



Componente formativo

## **Planeación y ejecución de diagnósticos energéticos**

---

### **Breve descripción**

La eficiencia en cualquier contexto es el cociente de la magnitud de una variable a la salida dividida entre la magnitud de esa variable y la entrada. En el contexto energético, la variable es la energía y una auditoría o revisión energética determina la eficiencia actual de un proceso e identifica las oportunidades de mejora de la misma.

### **Área ocupacional**

Procesamiento, fabricación y ensamble

---

**Julio 2023**

## Tabla de contenido

Introducción.....	3
1. Diagrama de flujo de procesos .....	4
2. Ejemplos de procesos industriales.....	5
3. Aplicaciones del balance y flujo de energía en los procesos .....	7
4. Inventario de equipos consumidores de energía .....	11
5. Introducción a las auditorías energéticas.....	14
6. Instrumentos y equipos de medición usados para la realización de auditorías energéticas .....	16
7. Principios de las auditorías energéticas.....	20
8. Planificación de las auditorías energéticas .....	21
9. Procesos de análisis en las auditorías energéticas .....	22
10. Identificación de oportunidades de mejora del desempeño energético.....	27
11. Reporte de auditoría energética.....	28
Síntesis .....	31
Material complementario .....	32
Glosario.....	33
Referencias bibliográficas .....	34
Créditos.....	35

## Introducción

Para mejorar la eficiencia de un proceso se debe determinar el proceso, los usos de energía en cada paso, establecer la línea base energética, identificar las oportunidades de mejora de eficiencia, seleccionar las mejoras a implementar y los mecanismos de evaluación del desempeño energético después de la implementación. Estas acciones en conjunto se conocen como una auditoría energética.

### Video 1. Planeación y ejecución de diagnósticos energéticos



[Enlace de reproducción del video](#)

#### Síntesis del video: Planeación y ejecución de diagnósticos energéticos

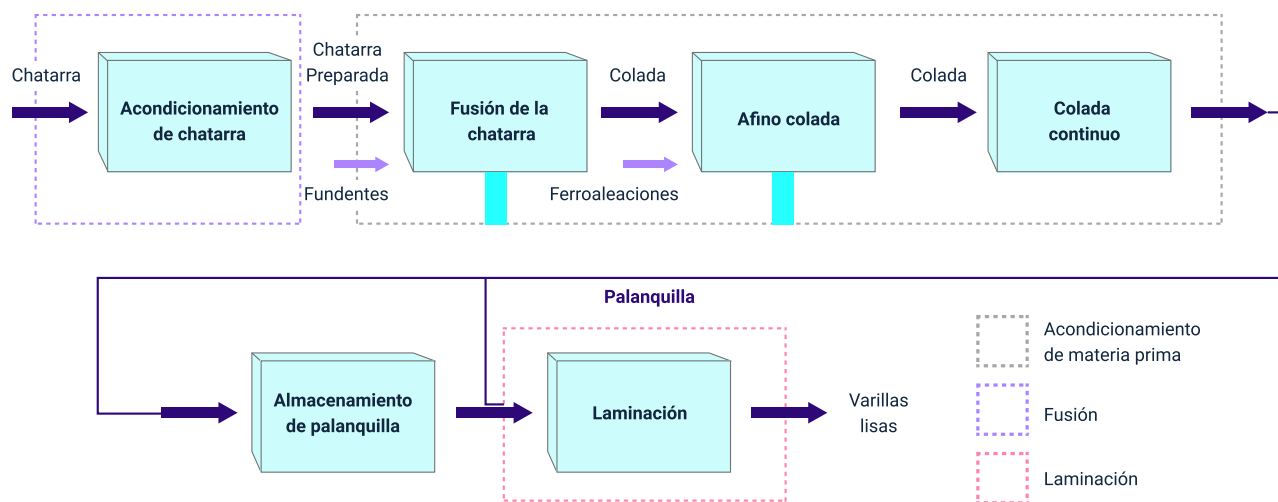
Dentro de los temas relacionados con la importancia energética, se logra incluir la importancia de la planeación y ejecución de diagnósticos energéticos, donde se trataran los instrumentos que permiten generar el proceso de auditoria energética, para mejorar la eficiencia, se debe determinar el proceso, los usos de energía en cada paso, establecer la línea base energética, identificar las oportunidades de mejora de eficiencia, seleccionar las

mejoras a implementar y los mecanismos de evaluación del desempeño energético después de la implementación. En el contexto energético la variable es la energía y una auditoria o revisión energética determina la eficiencia actual de un proceso e identifica las oportunidades de mejora de la misma.

## 1. Diagrama de flujo de procesos

El primer paso para lograr una auditoría energética eficaz es conocer el proceso que se va a auditar, los insumos, los productos obtenidos, las variables de entorno, etc., y una forma de conocer un proceso es revisando su diagrama de flujo. El diagrama de flujo de un proceso es la representación gráfica con símbolos normalizados para cada uno de los pasos del proceso, mostrando con flechas el orden de ejecución, las entradas y salidas de cada paso, como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 1. Ejemplo diagrama de flujo de proceso**



Nota. Tomado de Implementación de un sistema gestión de energía pág. 53 s.f.

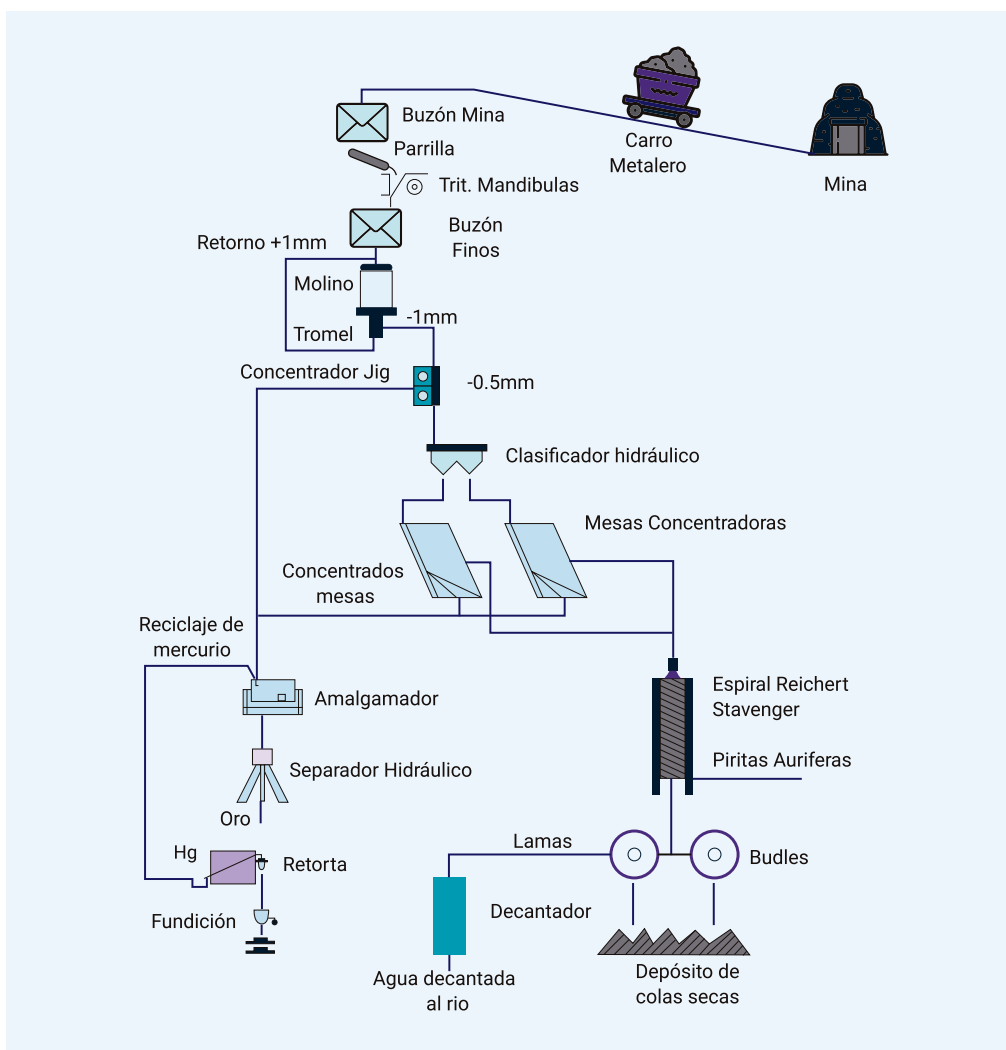
- a) Acondicionamiento de la chatarra.
- b) Fusión de la chatarra.
- c) Afino colada.

