos textiles bajo un enfoque de sostenibilidad
- Economía circular en la industria textil: innovación y sostenibilidad para un futuro responsable

Los autores presentan interesantes casos de estudio que contribuirán al abordaje integral y multidisciplinario de esta problemática.

Dr. Oscar Rafael Tinoco Gómez

Docente Principal UNMSM

Coordinador Grupo de Investigación Producción más Limpia.

## Capítulo 2

### Gestión de procesos textiles bajo un enfoque de sostenibilidad

### Textile process management under a sustainability approach

*Domingo Hussein Pacheco Alvaro*

*Universidad Nacional Mayor de San Marcos*

*Nancy Elizabeth Barreda de Miranda*

*Universidad Nacional Mayor de San Marcos*

*Nohemy Mirian Canahua Apaza*

*Universidad Nacional Mayor de San Marcos*

*En este capítulo se analiza y presenta el control de los factores de producción insumos, aditivos químicos, máquinas, las variables de proceso etc. en todas las etapas de fabricación de hilo filamento reciclado, determina en gran medida la obtención de un filamento reciclado para uso textil de alto valor agregado y con sostenibilidad para el medio ambiente y la economía circular*

*Palabras clave: Gestión/ Procesos textiles/ Sostenibilidad.*

*This chapter analyzes and presents how the control of production factors—inputs, chemical additives, machinery, process variables, etc.—at all stages of recycled filament yarn manufacturing largely determines the production of a high value-added recycled filament for textile use that is sustainable for the environment and the circular economy.*

*Keywords: Management/ Textile processes/ Sustainability.*

## Introducción

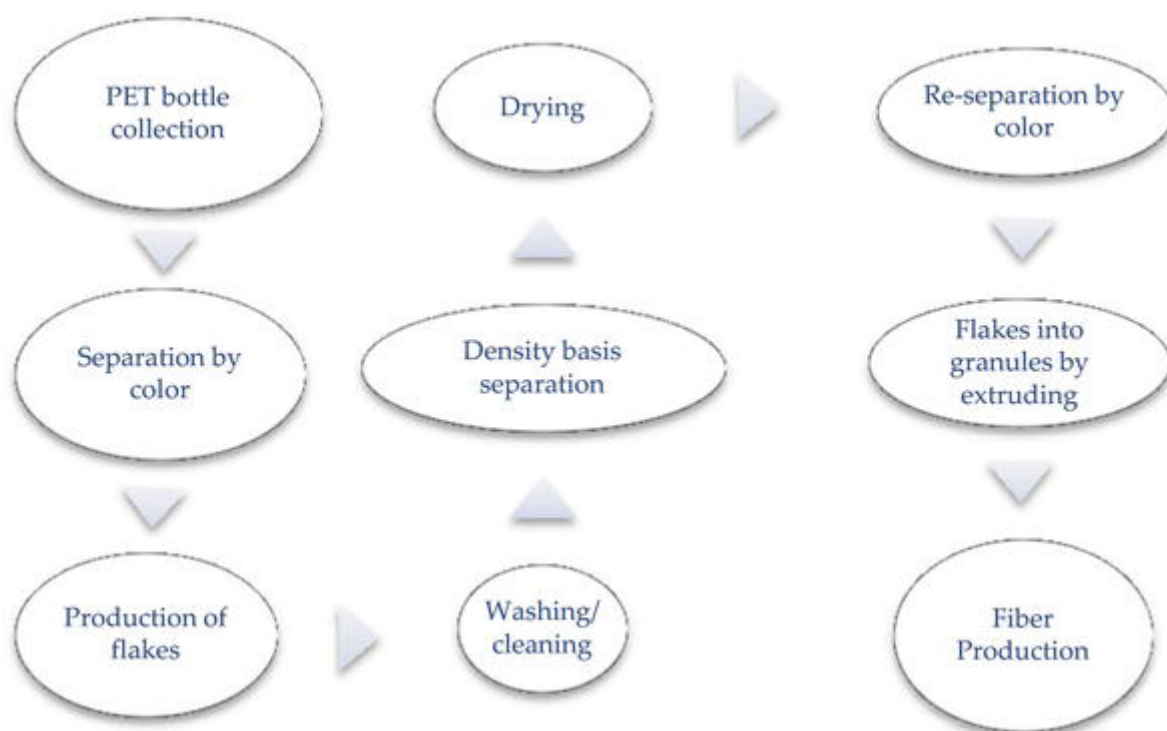
El desarrollo de las economías en muchos países aún está ligado a la economía lineal junto con el crecimiento poblacional y un mundo mucho más industrializado; tienen como consecuencia impactos ambientales en la generación de residuos, los cuales año tras año van incrementado su presencia (Sarioğlu & Kaynak, 2018).

El plástico al no ser biodegradable no puede ser simplemente enterrado bajo tierra y el reciclaje de este material es un tema importante para el cuidado del ambiente debido a que una botella de plástico puede tener una duración aproximadamente de 450 años y junto con el incremento del uso de los plásticos para la mayoría de las industrias adicionando una gestión deficiente para su eliminación, esto no solo produce un daño al ambiente sino también un daño colateral a muchas especies animales (incluida la humana) como la aparición de enfermedades y trastornos (Simon & Milad, 2019).

