

Manual para la Evaluación de proyectos de Eficiencia Energética en Sector de Alimentos y Bebidas

Dirigido a
Clientes de Instituciones Financieras



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

Biogás: gas producido en los procesos de descomposición de materia orgánica.

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

Caballo de potencia (HP): equivalente a 746 Watts (0,746kW) es una unidad de medida de la potencia. La potencia de los aparatos eléctricos como los motores se expresa generalmente en HP.

Capa de ozono: capa de la atmósfera que permite preservar la vida sobre la tierra y actúa como escudo para proteger la tierra de la radiación ultravioleta proveniente del sol.

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.

Coefficient of performance (COP): relación entre el calentamiento o enfriamiento proporcionado y la electricidad consumida. A mayor COP se obtiene un rendimiento mayor y consecuentemente menores costos operativos.

Dióxido de carbono (CO₂): 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.

Energy Star: programa de protección ambiental, creado para promover el uso de productos con un consumo eficiente de energía, esta certificación permite validar los equipos que tienen un desempeño energético mayor al estándar del mercado.



HACCP: Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC o HACCP, por sus siglas en inglés), es un proceso sistemático preventivo para garantizar la inocuidad alimentaria, de forma lógica y objetiva.

Inocuidad: conjunto de condiciones y medidas necesarias durante la producción, almacenamiento, distribución y preparación de alimentos, para asegurar que una vez ingeridos, no representen un riesgo para la salud.

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 (CO₂), el metano (CH₄), los óxidos nitrosos (NO_x), entre otros, son liberados a la atmósfera por la actividad humana.

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.

Intensidad energética: es un indicador de la eficiencia energética de un producto. Se calcula como la relación entre el consumo energético y la cantidad producida.

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.

Libra-fuerza por pulgada cuadrada (psig): es una medida de presión, es la escala más común para medir la presión en aplicaciones industriales.

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.

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.

Pie cúbico por minuto (CFM): unidad que mide el caudal o flujo de un gas o líquido, indicando el volumen en pies cúbicos, que pasa por una sección determinada, en la unidad de tiempo.

Poder calorífico: es la cantidad de energía por unidad de masa o unidad de volumen de materia que se puede desprender al producirse una reacción química de oxidación.

R-22: es un gas incoloro utilizado para los equipos de refrigeración antiguos, era el gas refrigerante más utilizado en la aplicación del aire acondicionado, tanto para instalaciones de tipo industrial como domésticas. Actualmente está prohibida su distribución por ser un gas que agota la capa de ozono.

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											
Guías Por Tipo De Proyecto	Alimentos y bebidas	Textiles	Cemento	Pulpa y papel	Siderurgia y metal mecánica	Agroindustria	Hoteles y hospitales	Alumbrado público	Grandes superficies	Transporte	
	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 elaboró la guía para el desarrollo de 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 de alimentos y bebidas para clientes de las IF's, contiene información relevante relacionada con los consumos energéticos y el potencial de eficiencia energética para los diferentes procesos de producción que usualmente se llevan a cabo en este sector.

Por otro lado, incluye las oportunidades de mejora de los procesos de producción y transformación de alimentos y bebidas. Si bien, existen procesos asociados a la cadena de valor en donde se pueden identificar otras oportunidades de inversión en eficiencia energética como el transporte, actividades agrícolas y la preparación de las materias primas, estos procesos están fuera del alcance del presente manual.

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 y las reducciones de emisiones de GEI 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 períodos de retorno y los ahorros estimados frente a los diferentes cambios tecnológicos.

Las oportunidades de eficiencia energética financiables 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 financiables en el sector, pero sí los más comunes que requieren de financiación.



3. Caracterización energética del proceso

El proceso general en la elaboración de alimentos y bebidas, se caracteriza por la variabilidad en sus procesos de transformación; no obstante, existen tecnologías comunes para todo el sector siendo las más relevantes en el consumo energético las siguientes:

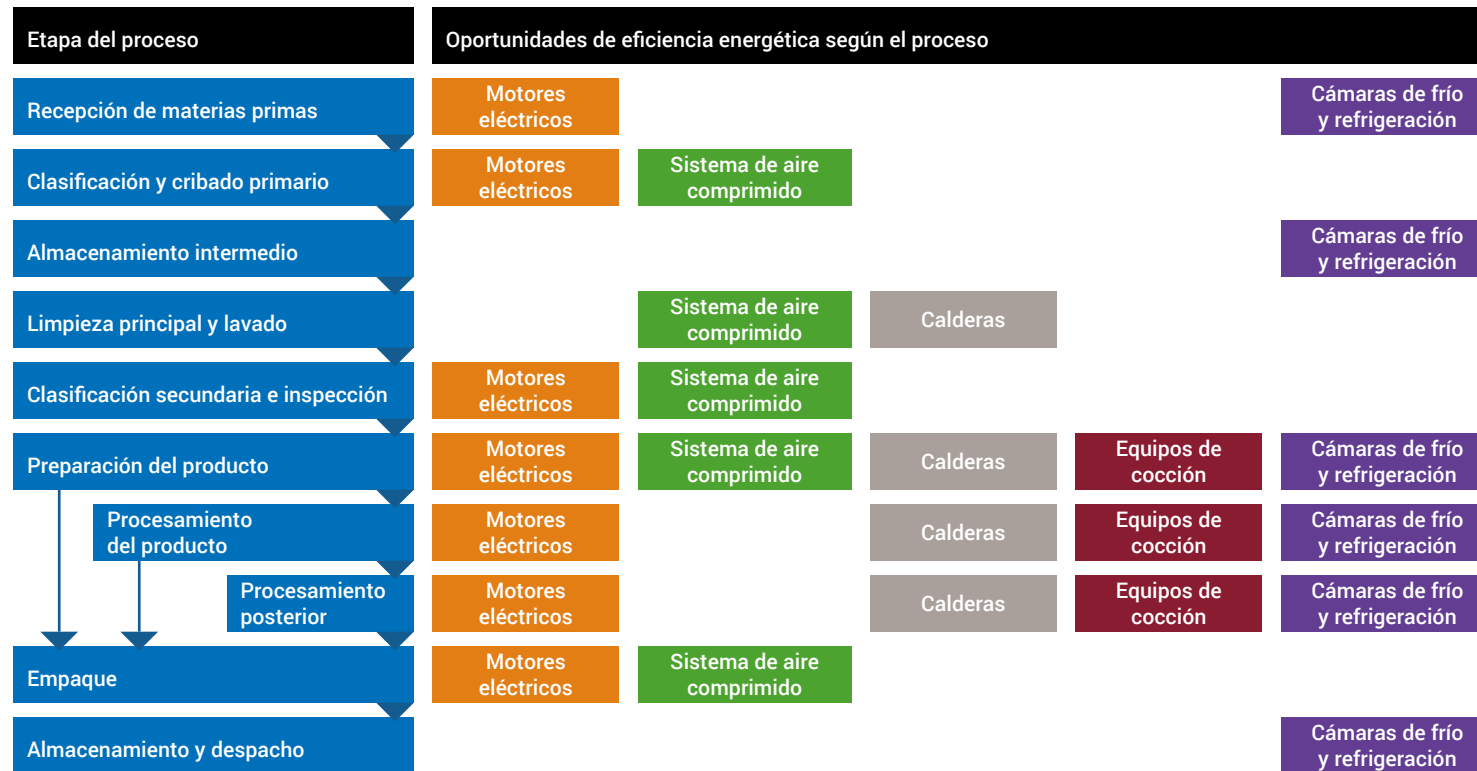
- Sistemas de aire comprimido.
- Motores eléctricos.
- Calderas y distribución de vapor y calor.
- Hornos y equipos de cocción.
- Cámaras de frío y congelación.

La importancia relativa de cada una de estas tecnologías en el proceso productivo depende del subsector. Por ejemplo, en la producción de cárnicos procesados, gran parte del consumo energético está representado por el consumo de las cámaras de frío.

De igual manera, para una empresa que produzca harinas, la gran mayoría del consumo energético está representado por el consumo de motores en los procesos de molienda y sistemas neumáticos para el transporte de materias primas y productos.

En la figura 1 se presentan las diferentes etapas y flujos del proceso general de producción de alimentos y bebidas, en cada una de las etapas se presentan las oportunidades más frecuentes de proyectos de eficiencia energética. Se debe considerar que las oportunidades de EE no se limitan a las mencionadas en la figura 1, ya que pueden existir procesos característicos de un subsector específico con potencial de mejora en EE.

Figura 1. Etapas generales en la producción de alimentos y bebidas.¹



Las plantas procesadoras de alimentos y bebidas son importantes consumidores de energía en procesos de refrigeración, cocción, uso de calor y manipulación del producto en proceso. Las fuentes de energía utilizadas generalmente son electricidad, gas natural y en menor medida carbón y combustibles líquido. Sin embargo, esto depende del país y puede ser diferente según su matriz energética.

En la tabla 3 se presentan ejemplos del uso de la energía en diferentes plantas de procesamiento de alimentos, los patrones de consumos de energía pueden variar considerablemente de una planta a otra. Por lo tanto, estos valores deben ser considerados como una referencia.

¹ Adaptado de PNUMA (2004)

Tabla 3. Uso de energía térmica y eléctrica en diferentes plantas de producción de alimentos.²

Porcentaje del uso de electricidad y gas	Planta de elaboración de bebidas	Planta de procesamiento de carne	Planta de procesamiento de vegetales
Electricidad - % total del uso de la energía.	48%	33%	98%
Uso de energía térmica - % total del uso de la energía.	52%	66%	2%
Distribución del uso de la energía eléctrica			
Refrigeración y agua fría.	30%	54%	61%
Aire comprimido.	11%	7%	15%
Aire acondicionado.	2 %	0%	3%
Iluminación.	8%	3%	3%
Equipo de procesamiento.	49%	36%	18%
Distribución del uso de la energía térmica			
Procesamiento.	100%	17%	0%
Uso de agua caliente.		13%	100%
Curado.	N/A	70%	0%

