

Preparación de Composición de polímeros con alto niveles de fibras naturales (WPC): uso de termocinético mixer (K-mixer)

ING. ESP. CLAUDIO R. PASSATORE, MSc.





✓ **Formación:**

- Mestre en Nanociências y Materiales Avanzados
- Especialista en Gestión de Servicios
- Ing. Químico

✓ **Experiencia Profesional:**

- M.H. Indústria de Máquinas e Equipamentos Especiais
Gerente Comercial
- Faculdades Oswaldo Cruz
Profesor Coordinador del Curso de Ing. de Producción Química



Establecida en 1961, la MH Equipamentos Especiais surgió para atender la creciente industrialización de la región, con la producción de equipos para la mezcla de varios materiales, con el fin de satisfacer las necesidades de los clientes, ofreciendo siempre soluciones adecuadas y económicas.

Procesamiento de Polímeros





En los últimos 20 años están desarrollando, la comunidad científica y en la industria:

- Nuevos materiales poliméricos.
- Mezclas de varios polímeros, y materiales a veces reciclados.
- Materiales compuestos reforzados con fibras naturales y minerales para obtener mejores propiedades a los tradicionales *commodities*.



En los últimos 20 años están desarrollando, la comunidad científica y en la industria:

- Nuevos materiales poliméricos.
- Mezclas de varios polímeros, y materiales a veces reciclados.
- Materiales compuestos reforzados con fibras naturales y minerales para obtener mejores propiedades a los tradicionales *commodities*.



Aplicaciones:

**El área militar, Petroquímica, Automotriz,
Construcción y otros.**



Mezcla de polímeros - mezcla física de dos o más polímeros sin reacción química intencional entre los componentes.

La interacción molecular entre las cadenas de polímero es predominantemente de tipo secundario (intermolecular).

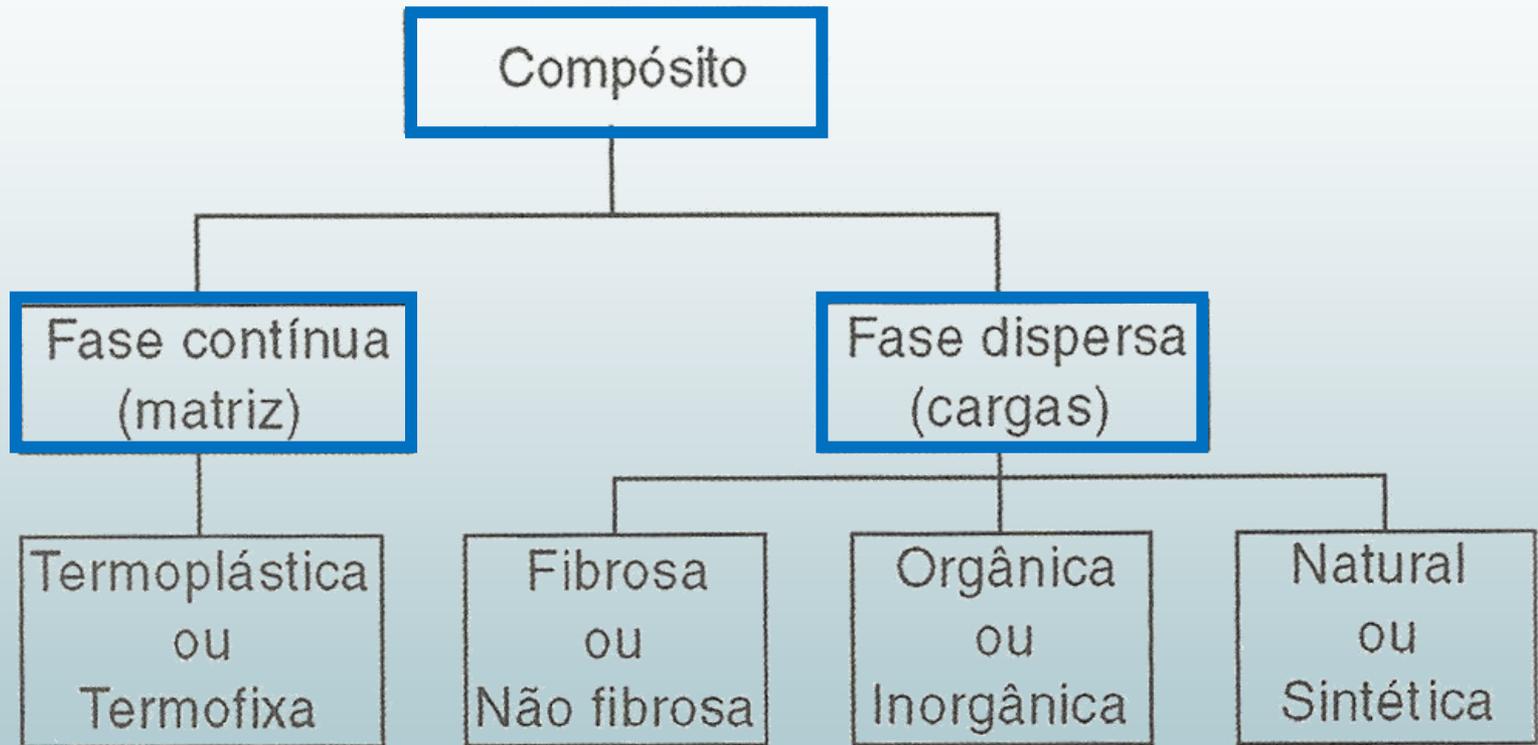
Una mezcla puede ser **miscible o inmiscible** en función de las características termodinámicas de sus componentes, compatibilizada o no, dependiendo del interés tecnológico.



Los compuestos son multifásicos y pueden consistir en sólo dos fases, una llamada **matriz**, que es continua y rodea a la otra fase, la fase **dispersa o carga**.

Las propiedades obtenidas, en especial de adhesión en la interfaz son una función de las fases constituyentes, de sus cantidades relativas y la geometría de la fase dispersa, esto es, su **forma, tamaño, distribución y orientación de estas partículas**.

✓ WPC = Compuesto



✓ Compuestos WPC (Tradicionalmente)



| Vantagens | Desventajas |
|---|---|
| Obtenção de materiais leves | A temperatura de processamento não deve exceder 200°C |
| Maciez e abrasividade reduzida | Baixa estabilidade dimensional |
| Recicláveis, não tóxicos e biodegradáveis | Elevada sensibilidade à intempéries |
| Baixo custo e abundantes na natureza | As características físico químicas das fibras variam muito e interferem nas propriedades dos compósitos |

✓ Compuestos WPC (Tradicionalmente)



| Vantagens | Desvantagens |
|---|---|
| Obtenção de materiais leves | A temperatura de processamento não deve exceder 200°C |
| Maciez e abrasividade reduzida | Baixa estabilidade dimensional |
| Recicláveis, não tóxicos e biodegradáveis | Elevada sensibilidade à intempéries |
| Baixo custo e abundantes na natureza | As características físico químicas das fibras variam muito e interferem nas propriedades dos compósitos |

✓ Compuestos WPC (Tradicionalmente)

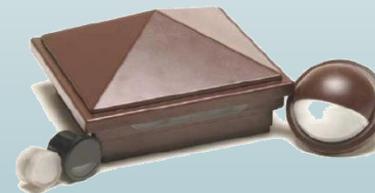


| Vantagens | Desvantagens |
|---|---|
| Obtenção de materiais leves | A temperatura de processamento não deve exceder 200°C |
| Maciez e abrasividade reduzida | Baixa estabilidade dimensional |
| Recicláveis, não tóxicos e biodegradáveis | Elevada sensibilidade à intempéries |
| Baixo custo e abundantes na natureza | As características físico químicas das fibras variam muito e interferem nas propriedades dos compósitos |

Varias técnicas de procesamiento



✓ Aplicaciones de compuestos WPC



✓ Técnicas de procesamiento



Continuous Mixer

Doble Rosca Co-Rotante o Contra Rotante

Mezcladores Verticales

Extrusoras Mono Rosca

Compresión

Calandra

Termocinético mixer (K-mixer)



Fotos meramente ilustrativas

✓ Técnicas de procesamiento



Termocinético mixer (K-mixer)



Homogeneizador MH-5000

Fotos meramente ilustrativas



✓ Los parámetros que influyen en la elección de la Técnica de Procesamiento **más adecuada**:

Matriz Polimérica

- Fusibilidad: termoplástico o termofijos.
- Granulometría: polvo, grano o en flake.

✓ Los parámetros que influyen en la elección de la Técnica de Procesamiento **más adecuada**:



Fibra

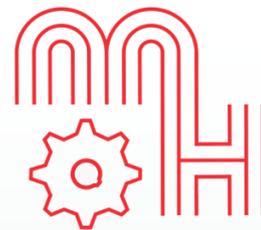
- Contenido de **humedad**: Puede variar de una región para otra.
- Composición Físico Química: El contenido de **celulosa** y **lignina**.
- Tamaño Inicial: **Fibra corto o largo**.
- Tamaño Final Deseado: Fibra corto o largo (compuesto).

✓ Los parámetros que influyen en la elección de la Técnica de Procesamiento **más adecuada**:



Compuesto Obtenido

- El contenido en fibra que desea en su producto final.
- Formato final: **Perfil o grano**.
- Tamaño final deseado de la fibra: La fibra corta o larga (Compuesto).
- Aplicación Final: **Propiedades finales**.