Tereftalato de polietileno (PET) es un plástico que pertenece al grupo de los poliésteres teniendo un alto potencial de reciclabilidad (siendo el más reciclado en el mundo con respecto a los plásticos) entre otras ventajas como ligereza, resistencia entre otros. Los materiales obtenidos a través del PET son considerados productos ecológicos siendo utilizados en textiles para la obtención de fibras (Sarioğlu & Kaynak, 2018).

En la figura n.º 1 “Bottle-to-fiber recycling se representa el flujo para la obtención de hilo PES desde la obtención de las botellas recicladas

**Figura N.º 1:** Ciclo de reciclaje desde la botella hasta la fibra



**Fuente:** Sarioğlu & Kaynak (2018)

### Objetivo general del capítulo

Gestionar el análisis de la situación actual y la descripción del proceso productivo para la generación de hilo PES desde la obtención de botellas recicladas PET.

## Objetivo específico del capítulo

- Presentar la situación actual de la generación de hilo PES desde la obtención de botellas PET recicladas
- Describir el proceso productivo del ciclo de reciclaje de las botellas recicladas PET hasta la obtención del hilo PET.

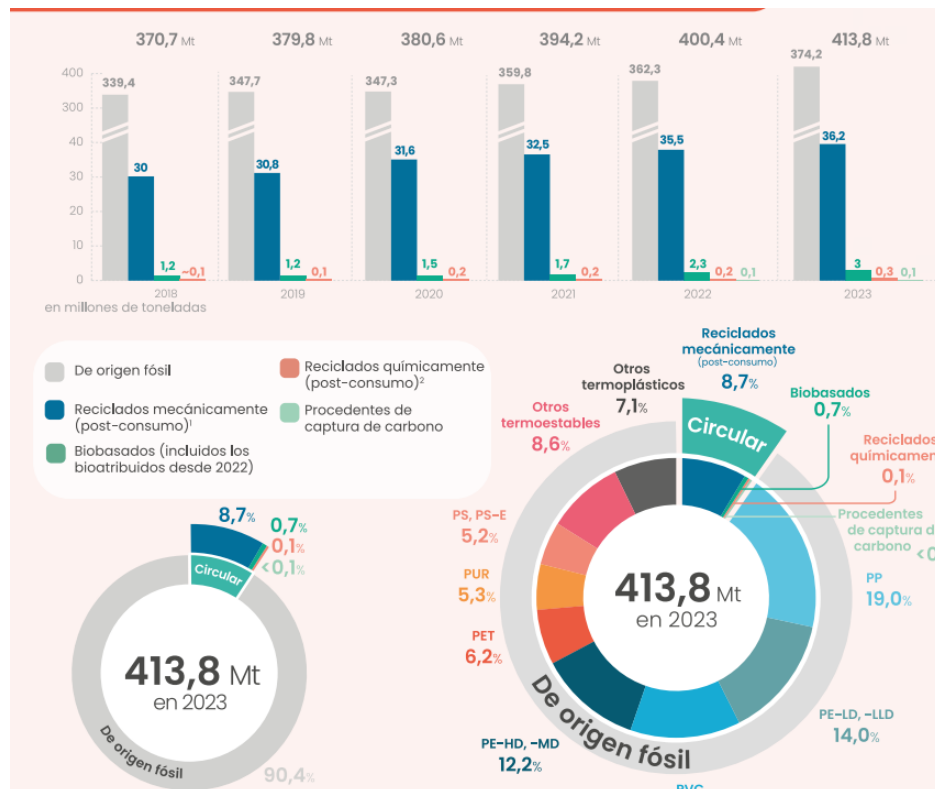
## Metodología

### Parte 1: Recolección y transformación del PET post-consumo (botellas)

#### Producción mundial de plásticos:

Plastics Europe (2024) la producción mundial del plásticos para el año 2023 fue de 413.8 millones de toneladas, siendo 13.4 mt. más con respecto al año 2022, lo cual representa un incremento del 3.35%; de los cuales solamente el 8.70% son representados por plásticos circulares (la diferencia corresponde a plásticos de origen fósil) y con relación a los plásticos PET estos representan el 6.20%.

**Figura N.º 2: Producción mundial de plásticos 2023**



Fuente: Plastics Europe (2024)

### Fuentes comunes de PET post-consumo:

Según Luna Ramos (2024) el PET es el tipo de plástico con mayor utilización y también el que más potencial tiene a ser reciclado de una forma simple, al ser simple dicha forma esta se vuelve compleja por la cantidad de actividades que requieren trabajo arduo.

Las botellas PET que serán consideradas para la elaboración de hilo PET son las que hayan contenido:

- Agua
- Agua mineral
- Gaseosas
- Refrescos

**Imagen N.º 1:** Tipos de botellas PET



**Fuente:** Ingeniería Química Reviews (2020).

Para poder elaborar el hilo a base de botellas PET recicladas se requiere:

- 250 ml
- 600 ml
- 1500 ml
- 2500 ml
- 3000 ml

Dichas botellas no deben contener:

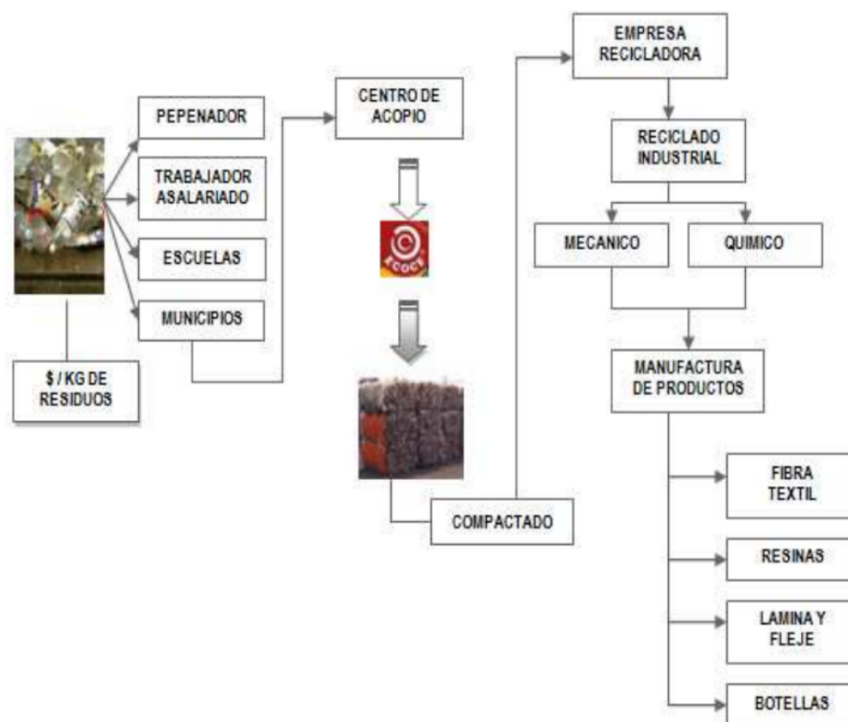
- Tapa de polipropileno
- Etiqueta de polipropileno
- Ningún producto químico

### Clasificación y separación de botellas:

El proceso de recolección de botellas PET cuenta con un gran aliado, los cuales son los recicladores locales, quienes realizan la primera fase de captación de botellas PET para su almacenamiento, ellos tienen convenios con empresas para que les faciliten dichos productos, sin embargo muchos de ellos buscan y recolectan las botellas PET dentro de los contenedores de residuos (debemos tener en cuenta que esta actividad debe realizarse en contenedores asignados solamente a plásticos, el obtener botellas PET de residuos contaminados por otros presentaría el riesgo de contaminación).

Los recicladores venden los plásticos recolectados a centros de acopio que son los responsables del compactado de las botellas (previa clasificación por colores y tipo de botella PET) para posteriormente pasar al molido cuyo producto final son las escamas PET, estas finalmente son lavadas y previamente inspeccionadas a fin de no encontrar otro tipo de restos que puedan contaminar las escamas PET.

Figura N.º 3: Proceso de recolección y reciclaje del PET



Fuente: Flores (2012), citado en Luna Ramos (2024).

### **Lavado, triturado y obtención de escamas:**

Las botellas se lavan y trituran para obtener escamas limpias, que luego se usan como materia prima (Chen et al., 2021). La limpieza garantiza calidad en el producto final.

### **Relevancia de la trazabilidad y sostenibilidad en esta etapa:**

La trazabilidad asegura que el PET usado cumpla estándares ambientales. Hoy se usan tecnologías como blockchain para validar este proceso (Zhao et al., 2022).

### **Indicadores ambientales de mejora (agua, energía, residuos):**

El reciclaje de PET consume menos agua y energía que el poliéster virgen, y reduce emisiones hasta en un 60% (Textile Exchange, 2023).

## **Parte 2: Extrusión y obtención de filamento reciclado (PET reciclado)**

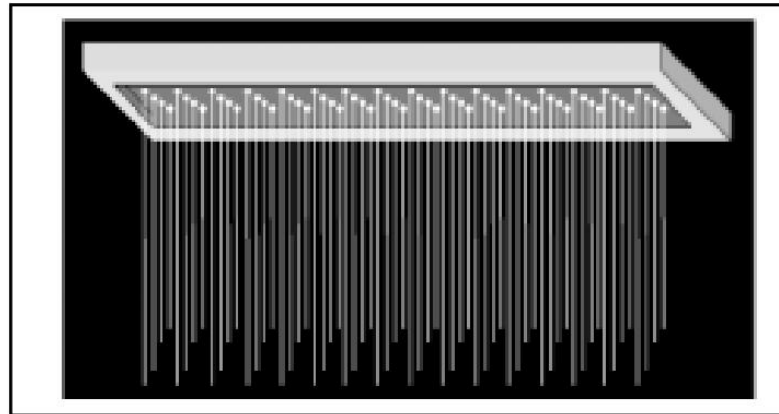
### **Fusión y filtrado de las escamas PET**

Consiste en fundir las escamas de plástico para producir fibra de poliéster 100% reciclada. La estructura química del PET consiste en una unidad repetitiva del éster de Tereftalato de etileno para formar el polímero en su punto de fusión de 260°C, el PET es lo suficientemente flexible como para cambiar su forma física sin degradar su cadena polimérica ni comprometer su composición química.