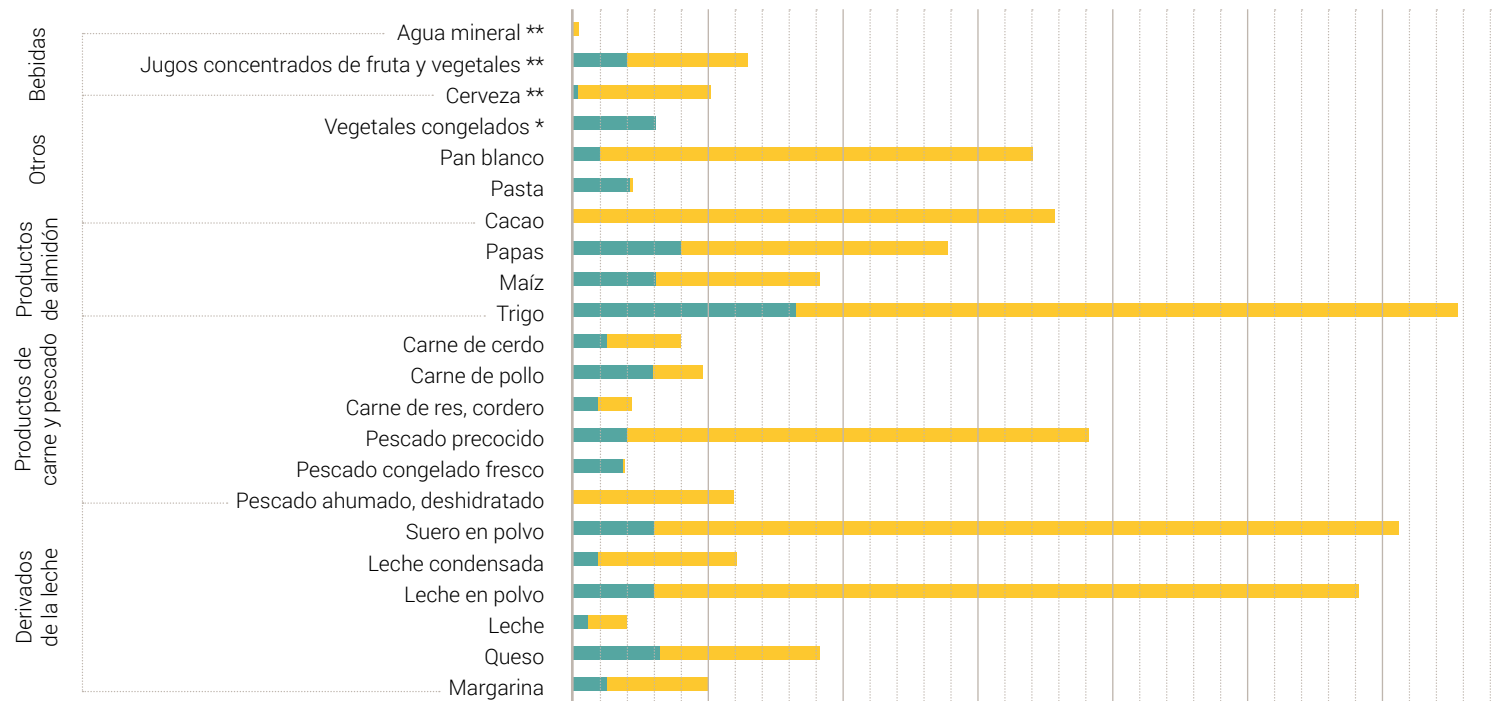
Las plantas de procesamiento de alimentos en muchos casos deben mantenerse refrigeradas; usualmente los equipos de refrigeración son uno de los mayores consumidores de energía eléctrica. Asimismo, las bombas, ventiladores y otros equipos impulsados por motores, como bandas transportadoras o equipos de procesamiento específico, pueden tener consumos importantes. Generalmente, el uso de gas natural u otros combustibles fósiles, se destina a producir vapor o agua caliente para esterilizar, calentar, limpiar u otros requerimientos de procesamiento.

Dada la alta variedad en los productos terminados en el procesamiento de alimentos y bebidas, no es posible estimar un costo unitario por sector o por producto, ya que depende de muchas variables como la escala de producción, los energéticos utilizados y las tecnologías empleadas en el proceso. Sin embargo, existen indicadores para comparar el consumo energético de productos característicos en la producción de alimentos.

² UNEP Working Group for Cleaner Production 2002a, 2003.

En la figura 2 se presenta la intensidad energética de diferentes productos alimenticios. La energía térmica usualmente es más relevante en los procesos de producción de alimentos; ejemplo de ello, son productos como la leche y el suero en polvo por su proceso de deshidratación y el pescado precocido por su proceso de cocción. Así mismo, los productos de molinería como la harina, la cebada y el arroz, son grandes consumidores de energía eléctrica.

Figura 2. Intensidad energética de productos alimenticios seleccionados.³



*Sólo para el proceso de congelación.

** Unidades en kWh/hectolitros.

³ http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/Energy_and_Climate_Change/Energy_Efficiency/Benchmarking_%20Energy_%20Policy_Tool.pdf



Los precios de los energéticos utilizados en las industrias de producción de alimentos y bebidas varían según el país, en la tabla 4 se presenta el rango de los costos típicos en la región para diferentes energéticos utilizados por la industria de producción de alimentos y bebidas.

Tabla 4. Costos de los energéticos utilizados por el sector de producción de alimentos y bebidas.

Tipo de energético	Precio energético USD / Unidad
Electricidad	0,1 – 0,2 USD/kWh
Gas natural	0,47 – 1,5 USD/m ³
Diésel	0,8 – 3 USD/galón
Carbón	55 USD/tonelada





4. Proyectos de eficiencia energética con mayor potencial

A continuación se analizan las diferentes oportunidades de optimización energética y reducción de emisiones de GEI, el nivel de ahorro que generan y las inversiones requeridas.

4.1 Oportunidades de reducción del consumo de energía eléctrica.

4.1.1 Optimización de sistemas de aire comprimido.

El uso de aire comprimido es fundamental para los procesos de fabricación de alimentos, independientemente si entra en contacto directo con el producto o se utiliza para automatizar el proceso. En la tabla 5 se presentan los usos más comunes en la industria del procesamiento de alimentos y bebidas.



Tabla 5. Usos y aplicaciones del aire comprimido en el sector de alimentos y bebidas.⁴

Aplicación	Uso de aire comprimido
Empaque y distribución	Puede ser utilizado en los procesos de empaque, como también en el sistema de bandas transportadoras para mover alimentos o ingredientes.
Sistema de relleno	Se utiliza para llenar productos como pasteles con rellenos, dulces y en productos líquidos.
Movimiento de fluidos	Se utiliza para mover productos por tuberías en procesos.
Producción de nitrógeno	Se filtra para producir nitrógeno que es utilizado en el empaque.
Operaciones de corte	Se puede utilizar como medio de corte inocuo para cortar o pelar productos como frutas o vegetales.