- d) Colada continuo.
- e) Almacenamiento de palanquilla.
- f) Laminación.

## 2. Ejemplos de procesos industriales

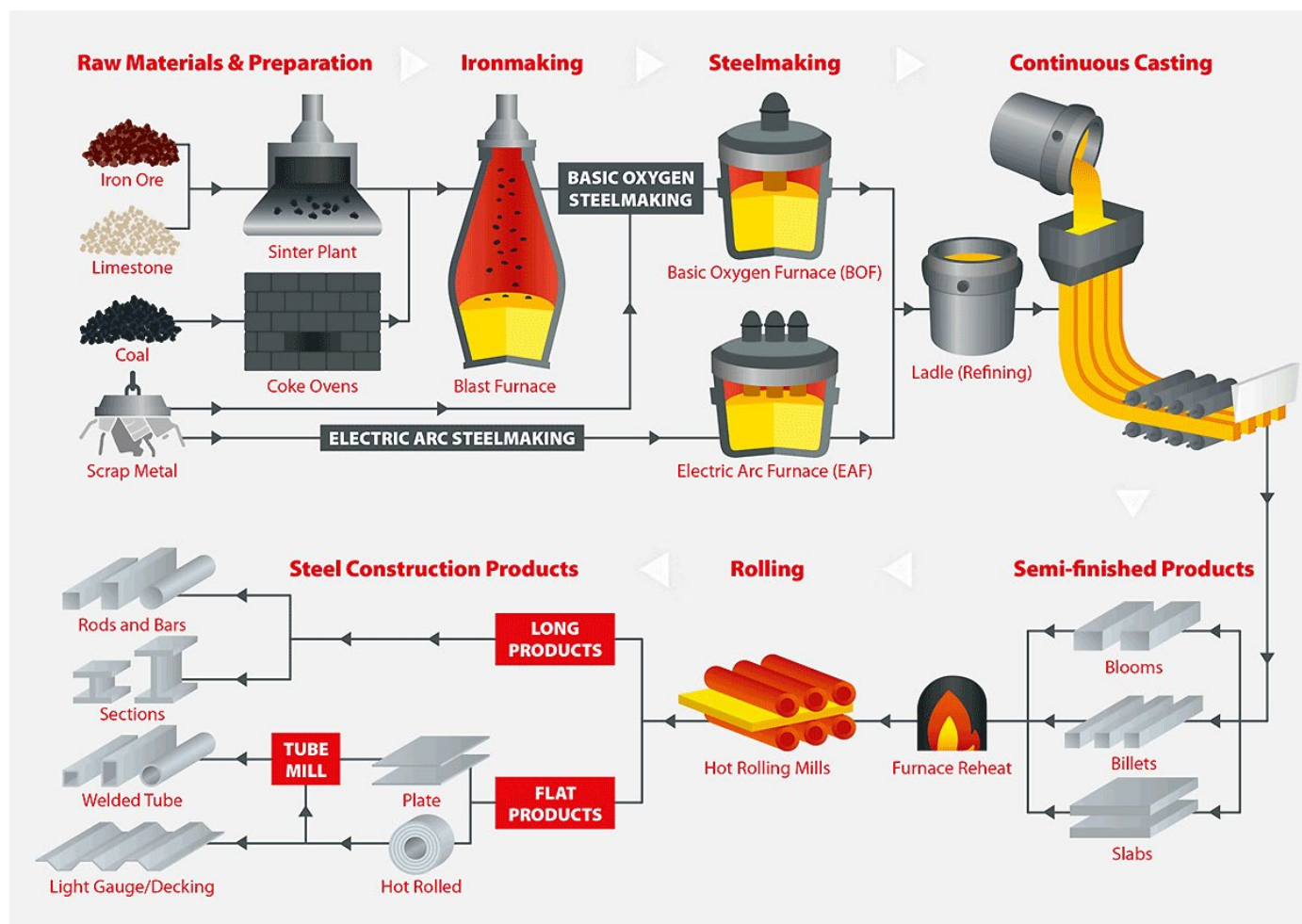
Algunos ejemplos de procesos industriales típicos de organizaciones interesadas en realizar auditoría energética se muestran en las siguientes figuras relacionadas con la extracción de metales y producción de azúcar:

**Figura 2.** Diagrama de flujo extracción oro y/o plata



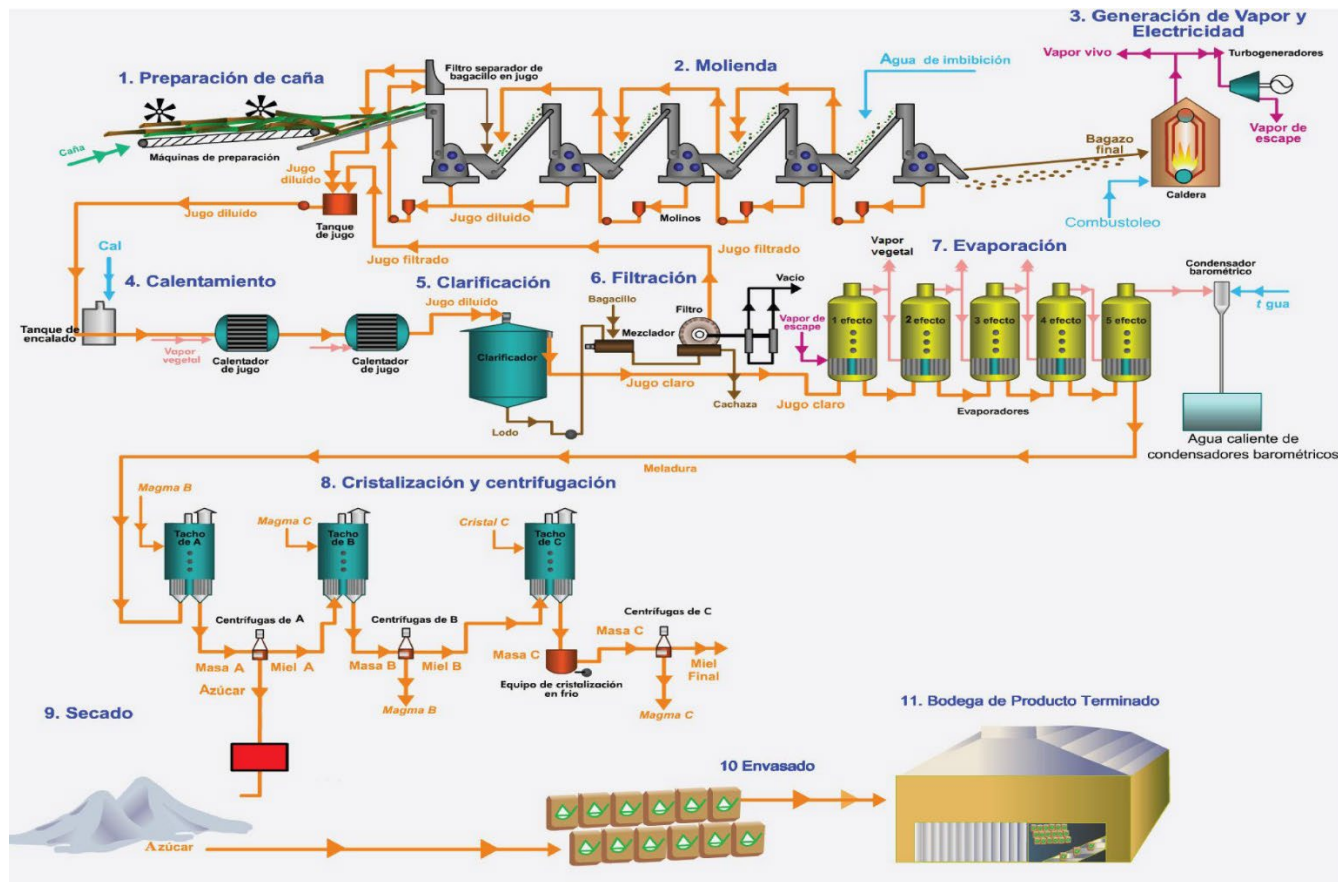
Nota. Tomado de Procesos mineros (s.f.).