### **Procesos de extrusión: chips de PET reciclado y filamento**

Las escamas puras y secas se vierten en una extrusora, que funde el plástico hasta convertirlo en un líquido viscoso y lo empuja a través de una hilera figura n.º 4. La hilera alberga una placa de matriz similar a un cabezal de ducha, que estira el poliéster fundido reciclado en filamento. El estirado o alargamiento aumenta la cristalinidad y distribución interna ordenada, reduce el diámetro (disminuyendo por consiguiente el título o denier) y agrupa las moléculas juntándolas más. La cristalinidad y orientación se relaciona con propiedades físicas de la fibra. La resistencia a la abrasión, la elongación, la absorción de humedad, así como la receptividad de la fibra a los colorantes son algunas de esas propiedades. Miles de estos filamentos extruidos se unen para formar un hilo de poliéster esponjoso. El hilo se enrolla y se envía para su posterior procesamiento.

**Figura N.º 4:** Hilera con capilares, donde pasan los filamentos



Fuente: elaboración propia

### **Tecnología involucrada: maquinaria y eficiencia energética**

Se presenta el diseño de modelo ProLab, para la obtención de filamento de poliéster, a partir de PET reciclado.

El proceso de recuperación mecánico del PET se divide en dos fases. La primera fase es el proceso de producción de escamas PET reciclado y la segunda fase es el proceso de transformación de residuos PET reciclado en hilos filamentos PET reciclado.

#### **Primera fase:** Proceso de producción de escama PET reciclado

En la línea de producción de PET reciclado se cuentan con tres máquinas: La máquina de lavado y trituratora en la figura n.º 5.

La máquina secadora de escama PET reciclado en la figura n.º 6

La máquina de zaranda vibratoria, para separar los pellets o escamas que pasaran al siguiente proceso en la figura n.º 7.

**Figura N.º 5:** Máquina lavadora de plástico y trituradora.



**Fuente:** elaboración propia

**Figura N.º 6:** Máquina de secado de escama PET



**Fuente:** elaboración propia

**Figura N.º 7:** Máquina zaranda vibratoria



**Fuente:** elaboración propia

**Segunda fase:** Proceso de transformación de residuos PET reciclado en hilos filamentos PET reciclado

En la línea de producción se cuenta con dos máquinas: línea de extrusión presentada en la figura n.º 8 y la máquina texturizadora (ovilladora) presentada en la figura n.º 9.

**Figura N.º 8:** Línea de extrusión



**Fuente:** elaboración propia

Figura N.º 9: Máquina texturizadora (ovilladora)



Fuente: elaboración propia

### **Eficiencia energética**

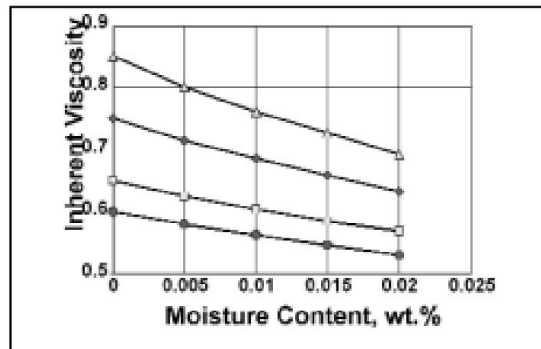
El reciclaje de PET tiene una reducción de consumo de energía 76% comparado con el PET virgen.

### **Control de calidad del PET reciclado (parámetros físicos y químicos)**

Para la obtención de filamento PET reciclado para uso textil de alto valor agregado se tiene que tener en cuenta las propiedades del filamento como alta tenacidad, elongación, módulo inicial, tacto suave. La uniformidad de las propiedades en todos los filamentos como el denier/filamento y la orientación molecular (cristalinidad)/filamento.

Las escamas o pellets cuando no están completamente secos, antes de entrar en la extrusora, la reacción del agua y el polímero es instantánea, el PET es higroscópico. En la figura n.º 9 se muestra la absorción de humedad por el polímero y la viscosidad inherente del polímero. Una disminución de 0,05 en viscosidad inherente da como resultado una disminución de la viscosidad de la fusión del 50%, de modo que cada disminución de 0.01 en la viscosidad inherente tiene el efecto sobre la viscosidad de la fusión como un aumento de la temperatura de 4°C.

**Figura N.º 10:** Procesamiento por fusión de polímero PET - Degradación del PET en función del contenido de humedad.



Fuente: elaboración propia

En la fabricación del PET reciclado, se tiene que tener en cuenta las condiciones óptimas del proceso como: la viscosidad intrínseca del polímero, la viscosidad de fusión del polímero, presión, temperatura, tiempo, caudal volumétrico, velocidad de extrusión etc. entre las principales variables en el proceso de extrusión.

Las fibras recién hiladas tienen alta extensibilidad, baja resistencia y baja orientación molecular en comparación con las fibras estiradas. El estiraje genera alta resistencia y alta orientación molecular (cristalinidad) importante para las propiedades de tracción, el porcentaje de elongación y el módulo inicial. Las variaciones en el estiraje genera variaciones en la orientación molecular (cristalinidad) de filamento a filamento y a lo largo de cada filamento, entre las principales variables en el proceso de estiraje. Se mide diámetro, birrefringencia y denier/filamento.

### Parámetros físicos

- Diámetro, se mide el diámetro de un filamento, con un microscopio con software que le permite realizar mediciones, etc..
- Birrefringencia, mide la orientación molecular (cristalinidad).
- Denier/filamento, mide la masa en gramos en 9000 metros de filamento.
- Tenacidad, mide la resistencia en gramo-fuerza por denier del filamento.
- Elongación, mide el alargamiento de longitud del filamento, antes de romperse. Varía en seco o húmedo.
- Retracción residual, mide la deformación permanente que queda en un polímero, después que se ha eliminado la carga o tensión aplicada.