Los subsectores con mayor uso de aire comprimido son los relacionados con la molinería de cereales en el transporte de producto en proceso y en la elaboración de bebidas, en el proceso de empaque. El aire comprimido es utilizado en muchas operaciones por su versatilidad. Sin embargo, muchas empresas desconocen el alto costo de este servicio ya que solo el 10% de la energía consumida en su producción se convierte en energía útil.

Los proyectos de inversión relacionados con los diferentes usos del aire comprimido pueden variar en escala y tipo de tecnología. No obstante, se pueden encontrar ahorros cercanos al 30% en los proyectos típicos de reemplazo de compresores antiguos por sistemas de alta eficiencia, las inversiones dependen del tipo de proyecto y escala.

El costo en el ciclo de vida de un compresor tiene la mayor proporción en el consumo de energía eléctrica (73%)⁵; debido a esto, el desarrollo de estos proyectos retorna las inversiones en períodos entre 3 y 4

años dependiendo del precio de la energía. El costo de generación del aire comprimido depende de factores como el tipo de compresor y la presión de operación. Un compresor de doble etapa, operando a 100 psig de presión, produce entre 4 y 5 CFM por HP, teniendo en cuenta los costos de energía eléctrica un costo de producir un m³ de aire comprimido se encuentra entre 0,015 USD y 0,020 USD.

4.1.2 Instalación de motores eléctricos de alta eficiencia y variadores de frecuencia.

Uno de los mayores consumidores de energía eléctrica en el sector alimentos y bebidas son los motores eléctricos, si bien puede variar el nivel de uso y escala de la aplicación por subsector, la fuerza motriz es un servicio que se utiliza con gran frecuencia. En las actividades de molinería de granos, la elaboración y producción de lácteos, y el procesamiento de frutas, son los subsectores en los que típicamente el uso de motores representa cerca del 50% del consumo de energía eléctrica del proceso productivo.

⁴ http://www.compairusa.com/Industries/Food_and_Beverage.aspx

⁵ https://www.carbontrust.com/media/20267/ctv050_compressed_air.pdf



La instalación de equipos nuevos o el remplazo de equipos antiguos, con eficiencias entre 70 y 85%, por motores de alta eficiencia superiores al 94%, genera ahorros de energía entre el 10 y el 20 % del consumo en estos equipos.

Teniendo en cuenta que el mayor costo en el ciclo de vida de un motor tiene relación con el consumo de energía, el desarrollo de este tipo de proyectos retorna las inversiones en períodos entre 2 y 5 años, dependiendo del costo de energía en la planta. Las inversiones para motores dependen de la capacidad instalada. Por ejemplo, para motores grandes (más de 300 kW) el índice de inversión es de 75 USD/kW y para motores pequeños (entre 30 y 300 kW) es entre 120 y 140 USD/kW.

El uso de variadores de frecuencia es habitual en la producción de alimentos y bebidas, por ejemplo, en máquinas para el procesamiento, para regular la operación de molinos, bombas y ventiladores que ayudan a mantener las condiciones de temperatura en los procesos.

⁶ https://www.carbontrust.com/media/13063/ctg070_variable_speed_drives.pdf

El uso de variadores de frecuencia puede reducir la carga del motor de 100% a 80% y puede reducir el consumo energético hasta en un 50%. Los variadores de frecuencia varían en un rango entre 0,1 kW hasta varios MW. En motores de potencia inferior a 15 kW están generalmente incluidos desde fábrica.⁶



4.1.3 Optimización de cámaras de refrigeración.

La industria de alimentos y bebidas es uno de los mayores usuarios de tecnología de refrigeración. En muchos subsectores, como por ejemplo, el procesamiento de productos cárnicos, frutas y verduras y lácteos, esta aplicación es la que más consume energía eléctrica. En la tabla 6 se presentan los porcentajes del costo de energía atribuidos a la refrigeración en diferentes subsectores.⁷

Tabla 6. Proporción del costo de energía atribuido a la refrigeración.⁸

Subsector	Proporción del costo de energía atribuido a la refrigeración
Procesamiento de carnes, pollo y pescado.	50%
Procesamiento de helados.	70%
Supermercados.	50 - 70%
Pequeñas tiendas con refrigeradores y congeladores.	70% o más

La refrigeración es esencial para la producción de muchos alimentos perecederos ya que ayuda a prevenir el deterioro por reducir el crecimiento de microorganismos en los productos, ayuda a mantener el contenido nutricional, el sabor y la textura. Las aplicaciones típicas van desde pequeños refrigeradores a grandes cámaras de refrigeración que pueden ser controladas de manera central.

Los compresores son la parte del equipo de refrigeración que más consume energía. Si el sistema tiene un compresor eficiente, el consumo de energía se verá reducido.

La eficiencia del sistema de refrigeración se mide por una razón llamada coeficiente de desempeño o COP (por sus siglas en inglés), es la relación de la capacidad de enfriamiento (kW) comparado con el consumo de energía eléctrica (kW). Con un COP más alto, la eficiencia del sistema será más alta. El porcentaje de ahorro típico de un proyecto de reemplazo a compresores de alta eficiencia está entre 30 y 40 %.

Los sistemas de alta eficiencia tienen un costo de inversión entre 2.000 y 3.000 USD por tonelada de refrigeración instalada, y los períodos de retorno se pueden encontrar entre 4 y 5 años, dependiendo del costo de la energía eléctrica.

⁷ https://www.carbontrust.com/media/13055/ctg046_refrigeration_systems.pdf

⁸ https://www.carbontrust.com/media/13055/ctg046_refrigeration_systems.pdf



4.1.4 Sistemas de iluminación de alta eficiencia.

La iluminación generalmente representa entre el 3 y el 5% del uso total de energía de una planta de producción industrial. En la tabla 7 se presentan las opciones más comunes en proyectos de eficiencia energética en sistemas de iluminación.

Tabla 7. Descripción de sistemas de iluminación de alta eficiencia.

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

*Considera un reemplazo de la tecnología existente.

**Usando 4.380 horas de operación por año, 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.

En la mayoría de los procesos de producción de alimentos y bebidas, la aplicación de calor es bastante frecuente, ya que es uno de los medios más comunes para reducir o eliminar los riesgos biológicos. Así mismo, el calor es utilizado para cocinar los alimentos con el fin de hacerlos aptos para la digestión, en la esterilización para los alimentos empacados, o en la desinfección de equipos y superficies de las plantas de producción de alimentos. Las calderas son el equipo fundamental para suministrar agua caliente y/o vapor de agua dependiendo del proceso productivo y sus requisitos.

La instalación de calderas de alta eficiencia presenta oportunidades de ahorro energético de hasta el 25 % comparado con calderas

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

Así mismo, se utilizan una gran cantidad de procesos de evaporación y destilación (p.ej. concentración de zumos de frutas, elaboración de la cerveza, destilerías, etc.). Estos procesos generalmente producen muchas pérdidas de calor a baja temperatura; sin embargo, existen sistemas de recuperación de calor para aplicaciones como precalentamiento de aire de combustión y calentamiento de agua, que pueden ahorrar hasta el 50% del consumo energético, y los períodos de retorno pueden estar entre 1 y 3 años.⁹

En la tabla 8 se presentan los ahorros típicos de energía en sistemas de recuperación y los períodos de retorno estimados.¹⁰

Tabla 8. Ahorros típicos de los sistemas de recuperación de energía.

Tipo de planta	Potencial de ahorro energético(%)	Período de retorno simple
Procesamiento de productos alimentos y derivados de la leche.	30	1 año
Cervecería.	25	2 años

⁹ http://research.ncl.ac.uk/pro-tem/components/pdfs/SusTEM2011/T1S4_01_Newcastle_RLAW_Opportunities_for_Low-Grade_Heat_Recovery_in_the_UK.pdf

¹⁰ http://ww2.qpem.uq.edu.au/CleanProd/food_project/Food%20Manual.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 utiliza una sola fuente de combustible para producir tanto energía eléctrica como térmica. La principal ventaja de un sistema de cogeneración es que la eficiencia general del sistema puede alcanzar hasta el 80%, ya que se aprovecha tanto la potencia eléctrica como el calor de desecho. En una central eléctrica convencional que produce sólo electricidad, la eficiencia de conversión varía entre un 35 % y un 45 %, y el restante se traduce en pérdidas de calor que no se recuperan.¹¹

La cogeneración ha sido utilizada con amplio éxito en la industria de procesamiento de alimentos y bebidas. Los subsectores que usualmente utilizan este tipo de sistemas son las productoras de bebidas (especialmente cervecerías), productores de pastas y chocolates, y plantas de procesamiento de aceites. Los niveles de inversión típicos de una planta de cogeneración pueden estar entre 1.500 y 2.500 USD/kW eléctrico instalado.

¹¹ http://ww2.gpem.uq.edu.au/CleanProd/food_project/Food%20Manual.pdf

Las plantas de cogeneración pueden competir con los precios de la electricidad de los sistemas interconectados. Sin embargo, los precios de la electricidad (o del gas dependiendo el caso) afectan la viabilidad económica. El período de recuperación para un proyecto de cogeneración típicamente está alrededor de 3 a 4 años.

4.2.3 Procesos de cocción.

Los equipos de cocción consumen una porción significativa de la energía térmica que se requiere en la producción de alimentos y bebidas, especialmente procesos como la preparación de productos horneados como el pan, las galletas, o el tostado de granos como el café o el cacao.

Las principales opciones de eficiencia energética en los procesos de cocción junto con las posibles inversiones, se resumen en la tabla 9. Los ahorros energéticos son calculados contra la línea base del mercado.



Tabla 9. Proyectos de inversión en eficiencia energética en equipos de cocción y horneado.¹²

Tipos de cocción	Proyectos de inversión en eficiencia energética	Ahorros energéticos	Monto de inversión USD
Horneado	Horno con sistema combinado con certificación de eficiencia energética (p.ej. Energy Star).	30%	30.000
	Horno de convección con certificación de eficiencia energética (p.ej. Energy Star).	15%	25.000
	Hornos de túnel con sistemas de manejo energético y recuperación de calor.	40% ¹³	75.000
Fritura	Freidoras industriales con certificación de eficiencia energética (p.ej. Energy Star).	30-35%	20.000
Cocción al vapor	Hornos de cocción de vapor con control electrónico y certificación de eficiencia energética (p.ej. Energy Star).	60%	35.000

¹² <https://www.energystar.gov/sites/default/files/asset/document/CR%20ES%20Restaurant%20Guide%202015%20v8.pdf>

¹³ <http://gostolgroup.eu/product/equipment-for-baking/tunnel-oven-tpn>

4.3 Otras oportunidades – uso de energías alternativas.

4.3.1 Sistemas solares térmicos para la producción de agua caliente.

Los colectores solares térmicos se usan en la industria de alimentos para aplicaciones como el precalentamiento de agua para la producción de vapor en calderas, o para el calentamiento de agua para procesos de calentamiento y limpieza. Los colectores solares usualmente tienen altos costos de capital y bajos costos operativos.

Un colector solar de placa plana estándar mide 2 m² de superficie y produce entre 80 y 100 litros por día de agua caliente a 60 °C, dependiendo de la radiación del sitio de instalación. El costo de inversión es aproximadamente de 750 USD por colector instalado; así por ejemplo, 20 paneles por día podrían proporcionar suficiente energía para calentar 2.000 litros de agua por día para alimentar una caldera, o para usos como el lavado de equipos o el calentamiento de procesos a baja temperatura.¹⁴ Estos sistemas pueden generar ahorros de hasta 80% en el consumo de combustibles y los períodos de retorno se pueden estimar entre 3 y 7 años dependiendo del precio del energético que sustituyen.

4.3.2 Uso de sistemas fotovoltaicos para la producción de energía.

Los sistemas fotovoltaicos empiezan a convertirse en una opción viable para la producción de energía para los sectores comerciales e industriales, han sido utilizados ampliamente en el sector residencial en todo el mundo. La instalación de estos sistemas puede traer

beneficios en cuanto a la reducción del consumo de energía eléctrica de la red o autogenerada con fuentes fósiles, generalmente tienen una vida útil muy larga (superior a 25 años) comparado con otros equipos comunes en la industria, los niveles de inversión dependen de la capacidad instalada, el costo por kWp instalado se estima entre 1.200 y 1.500 USD en sistemas conectados a la red sin baterías para almacenamiento.¹⁵ El período de retorno simple se estima entre 10 y 12 años para aplicaciones menores a un MW con un costo de energía de red promedio de 0,12 a 0,15 USD por kWh.

En algunos países Latinoamericanos, las inversiones en estos sistemas tienen incentivos fiscales como exención de aranceles e IVA, incentivos tributarios como la deducción de las inversiones de la base gravable del impuesto de renta y depreciación acelerada, y posibilidad de vender los excedentes de energía a la red mediante sistemas de medición neta.



¹⁴ (UNEP Working for Cleaner Production 2002a)

¹⁵ <http://www.nrel.gov/docs/fy15osti/64746.pdf>

4.3.3 Uso de biocombustibles.

Los residuos generados en la producción de alimentos tienen un contenido útil de energía o nutrientes. En la mayoría de los casos, estos residuos se descomponen en los rellenos sanitarios locales, en sectores agrícolas son utilizados como composta y fertilizante líquido. La generación de energía renovable a partir de residuos aun es poco utilizada en la industria de alimentos y bebidas. No obstante, existe un enorme potencial de aprovechar los desperdicios y convertirlos en energía útil para la producción de biogás a través de procesos de biodigestión.



La viabilidad económica de la generación y uso de biogás depende del sitio y la escala de las instalaciones. Un plazo razonable para el retorno de la inversión de entre 3 y 5 años, se puede alcanzar bajo las siguientes situaciones:

- Donde la infraestructura para utilizar el biogás ya existe (es decir, una caldera de gas existente, sistema de agua caliente o generador de energía con gas).
- Donde se pague un alto costo por el combustible como el GLP o el gas natural.
- Donde la empresa pueda beneficiarse por la reducción en el costo de la eliminación de efluentes (por ejemplo, el cobro por el manejo de efluentes puede ser menor ya que las aguas han tenido un proceso de digestión anaeróbica reduciendo el contenido de materia orgánica).¹⁶

Los costos de inversión para el aprovechamiento energético del biogás dependen de la aplicación específica, en caso de usarse para la producción de energía eléctrica usando motores, el índice de inversión puede estar entre 2.500 y 3.000 USD/kW. Para el caso del aprovechamiento en producción de vapor mediante una caldera adecuada para quemar el biogás, el valor de inversión teniendo en cuenta las tecnologías para limpieza del biogás (retirar el H₂S que es un gas corrosivo presente en el biogás), está entre 4.000 y 5.000 USD/BHP.

¹⁶ http://ww2.gpem.uq.edu.au/CleanProd/food_project/Food%20Manual.pdf



5. Análisis de riesgos técnicos ambientales y sociales

En la tabla 10 se presentan los principales riesgos técnicos, sociales y ambientales que deben tenerse en cuenta al realizar inversiones en proyectos de eficiencia energética en el sector de alimentos y bebidas, así como las acciones para su mitigación.

Tabla 10. Riesgos técnicos, ambientales, financieros y sociales de inversiones en el sector.

Riesgo	Tipo	Acción para su mitigación
En la instalación de sistemas de aire comprimido la contaminación puede alterar la inocuidad de los alimentos si no se instalan los filtros adecuados.	Técnico	Asegurar que se cumplen con los estándares de producción e inocuidad mediante el cumplimiento de las normas locales o la metodología de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control – HACCP por sus siglas en inglés.
Emisión de agentes refrigerantes que agotan la capa de ozono en equipos y cámaras de frío.	Ambiental	Verificar que los equipos no utilizan el gas R-22 más comúnmente encontrado en la región, asegurarse de que el gas refrigerante tenga un potencial bajo de agotamiento de la capa de ozono, normalmente estos gases son conocidos como refrigerantes ecológicos. El refrigerante más utilizado en la actualidad es el R410 A.




Continuación Tabla 10. Riesgos técnicos, ambientales, financieros y sociales de inversiones en el sector.


Riesgo	Tipo	Acción para su mitigación
Equipos de cocción que no estén debidamente ventilados presentan un riesgo importante de contaminación y seguridad laboral.	Técnico	Confirmar que dentro de la instalación de los equipos se incluya un sistema de ventilación que asegure el adecuado cambio de aire en el proceso productivo.
La utilización de biogás como combustible presenta riesgo de explosión si no se maneja adecuadamente, además el uso de biogás puede corroer las tuberías por su contenido de ácido sulfhídrico.	Técnico	Se deben tomar todas las medidas de seguridad y verificar el cumplimiento de la regulación local frente al almacenamiento de combustibles; además si se va a utilizar el biogás en la producción, asegurar que existe un sistema de filtros para su uso adecuado.
La producción de biogás tiene riesgos de contaminación ambiental por el manejo de efluentes y material orgánico.	Ambiental	Verificar que en la instalación donde se produzca el biogás existan sistemas de manejo de efluentes y se hayan instalado plantas de tratamiento de aguas residuales o que se dispongan con un proveedor calificado y autorizado para tratar estos residuos.
Ahorros en los proyectos de eficiencia energética.	Financiero/Técnico	Asegurar que el diseño del proyecto es correcto y que se usan tecnologías con certificación de EE.




6. Criterios de elegibilidad

En el sector de alimentos y bebidas existe un amplio potencial de hacer inversiones en EE. Los criterios de elegibilidad que se recomiendan para aplicar a una línea de financiación con las IF's 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 debería reducir como mínimo el consumo en el proceso específico en un 10%.

 **Reducción de emisiones de GEI.** Los niveles de reducción de emisiones de GEI que pueden lograr las inversiones en eficiencia energética, dependen de la fuente de energía eléctrica que se usa para el proceso y el tipo de combustible utilizado en los procesos térmicos. Los proyectos con mayor potencial de reducción de emisiones de GEI son aquellos que reducen el consumo de carbón, gas natural o combustibles líquidos. En términos generales, una inversión en proyectos de eficiencia energética, debería reducir las emisiones de GEI del proceso en al menos un 10%.



📌 Período de retorno simple de la inversión. Las inversiones en EE 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 del mismo permitan retornar la inversión con una rentabilidad razonable en un período de 8 a 10 años. Para los casos de inversión en energía solar fotovoltaica, se debe estructurar un financiamiento con condiciones diferentes ya que los períodos de retorno para la región están entre 8 y 10 años.

Para que el proyecto de EE o energía renovable 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

Debido a la alta variabilidad en los niveles de producción, los procesos de transformación y los diferentes usos de la energía en el sector de producción de alimentos y bebidas, resulta complejo unificar un indicador para medir la eficiencia energética en este sector. No obstante, a través de tres indicadores de monitoreo y reporte básicos que se presentan en la tabla 11, se puede medir el impacto de las inversiones. Estos indicadores se deben medir antes y después de hacer los proyectos, las unidades se presentan por kilogramo o por litro dependiendo de cómo se mide el producto.

Tabla 11. Indicadores de mejora de eficiencia energética en el sector de alimentos y bebidas.

Indicador	Unidad	Valor Exante	Valor Expost
Energía térmica	MJ/kg o MJ/l		
Energía eléctrica	kWh/kg o kWh/l		
Emisiones GEI	Kg CO ₂ /kg o Kg CO ₂ /l		



Los indicadores para verificar el beneficio anual de una inversión en eficiencia energética, resultan de multiplicar la diferencia entre el valor ex ante y el valor expost de los indicadores sugeridos en la tabla 11 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 12. Indicadores de verificación de mejora de eficiencia energética en el sector de alimentos y bebidas.

Indicador	Unidad
Reducción del consumo de energía térmica	MJ/año
Reducción del consumo de energía eléctrica	kWh/año
Reducción de emisiones de GEI	Kg CO ₂ /año





8. Otros beneficios de la EE para empresas del sector

El sector de la producción de alimentos presenta importantes oportunidades frente a las inversiones en eficiencia energética y el uso de energías renovables, que además de ahorros económicos y reducción de emisiones de GEI, generan otros beneficios para el sector entre los que se destacan:

- Reducción de la generación de residuos sólidos, mitigando los impactos ambientales de la operación y aprovechando productos residuales como fuentes de energía.
- Uso de subproductos para ser aprovechados como compostaje y abonos para la producción agropecuaria.
- Uso y manejo eficiente del agua con tecnologías aptas y adaptadas a cada tipo de producción.
- Certificación en estándares internacionales como Global GAP, HACCP, ISO (Calidad ISO 9001, Medio ambiente ISO 14001, Inocuidad de alimentos ISO 22000) y buenas prácticas de manufactura que apoyan los procesos de mejora continua.
- Producción de alimentos con baja huella de carbono que pueden certificarse con estándares internacionales, por ejemplo Carbon Trust, llegando a nuevos y mejores mercados.
- Cumplir con las metas sectoriales de reducción de emisiones de GEI a nivel nacional adoptadas por los gobiernos en el marco de la COP 21 de París (Conferencia de las Partes bajo la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.)



9. Caso de estudio

Una compañía dedicada a la producción de margarina y aceites. Durante el último año esta compañía decidió cambiar los equipos de abastecimiento de calor de su línea de producción de margarina. La caldera de 100 BHP de capacidad y 20 años de antigüedad tienen un consumo anual de 550.000 m³ de gas natural. Con el reemplazo por una nueva caldera de alta eficiencia, que tuvo una inversión de 220.000 USD, se generó un ahorro cercano al 20% en el consumo de combustible anual. Tanto la caldera antigua como la nueva, operan con gas natural cuyo factor de emisión es 1,8 Kg CO₂/m³ y el precio de 0,6 USD/m³.

Cada combustible tiene un poder calorífico establecido, para el caso del gas natural este valor es de 38,8 MJ/m³. Por lo cual, el consumo total de energía térmica actual en este caso es de 21.340.000 MJ, resultado de multiplicar el poder calorífico y el consumo anual en m³ y el costo anual de combustible actual es de 330.000 USD.

Para este caso se desea calcular los beneficios ambientales y energéticos del cambio de calderas. Se estima que la producción de margarina alcanzó los 1.550.000 kilogramos durante el último año.

En la tabla 13 se presentan los datos asociados a los cálculos. Dado que es un proyecto relacionado con energía térmica (mediante el uso de gas natural para generar calor) los valores de energía eléctrica no aplican. Para calcular el valor ex ante, se toma el consumo anual dividido por la producción en este caso 21.340.000 MJ/1.550.000 Kg para obtener un indicador de consumo unitario de 13,8 MJ/kg, para este caso la reducción del consumo energético medido fue del 20% por lo que el valor expost es 11,01 MJ/kg. El ahorro en términos de dinero fue 66.000 USD/año, de esta forma el período de retorno simple de la inversión es de 3,33 años.



Las emisiones de GEI anuales actuales se calculan multiplicando el consumo de gas natural 550.000 m³ actual por el factor de emisión de 1,8 kg CO₂ para obtener 990.000 kg CO₂/año, y este valor es dividido por la producción anual; obteniendo como resultado 0,63 Kg CO₂ /kg de margarina producida. El valor total de emisiones de GEI expost se obtiene multiplicando el consumo anual después de la implementación del proyecto 440.000 m³ (20% menos que el valor inicial) por el factor de emisión que no varía, para obtener 792.000 kg de CO₂/año. Finalmente, las emisiones de GEI anuales totales se dividen sobre la producción anual para obtener el valor expost.

Tabla 13. Indicadores de monitoreo caso de estudio.

Indicador	Unidad	Valor Exante	Valor Expost	Diferencia
Energía térmica	MJ/kg	13,8	11,0	2,8
Energía eléctrica	kWh/kg	N/A	N/A	N/A
Emisiones GEI	Kg CO ₂ /kg	0,64	0,51	0,13

Como resultado se presenta en la tabla 14, el resumen de los beneficios ambientales y económicos anuales del proyecto. Para calcular la reducción de consumo de energía térmica se multiplica la diferencia por la producción anual, en este caso este proyecto alcanzó una reducción de 110.000 m³ al año (equivalentes a 4.268.000 MJ/año), además este proyecto permite reducir las emisiones de GEI en 198.000 kg CO₂/año.

Tabla 14. Indicadores de mejora caso del estudio.

Indicador	Unidad	Valor
Inversión	USD	220.000
Ahorros económicos	USD/año	66.000
Período de retorno simple de la inversión	Años	3,3
Reducción del consumo de energía térmica	MJ/año	$20\% * 21.340.000 = 4.268.000$
Reducción del consumo de energía eléctrica	kWh/año	N/A
Reducción de emisiones de GEI	Ton CO ₂ /año	$1,8 * 110.000/1.000 = 198$

Aplicación de criterios de elegibilidad: el proyecto es elegible para una línea de financiación verde ya que cumple con las tres condiciones establecidas en los criterios de elegibilidad.

Criterios de elegibilidad



Reducción del consumo energético del 20%.



Reducción de emisiones del 20%.



Un período de retorno de 3,33 años.



Referencias

- CompAir website.
http://www.compairusa.com/Industries/Food_and_Beverage.aspx
- Compressed air - Introducing energy saving opportunities for business.
https://www.carbontrust.com/media/20267/ctv050_compressed_air.pdf
- Eco-efficiency Toolkit for the Queensland Food Processing Industry.
http://ww2.qpem.uq.edu.au/CleanProd/food_project/Food%20Manual.pdf
- EEX - the Australian Government Department of the Environment and Energy.
<http://eex.gov.au/technologies/>
- Energy Smart food for people and climate.
<http://www.fao.org/docrep/014/i2454e/i2454e00.pdf>
- ENERGY STAR Guide for Cafés, Restaurants, and Institutional Kitchens.
<https://www.energystar.gov/sites/default/files/asset/document/CR%20ES%20Restaurant%20Guide%202015%20v8.pdf>
- Global Industrial Energy Efficiency Benchmarking.
http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/Energy_and_Climate_Change/Energy_Efficiency/Benchmarking_%20Energy_%20Policy_Tool.pdf



- Gostol equipment for bakers.
<http://gostolgroup.eu/product/equipent-for-baking/tunnel-oven-tpn>
- Opportunities for Low-Grade Heat Recovery in the UK Food Processing Industry.
http://research.ncl.ac.uk/pro-tem/components/pdfs/SusTEM2011/T1S4_01_Newcastle_RLAW_Opportunities_for_Low-Grade_Heat_Recovery_in_the_UK.pdf
- Photovoltaic Prices and Cost Breakdowns: Q1 2015 Benchmarks for Residential, Commercial, and Utility-Scale Systems.
<http://www.nrel.gov/docs/fy15osti/64746.pdf>
- Refrigeration systems - Introducing energy saving opportunities for business.
https://www.carbontrust.com/media/13055/ctg046_refrigeration_systems.pdf
- UNEP Working Group for Cleaner Production 2002a, 2003.
<http://www.unep.org/resourceefficiency/Business/CleanerSaferProduction/ResourceEfficientCleanerProduction/Publications/tabid/78762/Default.aspx>
- Variable speed drives - Introducing energy saving opportunities for business.
https://www.carbontrust.com/media/13063/ctg070_variable_speed_drives.pdf

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