✓ Variables:

Elección de la fibra

Aplicación Compuesto

Origen de la fibra

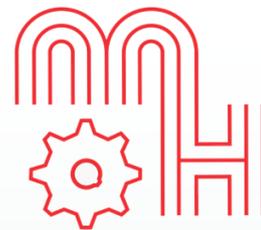
Producción mes

Propiedades deseadas

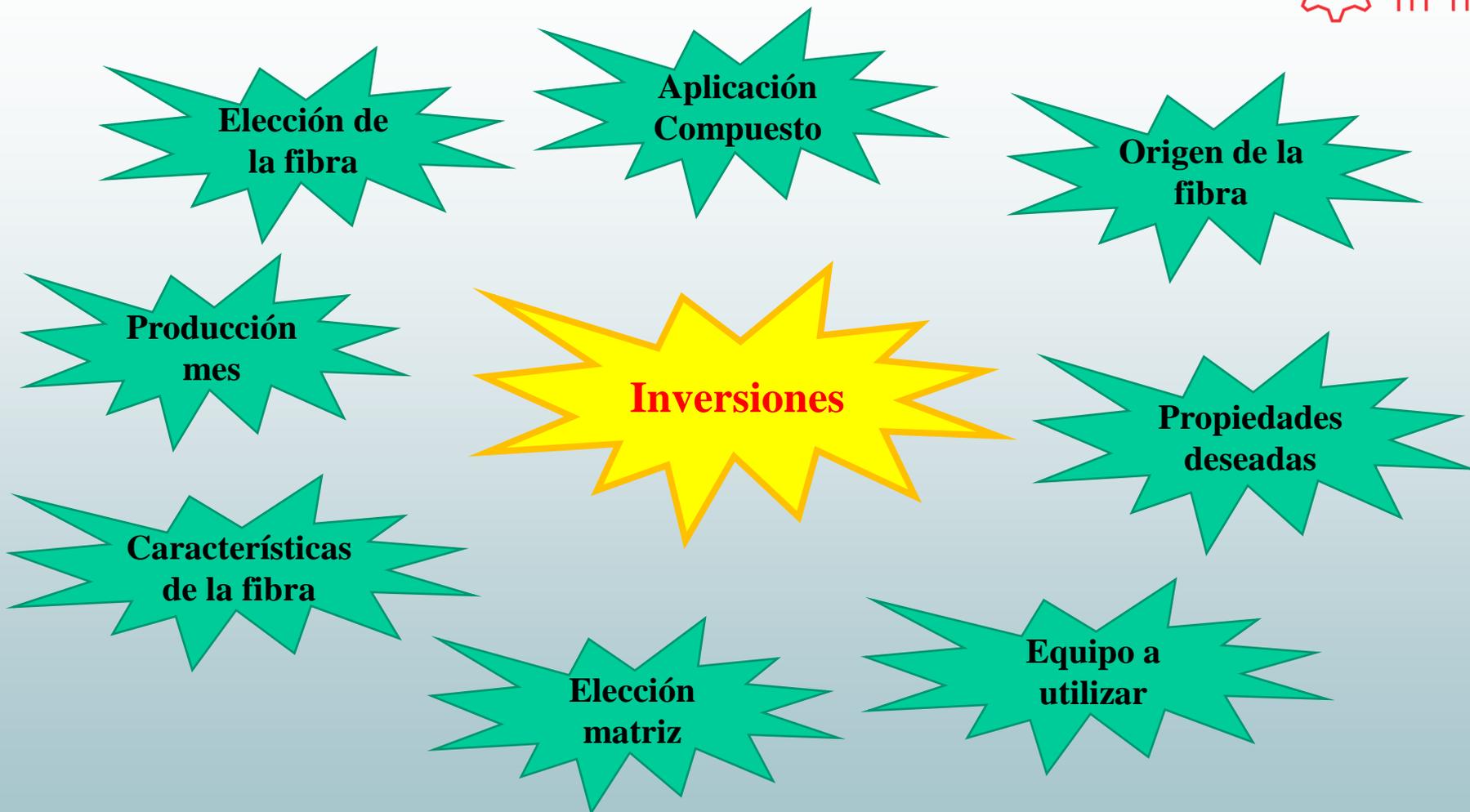
Características de la fibra

Equipo a utilizar

Elección matriz



✓ Variables:





✓ Se Puede Procesar WPC?



✓ Se Puede Procesar WPC?

✓ Sí



✓ Técnicas de procesamiento

**Extrusoras
Mono Rosca**



Doble Rosca

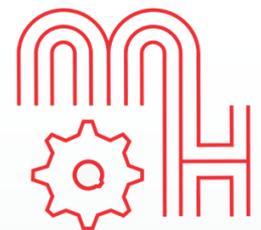


**Mezcladora Termocinético
o Drais**



“Más tradicionales para WPC”

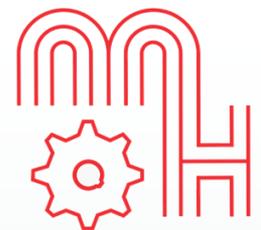
Fotos meramente ilustrativas



✓ Técnicas de procesamiento



| Extrusoras Mono Rosca | |
|--|---|
| Ventaja | Desventaja |
| Bajo costo de adquisición | Incorporación de bajos niveles por debajo de 20% para materiales compuestos |
| Bajo costo de mantenimiento | Necesidad de secado de fibra |
| Diversas granulometrías en la matriz de polímero | Compuestos con poca compatibilidad |
| Varias longitudes de fibras | Bajas propiedades mecánicas del compuesto |
| Puede ser usada para las etapas finales transformación: perfil, flat die, etc. | |
| Diversas capacidades de producción hora | |
| No necesita pretratamiento de las fibras | |

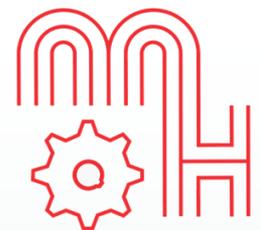


✓ Técnicas de procesamiento



Dupla Rosca

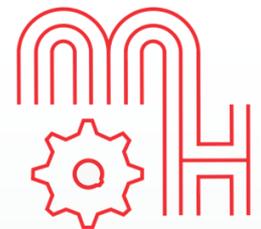
| Ventaja | Desventaja |
|--|--|
| Puede preparar compuestos en grano o gerar formas finales | Recomendable pretratamiento de las fibras |
| Diversas capacidades de producción hora | No opera bien con material en forma de flake (atención a la granulometría de la matriz polimérica) |
| Incorporación de teores de hasta 40% para compuestos (grano) | Necesidad de secado de la fibra |
| Incorporación de teores de hasta 70% para perfis (atención a la configuración) | Alto costo de adquisición |
| Buenas propiedades mecánicas en el compuesto | Alto costo de mantenimiento |
| | Longitudes de fibras limitadas: en polvo y corto |



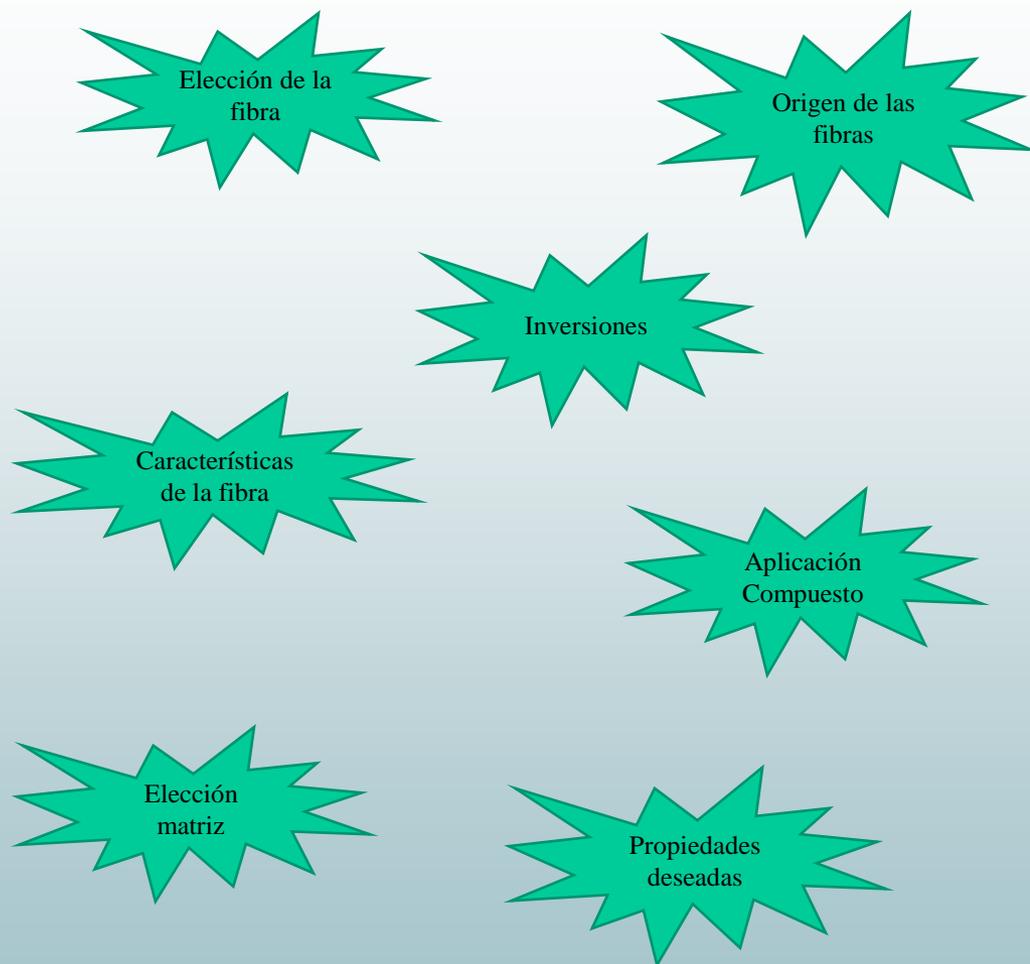
✓ Técnicas de procesamiento



| Mezcladora Termocinético ou Drais | |
|--|--|
| Ventaja | Desventaja |
| Bajo costo de mantenimiento | Alto costo de adquisición |
| Diversas granulometrías en la matriz polimérica | Funciona con diferentes unidades integradas |
| Vários comprimentos de fibras | Operación por lotes |
| Puede ser utilizada para las etapas de transformación final: perfil, flat die | Limitación en el tiempo de producción de 150 o 450 kg / h |
| Incorporación de teores de hasta 60% para compósitos | |
| Incorporación de teores de hasta 70% para perfiles | |
| No necessitas de pré secado de las fibras | |
| No necesita pretratamiento das fibras | |
| Buenas propiedades mecánicas en los compuestos | |