### Parámetros químicos

**Viscosidad inherente o intrínseca**, se refiere a la medida de la resistencia del polímero a fluir en disolución, lo que está relacionado con su peso molecular y estructura química.

**Viscosidad de fundido**, se refiere a la resistencia del polímero fundido a fluir cuando se encuentra en estado líquido. El flujo a través de cada capilar en la hilera, depende inversamente de la fusión del polímero.

**Índice de fluidez. Medir (denier) / filamento.** Denier es la masa en gramos de un filamento en 9000 metros de longitud.

### Reducción de huella de carbono en esta etapa

El impacto en la industria del plástico que consiste en la producción, el uso y la eliminación de plásticos, actualmente representa aproximadamente el 3,4 % de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI); se prevé que esta cifra aumente al 19% del presupuesto mundial de carbono para el 2040, según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, tanto la conversión de combustibles fósiles en aditivos y resinas plásticas, como la incineración de plásticos después de su eliminación, dan lugar a la liberación al aire de sustancias altamente tóxicas, como dioxinas, furanos, mercurio y PCB, que lo contaminan. Otra ramificación ambiental perjudicial es que la producción de plásticos se considera de alto impacto debido a su fuerte dependencia de los combustibles fósiles, un recurso no renovable, lo que impide el desarrollo global.

### Datos de impacto de energía

Los datos de impacto de energía agua y equivalente de CO<sub>2</sub> asociados con la producción de un kg de PET virgen y de un kg de PET reciclado, junto con la reducción porcentual en cada uno de los tres impactos que se monitorearon al usar el PET reciclado sobre el PET virgen. La empresa utiliza un 20% menos de agua y el 80% restante se recicla y reutiliza durante el proceso de producción, lo que hace que el ahorro total de agua sea superior al 20% para la formación de escamas de PET. Toda la operación desde el plástico hasta la tela de poliéster reciclado, utiliza un 90% menos de agua que el poliéster fabricado con materiales novedosos. Un kg de plástico reciclado consume un 76% menos de energía en comparación con la producción de PET virgen. Tabla n.º 1.

**Tabla N.º1:** Datos de impacto de PET virgen comparados con PET reciclado

| Impactos por Kg                  | Virgen    | Reciclado             | Aceite a la prenda<br>Proceso | % Reducción |
|----------------------------------|-----------|-----------------------|-------------------------------|-------------|
| Consumo de energía               | 61.4 MJ   | 14.8 MJ               | 125 MJ                        | 76%         |
| Consumo de agua                  | 10 litros | < 8.0 litros $\Theta$ | 30.0 litros                   | > 20%, 90%  |
| Emisiones de CO <sub>2</sub> -eq | 2.15 kg   | 0.45 kg               | 14.2 kg                       | 79%         |

Fuente: elaboración propia

$\Theta$  Estos 8.0 litros se reciclan y reutilizan, por lo que el consumo total es inferior al 20% del de PET virgen.

### Parte 3: Hilatura del filamento rPET y aplicación textil

#### Procesos de hilatura: texturizado y bobinado

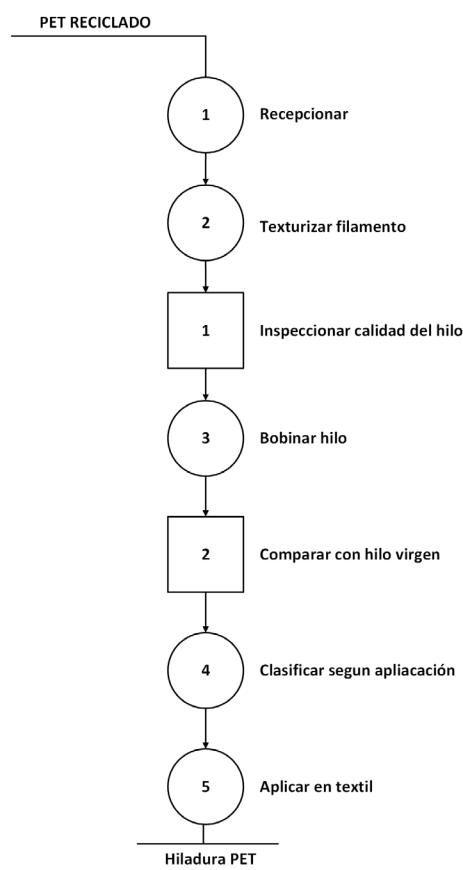
El proceso de texturizado transforma filamentos lisos de PET en hilos con mayor volumen, elasticidad y capacidad de absorción, mediante calor y tensión mecánica. Este proceso es esencial para mejorar el comportamiento del hilo en aplicaciones textiles como ropa deportiva o tapicería (El Darai, Ter-Halle, Blanzat, & Sartor, 2024). El bobinado, por su parte, es la etapa final de la hilatura, donde los filamentos se enrollan en bobinas con tensión controlada, lo que facilita su uso posterior en procesos de tejido o confección (Despras et al., 2024)

## Diagrama de operaciones del proceso (DOP)

El siguiente diagrama representa el flujo del proceso de hilatura del PET reciclado.