**Figura 3.** Diagrama de flujo productos de acero para construcción



Nota. Tomado de newsteelconstruction

**Figura 4. Diagrama de flujo producción azúcar**



Revista Ingeniería Investigación y Tecnología. 2014;15:549-60

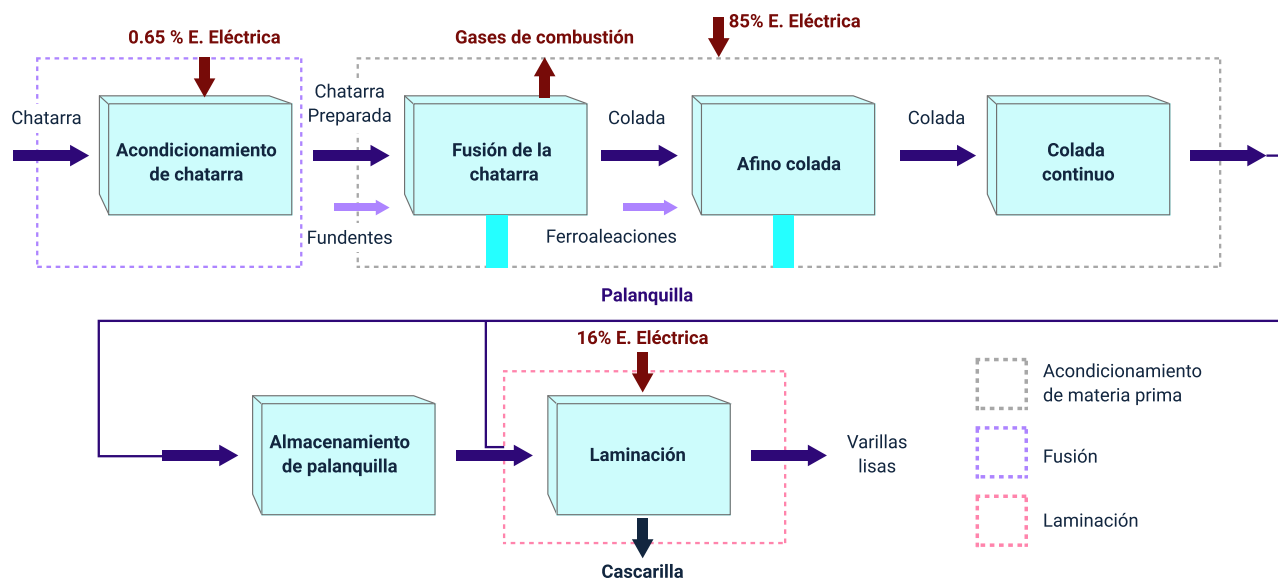
Nota. Tomado de ELSEVIER (s.f.).

### 3. Aplicaciones del balance y flujo de energía en los procesos

Como parte de la auditoría energética se debe recopilar información detallada de los equipos operativos en las instalaciones que permitan determinar para cada equipo la función que desempeña en el proceso, el tipo de energía que consume, la estrategia de mantenimiento usada, el responsable directo del equipo (operación y mantenimiento) y las estrategias para mejorar la eficiencia y reducir consumos son:

El resultado de aplicar dichas técnicas permite determinar la energía consumida y/o producida en cada proceso del diagrama de flujo de proceso, como se muestra en la siguiente figura:

**Figura 5.** Diagrama de flujo del proceso de la producción de varillas lisas



Nota. Tomado de la Red colombiana de conocimiento en eficiencia energética - RECIEE (2019).

Pasos del proceso:

- Acondicionamiento de la chatarra (consumo del 0,65% de energía eléctrica).
- Fusión de la chatarra (se generan gases de combustión).
- Afino colada (consumo del 85% de energía eléctrica).
- Colada continuo.
- Almacenamiento de palanquilla.
- Laminación (consumo del 16% de energía eléctrica).

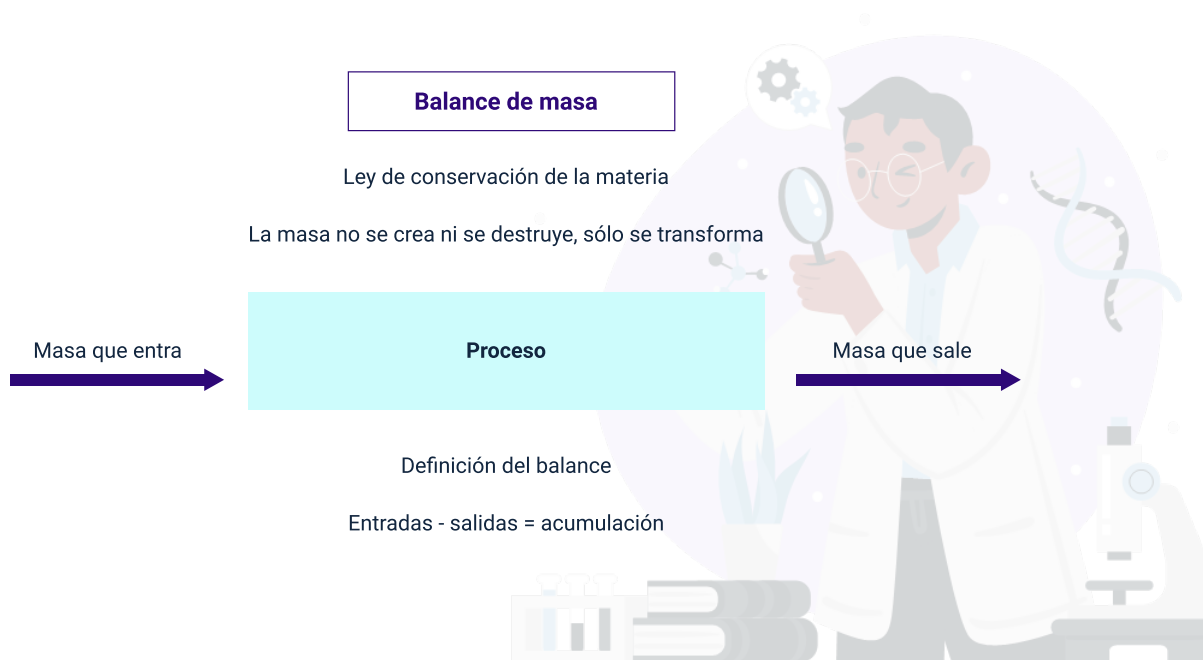
La definición de un balance de masa es simple. Se reduce a la aplicación práctica de la Ley de conservación de la materia. Dicha ley, nos indica que toda la masa que entra a un



sistema sale y/o se acumula, según el tipo de sistema que tengamos. En pocas palabras, la masa no se crea ni se destruye, sólo se transforma.

Para elaborar el balance de material de cada proceso se usa la ecuación de conservación como se muestra.

**Figura 6. Balance de masas**



Nota: Imagen tomada de ingenieriaquimicareviews

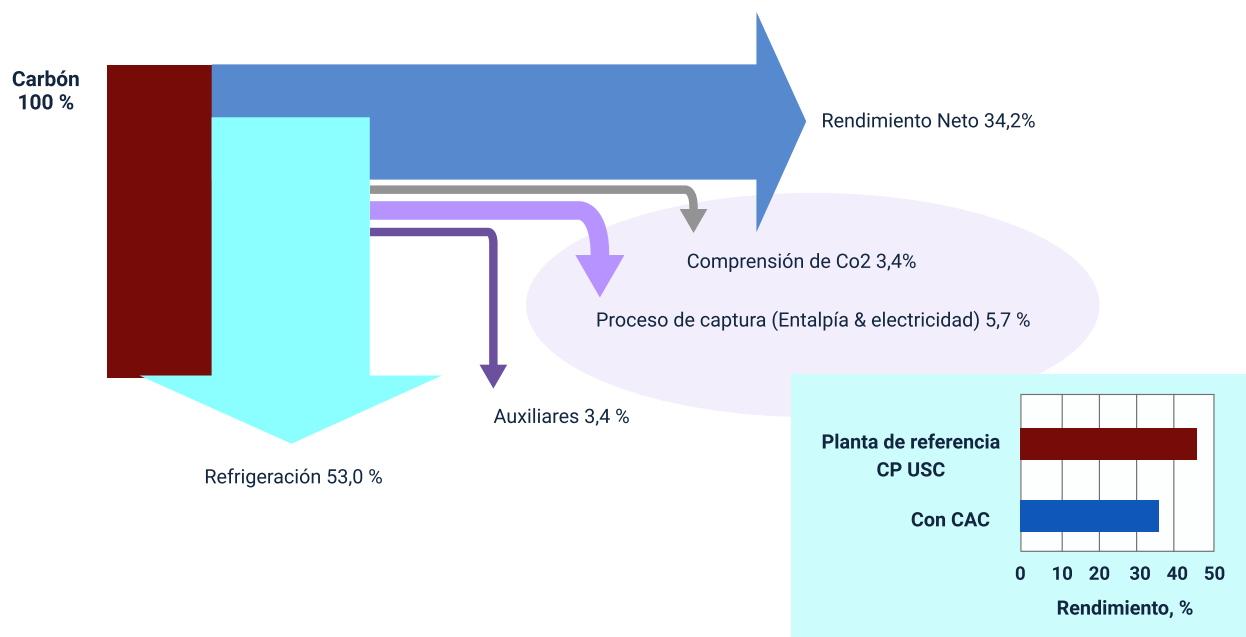
<https://wwwingenieriaquimicareviews.com/2020/04/balance-de-masa-ingenieria-quimica.html>

Pasos para realizar un balance de masas de un proceso, utilizando la ley de conservación de materia:

- Masa que entra.
- Proceso.
- Masa que sale.
- Definición del balance (Entrada – Salida = Acumulación).