✓ Mezcladora Termocinético



| Ventaja |
|---|
| Bajo costo de mantenimiento |
| Diversas granulometrías en la matriz polimérica |
| Diversos longitud de las fibras |
| Puede ser utilizado para las etapas de transformación final: perfil, flat die |
| Incorporación de teores de hasta 60% para compósitos |
| Incorporación de teores de hasta 70% para perfiles |
| No necesitas de pré secado de las fibras |
| No necesita de pretratamiento de las fibras |
| Buenas propiedades mecánicas em los compuestos |



Ejemplo: Mezclas de WPC en Mezcladora Termocinético K-Mixer





✓ Importante Definir

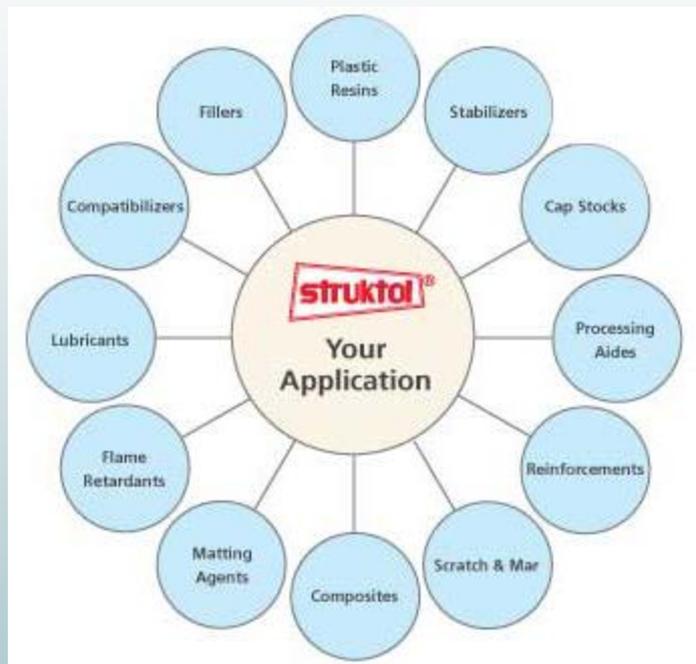
Compuesto Obtenido

- Proveedor de fibra y sus propiedades Físico químicas (celulosa, lignina, humedad, forma y la longitud).
- Cual matriz se utiliza (generalmente PP o PE) y la aplicación (forma final).
- Necesidad de Producción Hora.
- Aplicación.





✓ Aditivos del WPC



RECOMENDACIONES PARA SU APLICACIÓN

STRUKTOL® TPW 113 es un lubricante funcional indicado para proveer una alta humectación de las cargas y excelentes características de dispersión en una amplia variedad de sistemas poliméricos. Este producto ha sido diseñado para mejoras significativas del procesamiento y la velocidad de producción para compuestos cargados.

STRUKTOL® TPW 113 se recomienda para compuestos de Madera Plástica en base a poliolefinas para los que se requiera mejor procesabilidad y mayor velocidad de producción.

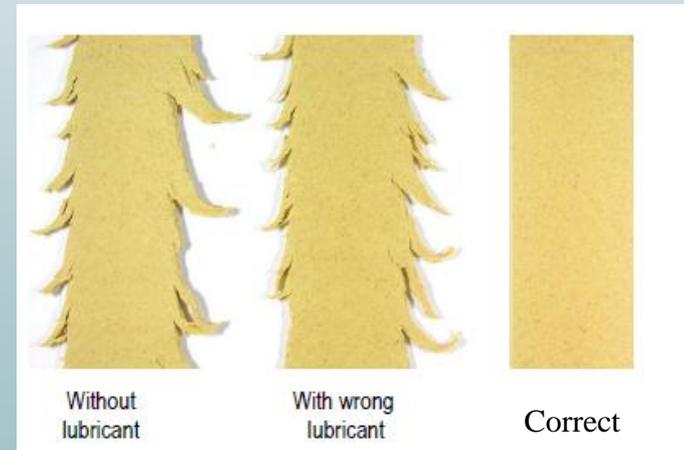


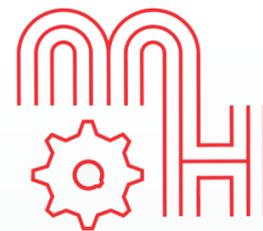


✓ Aditivo WPC (básico)

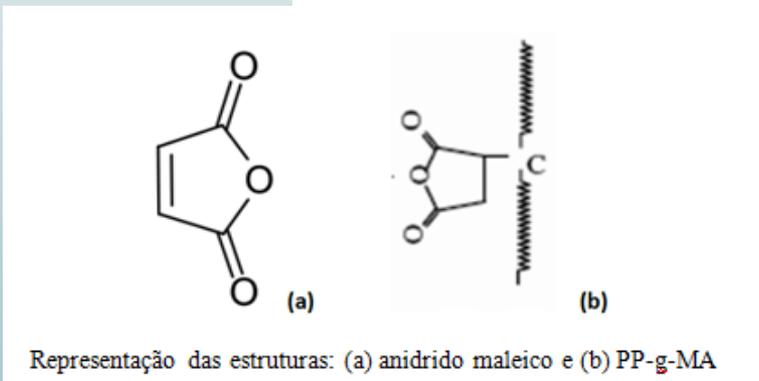
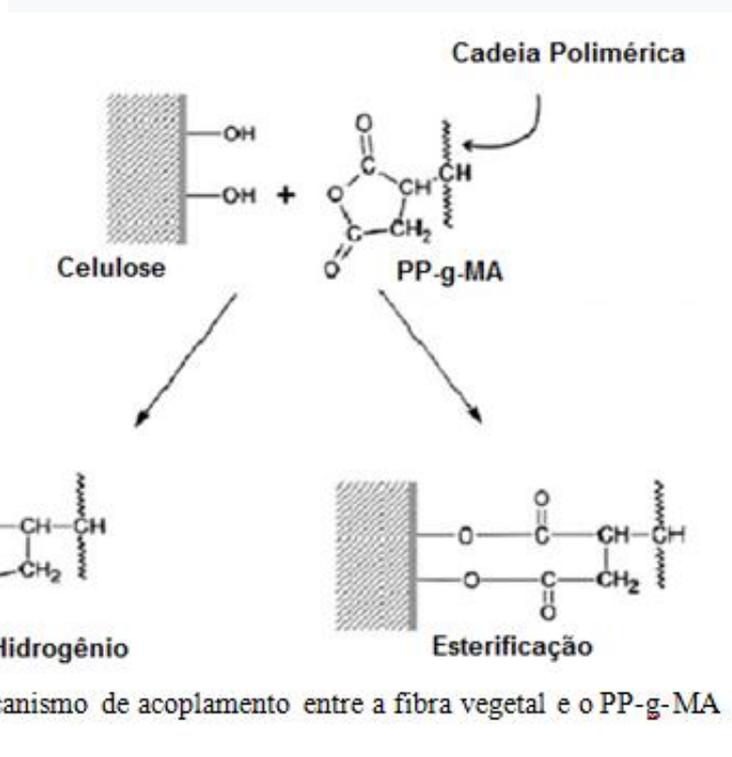
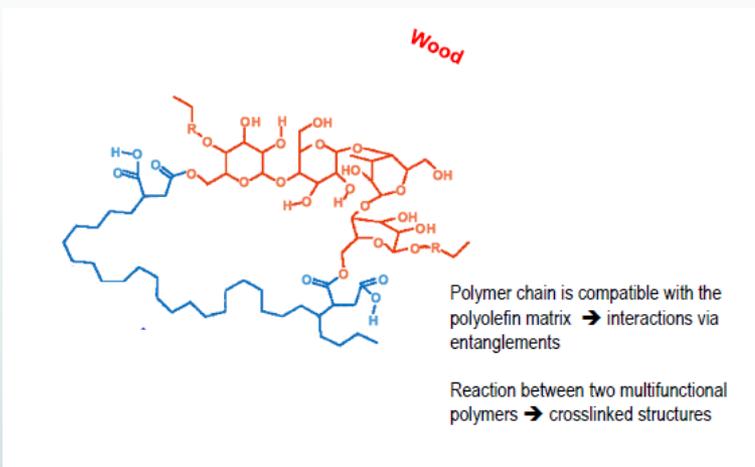
➤ Recomendación de formulación:

- 0,2 a 0,5% de estearato de calcio
- 0,10 a 0,15% de antioxidante térmico
- 3 a 6% de lubricante
- 3 a 7% de compatibilizador





✓ Compatibilización - WPC



✓ WPC – Alto contenido de Fibras

- **Aditivo de acoplamiento o compatibilizante:** PP-g-MA en forma de granos.
- **Lubrificante externo:** Cera de polietileno en forma de polvo.
- **Lubrificante interno:** Estearato de calcio - $\text{Ca}(\text{C}_{18}\text{H}_{35}\text{O}_2)_2$.
- **Antioxidante secundario:** En forma de polvo.
- **Fibras:** (contenido el 60% en peso)
Cambará in natura (Vochysia divergens).
Sisal in natura (Agave Sisalana).
Coco in natura (Cocos nucifera L.).
Piaçava in natura (Attalea Funifera).