**Figura N.º11:** Flujo del proceso de hilatura del PET reciclado.

DOP DEL PROCESO DE HILATADURA DEL PET RECICLADO



Fuente: elaboración propia

## Propiedades del hilo de PET reciclado vs. PET virgen

El hilo de PET reciclado (rPET) presenta una ligera disminución en propiedades mecánicas como la resistencia a la tracción y la elongación, debido a la degradación térmica durante el reciclaje (El Darai et al., 2024). Sin embargo, estas diferencias pueden mitigarse mediante mezclas con PET virgen o mediante reciclaje químico avanzado (Franceschi et al., 2024). Entre las ventajas del rPET se encuentran la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, menor consumo de agua y energía, y su contribución a la economía circular. Las desventajas incluyen la variabilidad en la calidad del material y la posible presencia de contaminantes si no se controla adecuadamente el proceso.

## Resultados

### Aplicaciones comunes en la industria textil

El PET reciclado se utiliza ampliamente en la industria textil, especialmente en ropa deportiva y casual, por su resistencia y ligereza; en tapicería y textiles para el hogar, como alfombras y cortinas y en accesorios y calzado, gracias a su versatilidad (El Darai et al., 2024; Cassel et al., 2024). Estas aplicaciones permiten sustituir fibras vírgenes sin comprometer la funcionalidad del producto final.

### Certificaciones y estándares sostenibles

Para garantizar la trazabilidad y sostenibilidad del PET reciclado, existen certificaciones como Global Recycled Standard (GRS), que verifica el contenido reciclado y las prácticas responsables en la cadena de suministro, y OEKO-TEX Standard 100, que asegura que los productos textiles no contienen sustancias nocivas para la salud humana (El Darai et al., 2024; Garrigues et al., 2024). Estas certificaciones son fundamentales para acceder a mercados internacionales y generar confianza en los consumidores.

### Perspectivas de mejora continua y economía circular

El PET reciclado es clave en la transición hacia una economía circular. Las mejoras futuras incluyen el reciclaje químico mediante procesos como la glicólisis o la hidrólisis, que permiten recuperar monómeros de alta pureza; la automatización en la clasificación de residuos textiles para mejorar la eficiencia del reciclaje y el diseño para el reciclaje, promoviendo productos textiles más fáciles de desensamblar (El Darai et al., 2024; Déjournat et al., 2024). Estas estrategias buscan cerrar el ciclo de vida del producto y reducir el impacto ambiental de la industria textil.

## Conclusiones

- El control de los factores de producción insumos, aditivos químicos, máquinas, las variables de proceso etc. en todas las etapas de fabricación de hilo filamento reciclado, determina en gran medida la obtención de un filamento reciclado para uso textil de alto valor agregado.
- Dependiendo de la especificación de calidad del filamento PET reciclado, se adaptan las especificaciones del proceso, como son temperatura de operación, presión, caudal o flujo, temperatura de secado, aditivos químicos, antibacterial, antiestático, porcentaje máximo de humedad del PET.
- Las propiedades de calidad del filamento como tenacidad, elongación, retracción residual, denier etc. son uniformes en toda la producción de lote a lote de filamento PET reciclado y contribuye a la cadena de valor de telas y prendas.

## Referencias

- Benjamin Piribauer, Andreas Bartl (2019) Textile recycling state of the art and current developments: A mini review\_ Sage Journals [https:// journals.sagepub.com](https://journals.sagepub.com)
- Laura Mansilla Pérez, Marcos Ruiz Ruiz (2009) Reciclaje de botellas de PET para obtener fibra de poliester. Ingeniería Industrial n° 27, 2009, pp. 123-137
- Teresa Massoud, Jacinta Dsilva (2024) Cerrando el ciclo del reciclaje de plástico PET: una transformación sostenible del plástico a la fibra. <https://doi.org/10.1016/j.nxsust.2024.100095>
- Hopewell, J., Dvorak, R., & Kosior, E. (2020). Plastics recycling: challenges and opportunities. Philosophical Transactions of the Royal Society B, 364(1526), 2115-2126.
- PlasticsEurope. (2024). Plastics - the Facts 2024. <https://plasticseurope.org>
- Shen, L., Worrell, E., & Patel, M. K. (2019). Present and future development in plastics from biomass. Biofuels, Bioproducts and Biorefining, 13(2), 445-459.
- UNEP (2021). From Pollution to Solution: A Global Assessment of Marine Litter and Plastic Pollution.
- Textile Exchange. (2023). Preferred Fiber and Materials Market Report 2023. [https:// textileexchange.org](https://textileexchange.org)
- Zhao, H., Yang, X., & Lin, Q. (2022). Blockchain technology for sustainable supply chains: A review. Sustainable Production and Consumption, 30, 631-644.
- Luna Ramos, J. I. (2024). Desarrollo de un sistema de acondicionamiento de señal para determinar elementos en un sistema de clasificación para botellas PET post-consumo [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Querétaro]. Universidad Autónoma de Querétaro. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>
- Sarioğlu, E., & Kaynak, H. K. (2018). PET bottle recycling for sustainable textiles. InTechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.72589>
- Milad Bhuiya, M., & Simon Hasan, K. (2019). Developing a model for recycling plastic bottle into synthetic fiber (Tesis de licenciatura, International University of Business Agriculture and Technology). <https://www.researchgate.net/publication/338232283>