Para mostrar el flujo de energía de cada proceso se usa generalmente el Diagrama “Sankey”, que consiste en un diagrama de flujo donde el ancho de las flechas es proporcional a la magnitud representada por la flecha, como se muestra en la figura 7:

**Figura 7. Diagrama de “Sankey”**



Nota. Tomado de “Researchgate” s.f.

[https://www.researchgate.net/figure/Figura-38-Diagrama-de-Sankey-para-Oxcombustion\\_fig10\\_272496993](https://www.researchgate.net/figure/Figura-38-Diagrama-de-Sankey-para-Oxcombustion_fig10_272496993)

Donde se estima:

- Rendimiento neto.
- Comprensión de Co2.
- Proceso de captura (entalpía y electricidad).
- Auxiliares.
- Refrigeración.

#### 4. Inventario de equipos consumidores de energía

Como parte de la auditoría energética se debe recopilar información detallada de los equipos operativos en las instalaciones que permitan determinar para cada equipo la función que desempeña en el proceso, el tipo de energía que consume, la estrategia de mantenimiento usada, el responsable directo del equipo (operación y mantenimiento) y las estrategias para mejorar la eficiencia y reducir consumos son:

**La información recopilada debe ser almacenada en forma individual para cada equipo, facilitando así su inventario.** De la diversidad de equipos consumidores de energía usados en los procesos, los más relevantes son:

- **Envoltentes de edificios:** son las partes de la edificación que se encuentran directamente expuestas al medio ambiente como puertas, ventanas, paredes y pisos, que además de funciones de privacidad y protección proveen, nivel de aislamiento térmico que afecta el desempeño energético de calentadores y aires acondicionados.

Calderas y sistemas de distribución de vapor: las calderas son equipos que convierten agua en vapor por transferencia de calor producido por la quema de combustible y el sistema de distribución de vapor son las tuberías y ductos que lo transportan a los lugares de uso en la planta.

Sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC): es un conjunto de equipos destinados a controlar la humedad y temperatura de un sitio determinado. Incluye entre otros, evaporadores, condensadores, filtros de aire, ventiladores, compresores, material de aislamiento y sustancias refrigerantes.

Sistema de suministro de energía eléctrica: es el conjunto de equipos que conducen la energía eléctrica desde las redes del operador de red hasta el tablero de distribución. Incluye conductores y ductos de acometida, equipo de seccionamiento y medida, transformadores y tableros de distribución.

Sistema de agua caliente: está compuesto por los tanques, tuberías, calentadores (eléctricos y gas) y radiadores que suministran el agua caliente para los baños, cocinas y máquinas lavadoras de ropa y lavavajillas.

Sistemas de alumbrado: incluye la red de distribución, las luminarias. A partir de que gran parte de la iluminación proviene de la reflexión en las superficies circundantes se debe, tener en cuenta el área y el tipo de superficie de los pisos, los techos y las paredes del área iluminada.

Sistema de distribución de aire comprimido: está compuesto por compresores y tuberías que suministran el aire comprimido para accionar herramientas neumáticas y algunas facilidades del sistema HVAC.

- Motores eléctricos: son todos los motores que accionan los diferentes equipos de todos los sistemas descritos. Se estima que representan entre los  $\frac{2}{3}$  y los  $\frac{3}{4}$  del consumo total de energía de las plantas.

Procesos de manufactura: incluye todos los equipos diferentes a los anteriormente descritos y que son requeridos para ejecutar procesos especiales como electrolíticos, químicos, de fundición, etc. También se incluyen en esta categoría los equipos administrativos como computadores e impresoras.

Un ejemplo de una lista de chequeo para la verificación de equipos durante una auditoría se muestra en el siguiente anexo:

**Para profundizar aún más a este respecto, diríjase al Anexo 1.**

**Figura 8. Lista de chequeo para verificación equipos**

Elemento Principal	Lugares a visitar	Verificado
Elemento Principal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cubierta</li> <li>• Paredes</li> <li>• Ventanas</li> <li>• Sótanos</li> </ul>	
Sistemas de calentamiento y control	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuarto de calderas</li> <li>• Cuartos de distribución de calor</li> <li>• Racks de distribución/túneles</li> </ul>	
Sistemas de enfriamiento y control	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuarto de “chillers” o cubierta donde se encuentran los equipos</li> </ul>	

Sistema de ventilación y aire acondicionado y UMA's	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuartos mecánicos donde se encuentran las UMAS's</li> <li>• Espacios técnicos</li> </ul>	
Sistemas de iluminación y control	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recintos de muestra por uso</li> <li>• Áreas comunes</li> <li>• Áreas externas iluminadas</li> </ul>	
Electrodomésticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espacios residenciales de muestra</li> </ul>	
Equipos de oficina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recintos de muestra por uso</li> <li>• Centros de computo y servidores</li> </ul>	
Otros equipos (Ej.. médicos)		
Sistemas internos de transporte		
Sistemas anti-congelamiento y control	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tableros de distribución</li> <li>• Áreas restringidas</li> <li>• Áreas calentadas, calentamiento de tuberías</li> </ul>	
Otros suministros energéticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planta de generación de vapor</li> <li>• Distribución de vapor</li> <li>• Tanques y bombas de condensados</li> <li>• Cuarto de compresores</li> <li>• Líneas y drenajes de aire comprimido</li> <li>• Planta de piscina</li> <li>• Otros cuartos de servicio técnico</li> <li>• Otras distribuciones</li> </ul>	
Sistema de automatización de la edificación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acceso a la electrónica</li> </ul>	
Otros sistemas consumidores de energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Piscinas...</li> </ul>	

Nota. Tomado de ICONTEC, NTC-ISO 50002

## 5. Introducción a las auditorías energéticas

La auditoría energética es la herramienta usada para conocer cómo, dónde, y cuándo se usa la energía en una organización y de esta manera identificar las oportunidades de reducción del uso y/o costo de la misma, sin afectar la calidad de los productos. Además, por ser parte integral del Sistema de Gestión Eficiente de Energía se han desarrollado estándares específicos para su normalización como, por ejemplo, la ISO 50002:2014 auditorías energéticas.

Un ejemplo de una lista de chequeo para la verificación de equipos durante una auditoría se muestra en la siguiente tabla:

### **Introducción a las auditorías energéticas**

Son actividades propias de una auditoría energética:

- a. Análisis del histórico de consumo de energía y agua de la organización, incluido el sistema tarifario de los servicios contratados.
- b. Identificar puntos calientes en las instalaciones.
- c. Evaluación de los parámetros de los sistemas de puesta a tierra existentes.
- d. Estudio de la coordinación de protecciones eléctricas.
- e. Elaboración del balance energético.
- f. Calcular la eficiencia energética de los procesos.
- g. Estimación de las inversiones y de la disminución de costos por implementación de las medidas correctivas.

Las auditorías energéticas se pueden realizar de forma global o por áreas o procesos, de acuerdo con la complejidad de las instalaciones y la expectativa del usuario. En cualquiera de los casos, la persona responsable (auditor) de realizarla debe conocer los procesos involucrados y los equipos usados por la empresa auditada. Debido a la diversidad de procesos existentes, el auditor debe tener una formación amplia para visualizar los procesos como un todo y apoyarse en un equipo multidisciplinario de especialistas donde la complejidad de los procesos así lo requiera.