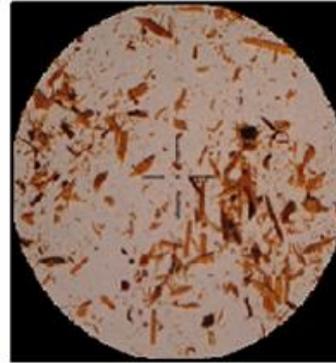
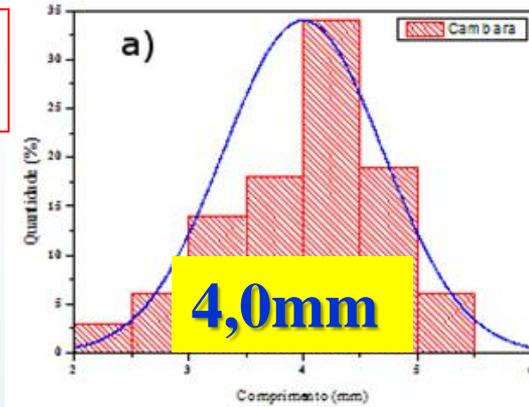
Fotos meramente ilustrativas



- **Caracterización de longitud de las fibras**

La longitud de la fibra ha sido analizada antes y después del procesamiento

Antes

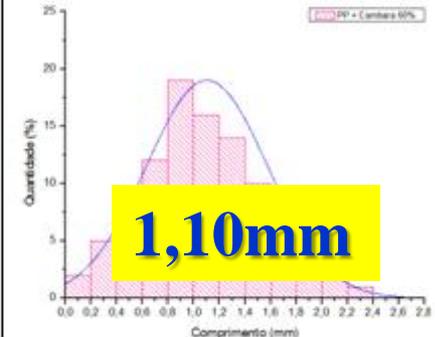
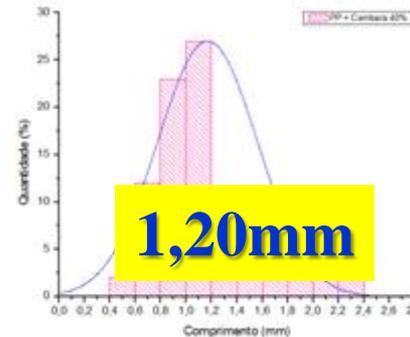
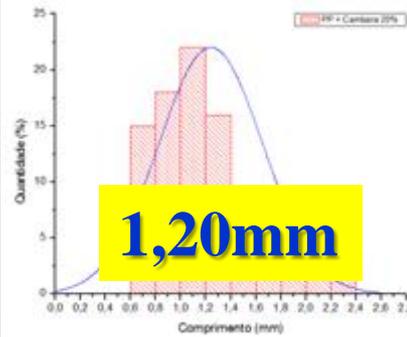


PARABOR
COLOMBIA

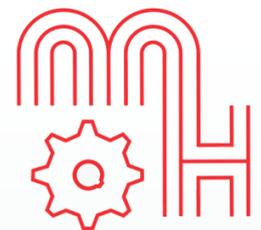


Madera Cambará

Después



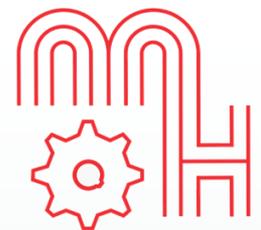
Longitud de las fibras



| Tipo de Fibra | Comprimento da fibra após o processamento | | | Valor médio antes (mm) | Valor médio depois (mm) | Percentual de redução |
|---------------|---|-----------|-----------|------------------------|-------------------------|-----------------------|
| | 20% (m/m) | 40% (m/m) | 60% (m/m) | | | |
| Cambará | 1,2 ± 0,4 | 1,2 ± 0,4 | 1,1 ± 0,5 | 4,0 | 1,2 | 71% |
| Coco | 1,3 ± 0,5 | 1,3 ± 0,5 | 1,3 ± 0,5 | 4,1 | 1,3 | 68% |
| Sisal | 1,6 ± 0,4 | 1,7 ± 0,4 | 1,6 ± 0,4 | 4,7 | 1,6 | 65% |
| Piaçava | 1,4 ± 0,6 | 1,5 ± 0,4 | 1,4 ± 0,4 | 5,0 | 1,5 | 71% |
| Média redução | | | | | | 69% |

El procesamiento en mezcladora termocinético ha reducido en aproximadamente el 70% de la longitud de las fibras.





Relação L/D de las fibras antes y después del procesamiento

| Relação L/D | | |
|-------------|-----------|------------|
| Fibra | L/D antes | L/D depois |
| Cambar a | 5,7 | 3,3 |
| Sisal | 17,4 | 8,6 |
| Coco | 13,7 | 5,9 |
| Piaçava | 7,9 | 4,8 |

Fibras cortas $LD \leq 100$

Fibra *in natura*



Molienda de las fibras



Pesaje de las formulaciones



Fibra *in natura*



Molienda de las fibras



Pesaje de las formulaciones



Procesamiento de los compuestos



Remoción de la humedad durante el procesamiento

Alimentación directa de todos los componentes



Fibra *in natura*



Molienda de las fibras



Pesaje de las formulaciones



Molienda



Procesamiento de los compuestos



Transformación

0



Feria Internacional de Plásticos, Cauchos y Petroquímica • Feria Internacional de Envases y Empaques

COLOMBIAPLAST • EXPOEMPAQUE



Ensayos mecánicos

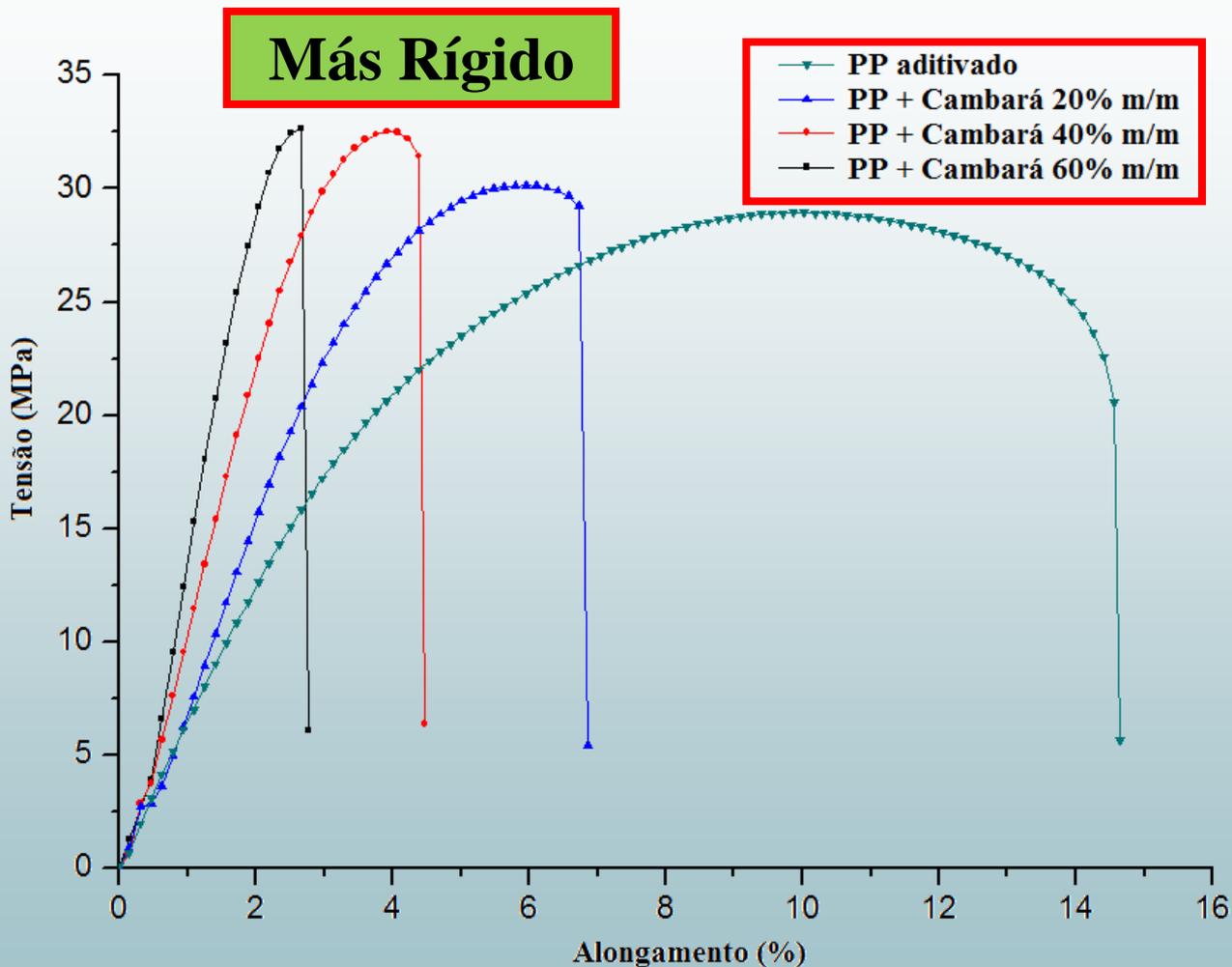
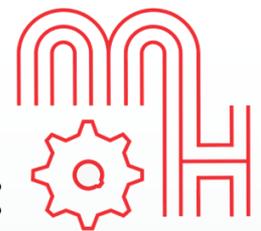


Feria Internacional de Plásticos, Cauchos y Petroquímica • Feria Internacional de Envases y Empaques