- El Darai, T., Ter-Halle, A., Blanzat, M., Despras, G., Sartor, V., Bordeau, G., Lattes, A., Franceschi, S., Cassel, S., Chouini-Lalanne, N., Perez, E., Déjugnat, C., & Garrigues, J.-C. (2024). Chemical recycling of polyester textile wastes: shifting towards sustainability. *Green Chemistry*, Royal Society of Chemistry. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2024/gc/d4gc00911h>
- Plastics Europe. (2024). *Plastics: The fast facts 2024*. <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-fast-facts-2024/>
- Ingeniería Química Reviews. (2020, diciembre). Botellas PET: proceso de fabricación, definiciones y aplicaciones. <https://www.ingenieriaquimicareviews.com/2020/12/botellas-pet-proceso-fabricacion-definiciones.html>
- Gregory D. R., (2000). Improving Properties and processing performance of melt-spun fibers. *International Nonwovens Journal*, 9, n3, 15-21.
- García, A.& Tapia, J., (2007). Diseño de un nuevo proceso para la obtención de fibras de poliéster a partir de PET reciclado. *Conciencia Tecnológica*, num.34, 2007, pág. 60-61 <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94403418>
- Salazar, A., Valera, B., Del Rosario, G., Francia, J., (2022). Tesis de Magister Centrum PUCP. Modelo ProLab; Kawsay, una propuesta para reutilizar el plástico PET generado por empresas industriales. Modelo Canvas.

# Sobre los autores

## Mg. Manuel Enrique Gonzales Aparicio



Ingeniero industrial, MBA internacional y magíster en Dirección de empresas industriales y de servicios. Actualmente cursa estudios doctorales en ingeniería industrial y es candidato a doctor en administración de negocios. Cuenta con especializaciones en gestión pública, finanzas y supply chain management, además de certificación profesional en contrataciones del Estado. Posee más de veinte años de experiencia en dirección de operaciones, logística y cadena de suministro en los sectores industrial, alimentario y público. Ha ocupado cargos ejecutivos liderando proyectos de optimización productiva, implementación de lean manufacturing y lean 4.0, control de costos, aseguramiento sanitario y cumplimiento normativo en plantas de procesamiento de alimentos, integrando herramientas de mejora continua con tecnologías digitales para fortalecer la eficiencia operativa, la trazabilidad y la competitividad empresarial. Se desempeña como docente universitario en programas de pregrado y posgrado en gestión de procesos, logística e innovación, además de asesorar tesis en ingeniería y administración. Es autor de artículos científicos y capítulos de libro publicados en editoriales académicas con revisión por pares. Sus líneas de investigación se centran en manufactura esbelta, transformación digital, clima organizacional, eficiencia productiva y sostenibilidad en sistemas industriales complejos, con énfasis en la modernización de la industria alimentaria latinoamericana.

## Mg. Ing. Betsy Katherine Cambindo Quiñónez



Ingeniera industrial de profesión, con maestría en Sistemas de Gestión de la Calidad con mención en Sistemas Integrados por la Universidad Indoamérica del Ecuador – sede Quito. Experta auditora en sistemas integrados de gestión alineados a las normas ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001. Actualmente cursando el sexto ciclo del doctorado en Ingeniería Industrial en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Docente con cuatro años de experiencia en la Facultad de Ingenierías de la Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas, participando en la formación académica de futuros profesionales del área técnica e industrial. Imparte las asignaturas de Gestión de Mantenimiento, Física II y Metodología de la Investigación (UIC).

## Mg. Jessica Gisell Valdivia Cuentas



Doctorando en Ingeniería Industrial en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Magister en Dirección de empresas en la Universidad ESAN e ingeniera industrial de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. Fue directora de la Escuela de Ingeniería Industrial (2020-2023) en la Universidad Católica San Pablo y en la actualidad se viene desempeñando como docente a tiempo completo y dictando cursos relacionados a Gestión y Procesos. Líder del foco de Internacionalización en el Departamento de Ingenierías de la Industria y el

Ambiente, forma parte del comité de calidad de la Escuela de Ingeniería Industrial de dicha universidad, además de poseer una gran experiencia en trabajo de acreditación modelo ICACIT y ABET. Cinética y diseño de reactores y tratamiento de aguas.

## Mg. Ing. Domingo Hussein Pacheco Alvaro



Auditor MINTRA | CIP 196890 | Especialista en sistemas de gestión, seguridad y salud en el trabajo y sostenibilidad. Profesional con más de 16 años de experiencia en sectores estratégicos como minería, petróleo, construcción, manufactura y educación superior. Especialista en sistemas integrados de gestión, mejora continua, sostenibilidad, lean six sigma y seguridad ocupacional, con una sólida trayectoria en auditorías legales, implementación de normas internacionales (ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, ISO 50001, ISO 37001, BASC,

GRS) y gestión por procesos. Ha liderado proyectos de certificación, optimización operativa y reducción de impactos ambientales, integrando herramientas estadísticas y enfoques de economía circular.