**Las auditorías energéticas se pueden clasificar según su alcance en:**

a) Auditoría preliminar

Es una auditoría rápida y corta donde se diagnostica en campo con la experiencia del auditor, sin toma de medidas y se calculan índices de la utilización de energía con el histórico de consumos de energía para establecer comparaciones con empresas del mismo sector.

b) Auditoría detallada

Es una auditoría que requiere varios días de duración y el uso de instrumentos y equipos de medida para evaluar detalladamente las oportunidades de mejora de la eficiencia energética. Puede ser total o parcial.

c) Auditoría especial

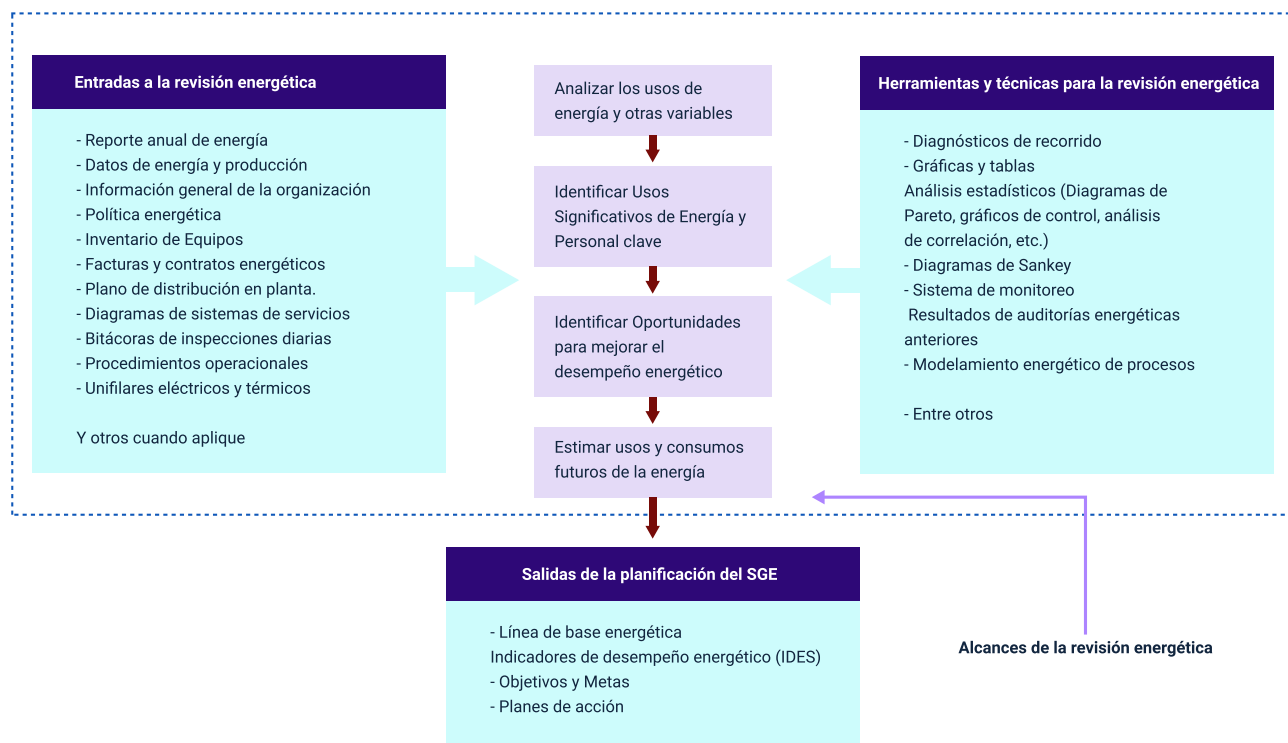
Corresponde a auditorías detalladas, pero con mayor profundidad en una la sección específica de la empresa. Normalmente se realizan para garantizar el aumento en la eficiencia energética después de efectuar acciones correctivas en los procesos.

d) Auditoría de seguimiento

Auditorías para brindar asistencia durante la ejecución de acciones preventivas y correctivas sugeridas y la evaluación de sus efectos.

Un esquema general de las actividades que deben ser realizadas durante una auditoría energética se muestra en la siguiente figura:

**Figura 9. Esquema de actividades de auditoría energética**



Nota. Tomado de la Red colombiana de conocimiento en eficiencia energética - RECIEE (s.f.).

## 6. Instrumentos y equipos de medición usados para la realización de auditorías energéticas

Para obtener la información de la cantidad de energía involucrada en cada proceso auditado e identificar las potenciales oportunidades de mejora, se deben tomar medidas a las variables relevantes según el tipo de energía consumida. Los instrumentos de medida y equipos auxiliares usados deben seleccionarse por precisión y facilidad de instalación, siendo los más comunes:

### a) Flexómetro o cinta métrica

Usado para determinar las dimensiones y las distancias entre equipos y de esta manera calcular pérdidas de energía por transporte.



**Figura 10. Flexómetro o cinta métrica**



**b) Luxómetro**

Usado para determinar los niveles de iluminación de las áreas auditadas y compararlos con los niveles mínimos señalados en el RETILAP.

**Figura 11. Luxómetro**



**c) Termómetro**

Usado para determinar las temperaturas de oficinas, áreas de trabajo y de los procesos para calcular las eficiencias térmicas e identificar las fuentes potenciales de recuperación de calor. Según el tipo de proceso podrían requerirse termómetros de inmersión, de superficie, infrarrojos y de radiación.

**Figura 12. Termómetro**



d) Voltímetro y amperímetro

Usados para medir los voltajes y corrientes eléctricas de operación y compararlos con los valores nominales de los equipos cuando se dispone de los datos de placa.

**Figura 13. Voltímetro y amperímetro**



e) Vatímetro

Usado para determinar el consumo real de potencia eléctrica de los equipos y el factor de potencia.

**Figura 14. Vatímetro**



f) Analizador de combustión

Usado para medir variables diversas como contenidos de oxígeno y dióxido de carbono, entre otros, de los gases de escape de hornos, calderas y demás equipos de quemado de combustible, para calcular la eficiencia de la combustión.

**Figura 15. Analizador de combustión**



g) Detectores ultrasónicos de fugas

Usados para detectar las fugas de aire comprimido y probar el funcionamiento de las trampas de vapor.

**Figura 16. Detectores ultrasónicos de fugas**



h) Medidor de flujo

Usado principalmente para medir la cantidad de aire en los ductos de los equipos de calefacción y aire acondicionado.

**Figura 17. Medidor de flujo**



i) Soplador de puerta

Usado para determinar la cantidad de aire por hora que se intercambia en los edificios administrativos.

**Figura 18. Soplador de puerta**



j) Generador de humo / niebla

Usado para identificar los puntos de filtración de aire en puertas, ventanas y ductos.

**Figura 19. Generador de humo / niebla**



## 7. Principios de las auditorías energéticas

De acuerdo con la Norma ISO 50002 los cuatro principios que debe cumplir un auditor son:

## Principios de las auditorías energéticas

- a. **Competencia:** se refiere a que la capacitación y la experiencia del equipo auditor debe ser debidamente certificada, de acuerdo con la normatividad vigente en el ámbito de aplicación de los procesos auditados.
- b. **Confidencialidad:** se refiere a que la información proporcionada por la organización debe ser protegida por el equipo auditor para garantizar su privacidad.
- c. **Objetividad:** se refiere a que durante el proceso de auditoría los intereses de la organización tienen prioridad sobre los intereses del equipo auditor cuando toma decisiones que puedan afectar la organización.
- d. **Transparencia:** se refiere a que cualquier conflicto de intereses del equipo auditor debe ser revelado a la organización oportunamente.

De acuerdo con la misma Norma ISO 50002 las principales características que debe cumplir una auditoría energética son:

- a. Adecuada para el alcance y objetivos propuestos.
- b. Abarcar la totalidad del alcance propuesto.
- c. Asegurar la confiabilidad de los datos recolectados.
- d. Identificar la fuente representativa de los datos y los sistemas de procesamiento pertinentes a estos.
- e. Determinar la relación costo / beneficio de las oportunidades de mejora identificadas.
- f. Verificar los resultados de las oportunidades de mejora implementadas.

## 8. Planificación de las auditorías energéticas

Debido a que las actividades en campo de una auditoría energética pueden generar riesgos en la eficiencia de los procesos de la organización y/o en la integridad de las personas involucradas, es deber del equipo auditor realizar una planificación eficaz para

obtener los resultados propuestos y minimizar los riesgos de ocasionar daños a las personas o a la organización.

El plan de auditoría debe ser aprobado por el cliente y socializado a los auditados antes del inicio de la auditoría.

Aunque el nivel de detalle de la planificación varía de acuerdo con el tipo de auditoría, en general un plan eficiente de auditoría debe contener:

- a. Objetivos propuestos.
- b. Información histórica de consumos y costos de energía.
- c. Métodos usados durante la auditoría.
- d. Alcance de la auditoría.
- e. Cronograma de actividades con duración prevista de cada una de ellas.
- f. Listado de miembros del equipo auditor especificando roles.
- g. Listado de recursos de la organización necesarios para la ejecución de las actividades.
- h. Revisión de información técnica referente a los procesos e instalaciones a auditar.
- i. Aspectos específicos sobre confidencialidad de la información.
- j. Relación de hallazgos de auditorías previas.
- k. Listado de acciones de mitigación de riesgos.

