



# Manual para la Evaluación de Inversiones en Eficiencia Energética en el Sector Textil

Dirigido a  
Clientes de Instituciones Financieras

**CAF** BANCO DE DESARROLLO  
DE AMÉRICA LATINA



**Glosario**



**Tabla de conversiones**



**1. Presentación**



**2. Aplicabilidad del manual**



**3. Caracterización energética del proceso**



**4. Proyectos de eficiencia energética con mayor potencial**



**5. Análisis de riesgos técnicos, ambientales y sociales**



**6. Criterios de elegibilidad**



**7. Monitoreo, reporte y verificación del proyecto**



**8. Otros beneficios de la EE para empresas del sector**



**9. Caso de estudio**



**10. Referencias**



# Glosario

**20 Tex:** peso en gramos de 1.000 metros de hilo. Por ejemplo, un hilo de 20 Tex quiere decir que 1.000 metros de hilo pesan 20 gramos.

**Boiler horse power (BHP):** un caballo de vapor es una unidad de medida de potencia de calderas que equivale a 33.471 BTU/h.

**BTU: Unidad Térmica Británica (BTU).** Unidad para medir el calor, un BTU es la energía requerida para elevar la temperatura de una libra de agua un grado Fahrenheit.

**Cogeneración de energía:** producción de energía eléctrica y de energía térmica aprovechable en los procesos industriales y comerciales a partir de una misma fuente de energía.

**Carbon Trust:** organización global sin ánimo de lucro que ha creado programas para medir y reducir el impacto ambiental de corporaciones, productos y servicios como Carbon Trust Carbon Standard y Carbon Trust Water Standard.

**Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>):** es el principal gas de efecto invernadero emitido principalmente a través del uso del transporte y la industria, la producción de energía eléctrica, la agricultura y la deforestación.

**Eficiencia energética:** es la forma de gestionar y limitar el crecimiento del consumo de energía. Un proceso más eficiente puede producir más bienes o servicios con la misma o menor cantidad de energía. Por ejemplo, una bombilla fluorescente compacta (CFL) utiliza menos energía que una bombilla incandescente para producir la misma cantidad de luz.

**Efluentes:** descarga de aguas residuales empleadas en los procesos industriales, urbanos o agrícolas.

**Enconado:** proceso textil en el cual se lleva a cabo una purificación del hilo mediante la eliminación de impurezas como son hilos gruesos, cortos, sucios o rotos.

**Formaldehído:** compuesto químico altamente volátil y muy inflamable. Es uno de los compuestos orgánicos básicos más utilizados en la industria química y textil. El uso de este producto se ha prohibido en algunos países debido al alto riesgo para la salud de quien manipula esta sustancia habitualmente.

**Gases de efecto invernadero (GEI):** son la principal causa del calentamiento global. La mayoría de estas sustancias como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>), los óxidos nitrosos (NO<sub>x</sub>), entre otros, son liberados a la atmósfera por la actividad humana.

**Gases de efecto invernadero (GEI):** los gases de efecto invernadero son la principal causa del calentamiento global. La mayoría de estas sustancias como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>), los óxidos nitrosos (NO<sub>x</sub>), entre otros, son liberados a la atmósfera por la actividad humana.

**Inversiones en producción más limpia:** inversiones que pueden demostrar un beneficio ambiental para disminuir la contaminación del aire, el suelo y/o el agua.

**kW:** es una unidad de medida de la potencia (1kW es equivalente a 1.000 W) de los aparatos eléctricos.

**kWh:** equivalente a mil vatios-hora, es una unidad utilizada para medir la energía eléctrica consumida o utilizada en determinado tiempo.

**Línea de base:** situación energética y ambiental actual sin ninguna mejora implementada.

**Líneas de financiamiento “verde”:** líneas de financiamiento que buscan el desarrollo de proyectos que promuevan la protección y conservación del medio ambiente, como proyectos de eficiencia energética, energía renovable o producción más limpia. Dichos proyectos, deben contar con la revisión y verificación de los beneficios ambientales que se obtienen después de la inversión.

**MJ:** MegaJulio es un múltiplo (Mega prefijo del sistema internacional equivalente a  $\times 10^6$ ) de la unidad de medida métrica Julios utilizada para medir energía, trabajo y calor.

**Periodo de retorno simple:** es la cantidad de tiempo que demora una inversión en pagarse basado en el flujo de caja del proyecto. Por ejemplo, el período de retorno simple de una inversión de 300 USD con ahorros anuales de 100 USD tiene un periodo de retorno simple de 3 años.

**Valor exante:** valor de una variable medida antes de desarrollar los proyectos de eficiencia energética.

**Valor expost:** valor de una variable medida después de desarrollar los proyectos de eficiencia energética.



# Tabla de conversiones

En la tabla 1 se presentan las unidades utilizadas en este manual, las cuales sirven como referencia para las diferentes conversiones de unidades que se encuentran a lo largo del documento.

**Tabla 1.** Tabla de conversión de unidades.

Potencia	kilowatt (kW)	HP	BTU/h
kilowatt (kW)	1	1.341	3.412,14
HP	0,754	1	2.544.43
BTU/h	0,00293	0,0003928	1

Energía	Kilowatt-hora (kWh)	Jules	GigaJules	PetaJules	BTU
kilowatt-hora (kWh)	1	3.600.000	0,0036	3,6 e-9	3.412,14
Jules	0,000000278	1	1e-9	1e-15	0,0009478
GigaJules	277,7	1e+9	1	1e-6	947817
PetaJules	2,77 e+8	1e+15	1e+6	1	9,47e+11



## 1. Presentación

CAF -Banco de desarrollo de América Latina- tiene como misión impulsar el desarrollo sostenible y la integración regional, mediante el financiamiento de proyectos de los sectores público y privado, la provisión de cooperación técnica y otros servicios especializados. Constituido en 1970 y conformado en la actualidad por 19 países 17 de América Latina y el Caribe, junto a España y Portugal y 13 bancos privados, es una de las principales fuentes de financiamiento multilateral y un importante generador de conocimiento para la región.

CAF adelanta el desarrollo del Programa de Eficiencia Energética desde la Demanda (EE-D) y Negocios Verdes (NV) con Instituciones Financieras (IF's), cuyo objetivo principal es fomentar una mayor inversión de empresas Latinoamericanas en NV y EE-D, para lo cual CAF pone a disposición (I) financiamiento a través de las líneas de crédito que CAF mantiene con Instituciones Financieras (IF's), (II) asistencia técnica, y (III) fortalecimiento de mercados en negocios verdes y de eficiencia energética.

Este manual dirigido a los Clientes de las IF's, tiene como objetivo principal generar conocimientos y mejorar las capacidades de sus clientes y recursos de outsourcing, para identificar oportunidades de proyectos de EE; asimismo, gestionar los riesgos ambientales y sociales asociados con este tipo de proyectos.

Adicionalmente, incluye aspectos técnicos, ambientales y de inversión de proyectos para ser financiados por las IF's y los mecanismos de monitoreo, reporte y verificación de los beneficios ambientales generados por las inversiones realizadas.

Este manual es parte de un conjunto de documentos que comprende los sectores y tecnologías con mayor potencial para llevar a cabo inversiones en eficiencia energética. En la tabla 2 se presenta el conjunto de documentos elaborados para el Programa de Eficiencia Energética desde la Demanda (EE-D) y Negocios Verdes (NV) con Instituciones Financieras (IF's).

**Tabla 2.** Manuales por sector y guías por tipo de proyecto

Manuales Por Sector		Alimentos y bebidas	Textiles	Cemento	Pulpa y papel	Siderurgia y metal mecánica	Agroindustria	Hoteles y hospitales	Alumbrado público	Grandes superficies	Transporte
Guías Por Tipo De Proyecto	Motores de alta eficiencia	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
	Cogeneración de energía	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	
	Sustitución de combustibles	✓	✓	✓	✓		✓	✓			✓
	Iluminación de alta eficiencia	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	
	Calderas y sistemas de vapor	✓	✓		✓		✓	✓			
	Aire acondicionado							✓			✓
	Refrigeración	✓								✓	
	Calentamiento de agua con energía solar							✓			
	Hornos			✓		✓					
	Aire comprimido	✓	✓	✓	✓	✓					
	Energía solar fotovoltaica							✓	✓	✓	
	Automatización de procesos							✓	✓	✓	

Así por ejemplo, se desarrolló la guía de para proyectos de motores de alta eficiencia que es aplicable a sectores como cemento, textiles y alimentos y bebidas.



## 2. Aplicabilidad del manual

El manual de eficiencia energética para el sector textil para clientes de las IF's, incluye información relevante relacionada con los consumos energéticos y el potencial de eficiencia energética para los diferentes procesos de producción textil. Los valores presentados en este manual son indicativos puesto que las diferentes plantas pueden variar en su configuración y tamaño, ubicación geográfica, características de operación y el tipo de producto terminado, la oferta local de materias primas y otros factores.

Los consumos de energía térmica y eléctrica sirven como referencia sobre las mejores prácticas del sector y definen los indicadores de consumo para determinar las mejoras razonables que se pueden alcanzar por realizar inversiones en eficiencia energética. El manual presenta los proyectos con mayor potencial mostrando los diferentes niveles de inversión, posibles periodos de retorno y los ahorros estimados frente a los diferentes cambios tecnológicos.

Las oportunidades de eficiencia energética financiadas a través de líneas verdes son las más comunes para este sector, teniendo en cuenta el estado de la tecnología actual y las mejores prácticas del mercado. No significa que sean los únicos proyectos financiados, pero sí los más comunes que requieren de financiación.



### 3. Caracterización energética del proceso

La producción textil se puede dividir en seis etapas principales: el procesamiento de fibras, el hilado, la estructuración del tejido, el proceso húmedo y la confección de prendas. En la figura 1 se presenta el proceso general de producción textil desde el punto de vista energético.

**Figura 1.** Proceso general de producción textil desde el punto de vista energético.<sup>1</sup>



\*Algunos procesos requieren calor

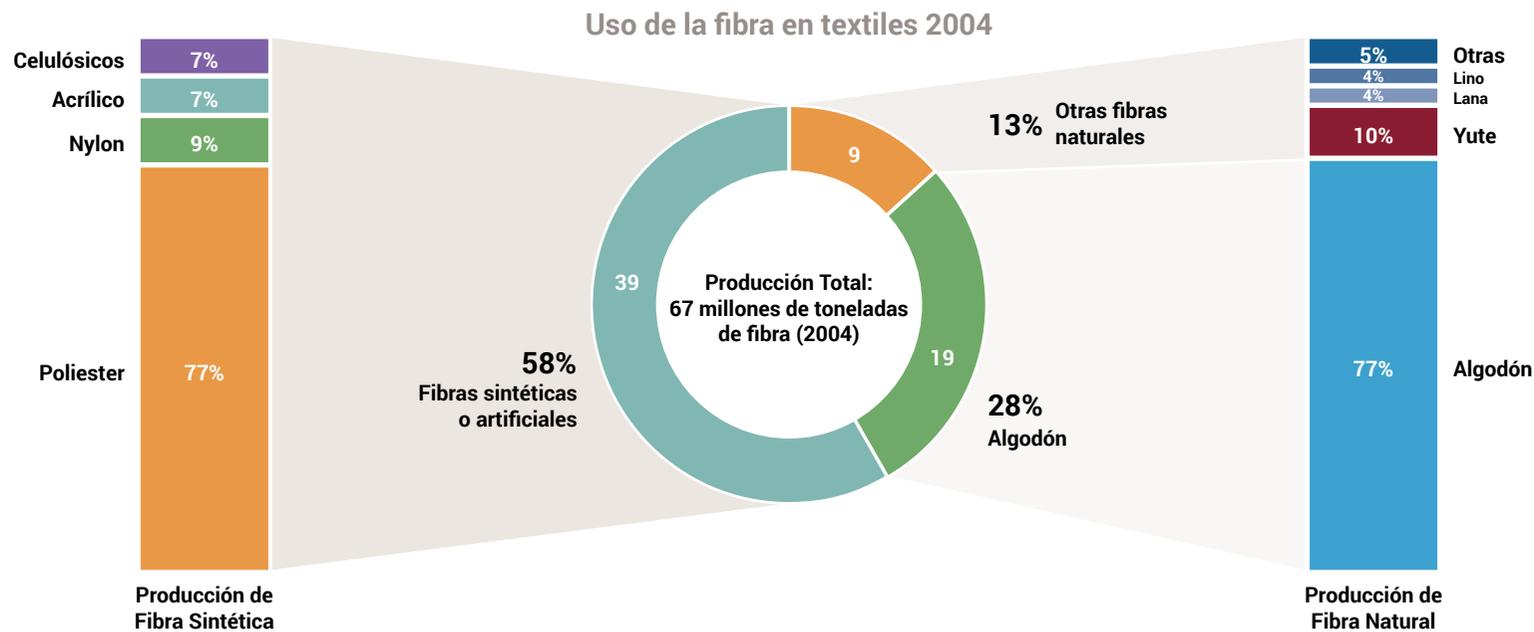
<sup>1</sup> <http://solwedish.com/solutions/iph/textile-industry/>

Las fibras textiles son clasificadas principalmente en dos categorías; naturales y sintéticas. Las fibras naturales en su mayoría provienen del algodón, un producto agrícola que utiliza grandes cantidades de agua, pesticidas y fertilizantes químicos. La producción de algodón consume cantidades mínimas de energía de manera directa. Por el contrario, las fibras sintéticas utilizan una cantidad significativa de energía en el proceso de producción.

El algodón y el poliéster dominan la fabricación de textiles a nivel global, ambos suministran más del 85% de toda la fibra utilizada en la

producción. En la figura 2 se presenta la distribución de la producción mundial en 2004; según el tipo de fibra, el algodón representa cerca del 28% de la producción mundial (y el 77% de las fibras naturales); de manera similar, el poliéster constituye el 77% de la producción de fibras sintéticas. La producción de fibras naturales se ha duplicado en los últimos 30 años, hasta el 2007 el algodón ha sido el que más ha contribuido a esta tendencia. Al mismo tiempo, la demanda global de fibras se ha incrementado de manera constante entre 1990 y 2004, gran parte de este aumento ha sido cubierto por la producción de fibras sintéticas, principalmente poliéster.<sup>2</sup>

**Figura 2.** Fibras utilizadas en 2004 por la industria textil.<sup>3</sup>



<sup>2</sup> <https://www.carbontrust.com/media/38358/ctc793-international-carbon-flows-clothing.pdf>  
<sup>3</sup> <https://www.carbontrust.com/media/38358/ctc793-international-carbon-flows-clothing.pdf>



El proceso de hilado incluye procesos de separación y unión de fibras, ventilación y otros que requieren una gran cantidad de energía eléctrica y aire comprimido. Los principales equipos del proceso de producción en los sistemas de hilado son motores de mediana potencia, intensivos en el uso de energía eléctrica.

En el proceso de estructuración del tejido existen tres métodos principales: tejido plano, tejido de punto y textiles no tejidos o aglomerados, el proceso de producción y el tipo de maquinaria utilizada varía según el método utilizado. Generalmente son operaciones en seco, y la mayoría del consumo energético es de carácter eléctrico.

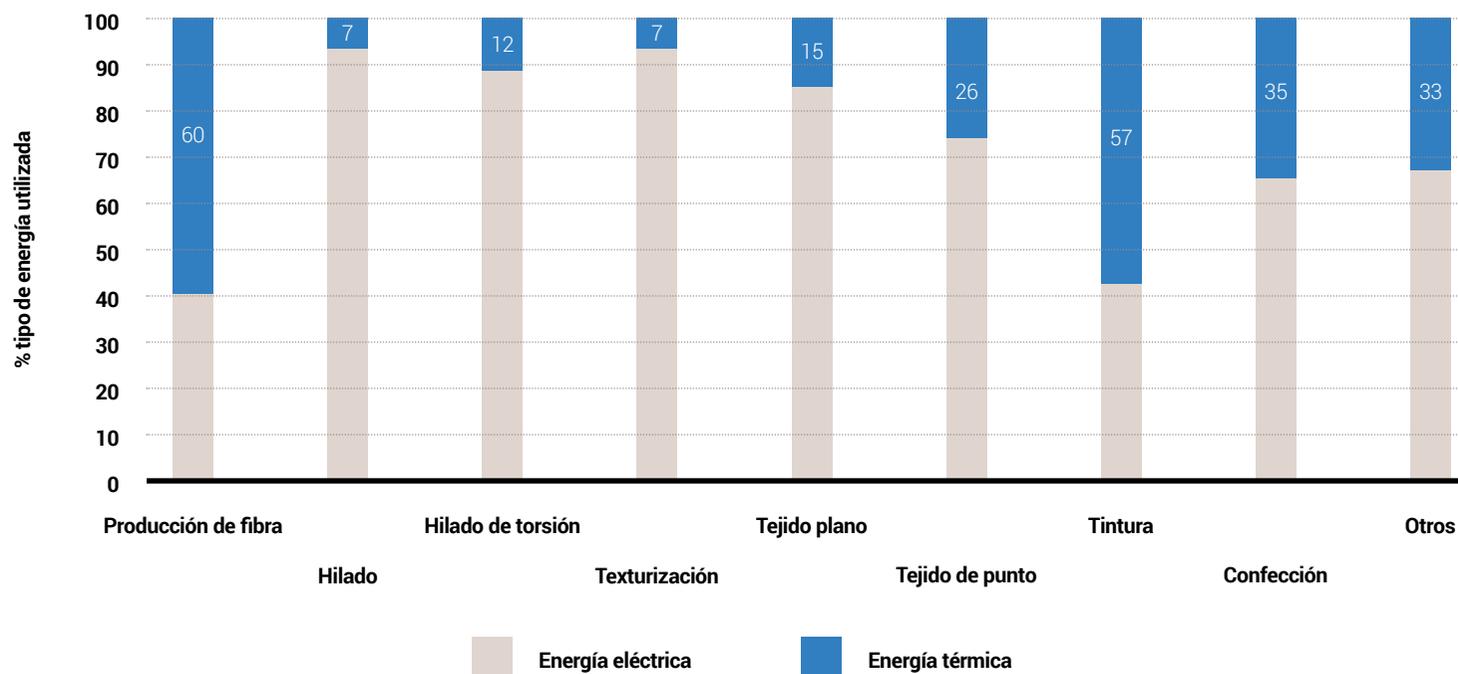
Dentro del proceso húmedo se pueden clasificar las siguientes etapas de producción: pretratamiento, blanqueamiento, lavado, tintura/impresión y postratamiento. En todos los procesos húmedos se requiere agua caliente, vapor de agua y/o aire caliente, los cuales son producidos principalmente a través de energía térmica y algunos pocos casos usando electricidad.

La confección de prendas es un proceso intensivo en mano de obra. El corte, costura y planchado generalmente utiliza maquinaria que consume energía eléctrica para el proceso productivo. No obstante, este consumo no representa un consumo significativo de energía en plantas integradas y por tanto no se incluye en este manual.

La industria textil está compuesta por gran cantidad de plantas en los diferentes países que pueden consumir una cantidad significativa de energía, la proporción de energía consumida depende de la estructura y el nivel de procesamiento en cada país. Por ejemplo, la industria textil en China representa cerca del 3,6% del consumo industrial (EIA, 2014), mientras que para Argentina la industria textil representa solo el 0,6% (EIA, 2014) del consumo del sector industrial del país.

Se estima por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) que la proporción del consumo de electricidad contra el consumo de energía térmica en la producción textil es del 93% para el hilado, 85% para la estructuración del tejido, 43% para el proceso húmedo y 65% para el proceso de confección de prendas. El resto de la energía utilizada en la producción proviene de fuentes de energía térmica no renovable como el diésel, carbón o gas natural. En la figura 3 se presenta el porcentaje del tipo de energía utilizada según el proceso de fabricación textil.

**Figura 3.** Tipo de energía utilizada según el proceso en porcentaje.<sup>4</sup>



La distribución de usos finales de energía eléctrica y energía térmica se presentan en la figura 4. El proceso de hilado es el mayor consumidor de electricidad (41%), seguido por el proceso de estructuración del tejido (18%). El proceso de acabado, se consume la mayor parte de la energía térmica (35%). Una parte significativa de la energía térmica se pierde en el proceso de generación y distribución de vapor (35%).<sup>5</sup>

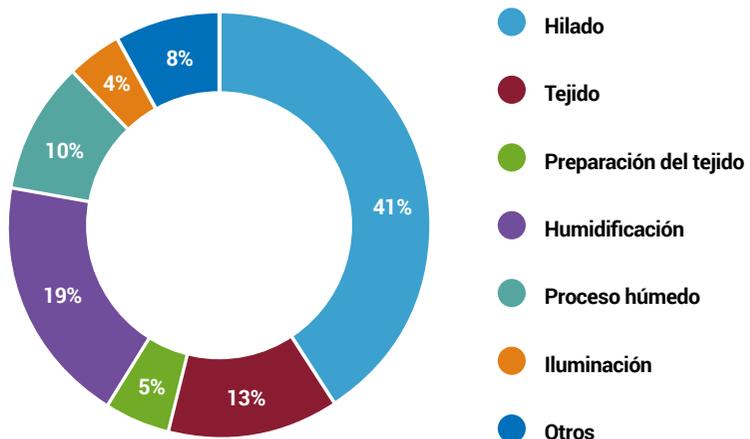
<sup>4</sup> Handbook of Life Cycle Assessment (LCA) of Textiles and Clothing

<sup>5</sup> Handbook of Life Cycle Assessment (LCA) of Textiles and Clothing

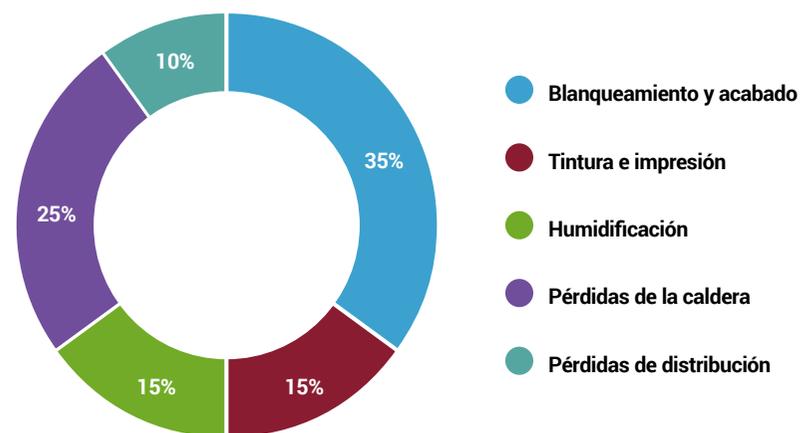


**Figura 4.** Uso final de la energía eléctrica y térmica en el proceso textil.<sup>6</sup>

**Uso final de la energía eléctrica**



**Uso final de la energía térmica**



<sup>6</sup> Handbook of Life Cycle Assessment (LCA) of Textiles and Clothing

La proporción del costo total de la energía en la producción textil varía dependiendo del país. En la tabla 3 se presentan los factores de costos para diferentes países en la producción de hilos (20 Tex).<sup>7</sup> El costo de la energía es usualmente el tercer o cuarto más alto en los costos de producción.

**Tabla 3.** Participación de los costos de fabricación textil para diferentes países producción de hilo 20 Tex.<sup>8</sup>

Factores de costo	Brasil	China	India	Italia	Corea	Turquía	USA
Materia prima	50%	61%	51%	40%	53%	49%	44%
Manejo de residuos	7%	11%	7%	6%	8%	8%	6%
Mano de obra	2%	2%	2%	24%	8%	4%	19%
Energía	5%	8%	12%	10%	6%	9%	6%
Materiales adicionales	4%	4%	5%	3%	4%	4%	4%
Capital	32%	14%	23%	17%	21%	26%	21%
<b>Total</b>	<b>100%</b>						

**Nota:** aunque no existen valores puntuales para todos los países de Latinoamérica, se pueden tomar los valores de Brasil como referencia para la región.

Se estima que el costo de producción relacionado con la energía varía entre el 5 y el 10% para el hilado, entre el 5 y el 8% para los procesos de estructuración del tejido y entre el 5 y el 8% para los procesos de confección.<sup>9</sup>

<sup>7</sup> La definición del Tex es "peso en gramos de 1.000 metros de hilo". Por ejemplo, un hilo de 20 Tex, quiere decir que 1.000 metros de hilo pesan 20 gramos.

<sup>8</sup> [https://www.energystar.gov/sites/default/files/buildings/tools/EE\\_Guidebook\\_for\\_Textile\\_industry.pdf](https://www.energystar.gov/sites/default/files/buildings/tools/EE_Guidebook_for_Textile_industry.pdf)

<sup>9</sup> Handbook of Life Cycle Assessment (LCA) of Textiles and Clothing

En la tabla 4 se presentan ejemplos de indicadores específicos para el consumo de energía y agua. Se debe tener en cuenta que los valores presentados son de referencia y sirven para comparar y conocer el potencial de mejora en las diferentes etapas del proceso. El valor superior en el rango se refiere a fábricas que también tengan secciones de hilatura, torsión y enconado.

**Tabla 4.** Consumo de energía y agua en la producción textil.<sup>10</sup>

Proceso	Electricidad (kWh/kg)	Energía térmica (MJ/kg)	Consumo de agua (l/kg)
Lavado de lana	0,3	3,5	2-6
Acabado de hilos	-	-	70 - 120
Tintura de hilos	0,8 – 1,1	13 - 16	15 – 30 (tintura) 30 – 50 (aclarado)
Tintura de fibras cortas	0,1 – 0,4	4 -14	4 – 5 (tintura) 4 – 20 (aclarado)
Acabado de tejidos de punto	1 - 6	10 - 60	70 - 120
Acabado de tejidos	0,5 – 1,5	30 - 70	50 - 100
Acabado de tejidos tinturas	-	-	<200

<sup>10</sup> Comisión Europea (2003b). Los datos relativos a los “valores de referencia de la industria” proceden de un número limitado de instalaciones. Guías IFC sobre medio ambiente, salud y seguridad para la fabricación de textiles



#### 4. Proyectos de eficiencia energética con mayor potencial

En este capítulo se presentan las oportunidades de eficiencia energética en la industria textil. Se incluyen las diferentes opciones de optimización de equipos, así como el remplazo de maquinaria obsoleta con tecnología de última generación. Debe considerarse con cuidado especial las opciones de optimización de tecnologías viejas ya que las tecnologías de última generación, si bien tienen costos de capital altos, generan ahorros de energía, agua, materias primas, disminuyen los reprocesos y aumentan la calidad, haciendo rentable su adquisición.





## 4.1 Oportunidades de reducción del consumo de energía eléctrica.

A continuación se presenta un resumen de las principales oportunidades de eficiencia energética en el sector textil.

### 4.1.1 Instalación o remplazo de motores de alta eficiencia.

La industria textil usa de manera relevante equipos impulsados por fuerza motriz. Por esta razón se deben considerar los motores de alta eficiencia que reducen la pérdida de energía a través de una mejora en el diseño, materiales más resistentes y técnicas de manufactura avanzada.

Los equipos de tejido de alta velocidad impulsados con motores de alta eficiencia aumentan la productividad y reducen el consumo de energía. Por ejemplo, las máquinas de tejido de alta velocidad consumen la mitad de la energía y pueden producir 65% más que

<sup>11</sup> [https://www.energystar.gov/sites/default/files/buildings/tools/EE\\_Guidebook\\_for\\_Textile\\_industry.pdf](https://www.energystar.gov/sites/default/files/buildings/tools/EE_Guidebook_for_Textile_industry.pdf)

las máquinas convencionales. El costo por máquina es cercano a los 100.000 USD, y su periodo de retorno esta entre 1 y 2 años, según el precio de la energía eléctrica en el país.

La maquinaria empleada en el hilado continuo por anillos es la más relevante en el consumo de energía en el proceso de elaboración de hilo, por lo tanto, se debe asegurar que los motores eléctricos instalados en estos equipos tengan la mayor eficiencia posible. Incluso la más mínima mejora resulta en ahorros significativos de energía con un periodo de retorno de inversión relativamente corto. El ahorro energético de la instalación de motores de alta eficiencia en el equipo de hilado se estima entre 10 y 20%, los costos de inversión son de 2.200 USD por motor instalado que se retorna en periodos entre 2 y 5 años dependiendo del costo de energía en la planta.

El uso de variadores de frecuencia es habitual en las plantas textiles, existen diferentes procesos donde se pueden instalar estos equipo. Por ejemplo, en los motores de las bobinadoras de hilo, en las bombas del proceso de humidificación, en los ventiladores y las bombas del proceso de tinte. El uso de variadores de frecuencia puede reducir la carga del motor de 100% a 80% y puede reducir el consumo energético hasta un 50%.<sup>11</sup>



#### 4.1.2 Sistemas de automatización y control.

La automatización de procesos permite ahorros significativos de energía eléctrica, agua, insumos químicos y tiempo del proceso. Se estima que con la instalación de estos sistemas los reprocesos se reducen en un 17%, el costo de insumos químicos en 11,2%, los costos de mano de obra (en el proceso de tintura) se reducen en un 10% y se aumenta la eficiencia del proceso en un 5%.

La instalación de sistemas automatizados en el proceso de tintura depende de la capacidad del proceso y los químicos utilizados, la inversión en estos sistemas pueden estar en un rango de 355.000 a 477.000 USD. Para dispensadores automatizados de tinturas en polvo, el rango de inversión se encuentra entre 385.000 a 1.077.000 USD. En la tabla 5 se presentan los periodos de retorno para los diferentes procesos de automatización en el proceso de tintura. El ahorro de costos se deriva de la reducción del consumo de productos químicos, energía y agua y una disminución en gastos de personal. En algunos casos se han reportado ahorros de costos de hasta el 30% (CIPEC, 2007).

**Tabla 5.** Costos y periodo de retorno en los sistemas de automatización en el proceso de tintura (CIPEC, 2007).

Tipo de sistema	Costo de capital (USD)	Periodo de retorno (años)
<b>Sistema de dispensación automática de químicos en lotes.</b>	150.000 – 890.000	1,3 – 6,2
<b>Sistema de distribución de tinte por lotes automático.</b>	100.000 – 400.000	4 – 5,7
<b>Sistemas de distribución de polvo a granel de tintura.</b>	76.000 – 600.000	3,8 – 7,5



### 4.1.3 Equipo de secado por microondas.

En el proceso de secado se pueden utilizar diferentes equipos, una de las alternativas que presenta gran potencial en la reducción del consumo energético, es la instalación de equipos de secado por microondas. Estos equipos aceleran la dispersión y penetración de los colorantes en los tejidos de manera rápida y eficiente. Este equipo, a diferencia de la maquinaria tradicional, utiliza la radiación para generar calor para que los químicos utilizados en la tintura sean absorbidos de manera uniforme asegurando una mejora en la calidad del producto. En la tabla 6 se presentan los ahorros estimados comparados contra equipos convencionales. El costo de capital, incluyendo el costo de instalación es de aproximadamente de 450.000 USD por equipo (ECCJ, 2007).

**Tabla 6.** Ahorros energéticos en los equipos de secado con microondas comparados con secado al vapor (ECCJ, 2007a).

Consumo de energía	Secado de tinturas con calor directo (vapor)	Secado de tinturas con microondas	Reducción del consumo energético
Consumo de electricidad típico (kW).	50	5	90%
Consumo de vapor típico (kg vapor/h).	3.600	150	96%

#### 4.1.4 Instalación de equipos de iluminación eficiente.

La iluminación generalmente representa cerca del 3% del uso total de energía de una planta de hilado o cerca del 4% del consumo de electricidad en una planta de textiles integrada (hilado, tejido, procesos húmedo y confección). En la tabla 7 se presentan las opciones más comunes para la optimización de sistemas de iluminación.

**Tabla 7.** Sistemas de iluminación de alta eficiencia.

Tipo de proyecto	Aumento en eficacia luminosa	Costo de inversión*	Período de retorno** (Años)
<b>Reemplazo de luminarias fluorescentes T12 por luminarias fluorescentes T5.</b>	50%	17 USD/tubo	1
<b>Reemplazo de lámparas de vapor de mercurio por lámparas de haluro metálico o alta presión de sodio.</b>	50 – 60%	130 USD/lámpara	2
<b>Reemplazo de lámparas de haluro metálico por lámpara de alta intensidad de descarga (HID).</b>	50%	120 USD/lámpara	2,7
<b>Reemplazo de balastos magnéticos por electrónicos.</b>	12 – 25%	10 USD/balasto	1,5 a 3
<b>Reemplazo de luminarias fluorescentes por iluminación LED.</b>	50 - 75%	12 USD/lámpara	1,6

\* Considera un reemplazo de la tecnología existente.

\*\* Usando 4,380 horas de operación por años, con un precio de 0,15 USD/kWh.

## 4.2 Oportunidades de reducción del consumo de energía térmica.

### 4.2.1 Instalación de calderas de alta eficiencia y sistemas de recuperación de calor.

El uso de calderas para la generación de vapor y agua caliente es relevante en el proceso húmedo. En esta etapa, el calor se utiliza como medio de transferencia de diferentes agentes químicos para el tratamiento de las fibras textiles. La instalación de calderas de alta eficiencia presenta oportunidades de ahorro energético de hasta el 25 % comparado con las calderas de baja eficiencia. El costo de

inversión por BHP instalado oscila entre 1.500 y 2.000 USD, y los periodos de retorno pueden estar entre 3 y 5 años dependiendo el costo local del combustible. En las industrias donde se usa carbón, los periodos de retorno de las inversiones pueden ser mayores debido al precio bajo de este energético.

Los sistemas de recuperación de calor presentan una gran oportunidad en el proceso húmedo, en la tabla 8 presentan las diferentes opciones de la instalación estos sistemas, donde se especifica el rango de inversión, los ahorros de combustible y el periodo de retorno. Estos datos pueden variar según los costos energía térmica en la planta de producción.

**Tabla 8.** Opciones de inversión en sistemas de recuperación de calor.<sup>12</sup>

Descripción	Inversión (USD)	Ahorros de combustible	Periodo de retorno (años)
<b>Sistemas de recuperación de calor en el proceso de enjuague.</b>	44.000 - 95.000	1,4 – 7,5 GJ/tonelada	0,5 - 1
<b>Sistemas de recuperación de calor en el proceso de húmedo.</b>	1.000 -16.000	1,3 – 2 GJ/tonelada	2,5 - 4
<b>Sistemas de recuperación de calor en el proceso de tratamiento de aguas residuales.</b>	58.800 -250.000	1,1 – 1,4 GJ/tonelada	0,3 – 4
<b>Sistemas de recuperación de calor en los compresores.</b>	8.500	7.560 GJ/año	0,5 -1

<sup>12</sup> [https://www.energystar.gov/sites/default/files/buildings/tools/EE\\_Guidebook\\_for\\_Textile\\_industry.pdf](https://www.energystar.gov/sites/default/files/buildings/tools/EE_Guidebook_for_Textile_industry.pdf)



#### 4.2.2 Cogeneración de energía.

En la cogeneración de calor y electricidad (Combined Heat and Power – CHP, por sus siglas en inglés), se busca el aprovechamiento de dos formas de energía útil a partir de una única fuente de combustible. Los sistemas de cogeneración tienen la capacidad de extraer más energía útil que el proceso tradicional. La eficiencia energética de una planta de cogeneración puede alcanzar hasta el 80%. El sector textil tiene el potencial para aprovechar esta clase de sistemas, especialmente en las plantas que cuentan con el proceso integrado de producción, mediante la instalación de calderas de vapor de alta presión con turbinas de vapor, y usar el vapor que sale de la turbina a baja presión y temperatura, para los procesos en la planta de acabados.

Las plantas de cogeneración pueden competir con los precios de la electricidad del mercado, sin embargo, los precios del combustible que se utilice, afectan a la viabilidad económica de un proyecto de este tipo. El periodo de recuperación es típicamente entre 3 y 4 años y los niveles de inversión típicos pueden estar entre 1.500 y 3.000/kW eléctrico instalado.

<sup>13</sup> [https://www.energystar.gov/sites/default/files/buildings/tools/EE\\_Guidebook\\_for\\_Textile\\_industry.pdf](https://www.energystar.gov/sites/default/files/buildings/tools/EE_Guidebook_for_Textile_industry.pdf)

#### 4.3 Otras oportunidades – uso de energías alternativas.

##### 4.3.1 Instalación de extractores eólicos en los sistemas de ventilación.

En ciertas áreas de una planta de producción textil es necesario mantener una temperatura y humedad estable. Generalmente se utilizan ventiladores impulsados por motores para mantener las condiciones óptimas de temperatura de la planta, existe la alternativa de instalar extractores eólicos en el techo impulsados por el viento. El potencial de ahorro de estas tecnologías depende de la ubicación geográfica y de los cambios estacionales en la dirección y velocidad del viento. Esta medida puede alcanzar ahorros anuales de 23 a 91 MWh/año dependiendo el tamaño de la planta. El costo de inversión de estos sistemas oscila entre 6.100 y 9.100 USD por sistema. Los costos y ahorros estimados dependen del número de extractores instalados y la cantidad de ventiladores reemplazados.<sup>13</sup>



## 5. Análisis de riesgos técnicos ambientales y sociales

En la tabla 9 se presentan los principales riesgos técnicos, ambientales y sociales que deben tenerse en cuenta al realizar inversiones en eficiencia energética en el sector textil, así como las acciones para su mitigación.

**Tabla 9.** Matriz de riesgos técnicos, ambientales y sociales.

Riesgo	Tipo	Acción para su mitigación
<b>Disposición final de equipos de proceso y residuos que pueden ser considerados peligrosos.</b>	<b>Ambiental</b>	Asegurarse de que se cumple con los estándares de disposición local y se utilizan proveedores especializados y certificados.
<b>La industria textil puede generar contaminación ambiental con efluentes del proceso húmedo y con las emisiones de sus sistemas de combustión para la generación de vapor y calor.</b>	<b>Ambiental/Técnico</b>	Certificar que se cuenta con los sistemas para tratar los efluentes y las emisiones de gases y cumplir los límites establecidos la regulación local.



**Continuación Tabla 9.** Matriz de riesgos técnicos, ambientales y sociales.

Riesgo	Tipo	Acción para su mitigación
<b>En el proceso de secado y tintura de algunas fibras sintéticas se pueden presentar riesgos de contaminación atmosférica y explosión por concentración en los niveles de formaldehídos.</b>	<b>Ambiental/Técnico</b>	Asegurar que se instalen los debidos filtros y ventilación en el sistema de secado de fibras para no generar riesgos laborales para los operarios y para el medio ambiente.
<b>Ahorros en los proyectos de eficiencia energética.</b>	<b>Técnico/Financiero</b>	Asegurar que el diseño del proyecto es correcto y que se usan tecnologías con certificación de EE.



## 6. Criterios de elegibilidad

Los criterios de elegibilidad que se recomiendan para aplicar a una línea de financiación verde son los siguientes:



**Reducción del consumo de energía eléctrica:** Cualquier proyecto de inversión para reducción del consumo de energía eléctrica, debe reducir el consumo de energía en el proceso específico o de la planta de producción en su totalidad, como mínimo en un 10%.



**Reducción del consumo de combustible:** Un proyecto de inversión para reducir el consumo de combustible en una planta de producción textil, debería reducir como mínimo en un 5% el consumo del combustible utilizado.



**Reducción de emisiones de GEI:** Los niveles de reducción de emisiones que pueden lograr las inversiones en eficiencia energética en el sector textil dependen de la fuente de energía

eléctrica que se usa para el proceso y el tipo de combustible que se utiliza en el proceso húmedo. Los proyectos con mayor reducción de emisiones de GEI son aquellos que reducen el consumo de carbón, gas natural o diésel. En términos generales, una inversión en proyectos de eficiencia energética, debería reducir las emisiones del proceso en al menos un 5%.



**Periodo de retorno simple de la inversión:** Las inversiones en EE en el sector textil son principalmente en bienes de capital, con lo cual, el tiempo de retorno simple del proyecto no debería ser mayor de 5 años para que los flujos de caja de los ahorros permitan retornar la inversión con una rentabilidad razonable en un periodo de 8 a 10 años.

Para que el proyecto de EE sea elegible, se debe cumplir el criterio de reducción de consumo de energía eléctrica y/o consumo de combustibles, el criterio de reducción de emisiones de GEI y el criterio de periodo de retorno de la inversión de manera simultánea.



## 7. Monitoreo, reporte y verificación del proyecto

Para medir el impacto de los diferentes proyectos de inversión en EE se pueden utilizar 3 indicadores que se presentan en la tabla 10. El sector textil produce una gran variedad de productos intermedios y finales, en este caso se sugiere establecer el indicador por Kg de producto terminado, aunque también podría medirse por m<sup>2</sup> o por unidad de producto.

**Tabla 10.** Indicadores de mejora de eficiencia energética en el sector textil.

Indicador	Unidad	Valor Exante	Valor Expost
Energía térmica	MJ/kg		
Energía eléctrica	kWh/kg		
Emisiones GEI	Kg CO <sub>2</sub> /kg		

Los indicadores para verificar el beneficio anual de una inversión en eficiencia energética, resultan de multiplicar la diferencia entre el valor exante y el valor expost de los indicadores sugeridos en la tabla 10, por la producción anual de la planta en el año posterior al que se realizó la inversión. De esta forma, los indicadores que se recomienda usar son los siguientes:

**Tabla 11.** Indicadores de verificación de mejora de eficiencia energética en el sector textil.

Indicador	Unidad	Valor
Reducción del consumo de energía térmica.	MJ/año	
Reducción del consumo de energía eléctrica.	kWh/año	
Reducción de emisiones de GEI.	Kg CO <sub>2</sub> /año	



## 8. Otros beneficios de la EE para empresas del sector

Las inversiones en EE y ER en el sector textil, generan otros beneficios ambientales, económicos y de mercado entre los que se destacan:

- La reducción del consumo de agua y químicos en el proceso húmedo mediante la automatización de procesos y modernización de equipos.
- Reducción de la huella hídrica de los textiles producidos, reduciendo los costos de tratamiento de las aguas residuales. La certificación en estándares internacionales como ISO (Calidad ISO 9001, Medio ambiente ISO 14001) y buenas prácticas de manufactura.
- El uso de algodón orgánico dentro de la producción de fibras naturales para agregar valor al producto. El uso de materiales reciclados dentro de la producción de fibras sintéticas para reducir el impacto ambiental y los costos de materias primas.
- La producción de textiles con baja huella de carbono que puedan ser certificados mediante algún estándar internacional como Carbon Trust.
- Venta de excedentes de energía a la red eléctrica por la instalación de sistemas de cogeneración de energía generando un ingreso importante para la compañía dado el potencial de generación por el consumo de vapor.



## 9. Caso de estudio

Una empresa de fabricación de textiles que cuenta con una planta de producción especializada en procesos de hilado y tintura. Durante el último año la empresa analizó la posibilidad de realizar un cambio en su línea de producción de hilos ya que el costo de la energía se ha incrementado de manera considerable, de esta manera se decidió sobre el cambio de a motores de alta eficiencia en las máquinas hilado con un monto de inversión de 300.000 USD. Con el remplazo de los motores se espera un ahorro cercano al 15% en el consumo de energía eléctrica de la línea de producción.

Durante el mismo año la compañía realizó una producción anual de 6.500 toneladas de producto terminado. Los ingenieros de la planta aseguran que el consumo de energía eléctrica de la línea de producción de hilos es de 9.750 MWh/año. Se desea calcular los beneficios ambientales y energéticos del cambio de motores en la línea de producción. Para el ejemplo se ha tomado el factor de emisión de energía eléctrica de Brasil 0,087 kg CO<sub>2</sub>/kWh (IEA, 2010).





En la tabla 12 se presentan los resultados de los cálculos, dado que es un proyecto de energía eléctrica los valores de energía térmica no aplican. Para calcular el valor ex ante se divide el consumo de energía eléctrica 9.750 MWh/año por la producción 6.500 toneladas/año como resultado se obtiene 1,5 kWh/kg. El valor expost se obtiene dividiendo el consumo eléctrico después de la implementación del proyecto 8.287 MWh/año (15 % menos del consumo inicial según el cálculo del proyecto) por la producción anual que no cambia para obtener 1,27 kWh/kg.

Para calcular el valor ex ante de las emisiones se multiplica el consumo eléctrico 1,5 kWh/kg por el factor de emisión del país 0,087 kg CO<sub>2</sub>/kWh para obtener 0,1305 kg CO<sub>2</sub>/kg. Para el valor expost se realiza el mismo ejercicio con el consumo eléctrico después del proyecto (1,27 kWh/kg) para obtener 0,11 kg CO<sub>2</sub>/kg. Los ahorros económicos anuales que genera el proyecto son de 150.000 USD teniendo en cuenta un precio de energía 0,102 USD/kWh, con lo cual el periodo de retorno simple de 2 años.

**Tabla 12.** Indicadores de monitoreo caso de estudio.

Indicador	Unidad	Valor Ex ante	Valor Expost	Diferencia
<b>Energía térmica</b>	MJ/kg	N/A	N/A	N/A
<b>Energía eléctrica</b>	kWh/kg	1,5	1,27	0,23
<b>Emisiones GEI</b>	Kg CO <sub>2</sub> /kg	0,1305	0,11	0,02001

En la tabla 13 se presenta el resumen de los beneficios ambientales anuales del proyecto. Para calcular la reducción de consumo de energía eléctrica se multiplica la diferencia por la producción anual, en este caso este proyecto alcanzó una reducción de 1.495.000 kWh/año además este proyecto permite reducir las emisiones en 130.065 kg CO<sub>2</sub> al año.

**Tabla 13.** Indicadores de mejora caso de estudio.

Indicador	Unidad	Valor
Reducción del consumo de energía térmica	MJ/año	N/A
Reducción del consumo de energía eléctrica	kWh/año	$0,23 \times 6.500.000 = 1.495.000$
Reducción de Emisiones de GEI	Kg CO <sub>2</sub> /año	$0,02001 \times 6.500.000 = 130.065$



**Aplicación de criterios de elegibilidad:** el proyecto es elegible para ser financiado a través de líneas verdes porque cumple con los criterios establecidos.

#### Criterios de elegibilidad



Reducción del consumo energético del 15%, mayor al 10%.



Reducción de emisiones de GEI del 15%, mayor al 10%.



Un período retorno simple la inversión de 2 años, menor a 5 años.



# Referencias

- Comisión Europea. 2003. Prevención y control integrados de la contaminación PPC), Documento de referencia de las mejores técnicas disponibles para la industria textil. Sevilla, España.
- Energy-Efficiency Improvement Opportunities for the Textile Industry.  
[https://www.energystar.gov/sites/default/files/buildings/tools/EE\\_Guidebook\\_for\\_Textile\\_industry.pdf](https://www.energystar.gov/sites/default/files/buildings/tools/EE_Guidebook_for_Textile_industry.pdf)
- Guías IFC sobre medio ambiente, salud y seguridad para la fabricación de textiles.  
<http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/7f75dc0048855690ba44fa6a6515bb18/0000199659ESes%2BTextiles%2BManufacturing%2BReview%2Bcc.pdf?MOD=AJPERES>
- Handbook of Life Cycle Assessment (LCA) of Textiles and Clothing.
- International Carbon Flows – Clothing.  
<https://www.carbontrust.com/media/38358/ctc793-international-carbon-flows-clothing.pdf>
- World Trade Organization Database  
<https://www.wto.org/>

# Manual para la Evaluación de Elegibilidad de Financiación de Proyectos de Eficiencia Energética

---

**Editor:** CAF

**Dirección Corporativa de Ambiente y Cambio Climático (DACC)**

Ligia Castro de Doens, directora corporativa

**Dirección Sectores Productivo y Financiero Región Norte (VSPF)**

Mauricio Salazar, director

---

**Autor:**

MGM International

---

**Coordinación y edición general**

Camilo Rojas (DACC)

Jaily Gómez (VSPF)

René Gómez García (DACC)

---

**Diseño Gráfico y Diagramación:**

Tundra Taller Creativo | tundra.pe

---

**Fotos:**

Pixabay.com

Shutterstock

---