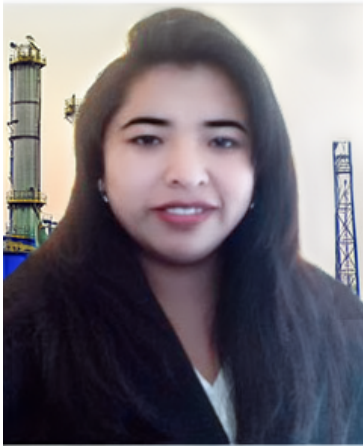
## Mg. Ing. Nancy Elizabeth Barreda de Miranda



Ingeniera química de FQIQ-UNMSM. Profesional con 20 años de experiencia en la industria textil exportadora, como jefa de laboratorio textil y de planta de tintorería. Docente investigadora (cátedra) de la EPITC-FII-UNMSM. Docente de maestría en la FII-UNMSM. Con estudios de doctorado en Ingeniería industrial en FII-UNMSM. Coordinadora de laboratorio de fibrología y procesos textiles de EPITC.

Ha realizado pasantías en la Universidad de Texas USA 2009, Universidad Carolina del Norte al College de Textiles, USA 2009, Universidad Sao Paulo, Brasil 2017 y Universidad Bolivariana Medellín Colombia.

## Mg. Ing. Nohemy Miriam Canahua Apaza



Ingeniera industrial por la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas - UPC, con grado de magíster en Ingeniería Industrial concedido por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos – UNMSM Con más de 12 años de experiencia en rubros tales como: Diseño de programas de actividades de fiscalización en el sector público. reingeniería de procesos y diseño de manuales de organización de funciones para empresas financieras; planeamiento y análisis de actividades en organizaciones de mantenimiento para empresas mineras; organización y administración de actividades logísticas para el sector privado. Experiencia en el planeamiento, diseño e implementación de programas de actividades para obtener certificaciones ISO 14001 y OHSAS 18001. Actualmente cursa estudios de doctorado en Ingeniería Industrial, se desempeña como catedrática universitaria en programas de pregrado en gestión de la innovación, logística, procesos, cadena de suministros, gestión de proyectos, asesora de tesis en ingeniería y grupos de investigación, autora de artículos científicos publicados en revistas indexadas en Scopus y SciELO

## Mg. Ing. Mickey Elvis Ayrampo Espinoza



Gerente general del Instituto de Innovación en Gestión Estratégica y Sostenible S.A.C. evaluador del Premio Nacional a la Calidad, y de 5S Kaizen; auditor SST por el MTPE (RD N° 73-2018) y auditor ISO. Ha sido gerente de control de calidad, jefe de seguridad e higiene ocupacional, física patrimonial, ambiental, aseguramiento de calidad, sistema integrado de gestión y optimización; con más de 25 años de experiencia en los sectores industrial y servicios de: agua potable y alcantarillado, textil, construcción modular, agro industrial, azucarero, pesquero, plásticos, metal mecánica, servicios, educación, minero, energía, security y laboratorio. Doctorando en ingeniería industrial [UNMSM]; magíster en Gestión Integrada en Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente [UNMSM]. Ingeniero industrial colegiado [UNAC]. Diplomado en Prevención de Riesgos Laborales y Diseño Organizacional (ESAN) Becado en la especialización de “The Program on Quality Management” [AOTS] Japón 2006. y “The Training Course on Practical Solution of Quality Related Problems” [AOTS] Japón 2004. realizando visitas técnicas de estudio en TOYOTA; KOKUSAN DENKI; SUMITOMO; GC FUJI OYAMA FACTORY, DAINIPPON; SHARP ELECTRIC; KOMATSU. Estudios y conferencista en QHSE en Italia, Brasil, México, España, Colombia, Chile, Ecuador y Cuba. Visitó la empresa FPT Industrial en Turín Italia: Motores para vehículos industriales. Docente de pre y posgrado en universidades. asesor y jurado de tesis de maestrías en la UNI Escuela de Ingeniería Ambiental.

## Mg. Ing. Edgar Jara Acosta



Ingeniero industrial y magíster en Administración de Negocios (MBA) por la Pontificia Universidad Católica del Perú, candidato a doctor en ingeniería industrial por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Cuenta con especializaciones en Dirección de Marketing por la Universidad del Pacífico, en Habilidades Directivas por la Universidad Complutense de Madrid (España) y en Calidad y Evaluación Universitaria por la Universidad Internacional de La Rioja. Profesional con amplia trayectoria en el ámbito industrial, empresarial y académico. En el sector empresarial, ha desempeñado funciones en organizaciones como

Embotelladora Latinoamericana S.A. - Coca Cola y Confiperú S.A. perteneciente al Grupo Confiteca. En el ámbito académico, ha ejercido como docente universitario en la PUCP, UPN, Continental, además de haber ocupado cargos directivos en diversas universidades (Universidad Privada del Norte, Universidad Tecnológica del Perú, Universidad Peruana Cayetano Heredia y Universidad Continental) con responsabilidades de diseño, implementación curricular y gestión estratégica universitaria.

## Mg. Ing. Karenth Elena Ramírez Alvarez



Ingeniero químico de profesión, con maestría en Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable de la Pontificia Universidad Católica Argentina – sede Rosario, cursando el 6to ciclo del doctorado en Ingeniería Industrial en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Docente con 9 años de experiencia en la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana -UNAP, en el departamento académico de ingeniería química. Docente de los cursos de Ingeniería en Gestión Industrial, Cinética y Diseño de Reactores y Tratamiento de aguas.

DIBUJO Y ARTE DE LA PORTADA : *MARIELLA SOLEDAD VILLAVICENCIO QUIÑONES*  
DISEÑO DE PORTADA: *CARLOS ALBERTO VEGA VIDAL*

ISBN: 978-612-03-3327-3