## **9. Procesos de análisis en las auditorías energéticas**

Con la información obtenida con la documentación histórica y los datos recolectados en la visita para cada proceso auditado se realiza la fase de análisis para obtener la denominada caracterización energética, que básicamente consta de dos elementos: la línea base del rendimiento energético y las oportunidades de mejora del desempeño energético.

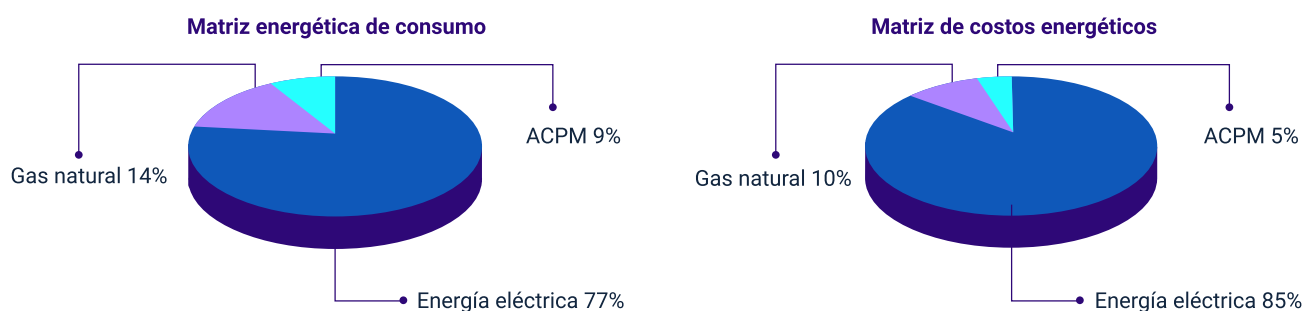
La línea base del rendimiento energético realizada a partir de la situación existente antes de la auditoría debe incluir:

- a) Consumos de energía desglosados por uso y fuente en cada proceso auditado.

Como resultado de este análisis se obtiene la matriz de consumo y la de costos, como se muestra en el ejemplo de la siguiente figura:

**Figura 20. Ejemplo de matriz de consumo y de costos**

Energía Eléctrica		Gas natural		ACPM	
Consumo (KWh)	Consumo Equivalente (KWh)	Consumo (m3)	Consumo Equivalente (Mj)	Consumo (galones)	Consumo Equivalente (Mj)
230.526	829.893	4.078,09	150.889	736,18	97.000



Nota. Tomado de la Red colombiana de conocimiento en eficiencia energética - RECIEE (s.f.).

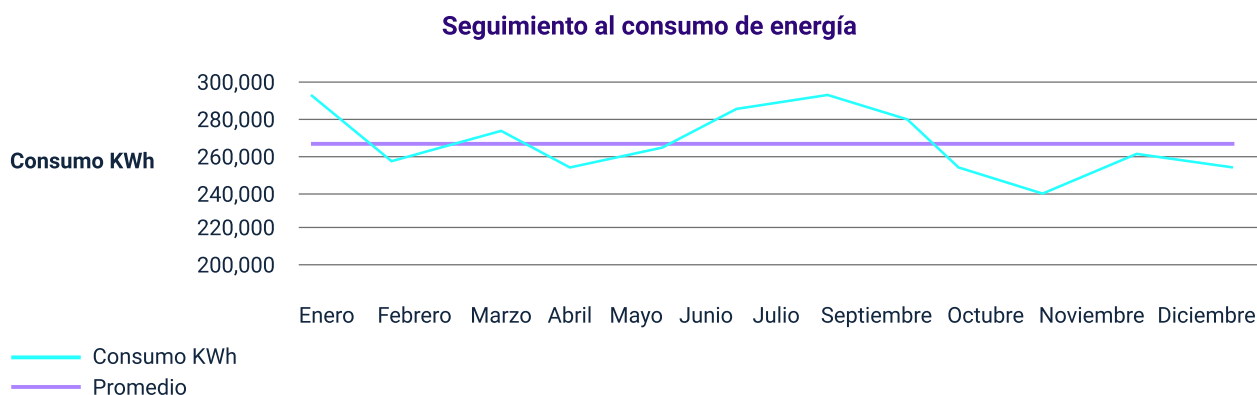
#### b) Flujos y balances energéticos de cada proceso auditado.

El objetivo de este análisis es obtener el flujo de energía de cada proceso, tomando como base el diagrama de proceso de la organización y el balance de energía realizado con la información recolectada.

#### Tendencias de consumo de energía de acuerdo con la información histórica.

Con esta figura se puede determinar visualmente valores de consumo mínimo, máximo y promedio. También se pueden identificar periodos de bajo y alto consumo.

**Figura 21. Ejemplo de gráfica de consumo**

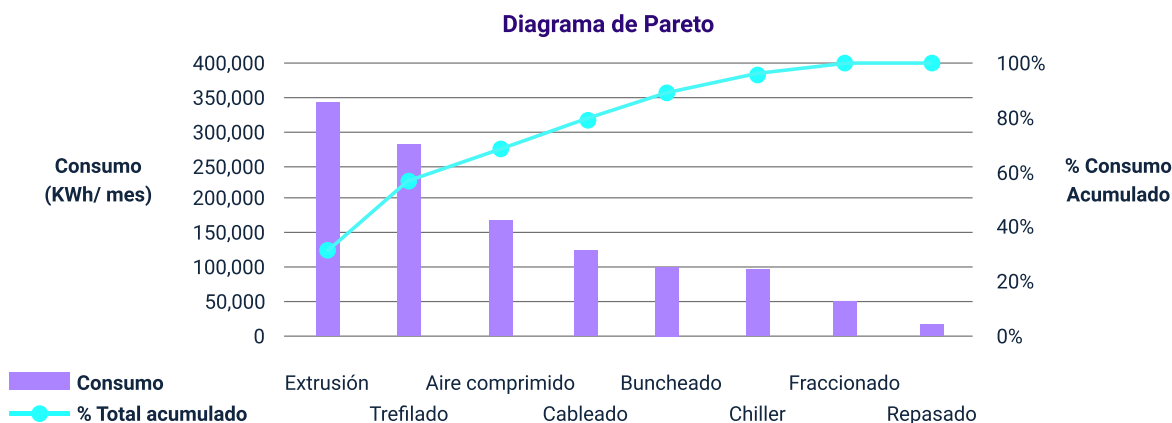


Nota. Tomado de la Red Colombiana de conocimiento en eficiencia energética - RECIEE (s.f.).

### Relación de variables que afectan el consumo de energía.

El objetivo principal de esta relación es identificar los usos significativos de la energía (USE) en los procesos de la organización, mediante la elaboración de Diagramas de Pareto con la información energética obtenida del histórico de consumos y de la recolección de datos en campo organizada por procesos como se muestra en las siguientes figuras:

**Figura 22. Ejemplo del Diagrama de Pareto del consumo de energía**



Nota. Tomado de la Red Colombiana de conocimiento en eficiencia energética - RECIEE (s.f.).



**Figura 23. Formato para la identificación de los USE**

SISTEMA DE GESTION DE ENERGIA Censo de cargas e identificación de usos significativos de la energía V.1, 03.05.2018					Diligenciado por: Luisa Pérez, jefe de mantenimiento				
					Fecha de diligenciamiento: 20/01/2018				
Area / Servicio	Equipo	Horas de trabajo al mes	Potencia (kW)	Consumo mensual estimado (kWh)	Consumo mensual del área (kWh)	Consumo respecto al área (%)	Consumo respecto al planta (%)	Consumo del área respecto a la planta (%)	Consumo total planta (kWh)
Sacrificio	Linea de colágeno 3 unidades de tracción	300	0,76	228	1800	12,67	0,4 %	2,87%	
	Transportador de guacales	300	1,1	330		18,33	0,5 %		
	Peladora de patas	300	3,66	1098		61,00	1,8 %		
	Lavadora de cadena de cuelgue	300	0,48	144		61,00	1,8 %		
Evisceración	Linea de evisceración 3 unidades de tracción	300	3,15	945	8565	11,03	1,5 %	13,66%	
	Cortadora	300	0,68	204		2,38	0,3 %		
	Peladora de mollejas	300	5,05	1515		17,69	2,4 %		
	Lavadora de cadena de cuelgue	300	19,67	5901		68,90	9,4 %		
Enfriamiento	Chiller de pollo	300	45,09	13527	15321	88,29	21,6 %	24,4%	62,724%
	Linea puente de pesaje 2 unidades de tracción	300	1,97	591		3,86	0,9 %		
	Empacadora de víspas usinox	300	1,74	522		3,41	0,8 %		
	Chiller de menudencias e1	300	2,27	681		4,44	1,1 %		
Equipos Auxiliares	Ventilación mecánica te-vn-01	300	20,16	6048	37038	16,33	9,6 %	59,05%	
	Bomba de vacio	300	24,11	7233		19,53	11,5 %		
	Compresor antiguo	300	21,55	6465		17,46	10,3 %		
	Bomba, pozo 1,40	300	18,6	5580		15,07	8,9 %		
	Ventilador condensador	300	4,94	1482		4,07	2,4 %		
	Bomba condensador	300	1,25	375		1,01	0,6 %		
	Compresor 1	300	32,85	9855		26,61	15,7 %		

Nota. Tomado de la Red colombiana de conocimiento en eficiencia energética - RECIEE (s.f.).

a) Listado de indicadores de desempeño energético propuesto.