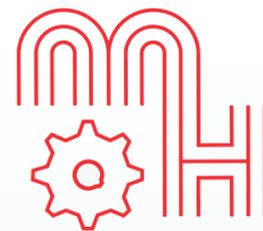
COLOMBIAPLAST • EXPOEMPAQUE

Ensayos mecánicos

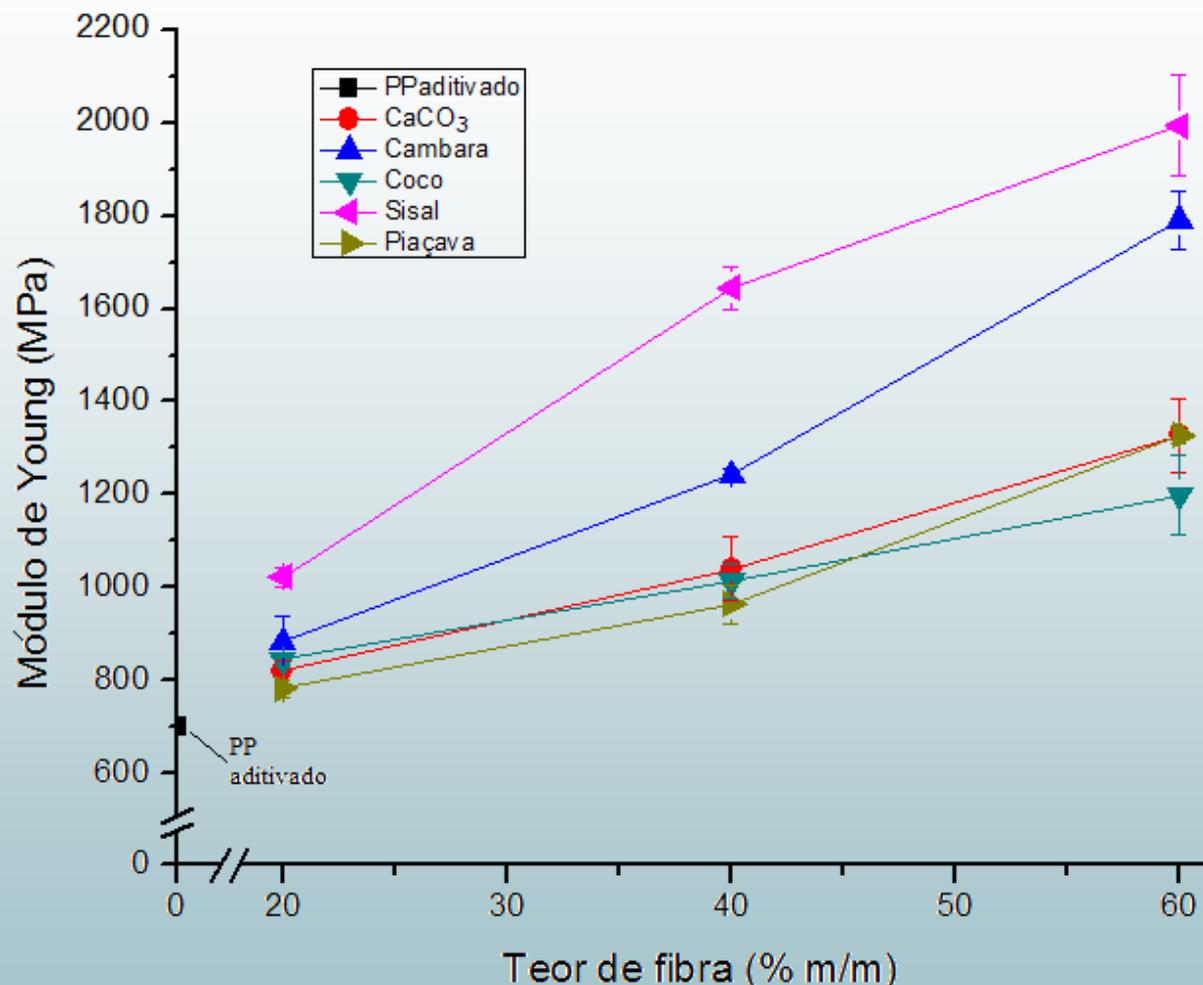
Curva tensión x deformación máxima – Ejemplo:



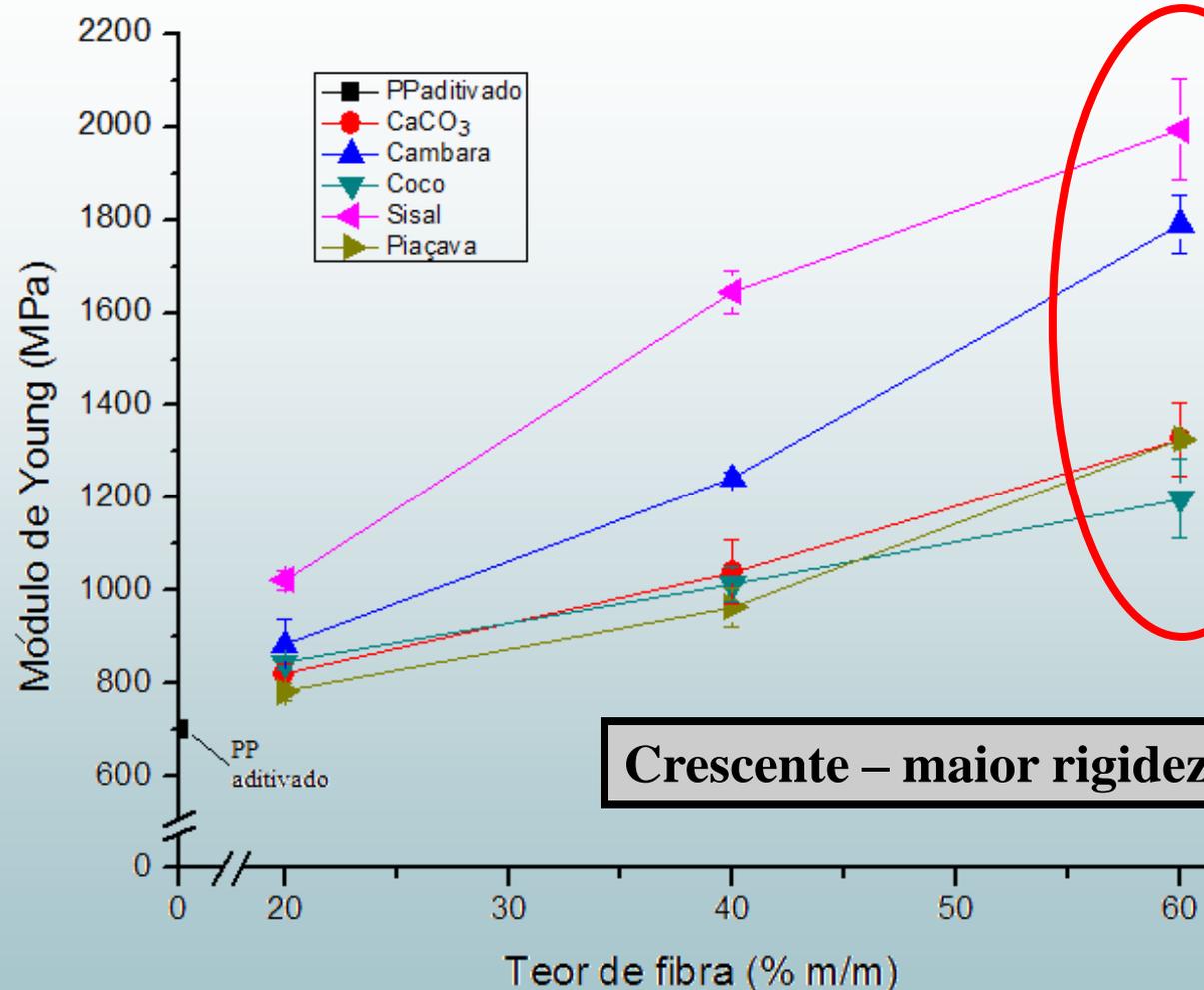
✓ Ensayos Mecánicos: Módulo de Young



✓ Ensayos Mecánicos: Módulo de Young

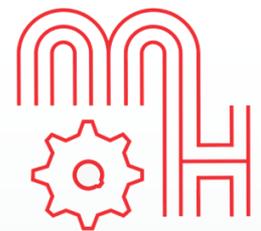


✓ Ensayos Mecánicos: Módulo de Young

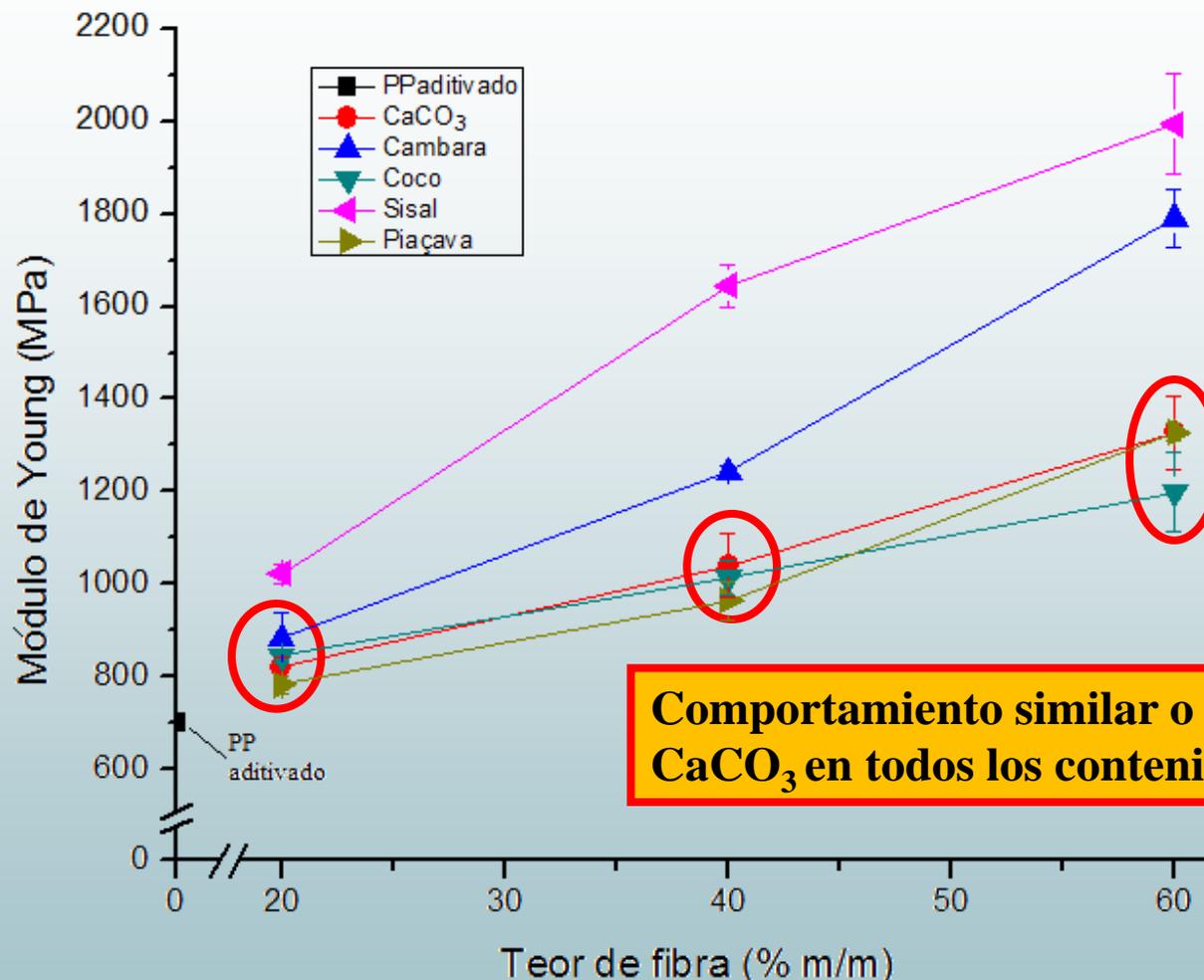


Elevado
Contenido

Crescente – maior rigidez



✓ Ensayos Mecánicos: Módulo de Young



Comportamiento similar o superior ao CaCO₃ en todos los contenidos

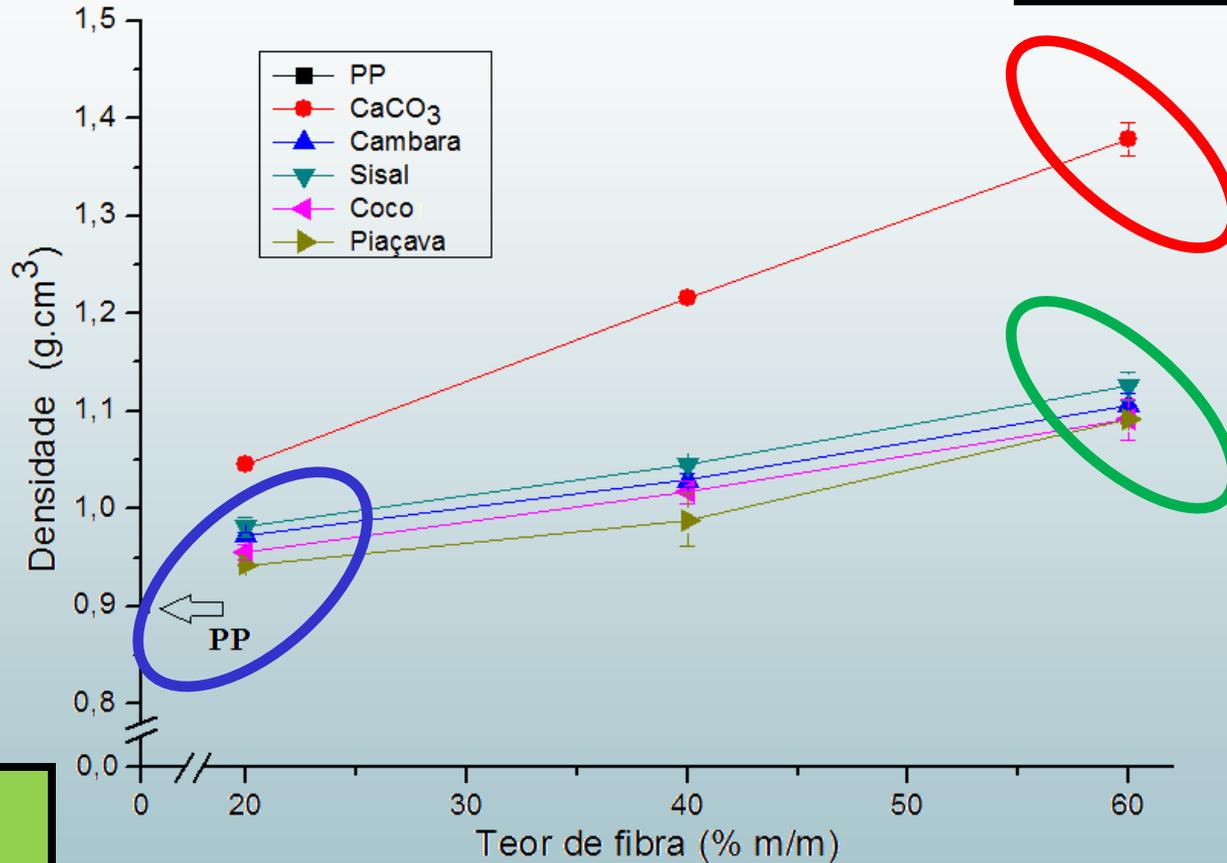
Densidad

Compuestos



Densidad Compuestos

El 25% menos
denso que el
 CaCO_3



Más denso
que el PP

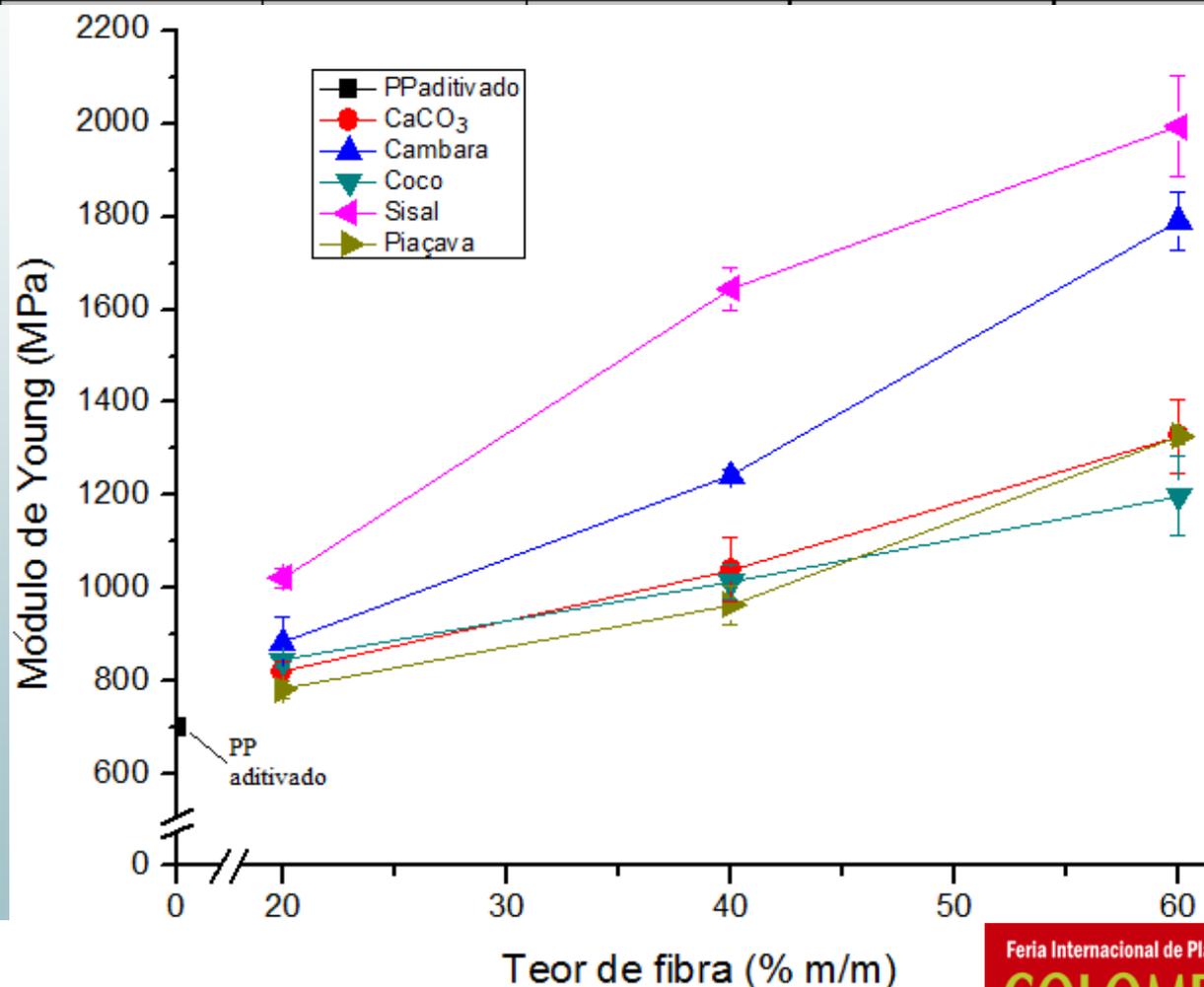
Passatore C. R., Leão A. L., Carvalho C. L. e Rosa D. S.^{*}. **Compósitos de polipropileno com reforço de fibras vegetais tipo camará, coco, sisal e piaçava.** Dissertação Universidade Federal do ABC, São Paulo, Brasil, 2014.