De acuerdo con la organización se deben definir los indicadores de desempeño energético a los que se les efectuará seguimiento después de implementadas las mejoras para comparar con la línea base energética determinada al comienzo de la auditoría. Los indicadores de desempeño pueden ser consumo de energía instantánea, o promedio, eficiencia energética por equipo y por proceso, etc. En todo caso los indicadores se prefieren cuantitativos y medibles, no estimados.

De acuerdo con la Norma ISO 50006 un listado de indicadores típicos con sus ventajas y desventajas se muestra en la siguiente figura:

**Figura 24. Indicadores de eficiencia energética típicos**

Consumo específico de la energía en la industria	Energía/(producción o resultado). Ej. KWh / Kg; KWh /unidad; MMBTU/Ton	Evaluación del desempeño energético mediante el consumo unitario de energía	Evaluación del desempeño energético mediante el consumo unitario de energía	Es influenciado por los cambios en la producción o la variable unitaria (denominador) de los períodos a comparar	Requiere ser utilizado para iguales valores de la producción de los períodos a comparar. Requiere ser utilizado mediante línea base del indicador
Presupuesto de energía	Energía*Tarifa Ej. s/mes; s/año de energéticos	Evaluación del desempeño energético mensual mediante cumplimiento del presupuesto de energía	Indicador usado en otras áreas. Cultura de uso a nivel gerencial	Es influenciado por los cambios en la producción o la variable unitaria (denominador) de los períodos a comparar	Requiere ser utilizado para iguales valores de la producción de los períodos a comparar. Requiere ser utilizado mediante Línea base del indicador
Consumo específico de la energía en sector comercial	Energía/ parámetro Ej. KWh /m2 de superficie; KWh / visitante	Evaluación del desempeño energético mediante el consumo unitario de energía referido a: m2 de superficie; personas visitantes; número de empleados	En caso de que el consumo de energía se refería a parámetros que no cambia (m2 de superficie) es preciso. En caso contrario no	En caso de que el consumo de energía este referido a parámetros que cambian (cantidad de empleados; visitantes), es influenciado por los cambios de estos parámetros de los períodos a comparar	Requiere ser utilizado para iguales valores de los parámetros que pueden cambiar de los períodos a comparar. Requiere ser utilizado mediante Línea base del indicador.

Presupuesto de energía	Energía*Tarifa Ej. s/mes; s/año de energéticos	Evaluación del desempeño energético mensual mediante cumplimiento del presupuesto de energía	Indicador usado en otras áreas. Cultura de uso a nivel gerencial	Es influenciado por los cambios en la producción o la variable unitaria (denominador) de los períodos a comparar	Requiere ser utilizado para iguales valores de la producción de los periodos a comparar. Requiere ser utilizado mediante Línea base del indicador
Consumo específico de la energía en sector comercial	Energía/ parámetro Ej. KWh /m2 de superficie; KWh / visitante	Evaluación del desempeño energético mediante el consumo unitario de energía referido a: m2 de superficie; personas visitantes; número de empleados	En caso de que el consumo de energía se refería a parámetros que no cambia (m2 de superficie) es preciso. En caso contrario no	En caso de que el consumo de energía este referido a parámetros que cambian (cantidad de empleados; visitantes), es influenciado por los cambios de estos parámetros de los periodos a comparar	Requiere ser utilizado para iguales valores de los parámetros que pueden cambiar de los periodos a comparar. Requiere ser utilizado mediante Línea base del indicador.
Consumo de energía/ unidad de tiempo	KWh/ mes; KWh/ año	Evaluación del desempeño por consumo de energía en iguales periodos de tiempo	Permite rápida asociación al costo de la energía	Es preciso para evaluar el desempeño, solo cuando las variables no controlables por la gestión se mantienen constantes (temperatura ambiente, producción, visitantes etc..)	Requiere ser utilizado mediante línea base del indicador
Modelos de línea de base	$E = m * P + E_o$ $E = m_1 * V_1 + m_2 * V_2 + \dots m_n * V_n + E_o$  Donde: E= consumo de energía m1, m2, mn = constantes del modelo P= producción V1, V2, ..Vn= variables significativas no controlables Eo= Constantes	Evaluación del desempeño energético mediante comparación del indicador real con un indicador base, obtenido mediante un modelo univariable o multivariable, estadístico, en un periodo base	Mayor precisión en la evaluación del desempeño al considerar más variables	Mayor complejidad por la elaboración de la línea base y la identificación de la variables que deben integrar el modelo	Requiere de una selección adecuada de la información del periodo base, de las variables que intervienen en el modelo y de la verificación del grado de significación del modelo

Nota. Tomado de la Red colombiana de conocimiento en eficiencia energética - RECIEE (s.f.).

## 10. Identificación de oportunidades de mejora del desempeño energético

Las oportunidades de mejora deben ser identificadas en campo, basándose en la experticia del equipo auditor para recolectar los datos energéticos relevantes y durante la fase de análisis se debe evaluar su impacto:

## **Identificación de oportunidades de mejora del desempeño energético**

### **a) Mejora 1.**

1. Cálculo del ahorro económico logrado con la implementación.
2. Estimación de costos de la inversión.
3. Cálculo de periodo de retorno de la inversión.
4. Estimación del aumento de la productividad y la eficiencia del mantenimiento con la implementación.
5. Comparación de la mejora en la eficiencia energética entre diferentes alternativas de implementación

### **b) Mejora 2.**

También se pueden identificar oportunidades de mejora consultando las hojas de datos técnicos del equipo, las recomendaciones del fabricante, la revisión de bibliografía sobre el funcionamiento del equipo y de benchmarking del mercado realizado por los expertos.

### **c) Mejora 3.**

En general se encuentran oportunidades de mejora de eficiencia por sustitución de combustibles, cogeneración de energía, mejoramiento en las redes de distribución de energía y cambio de equipos por otros de mejor eficiencia.

### **d) Mejora 4.**

En el reporte de auditoría el orden de presentación de las oportunidades de mejora debe ser de mayor a menor impacto en la eficiencia energética.

## **11. Reporte de auditoría energética**

De acuerdo con la Norma ISO 50002 el informe de auditoría energética debe incluir:

### **Reporte de auditoría energética**

Auditoría energética

- a. Descripción del alcance, límites y objetivos.

- b. Información sobre esquemas de medición usados, declaración sobre orígenes de datos (medidos, calculados o asumidos), copia de certificados de ensayos realizados y de calibración de equipos usados.
- c. Análisis para identificación de usos significativos de energía (USE).
- d. Descripción de métodos de cálculo y estimaciones para la identificación de oportunidades de mejora de eficiencia.
- e. Resumen ejecutivo
- f. Listado priorizado de las oportunidades de mejora.
- g. Programa de implantación sugerido.

#### Antecedentes

- a. Información general sobre la organización auditada, los miembros del equipo auditor y la metodología usada para desarrollar la auditoría.
- b. Variables del entorno y contexto durante la auditoría.
- c. Descripción de los procesos auditados.
- d. Matriz de requisitos legales aplicables a la auditoría.

#### Oportunidades de mejora de eficiencia energética

- a. Plan de acción sugerido.
- b. Descripción de métodos de cálculo y estimaciones usados en el análisis económico de las acciones sugeridas en el plan de acción.
- c. Análisis económico de las opciones presentadas.
- d. Listado de posibles interacciones entre las opciones propuestas.
- e. Plan de seguimiento para la evaluación de resultados de las mejoras implementadas.