Feria Internacional de Plásticos, Cauchos y Petroquímica • Feria Internacional de Envases y Empaques

COLOMBIAPLAST • EXPOEMPAQUE

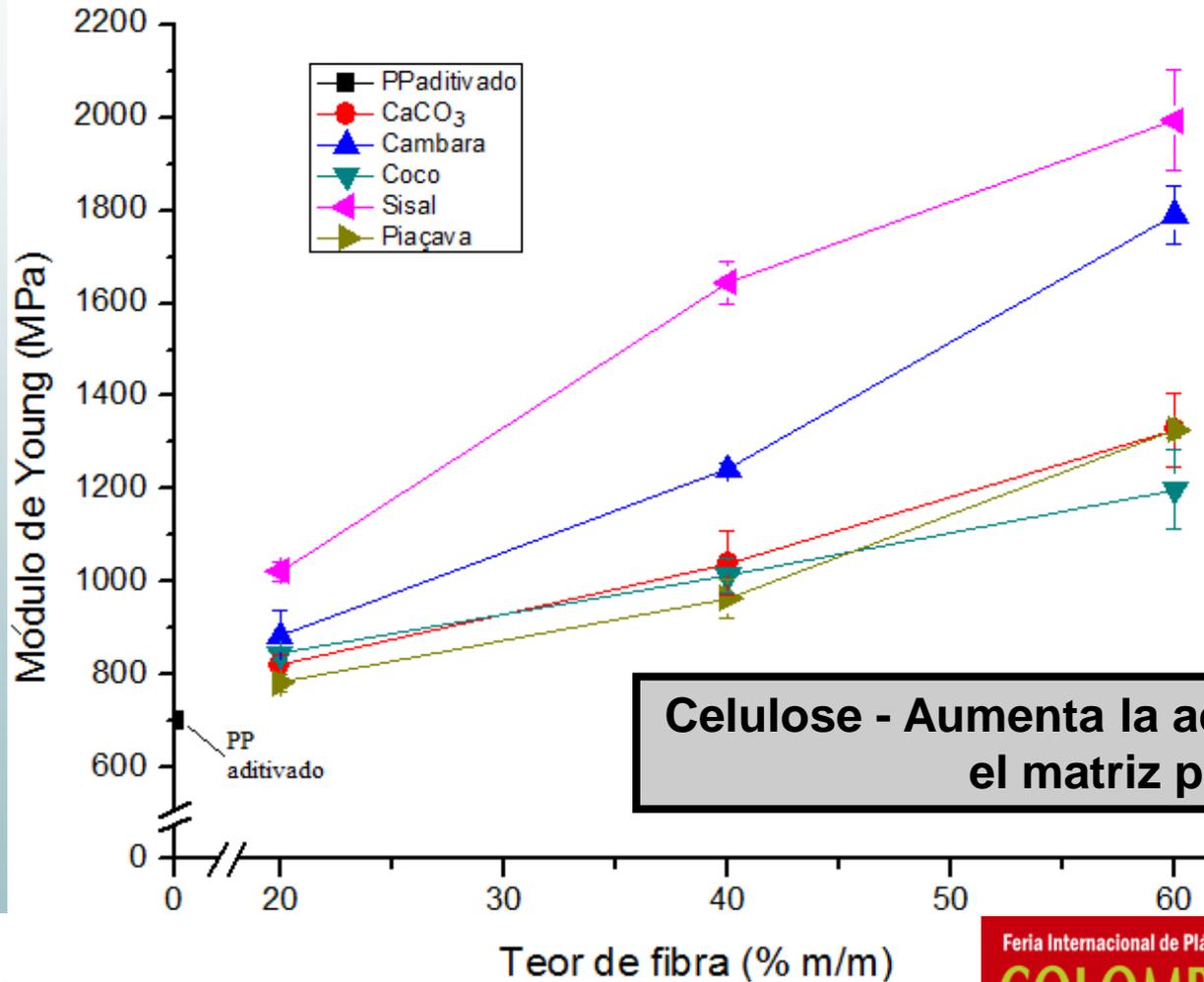


| Amostra | Número de onda (cm ⁻¹) | Grupo funcional | Descrição | Área (uA) |
|---------------|------------------------------------|-----------------|-----------|-----------|
| Fibra Sisal | 897 | Anéis Glicose | Celulose | 25,90 |
| Fibra Cambara | 897 | Anéis Glicose | Celulose | 25,33 |
| Fibra Piaçava | 897 | Anéis Glicose | Celulose | 21,18 |
| Fibra Coco | 897 | Anéis Glicose | Celulose | 16,92 |



| Amostra | Número de onda (cm ⁻¹) | Grupo funcional | Descrição | Área (uA) |
|---------|------------------------------------|-----------------|-----------|-----------|
| Sisal | 897 | Anéis Glicose | Celulose | 25,90 |
| Cambara | 897 | Anéis Glicose | Celulose | 25,33 |
| Piaçava | 897 | Anéis Glicose | Celulose | 21,18 |
| Coco | 897 | Anéis Glicose | Celulose | 16,92 |

Orden
Crescente



Sisal

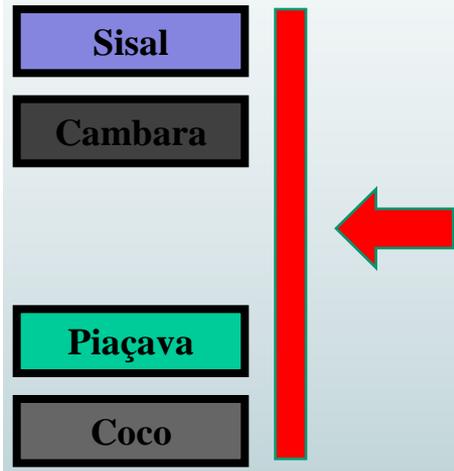
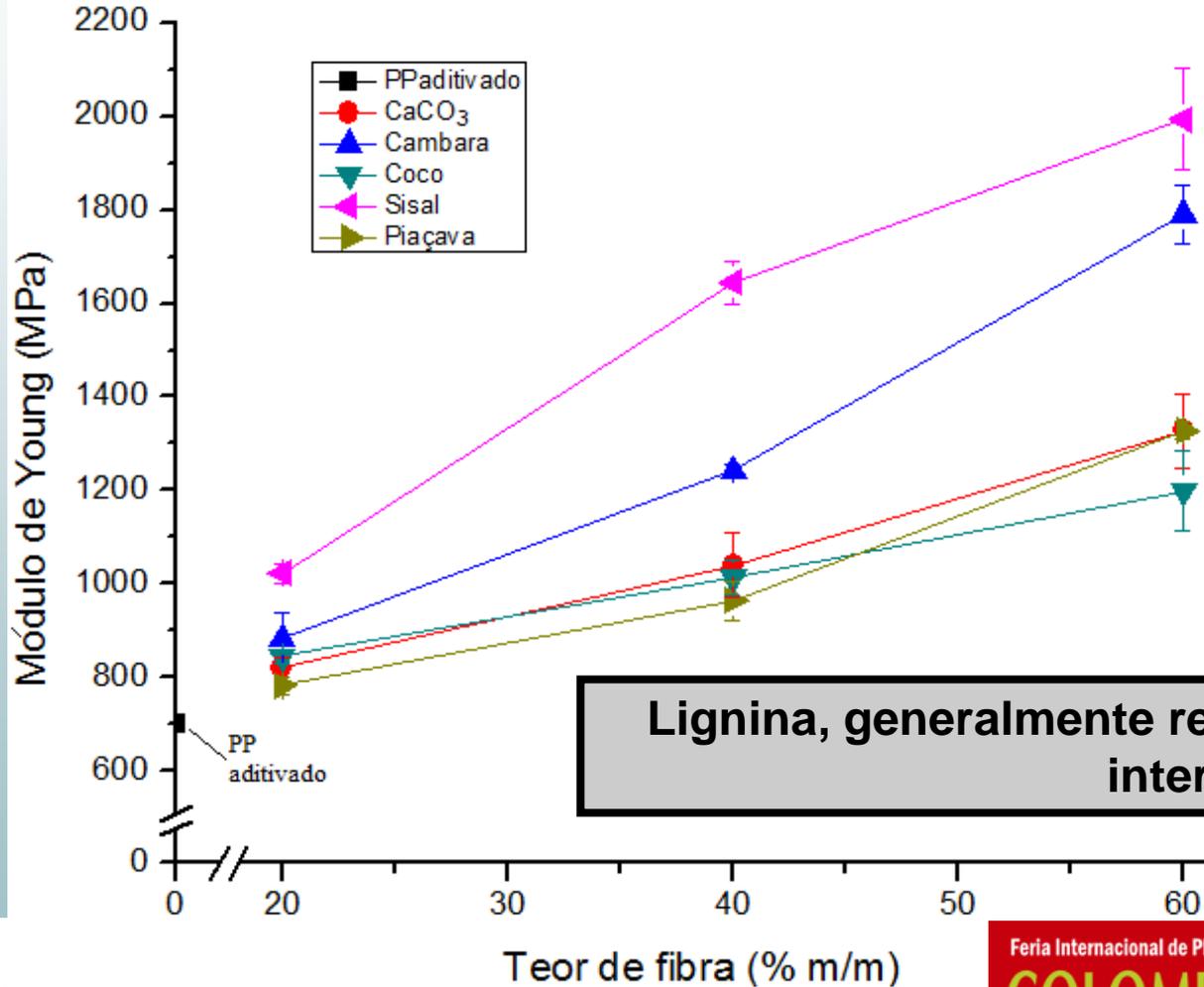
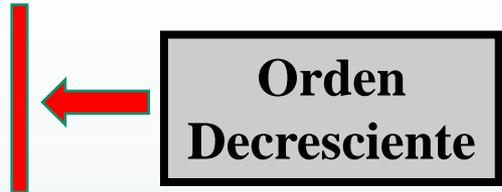
Cambara

Piaçava

Coco

Celulose - Aumenta la adhesión de la fibra con el matriz polimérica

| Amostra | Número de onda (cm ⁻¹) | Grupo funcional | Descrição | Área (uA) |
|---------|------------------------------------|-----------------|-----------|-----------|
| Piaçava | 1270 | C-O | Lignina | 232,00 |
| Coco | 1270 | C-O | Lignina | 126,24 |
| Cambara | 1270 | C-O | Lignina | 97,86 |
| Sisal | 1270 | C-O | Lignina | 48,97 |



Lignina, generalmente reduce la adherencia en la interfase

Homogeneizador Mezclador Termocinético – K-Mixer

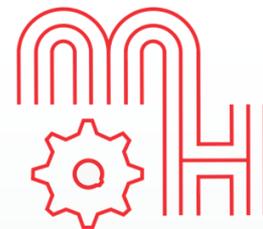




✓ K-Mixer de Laboratório y Produção

- Método más rápido para la preparación de masterbatches, compuestos, mezclas y WPC.
- Absoluta repetición del proceso entre laboratorio y producción.
- Ideal para atender las demandas de los pequeños y medianos lotes de producción.

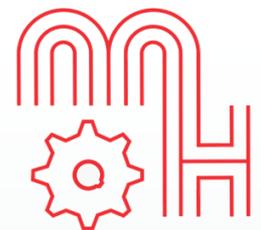




Es un mezclador horizontal, sin fuente de calefacción, con un sistema de refrigeración y cámara cilíndrica de mezcla y eje con palas estacionarias de alta velocidad (mayor que 5000 rpm).



**Cámara de Mezcla
Homogeneizador
de Laboratorio
50 mL.**

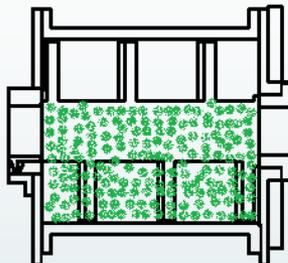
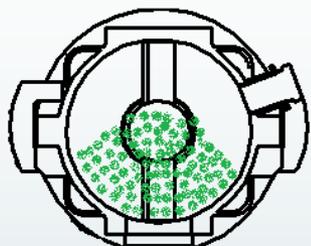


- **Procesa materiales con diferentes tamaños y formas (flakes, reciclados, granos, pellets, polvos, líquidos, etc.).**
- **Preciso sistema de control de la temperatura del procesamiento (Infra rojo).**
- **Elimina la humedad durante el procesamiento.**
- **Alta capacidad del control del tiempo de permanencia de los materiales (evita la degradación térmica).**
- **Ideal para la incorporación de mayores concentraciones de cargas (el 70% m/m).**

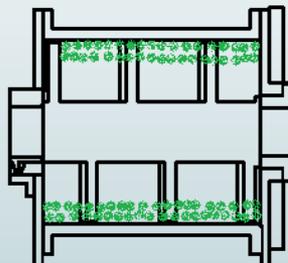
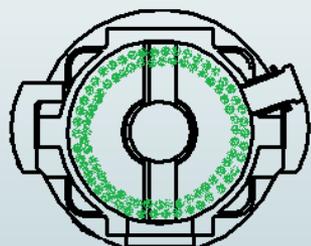




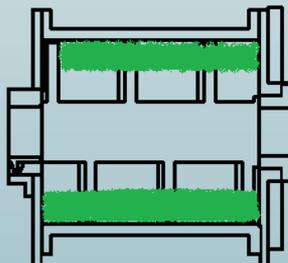
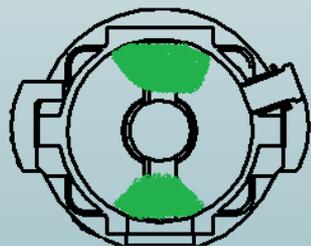
✓ Pasos de Procesamiento:



Molienda de las partículas
Choque entre los materiales, las palas del eje y la cámara se mezclan.

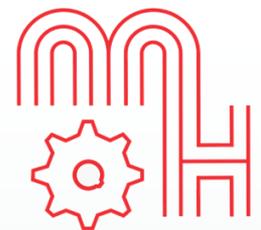


Nube de partículas micrométricas hasta nanométricas (aglomeración), alta "turbulencias" y choque de las partículas.



Plastificación o fusión.





✓ Otras Ventajas :

➤ Excelente dispersión de la mezcla (ideal para masterbatches, compuestos y mezclas).

➤ Puede funcionar por separado o integrado con otros equipos, tales como – **Dosificadores, Extrusoras, Prensas y Calandras.**

➤ Económica:

✓ Eléctricamente: No requiere fuente externa de calor.

✓ Mantenimiento: Bajo costo de mantenimiento.

✓ Set up: Rápido y con poco gasto con productos de limpieza.

➤ Procesamiento rápido: entre 20 y 90 (60 segundos de promedio).





¡Modelos!

Homogeneizadores – K-Mixer



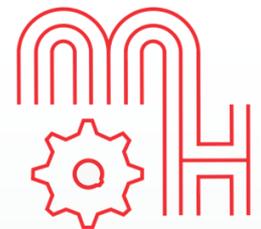
**Homogeneizador de
Laboratorio
50, 100 mL.**



**Pequeños Lotes
(MH-1000)
1 Litro**



**Producción
(MH-5000)
5 Litros**

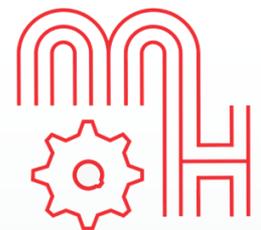


Norma NR12

Laboratorio:

MH-50h y MH-100

- Método más rápido para la preparación de muestras y desarrollo de formulaciones (50 a 150 gramos);
- Poco gasto de materias primas (resinas y aditivos);
- Varios accesorios de control (adecuados para desarrollo de compuestos y blendas):
 - Variación de la velocidad.
 - Sistema de control de temperatura de la masa.
 - Sistema de escape de volátiles de la muestra;
- Capacidad de carga: 50 y 100 mL.



Norma NR12

**Pequeños lotes:
MH-1000**

- **Ideal para el desarrollo de muestras o lotes pequeños entre 2 y 25 kg;**
- **Absoluta repetición del proceso entre laboratorio y producción;**
- **Posee todos los accesorios se ha mencionado anteriormente;**
- **Set-up rápida, con posibilidad de cambio del eje o rápida modificación del sistema de las palas el eje;**
- **Capacidad de carga: 1 L.**



Norma NR12

Producción: MH-5000

- **Equipo de producción (150 a 200 kg/h);**
- **Puede funcionar por separado o integrado con otros equipos, tales como - Extrusoras, Prensas y Calandras;**
- **Posee todos los accesorios se ha mencionado anteriormente;**
- **Capacidad de carga: 5L.**



Norma NR12

- **Equipo de producción (250 a 600 kg/h);**
- **Hace del proceso por batch continuo;**
- **Con el corte en seco, baño de agua o flat die;**
- **Capacidad de carga: 5 y 20 Litros.**

Producción: Sistema Integrado

✓ Bibliografía

Passatore C. R., Leão A. L., Carvalho C. L. e Rosa D. S.*. **Compósitos de polipropileno com reforço de fibras vegetais tipo cambará, coco, sisal e piaçava.** Dissertação Universidade Federal do ABC, São Paulo, Brasil, 2014.

Passatore C. R., Leão A. L., Carvalho C. L. e Rosa D. S.*. **Estabilidade térmica de compósitos de polipropileno com fibras de cambará, coco, sisal e piaçava.** 12º Congresso Brasileiro de Polímeros 2013 (CBPol), Florianópolis, SC, Brasil, 2013.

Passatore, C. R.; Leão, A. L. and Rosa, D. S.*. **Evaluation of polypropylene composites containing different levels of sisal and cambara wood fiber.** 12th International Conference on Frontiers of Polymers and Advanced Materials (ICFPAM), Auckland, New Zealand, 2013.

Passatore, C. R. e Rosa, D. S.*. **Obtenção de compósitos poliméricos com altos teores de fibras de madeira cambará (in natura – sem tratamento das fibras).** VII Feira e Congresso Plastshow 2014, São Paulo, SP, Brasil, 2014.

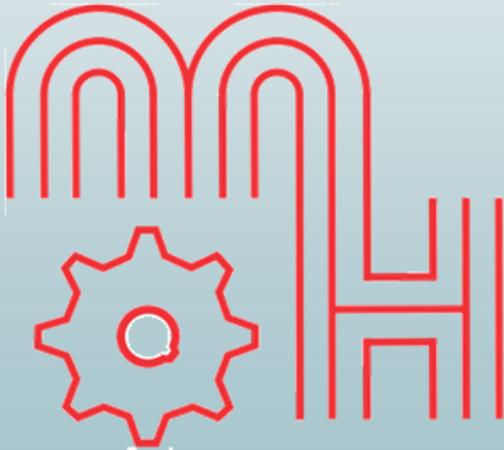
Passatore, C. R.; Leão, A. L. and Rosa, D. S.*. **Evaluation of polypropylene composites containing different levels of sisal and cambara wood fiber.** Molecular Crystals and Liquid Crystals, 2014.



ING. ESP. CLAUDIO R. PASSATORE, MSc.

+55 11 9 5774.0918

claudiopassatore@mh.ind.br



Representante Latinoamericano

Feria Internacional de Plásticos, Cauchos y Petroquímica • Feria Internacional de Envases y Empaques

COLOMBIAPLAST • EXPOEMPAQUE