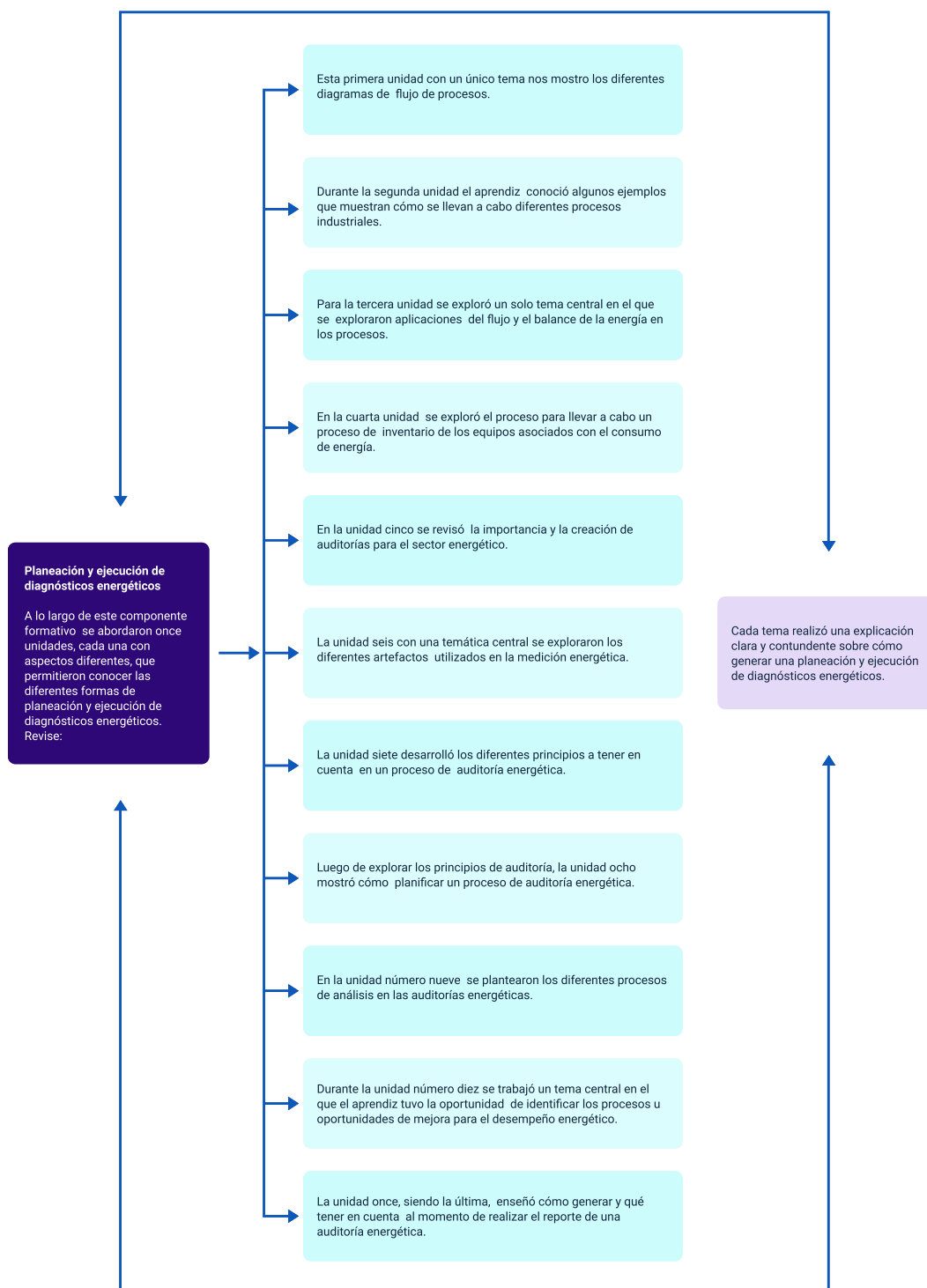
#### Conclusiones

- 1. Se relacionan los hallazgos encontrados, el estado energético inicial, los usos significativos de energía, las oportunidades de mejora identificadas, las oportunidades de mejora seleccionadas para implementar y el plan de

seguimiento propuesto para la evaluación de eficiencia energética alcanzada con la implementación.

## Síntesis

A continuación, se muestra un mapa conceptual con los elementos más importantes desarrollados en este componente.



## Material complementario

Tema	Referencia APA del Material	Tipo de material	Enlace del Recurso o Archivo del documento material
Diagrama de flujo de procesos	Lifeder educación (2023, mayo 29). El diagrama de flujo explicado [Video].	Video	<a href="https://youtu.be/pWVFKfTUeYQ">https://youtu.be/pWVFKfTUeYQ</a>
Introducción a las auditorías energéticas	Asociación Española de la Calidad (s.f.). Auditoría energética.	Página web	<a href="https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/auditoria-energetica">https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/auditoria-energetica</a>



## Glosario

**Auditor energético:** persona que realiza una auditoría energética.

**Auditoría energética:** inspección y análisis sistemático del uso de energía y el consumo de energía de un objeto(s) auditado(s), con el propósito de identificar los flujos de energía y las oportunidades potenciales para mejorar el desempeño energético e informarlas.

**Balance energético:** contabilidad del suministro de energía (entrada) para consumo y/o producción basada en los flujos de energía a partir de los usos de energía.

**Eficiencia energética:** relación en porcentaje de la energía de salida y la energía de entrada en un equipo o proceso.

**Flujo de energía:** descripción o mapeo de procesos de transferencia de energía o conversión de la energía dentro del objeto(s) auditado(s).

**Línea base energética:** estado de desempeño energético de un proceso, antes de realizar acciones de mejora.

**Uso significativo de energía (USE):** forma o tipo de energía de mayor consumo en un proceso o equipo.

## Referencias bibliográficas

Instituto colombiano de normas técnicas y certificación. (2014). Norma técnica colombiana Auditorías energéticas NTC-ISO 50002:2014. Icontec.

Red colombiana de conocimiento en eficiencia energética - RECIEE. (2019). Implementación de un sistema de gestión de la energía - Guía con base en la Norma ISO 50001:2018. Segunda edición.

[https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/EEIColombia/Guia\\_estructura\\_ISO50001.pdf](https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/EEIColombia/Guia_estructura_ISO50001.pdf)

Unidad de planeación minero energética - UPME. (2007). Guía didáctica para el desarrollo de auditorías energéticas.

[https://bdigital.upme.gov.co/bitstream/handle/001/902/upme\\_217\\_auditorias\\_energeticas\\_2007.pdf;jsessionid=149446281DEB5968E3B6F3F19F1F3503?sequence=1](https://bdigital.upme.gov.co/bitstream/handle/001/902/upme_217_auditorias_energeticas_2007.pdf;jsessionid=149446281DEB5968E3B6F3F19F1F3503?sequence=1)

## Créditos

Nombre	Cargo	Regional y Centro de Formación
Claudia Patricia Aristizábal	Responsable del Equipo	Dirección General
Norma Constanza Morales Cruz	Responsable de línea de producción	Regional Tolima Centro de Comercio y Servicios
Jaime Mauricio Peñaloza Trespacios	Experto técnico	Regional Distrito Capital - Centro Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones
<u>Leidy Carolina Arias Aguirre</u>	Diseñadora instruccional	Regional Distrito Capital - Centro de Diseño y Metrología
Carolina Coca Salazar	Revisora metodológica y pedagógica	Regional Distrito Capital - Centro de Diseño y Metrología
Rafael Neftalí Lizcano Reyes	Responsable Equipo desarrollo curricular	Regional Santander – Centro Industrial del Diseño y la Manufactura
Julia Isabel Roberto	Correctora de estilo	Regional Distrito Capital – Centro de Diseño y Metrología
Juan Gilberto Giraldo Cortés	Diseñador instruccional	Regional Tolima – Centro de Comercio y Servicios
María Inés Machado López	Metodóloga	Regional Tolima – Centro de Comercio y Servicios
José Yobani Penagos Mora	Diseñador Web	Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios
Davison Gaitán Escobar	Desarrollador Fullstack	Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios
Gilberto Junior Rodríguez Rodríguez	Storyboard e Ilustración	Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios

Nelson Iván Vera Briceño	Producción audiovisual	Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios
Oleg Litvin	Animador	Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios
Francisco Javier Vásquez Suarez	Actividad Didáctica	Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios
Jorge Bustos Gómez	Validación y vinculación en plataforma LMS	Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios
Gilberto Naranjo Farfán	Validación de contenidos accesibles	Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios