

**MODELO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE  
ENERGÍA EN EL SECTOR INDUSTRIAL BASADO EN LA NORMA ISO 50001:2011  
Y LOS ESTÁNDARES ANSI/ISA-95 Y ANSI/ISA-88**



**JENNY FERNANDA ZAMBRANO JOSA  
FERNEY FORERO MURCIA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA, INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL  
POPAYÁN  
2017**

**MODELO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE  
ENERGÍA EN EL SECTOR INDUSTRIAL BASADO EN LA NORMA ISO 5001:2011  
Y LOS ESTÁNDARES ANSI/ISA-95 Y ANSI/ISA-88**



**JENNY FERNANDA ZAMBRANO JOSA  
FERNEY FORERO MURCIA**

**Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero en Automática Industrial**

**Msc. Oscar Amaury Rojas Alvarado  
PhD. Álvaro René Restrepo Garcés**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA, INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL  
POPAYÁN**

**2017**

# Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos:

A Dios por sus infinitas bendiciones para alcanzar este propósito.

A nuestros padres y familiares por su apoyo y compromiso constante, que nos dan la fortaleza para seguir adelante en la consecución de nuestras metas.

A los Ingenieros Álvaro Restrepo y Óscar Rojas, por sus valiosas orientaciones y enseñanzas, a la Industria Licorera del Cauca y en su nombre el Ingeniero Juan Manual Segura por su colaboración y compromiso con el proyecto. A nuestros amigos que con su compañía y apoyo han contribuido y acompañado nuestra etapa universitaria.

A la Universidad del Cauca por permitirnos alcanzar un peldaño más en nuestra vida.

# Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción .....	1
<b>1. Gestión de la Energía</b> .....	<b>3</b>
1.1 Evolución de la Gestión de la Energía .....	3
1.2 Sistemas de Gestión de Energía .....	6
1.2.1 Beneficios de un Sistema de Gestión de la Energía. ....	8
1.3 ISO 50001 - Norma para los Sistemas de Gestión de Energía .....	9
1.3.1 Estructura de la norma ISO 50001:2011. ....	10
1.4 Integración Empresarial.....	14
1.5 Proceso de Negocio .....	14
1.5.1 Modelado en los procesos de negocio .....	15
1.6 Estado del Arte de Sistemas de Gestión de Energía .....	17
1.7 Conclusión.....	22
<b>2. Procedimiento para elaboración de un Modelo para Implementación de SGEN</b> .....	<b>23</b>
2.1 Definición de Modelo.....	23
2.2 Descripción del procedimiento propuesto .....	25
2.2.1 Sub actividades requeridas. ....	26
2.3 Conclusión.....	27
<b>3. Estudio y unificación norma ISO 50001 con estándares ISA-95 e ISA-88</b> .....	<b>28</b>
3.1 Análisis de los requerimientos de SGEN presentados por la norma ISO 50001.....	28
3.2 Análisis de los modelos y funciones definidos por los estándares ISA-88 e ISA-95.....	35
3.3 Relación terminológica entre norma ISO 50001 y estándares ISA-88 e ISA-95 .....	36
3.4 Relación estructural entre norma ISO 50001 y estándares ISA-88 e ISA-95 .....	41
3.5 Conclusión.....	45
<b>4. Modelo formal para la implementación de un SGEN en el sector industrial.</b> .....	<b>46</b>
4.1 Cadena de valor .....	46
4.2 Modelo estructural.....	49
4.2.1 Representación estructural del proceso para implementar un SGEN .....	51
4.3 Modelado Dinámico .....	59

4.3.1	Concepto de Workflow. ....	60
4.3.2	Redes de Petri de Workflow. ....	61
4.3.3	Representación dinámica proceso para implementar un SGEN . ....	61
4.4	Evaluación del modelo .....	70
4.5	Conclusión.....	72
<b>5.</b>	<b>Aplicación del modelo para la implementación de SGEN en la industria.....</b>	<b>73</b>
5.1	Planificación Energética.....	74
5.1.1	Estructurar Requisitos Legales.....	74
5.1.2	Revisión Energética. ....	78
5.1.3	Establecimiento de la línea base. ....	86
5.1.4	Establecimiento de IDEns.....	86
5.1.5	Determinar Objetivos, metas y planes de acción. ....	88
5.2	Resultados aplicación componente de planificación energética del modelo.....	91
5.3	Conclusión.....	91
	<b>Aportes del proyecto .....</b>	<b>92</b>
	<b>Conclusiones y trabajos futuros.....</b>	<b>93</b>
	Conclusiones.....	93
	Trabajos futuros.....	94
<b>A.</b>	<b>Anexo I: Requerimientos de un SGEN según la norma ISO 50001:2011 ;Error! Marcador no definido.</b>	
A.1	Norma ISO 50001:2011.....	<b>;Error! Marcador no definido.</b>
<b>B.</b>	<b>Anexo II: Soporte al modelado estructural y Dinámico..... ;Error! Marcador no definido.</b>	
B.1	Índice de nodos.....	<b>;Error! Marcador no definido.</b>
B.2	Diagramas Estructurales de Nivel tres .....	<b>;Error! Marcador no definido.</b>
B.3	Diagrama de Texto .....	<b>;Error! Marcador no definido.</b>
B.4	Diagramas Dinámicos de Nivel tres .....	<b>;Error! Marcador no definido.</b>
<b>C.</b>	<b>Anexo III: Información caso de estudio..... ;Error! Marcador no definido.</b>	
C.1	Requerimientos de desempeño energético legislación colombiana ;Error! Marcador no definido.	
C.2	Modelo de procesos ILC .....	<b>;Error! Marcador no definido.</b>
C.3	Modelo de equipos.....	<b>;Error! Marcador no definido.</b>
C.4	Modelo de desempeño de la producción.....	<b>;Error! Marcador no definido.</b>

C.5 Usos y consumos de energía en la ILC .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
--	--------------------------------------

## Lista de Tablas

1. Requerimientos para la implementación de un SGen según la Norma ISO 50001:2011 ...	13
2. Análisis comparativo de los trabajos desarrollados y el proyecto en cuestión .....	19
3. Descripción de etapas del procedimiento.....	25
4. Requerimientos para implementar SGen según ISO 50001:2011 .....	29
5. Relación terminológica ISO 50001 – ISA-88 e ISA-95.....	37
6. Relación Estructural ISO 50001 – ISA-88 e ISA-95 .....	42
7. Actividades del proceso para implementar un SGen.....	48
8. Flujos de información del proceso de implementación de SGen .....	49
9. Descripción procedimiento modelo dinámico.....	62
10. Verificación propiedades modelo dinámico de las WF-Net .....	72
11. Requisitos legales aplicables a la ILC.....	75
12. Matriz de requisitos legales.....	76
13. Procedimiento de cumplimiento de requisitos legales .....	77
14. Matriz de UCE .....	81
15. Informe benchmarking de eficiencia energética .....	83
16. Matriz de Oportunidades de mejora.....	85
17. Producción aguardiente ILC año 2016.....	86
18. Indicadores de desempeño energético.....	87
19. Objetivos y metas energéticas .....	89
20. Plan de acción ILC .....	90
21. Actividades Realizadas .....	91
22. Requisitos Legales en materia de desempeño energético ...	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
23. Modelo de procesos ILC .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
24. Modelo de equipos .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
25. Desempeño de producción ILC.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
26. Usos y consumos de cada fuente.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

# Lista de Figuras

1. Evolución de la Gestión de la Energía .....	4
2. Evolución del concepto de gestión energética .....	5
3. Resultados de la Gestión de la Energía .....	6
4. Visión general de un SGEN enmarcada en la mejora continua .....	7
5. Reducción continua de costos gracias al SGEN .....	8
6. Elementos Comunes Normas Internacionales.....	11
7. Modelo de SGEN .....	12
8. Dimensión del proyecto .....	16
9. Procedimiento para elaborar el Modelo para la implementación de SGEN .....	24
10. Cadena de Valor .....	47
11. Diagrama de nivel superior .....	52
12. Vista general proceso de implementación del SGEN .....	53
13. Etapa de Análisis Organizacional .....	54
14. Etapa de Planificación Energética.....	55
15. Etapa de Soporte Estructural.....	56
16. Etapa de Definición Criterios de Operación del SGEN .....	57
17. Etapa de Evaluación del SGEN .....	58
18. Procedimiento para elaboración del modelo dinámico. ....	61
19. Evolución del marcaje en red de flujo de trabajo.....	64
20. Etapas proceso implementación SGEN. ....	65
21. Etapa de Análisis Organizacional .....	65
22. Etapa de Planificación Energética.....	66
23. Etapa de Soporte Estructural.....	67
24. Etapa de Definición Criterios de Operación del SGEN .....	68
25. Etapa de Evaluación del SGEN .....	69
26. Interfaz de la herramienta para modelado dinámico .....	71

27. Principales Usos y Consumos de energía.....	79
28. Diagrama de dispersión unidades producidas v consumo energía.....	82
29. Sub actividad Comprometer a la alta gerencia.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
30. Sub actividad Estructurar los requisitos legales.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
31. Sub actividad Revisión energética.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
32. Sub actividad de Determinar los OMPA.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
33. Sub actividad Consentimiento energético.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
34. Sub actividad Administración de la documentación.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
35. Sub actividad Desarrollar instructivos de trabajo.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
36. Sub actividad Desarrollo y adquisición.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
37. Sub actividad Seguimiento y medición.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
38. Sub actividad Auditoría interna.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
39. Sub actividad Corregir no conformidades.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
40. Sub actividad Comprometer a la alta gerencia.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
41. Sub actividad Estructurar los requisitos legales.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
42. Sub actividad Revisión energética.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
43. Sub actividad de Determinar los OMPA.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
44. Sub actividad Consentimiento energético.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
45. Sub actividad Administración de la documentación.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
46. Sub actividad Desarrollar instructivos de trabajo.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
47. Sub actividad Desarrollo y adquisición.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
48. Sub actividad Seguimiento y medición.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
49. Sub actividad Auditoría interna.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
50. Sub actividad Corregir no conformidades.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>



# Introducción

Enfrentando una crisis energética a nivel mundial y continuos aumentos de precios, los gobiernos y las empresas están formulando activamente normas de gestión de la energía y desarrollo tecnológico para mejorar la eficiencia, el uso y consumo de la energía; reduciendo así las emisiones de gases de efecto invernadero, y brindando una adecuada gestión de los recursos del planeta (World Bank, 2015)

Estudios realizados han examinado la influencia del dióxido de carbono, producido por el consumo de energía proveniente de combustibles fósiles, sobre el cambio climático (IPCC, 2013), por lo que numerosos países y compañías han intentado especializarse en la mejora de la eficiencia del uso de energía, esto para lograr reducir su huella ambiental y costos operacionales. Sin embargo, encuentran dificultades a la hora de integrar en toda su organización los aspectos críticos del rendimiento energético, incluyendo el uso de energía, medición, documentación, políticas organizacionales, análisis de precios energéticos y control sobre fuentes de suministro estables (McKane, et al., 2009); es por ello que la Organización Internacional de Normalización (ISO) creó la norma ISO 50001:2011 – Sistemas de Gestión de la Energía (SGEn), como medio para abordar los problemas presentados anteriormente, garantizando además dar soporte a toda clase de organizaciones, sin importar su tamaño, tipo o ubicación geográfica (EE&RE, 2016).

La norma ISO 50001:2011 solamente se limita a exponer los requerimientos mínimos con los que debe contar un SGEn para que sea completamente funcional; mas no expone los pasos a seguir para llevar a cabo la implantación de éste en una organización, debido a lo anterior, han surgido diferentes soluciones basadas en la ISO 50001:2011, como es el caso de las guías de implementación de sistema de Gestión de Energía desarrolladas en Chile (De Laire, 2013), Alemania (Kahlenborn, et. al, 2012) y España (CEE, 2013); de igual manera organismos de carácter privado han elaborado mecanismos para la implementación de esta norma internacional, entre estos la Asociación Técnica de Inspección, TÜV NORD (TÜV UK, 2014) y la Asociación de Industrias Electrónicas de Hong Kong (HKEIA, 2013). Sin embargo, estas guías a pesar de permitir el desarrollo de un SGEn no cuentan con una metodología clara y estructurada que facilite a las organizaciones su implementación; además no garantizan que el SGEn desarrollado integre completamente a la empresa, por lo cual estos sistemas no abarcarían en su totalidad los niveles de operación ni los flujos de información de las organizaciones.

El presente trabajo busca desarrollar un modelo de referencia para la implementación de un Sistema de Gestión de Energía en el sector Industrial basado en la norma ISO 50001:2011 y los estándares ANSI/ISA-95 y ANSI/ISA-88. Para su obtención, se relaciona conceptual y estructuralmente la norma de sistemas de gestión y los estándares industriales, con el fin de hacer uso de las buenas prácticas internacionales en la operación e integración de estos sistemas. Se

expone por qué un SGEN es identificado como un proceso de negocio, al cual se le debe realizar una adecuada gestión que permita lograr su modelado y optimización (Sanchis, et. al, 2009). De esta manera, se hace uso del modelado en los procesos de negocios, para así representar la estructura, el comportamiento y la organización del proceso de implementación de un SGEN desde un enfoque de integración empresarial.

Con el desarrollo del presente trabajo se alcanzan los siguientes aportes, al conocimiento:

- La estructura y dinámica del proceso de implementación de un SGEN, detallando qué es lo que debe de hacerse, cuándo y cómo realizarlo.
- La integración de los estándares de la Sociedad Internacional de Automatización (ISA) a la implementación de un SGEN, mostrando el funcionamiento del sistema y optimizando los flujos de trabajo e información.

A la Industria Licorera del Cauca:

- La identificación de los usos significativos de energía y oportunidades de mejora en su desempeño energético con la posible implementación de un SGEN.

Con el objetivo de elaborar el modelo para la implementación de un SGEN en el sector industrial basado en la norma ISO 50001:2011 y los estándares ANSI/ISA-95 y ANSI/ISA-88, se desarrolla el presente trabajo que consta de cinco capítulos: el capítulo uno presenta el marco teórico de los Sistemas de Gestión de Energía, integración empresarial y procesos de negocio. En el capítulo dos se define el procedimiento para desarrollar el modelo para implementar un SGEN en el sector industrial. En el capítulo tres se estudia la norma ISO 50001:2011 y se hace la unificación terminológica y estructural con los estándares ANSI/ISA. En el capítulo cuatro se realiza la obtención de modelos estructurales y dinámicos que muestren el comportamiento e interacción del proceso de implementar un SGEN en el sector industrial. En el capítulo cinco se presenta la aplicación del componente de planificación energética, haciendo uso del modelo obtenido, en la Industria Licorera del Cauca. Por último, se relacionan las conclusiones finales del trabajo de grado y se incluye los posibles trabajos futuros.

# Capítulo 1

## Gestión de la Energía

### Introducción

La energía es vital para el desarrollo sostenible de cualquier nación, ya sea social, económica o ambientalmente. Desde que el hombre ha sido capaz de aprovecharla, los esfuerzos por maximizar su rendimiento nunca han llegado a ser suficientes, lo cual ha conducido a la creación de gran número de técnicas para alcanzar este objetivo, por lo que, conocer cómo administrarlas correctamente y garantizar que sus beneficios serán aprovechados de forma continua, es esencial para el progreso de la comunidad en general. Es allí donde la gestión energética, pero en especial su sistematización responde a estas exigencias, permitiendo además, asegurar la prosperidad económica y la seguridad ambiental de las organizaciones.

Este capítulo presenta la evolución de la gestión de la energía, su importancia y desarrollo terminológico, además se justifica la utilización de los SGEN y se expone la norma ISO 50001:2011, su desarrollo, objetivos y estructura. También se introducen los términos de integración empresarial y procesos de negocio. El capítulo finaliza con el estado del arte de los SGEN, contrastando la literatura con el proyecto a realizar.

### 1.1 Evolución de la Gestión de la Energía

La gestión de la energía, entendida como la suma de todas las medidas y actividades que son planificadas e implementadas con el fin de reducir al mínimo el consumo de energía de una actividad, y mejorar el desempeño energético (OECD, 2015), ha presentado una evolución a través del tiempo, como lo muestra la Figura 1.

De acuerdo al estudio realizado por (Fawkes, 2016), se establecieron cinco fases de la gestión de la energía. La primera fase – de Conservación, en la década 1970, se dio un alza de precios en los energéticos sin referentes históricos (Abdelaziz, et al., 2011); lo que obligó al sector industrial a considerar su desempeño energético como medio para abordar sus costos operacionales, sin embargo, los esfuerzos realizados tenían poco enfoque y soporte técnico. Luego de la segunda crisis del petróleo en 1979, se identifica la segunda Fase – de Gestión, este periodo comprendido entre la década de 1980-1990 se caracterizó por la creación de modelos, herramientas tecnológicas y políticas para administrar la demanda de energía, así mismo se evolucionó a su uso racional, donde se exige que además de resultados en energía haya resultado en costos (Prías, 2006).

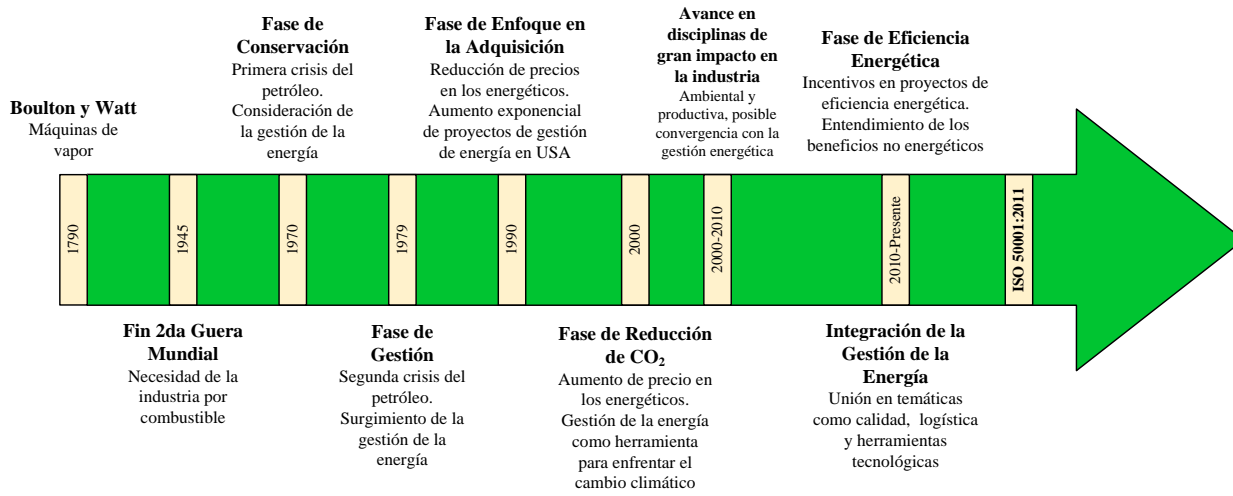


Figura 1. Evolución de la Gestión de la Energía  
Fuente. Elaboración propia, Julio 2016

En la tercera fase – de Enfoque en la Adquisición, comprendida entre los años 1990-2000, la gestión de la energía como disciplina entró en decadencia, debido a que se produjo una reducción en los precios de los energéticos (Fawkes, 2016), lo que permitió a las organizaciones obtener la misma disminución en sus gastos operacionales, realizando solamente compras de energéticos más eficientes, lo cual evitaba la necesidad de implementar todo un sistema de gestión.

Solamente al inicio de la década del 2000, la gestión de la energía fue considerada por los gobiernos mundiales como herramienta útil para enfrentar el cambio climático, debido a los altos niveles de CO<sub>2</sub> medidos en la atmósfera, y el aumento sostenido del precio en los energéticos (Fawkes, 2016), es así como surge la fase cuatro conocida como Reducción de CO<sub>2</sub>; gran cantidad de organizaciones privadas se comprometieron a gestionar su consumo de energía para poder disminuir sus gastos en energéticos y evitar así sanciones impuestas por nuevas políticas ambientales.

Gracias al desarrollo de nuevos conceptos en esta década, en disciplinas tan importantes para la industria como lo son la ambiental y la productiva, fue posible que estos convergieran con la perspectiva energética en el ámbito empresarial, la Figura 2 extraída de (Prías, 2006) muestra la convergencia de estos aspectos. Lo que posibilita la integración de conceptos y la proposición de un nuevo enfoque de gestión de la energía, que integre las principales tendencias de cada área sobre una base de gestión moderna, p. ej. integración empresarial.

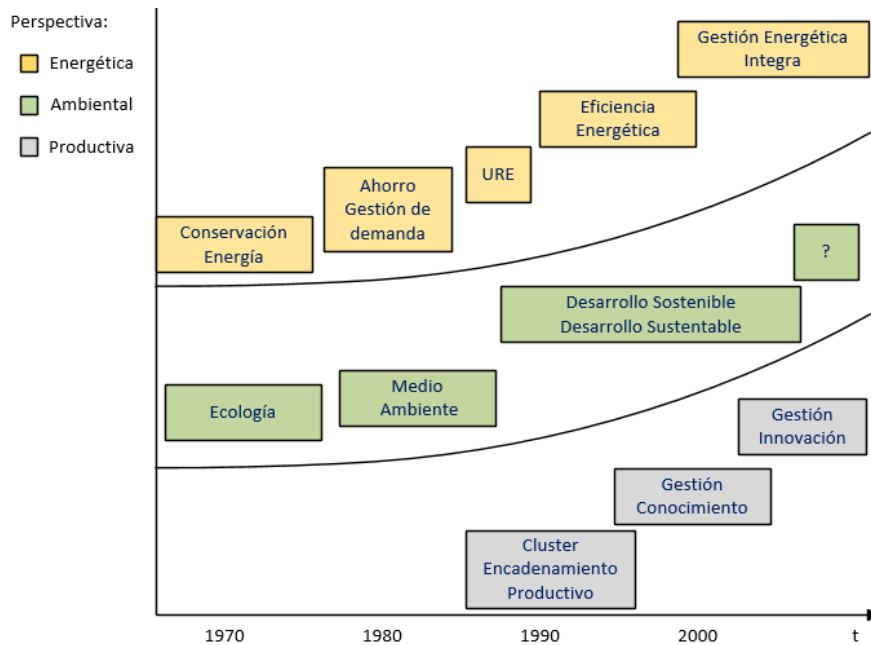


Figura 2. Evolución del concepto de gestión energética  
Fuente: (Prías, 2006)

Por último, se tiene la fase de Eficiencia energética, la cual inicia alrededor del año 2010 y continúa hasta la actualidad; en este rango, se reconoce por parte de la comunidad internacional el papel tan relevante que podría tener la eficiencia energética en el cumplimiento de los objetivos climáticos pactados en tratados internacionales, por ejemplo, el Protocolo de Kyoto. Asimismo, los beneficios no energéticos proporcionados por la aplicación de la Gestión de la Energía (tratados más adelante en el ítem 1.2.1), empiezan a ser valorados, los cuales tienen un valor mucho más estratégico para las organizaciones que solo el ahorro de energía (Fawkes, 2016).

En la literatura se encuentran estudios enfocados en abordar la gestión de la energía en conjunto con otras dimensiones de las organizaciones, como lo son la calidad y la logística (Rojas & Prías, 2014). A la par, Aman, et al., 2013, refiere que los avances tecnológicos en ámbitos distintos a la energía, particularmente en la información y telecomunicaciones, se han integrado en las últimas décadas a las prácticas de gestión energética y hoy en día juegan un rol importante en este tema, tanto a nivel industrial como residencial.

Los estudios anteriores, posibilitan proponer la unión de la gestión de la energía con áreas del conocimiento distintas a las ya mencionadas, como lo son el modelado de procesos de negocio y la integración empresarial; temáticas clave para el presente trabajo.

## 1.2 Sistemas de Gestión de Energía

En relación con el ítem anterior, es clara la relevancia que ha tenido la gestión de la energía en el desarrollo de la economía mundial, y en la creación de técnicas que permitan enfocar al sector productivo en el desarrollo sostenible; sin embargo, en la Figura 3 es representado como los procesos en que esta incurre, pueden ser convertidos en simples acciones de ahorro de energía en respuesta a los costos operacionales crecientes (United Nations Industrial Development Organization, UNIDO, 2013), los cuales continuarán en un ciclo de aumento y disminución, hasta que la organización no controle su consumo de energía sobre una base diaria y esta llegue a ser parte de sus operaciones comerciales normales. Es allí donde los Sistemas de Gestión de Energía surgen como solución directa a estos problemas, debido a que la Organización Internacional de Normalización. (ISO, 2011) refiere que al ser un “proceso sistemático para mejorar continuamente el desempeño energético y maximizar el ahorro de energía (...); y al tener como principio involucrar y animar al personal de todos los niveles de una organización para gestionar el consumo de energía de manera continua”, confrontan las falencias, representadas en la Figura 3, propias de la gestión de la energía.

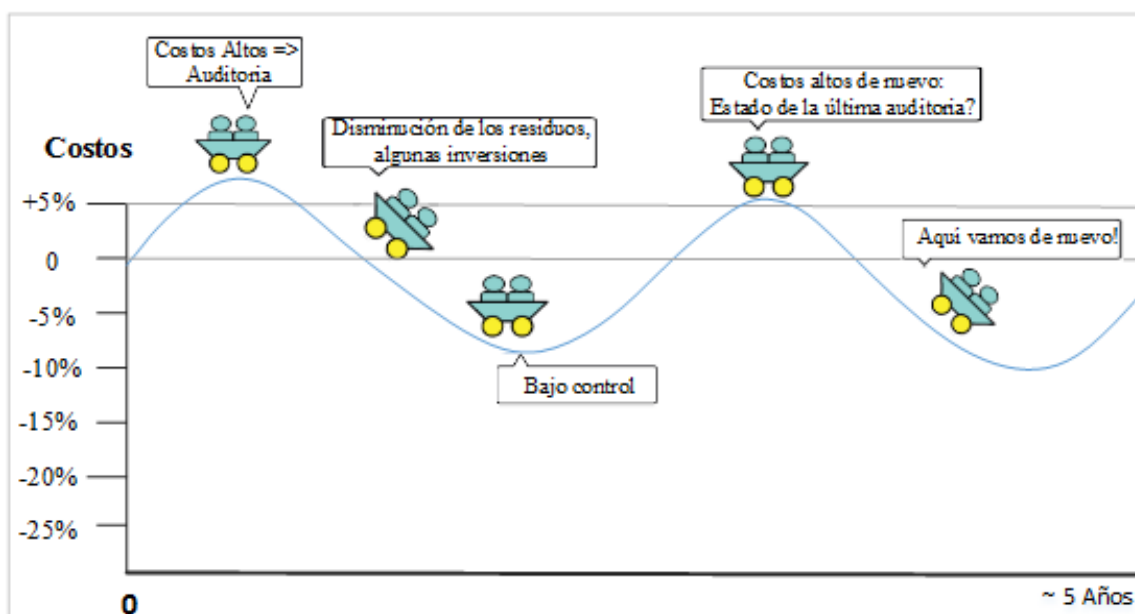


Figura 3. Resultados de la Gestión de la Energía  
Fuente: Elaborada con base en (UNIDO, 2013)

Los SGEN logran su objetivo gracias al establecimiento de un **marco de referencia**, mediante el cual las organizaciones pueden gestionar su consumo de energía e identificar las oportunidades para adoptar tecnologías de ahorro de energía, incluyendo aquellas oportunidades que no requieren necesariamente la inversión de capital. Un SGEN permite asegurar que las mejoras en eficiencia energética no se realicen una sola vez, sino que sean continuamente identificadas e implementadas en un proceso de mejoramiento constante, para así evitar situaciones como las presentadas por (Jelic, et al., 2010), en donde p. ej. se encuentra en la industria, sistemas optimizados que pierden

con el tiempo la eficiencia presentada en sus inicios de operación, debido a cambios en el personal y/o en el proceso; esto resalta la importancia de integrar la eficiencia energética dentro de prácticas de gestión de energía.

Un SGEN puede ser implementado con base en alguna norma de gestión de la energía disponible, como lo es la ISO 50001 o desde un enfoque personalizado. Lo que debe de ser común en los SGEN, independientemente del enfoque adoptado, es que se involucre a todos los niveles y funciones de la empresa y requiera el continuo compromiso de la alta dirección (OECD, 2015). Esto permite asegurar la constante motivación de los empleados, lo cual es un elemento clave a la hora de cumplir los lineamientos dados por el marco de referencia, el cual comúnmente es compuesto por el ciclo de mejora continua, también conocido como el modelo Deming o PHVA<sup>1</sup>.

Este proceso de funcionamiento básico de los SGEN, PHVA, debe proporcionar los procedimientos para que las empresas como mínimo realicen las siguientes actividades:

- Desarrollen una política para el uso más eficiente de la energía;
- Fijen objetivos y metas para cumplir con la política energética;
- Usen datos para comprender y tomar mejores decisiones sobre el uso y consumo de energía;
- Midan los resultados;
- Revisen la eficacia de la política energética; y
- Mejoren continuamente la gestión de la energía. (OECD, 2015)

A continuación, se presenta en la Figura 4 la visión general de un SGEN y su objetivo de mejora del desempeño energético

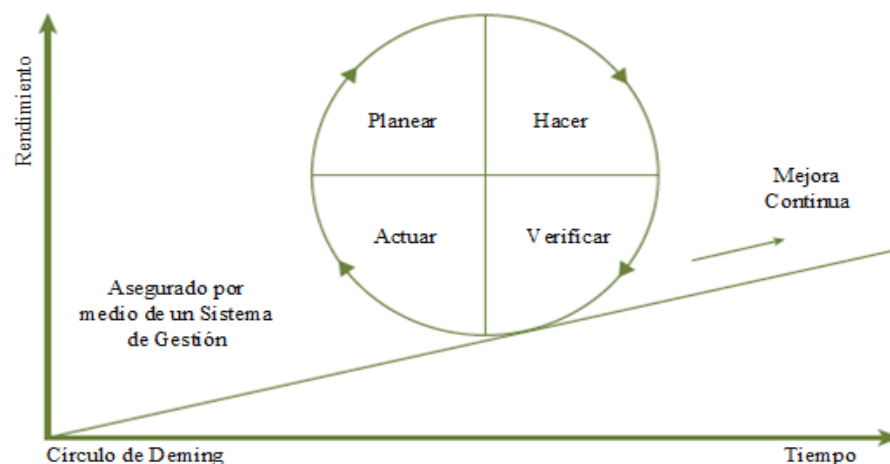


Figura 4. Visión general de un SGEN enmarcada en la mejora continua  
Fuente: Elaborada con base en (UNIDO, 2013)

<sup>1</sup> PHVA: ciclo de mejora continua, Planificar - Hacer – Verificar - Actuar

### 1.2.1 Beneficios de un Sistema de Gestión de la Energía.

La introducción de un SGE en una organización requiere esencialmente de la sistematización de los métodos de ahorro de energía; a largo plazo, esto se traduce en importantes ahorros de energía, junto con mejoras medibles relacionadas con los costos, así como en beneficios de productividad tales como una mayor producción y utilización de la capacidad instalada, un menor uso de los recursos, y costos de operación y mantenimiento más bajos, todo esto se traduce en una mayor generación de valor, y por lo tanto de competitividad para la empresa. A nivel macro estos sistemas contribuyen a mejorar la situación ambiental mundial.

A continuación, se presentan los principales beneficios alcanzados por medio de los SGE.

- **Reducción de Costos:** el argumento de ahorro de costos es probablemente el principal motor para la mayoría de las organizaciones industriales en el acogimiento de un SGE. Gracias a su implementación es posible ahorrar de 10 % - 25 % los costos totales en energéticos, con periodos típicos de recuperación de la inversión menores a 2 años (Carbon Trust, 2011), esto debido a la identificación y corrección sistemática, ofrecida por el SGE, de los puntos débiles en el consumo de energía. La Figura 5 representa este escenario, en el cual desde el inicio de la aplicación del SGE se da lugar a un ahorro en energéticos y por ende costos de operación; en primer lugar, a través de medidas de bajo costo que se centran principalmente en la mejora de los procesos actuales y luego mediante adquisición de tecnología. Contrastando las Figuras 3 y 5, es posible observar la mejora continua alcanzada gracias a estos sistemas, en los que la eficiencia energética en la organización es mantenida; resultando en la disminución, con el paso del tiempo, de sus costos operacionales.

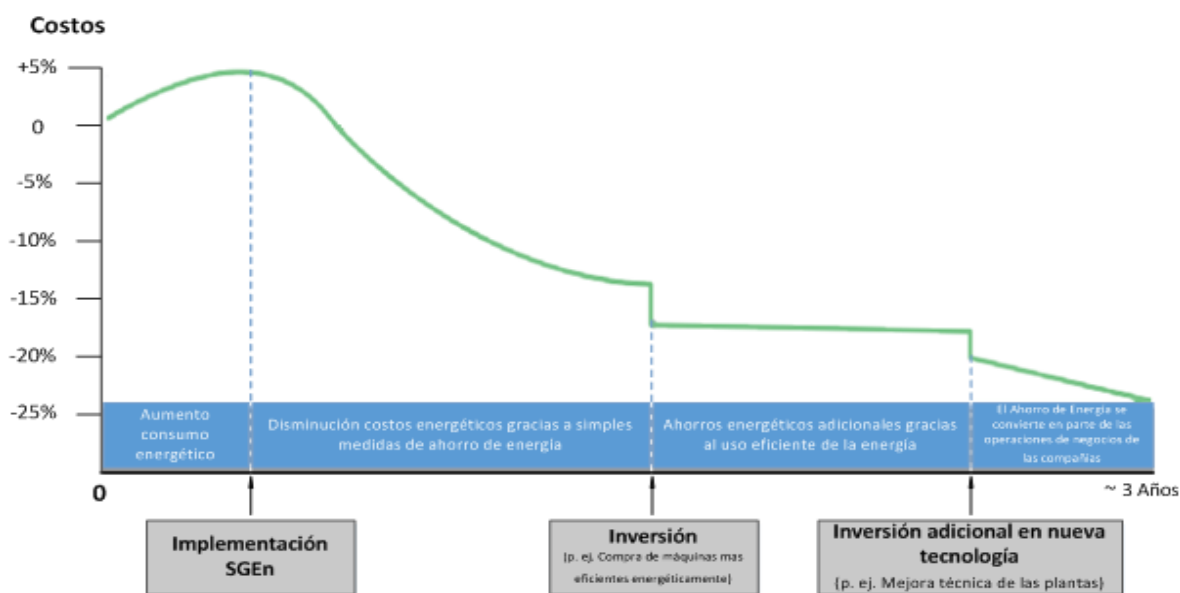


Figura 5. Reducción continua de costos gracias al SGE  
Fuente: Elaborada con base en (OECD, 2015)



- **Optimización Sistemas Industriales:** el éxito en la implementación de los SGEN no solo repercute para una organización en la reducción del consumo y costos de energía, sino además en un buen número de beneficios de eficiencia no energéticos, tales como la calidad del producto, el mantenimiento y la gestión de los recursos; lo que conlleva al aumento general de la productividad, p. ej. los costos de mantenimiento pueden disminuir gracias a las mejoras sistemáticas realizadas por el SGEN, ya que este permite ajustar óptimamente los equipos obteniendo los mismos resultados pero en menos ciclos de operación, reduciendo así el desgaste en general.
- **Otros beneficios:** la reducción del consumo energético también conlleva beneficios de carácter ambiental, al disminuir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) derivadas del consumo de diferentes fuentes, cabe aclarar que esta reducción será directamente proporcional a la reducción del consumo, de manera que a mayor ahorro energético obtenido más emisiones de GEI evitadas. Asimismo, el aumento de la imagen pública de la organización que logre certificar su SGEN bajo la norma ISO 50001, es otro incentivo para el acogimiento de estos sistemas, puesto que demostrará frente a terceras partes su contribución al desarrollo sostenible, al realizar una declaración de su iniciativa para la correcta gestión de la energía y, por tanto, la reducción de emisiones; por lo cual se dotaría a la empresa certificada de un valor añadido, claro beneficio en un marco en el que la competitividad entre empresas del mismo sector resulta cada vez mayor. Por otra parte, la existencia de incentivos financieros para proyectos de eficiencia energética en la legislación de varios países a nivel mundial, entre ellos Colombia, promueve aún más desarrollo de SGEN; es el caso de la ley 697 (UPME, 2011), en la que por ejemplo se establece un porcentaje de disminución de la carga tributaria en la que se vean incurridos este tipo de proyectos.

### 1.3 ISO 50001 - Norma para los Sistemas de Gestión de Energía

La Norma Internacional ISO 50001, publicada en junio de 2011, es una Norma de carácter voluntario para los Sistemas de Gestión de la Energía, su desarrollo se debe a petición de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDO), en la que se requería de un estándar internacional como respuesta eficaz al cambio climático y al aumento en el número de estándares nacionales (CEE, 2013). En su creación participaron organismos de 44 países miembros de la ISO, además de 14 países en calidad de observadores y organizaciones internacionales como la UNIDO y el Consejo Mundial de Energía (CME). Esta norma internacional se basa en numerosas normas nacionales y regionales, especificaciones y regulaciones para la Gestión de la Energía, tomadas de China, Dinamarca, la Unión Europea, Irlanda, Japón, Corea, los Países Bajos, Suecia, Tailandia, Estados Unidos, entre otros.

La ISO 50001 es una norma clásica de sistemas de gestión para organizaciones de manufactura y servicios, diseñada para que pueda ser integrada con otros sistemas de gestión, especialmente los

relativos a la calidad y la gestión ambiental (McLaughlin & López, 2015). Así como la ISO 9001 - Gestión de Calidad y la ISO 14001 - Gestión Ambiental, esta también es basada en el marco del ciclo PHVA. Esta Norma internacional especifica los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar un Sistema de Gestión de la Energía, con el propósito de permitir a una organización contar con un enfoque sistemático para alcanzar una mejora continua en su desempeño energético (ISO, 2011). Cabe aclarar que esta norma internacional es aplicable a organizaciones de todo tipo y tamaño, independientemente de sus condiciones geográficas, culturales, sociales o del tipo de energía utilizada.

Téngase en cuenta que el término desempeño energético, el cual expresa la manera en que las empresas usan la energía en función de sus actividades, es compuesto por tres elementos (ISO, 2011), los cuales son:

- **Uso de la energía:** Corresponde a la forma de aplicación de la energía en la organización, por ejemplo, transformación de materias primas, refrigeración, transporte, iluminación, etc.
- **Consumo de energía:** Corresponde a las formas de aplicación de la energía en la organización, por ejemplo, KWh de electricidad, metros cúbicos de gas o toneladas de carbón consumidas.
- **Eficiencia energética:** Es la relación cuantitativa entre los resultados alcanzados y la energía utilizada en la organización.

De esta manera, la organización puede elegir entre un amplio rango de actividades de desempeño energético para lograr cumplir los objetivos descritos en su SGEN. Por ejemplo, la organización puede reducir su demanda máxima, utilizar el excedente de energía o la energía desperdiciada o mejorar las operaciones de sus sistemas, sus procesos o su equipamiento.

Por último, es importante destacar que la norma ISO 50001 no fija objetivos para mejorar el rendimiento energético. Esto depende de las organizaciones o de las autoridades reguladoras. Lo cual significa que cualquier empresa puede implementar la norma ISO 50001 de conformidad con su propia política energética y establecer un proceso de mejora continua del rendimiento energético de acuerdo con sus recursos y presupuesto (ISO, 2011).

### **1.3.1 Estructura de la norma ISO 50001:2011.**

La norma ISO 50001 está basada en los elementos comunes de otras importantes normas de sistemas de gestión, asegurando un alto nivel de compatibilidad entre ellos, lo cual facilita su integración con otros sistemas de gestión organizacional, dentro de los cuales se pueden encontrar:

- Sistemas de Gestión de la calidad ISO 9001.
- Sistemas de Gestión de salud y seguridad en el trabajo OHSAS<sup>2</sup> 18001.
- Sistemas de Gestión ambiental ISO 14001.

El conjunto de estas normas internacionales permite establecer un sistema integrado de gestión que aumenta la eficiencia, optimiza los recursos, simplifica los procesos y elimina las operaciones innecesarias ya que, debido a su similitud, gran parte de la documentación y algunas actividades pueden ser gestionadas de forma común (CEE, 2013). La relación existente entre las diferentes normas de Sistemas de Gestión es representada en la Figura 6.



Figura 6. Elementos Comunes Normas Internacionales  
Fuente: Elaborada con base en (Hernández, et al., 2014)

Por ende, con el fin de mantenerse fiel a la estructura de las otras normas de Sistemas de Gestión, la ISO 50001 se enmarca en el ciclo de mejoramiento continuo PHVA, el cual para esta norma internacional se representa en el modelo de SGen de la Figura 7, el objetivo general de las etapas de este modelo se encuentra resumido en la columna derecha.

<sup>2</sup> OHSAS 18001: Especificación internacionalmente aceptada que define los requisitos para el establecimiento, implantación y operación de un Sistema de Gestión en Seguridad y Salud Ocupacional.

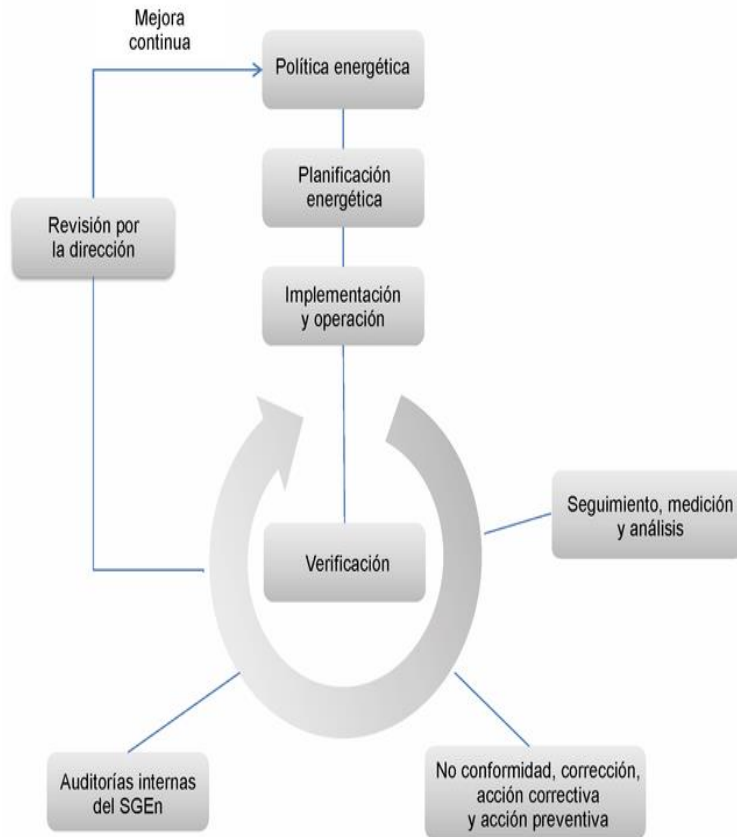


Figura 7. Modelo de SGen  
Fuente: Tomada de (ISO, 2011)

**Planificar:** Se centra en entender el comportamiento energético de la organización para establecer los controles y objetivos necesarios que permitan mejorar el desempeño energético.

**Hacer:** Busca implementar procesos y procedimientos sistematizados, con el fin de controlar y mejorar el desempeño energético.

**Verificar:** Se basa en monitorear y medir los procesos con base en las políticas, objetivos y características claves de las operaciones y reportar los resultados.

**Actuar:** Deben tomarse acciones para mejorar continuamente el desempeño energético con base en los resultados.

Según el ciclo de mejoramiento continuo expuesto por la norma internacional ISO 50001:2011, a continuación, se presenta en la Tabla 1 los puntos que contiene esta norma internacional, los cuales se dividen en cuatro partes:

1. Objetivo y campo de aplicación
2. Referencias normativas
3. Términos y definiciones
4. Requisitos del SGen

**Tabla 1.** Requerimientos para la implementación de un SGEN según la Norma ISO 50001:2011

<b>Parte</b>	<b>Número</b>
<b>Introducción</b>	1 Objetivo y campo de aplicación 2 Referencias normativas 3 Términos y definiciones
<b>Requisitos generales</b>	4.1 Requisitos generales 4.2 Responsabilidad de la gerencia 4.2.1 Alta gerencia 4.2.2 Representante de la gerencia 4.3 Política energética
<b>Planificar</b>	4.4 Planificación energética 4.4.1 Generalidades 4.4.2 requisitos legales y otros requisitos 4.4.3 Revisión energética 4.4.4 Línea base energética 4.4.5 Indicadores de desempeño energético 4.4.6 Objetivos, metas y planes de acción energéticos
<b>Hacer</b>	4.5 Implementación y operación 4.5.1 Generalidades 4.5.2 Competencia, formación y toma de conciencia 4.5.3 Comunicación 4.5.4 Documentación 4.5.5 Control operacional 4.5.6 Diseño 4.5.7 Adquisición de servicios de energía, productos, equipos y energía
<b>Verificar</b>	4.6 Verificación 4.6.1 Seguimiento, medición y análisis 4.6.2 Evaluación de cumplimiento con los requisitos legales y otros requisitos 4.6.3 Auditoría interna del SGEN 4.6.4 No conformidades, corrección, acción correctiva y preventiva 4.6.5 Control de registros
<b>Actuar</b>	4.7 Revisión por la gerencia 4.7.1 Generalidades 4.7.2 Información de entrada para la revisión por la gerencia 4.7.3 Resultado de la revisión por la gerencia

Fuente: Tomada de (ISO, 2011)

Para el desarrollo de esta investigación, el punto cuatro de la norma es el de mayor interés ya que expone los requerimientos de un SGEN donde se especifica los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar un Sistema de Gestión de Energía a partir del cual las organizaciones pueden desarrollar e implementar una política energética y establecer objetivos, metas y planes de acción que tenga en cuenta los requisitos legales y la información relacionada con el uso significativo de la energía.

#### **1.4 Integración Empresarial**

La integración empresarial definida como, el proceso de asegurar la interacción entre las entidades empresariales necesarias para alcanzar los objetivos del dominio (ISO, 2003), puede ser abordada de diversas maneras y en varios niveles (Chen, et al., 2008), por ejemplo: (1) integración física (interconexión de dispositivos, máquinas, etc. a través de redes informáticas); (2) integración de aplicaciones (integración de aplicaciones de software y Bases de datos) e, (3) integración de negocios (coordinación de funciones que gestionan, controlan y monitorean procesos de negocio). Otros enfoques encontrados en la literatura también consideran: (1) la integración a través del modelado empresarial (por ejemplo, mediante el uso de un marco de modelado consistente) y, (2) la integración como un enfoque metodológico para lograr una toma de decisiones coherente a nivel empresarial (Chen, et al., 2008).

En el proceso de implementación y posterior funcionamiento de un SGEN los niveles de planificación empresarial y operaciones de manufactura deben trabajar conjuntamente y en sintonía, por lo cual se resalta la necesidad de contar con mecanismos que permitan su correcta operación y comunicación, logrando eficientemente el objetivo de estos sistemas, (la mejora del desempeño energético de la organización), para lo que herramientas como los estándares ISA-88 y especialmente ISA-95, enmarcadas en la integración empresarial, enfocada a la integración de negocios y en la toma de decisiones con íntegro conocimiento de la empresa, fueron especialmente diseñadas; cuyos modelos son usados como herramientas para el cumplimiento del objetivo del requerimiento de la ISO 50001 y para identificar los posibles flujos de datos dentro de las operaciones de manufactura, detallando que actividades se deberían realizar y los roles asociados a ellas; de allí el porqué de su unión con los requerimientos de la ISO 50001 para la creación de un modelo que permita implementar un SGEN contando siempre con el dominio de integración empresarial y además encaminado propiamente al sector industrial.

#### **1.5 Proceso de Negocio**

Como se precisó anteriormente, un sistema de gestión de la energía es un proceso sistemático para mejorar continuamente el desempeño energético, compuesto por una serie de actividades que tienen como fin aportar ciertos beneficios a la organización, y considerando que “un proceso de negocio trata de capturar las principales características de un grupo de actividades parcialmente ordenadas que son llevadas a cabo para lograr una meta específica” (Rolón, et al., 2005); es posible entender por qué un SGEN puede ser incluido en los procesos clave de la organización y por tanto ser distinguido como un proceso de negocio.

Este tipo de procesos tienen como fin obtener resultados beneficiosos (generalmente un producto o servicio) para los clientes u otros afectados por el proceso, en el caso del SGEN la propia organización. Normalmente dichos procesos se llevan a cabo en el contexto de una estructura organizativa en la que hay establecidos roles funcionales y relaciones (Solana, et al., 2007). Si bien la identificación de los procesos de negocio puede tener alto valor agregado para las

organizaciones, es poco útil si solamente se llega hasta esta etapa y no se realiza una adecuada gestión, en la cual se logró su modelado y optimización (Sanchis, et al., 2009), por lo cual se hace necesario ahondar en el modelado de este tipo de procesos para así lograr aprovechar completamente sus beneficios.

### **1.5.1 Modelado en los procesos de negocio**

Teniendo en cuenta que, *los procesos de gestión y los sistemas organizativos son difíciles de comprender sin un método apropiado de análisis debido a su amplitud y complejidad*, y que la finalidad de un modelo es organizar y documentar la información sobre un sistema (Vernadat, 2003), se comprende la importancia de modelar los procesos de negocio, ya que con su ayuda es posible establecer un flujo de trabajo dentro y entre funciones de la organización, para tratar de conseguir que, con la suma de los esfuerzos funcionales, se capturen los requerimientos del negocio para obtener un mejor entendimiento y facilitar la comunicación, así como identificar las mejoras en los procesos con el fin de conseguir los objetivos de la organización y las expectativas y requerimientos de los clientes, de una forma eficaz y eficiente (Markovic & Pereira, 2007).

En consecuencia, el objetivo principal del modelado de los procesos de negocio es describir cómo funciona el negocio, es decir, describir las actividades involucradas en el negocio y la manera en que se relacionan unas con otras e interactúan con los recursos necesarios para lograr la meta del proceso. Tomando el trabajo de (Sanchis, et al., 2009) es posible describir los usos básicos del modelado en procesos de negocio, los cuales se resumen en:

- Facilitar la comprensión de los mecanismos clave de un negocio
- Servir de base para la creación de sistemas de información apropiados que den soporte al negocio
- Mejorar la estructura y operativa actuales del negocio
- Identificar oportunidades de externalización
- Facilitar la alineación de las TIC<sup>3</sup> con las necesidades y estrategia del negocio.

En este contexto, la realización de un modelo para implementar un SGEN es un primer paso hacia la optimización de los flujos de trabajo e información para mejorar el desempeño energético en el sector industrial, permitiendo representar las actividades que son necesarias, cómo se realizan y que se necesita para su ejecución, con el fin de tener no solo una idea clara de que es lo que se hace, sino si se hace de forma eficiente e identificar los aspectos que pueden ser mejorados.

Debido a la complejidad y la naturaleza multifacética de las organizaciones, los modelos son necesarios para entender el comportamiento de las mismas y diseñar los nuevos sistemas, así como mejorar el funcionamiento de los existentes. Vernadat, F.B afirma que existen cuatro puntos de vista en cuanto al modelado de los procesos de negocio que cubren todos los aspectos esenciales del sistema (Vernadat, 2014). La vista funcional o estructural; define la funcionalidad y el comportamiento de la empresa, es decir lo que se tiene que hacer, la vista dinámica; representa el

---

<sup>3</sup> TIC: Tecnologías de la información y la comunicación

cuándo y el cómo se hace, la vista informacional; incluye la descripción y relación entre las entidades que son, producidas, consumidas o manipuladas por los procesos y finalmente se encuentra la vista organizacional; que describe quien desarrolla cada tarea y donde se desarrolla dentro de la organización.

En el marco del modelo para implementar un SGEN en el sector industrial desde un enfoque de integración empresarial, se busca obtener una vista general de todo el sistema de gestión, que asegure la realización adecuada de los procesos y/o actividades que se llevan a cabo en el proceso de implantación, y proporcione detalladamente los pasos a seguir para el cumplimiento del objetivo, es decir, lo que pretende el modelo es especificar qué es lo que se tiene que hacer y cómo se hace; por lo cual se trabajará a partir de la vista funcional y dinámica.

En la Figura 8 se observa la dimensión de este proyecto; donde se desarrolla un modelo general para el sector industrial que ayude a la definición de modelos particulares, adecuados para sectores de la industria, por ejemplo, bebidas, alimentos, etc. Además, se reitera la perspectiva del modelo, con base en las vistas adoptadas, las cuales facilitan abstraer la estructura y el comportamiento temporal del proceso de implementar SGEN.

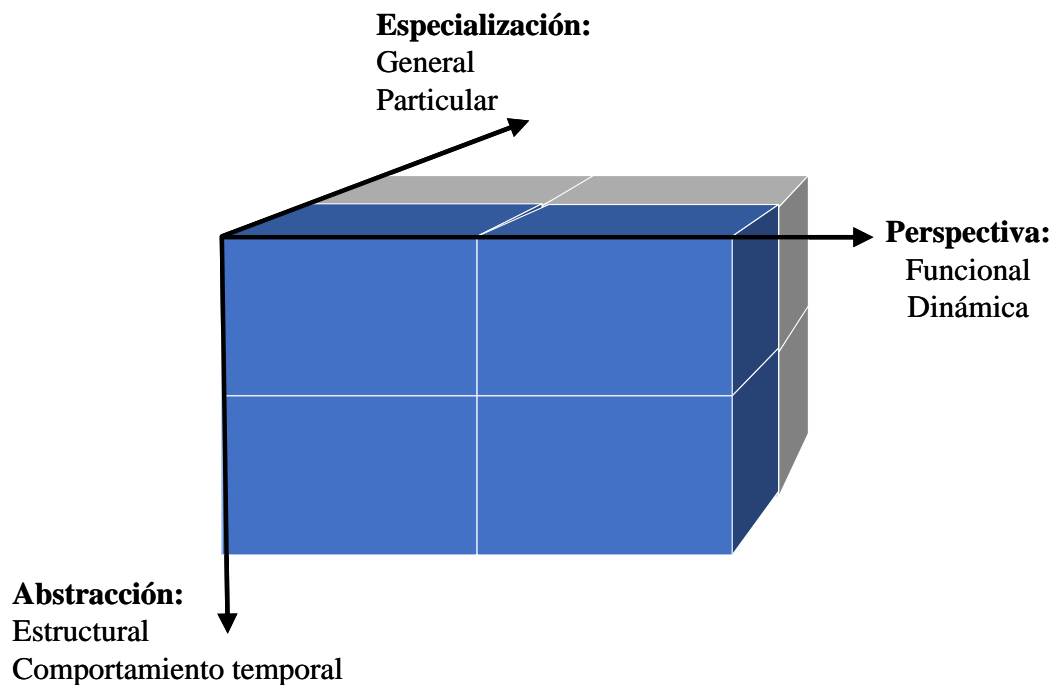


Figura 8. Dimensión del proyecto  
Fuente: Elaborada con base en (Prades, et al., 2013)



## 1.6 Estado del Arte de Sistemas de Gestión de Energía

La norma internacional ISO 50001:2011 ha tenido gran acogimiento por parte de diversas organizaciones a nivel mundial, por lo cual se han desarrollado buen número de proyectos para facilitar la implementación de Sistemas de Gestión de la Energía basados en esta norma. Es el caso de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE) (De Laire, 2013) quien inició en 2011 un programa piloto denominado, Guía de Implementación de Sistema de Gestión de la Energía basada en ISO 50001, el cual brinda las pautas para la implementación de SGen en empresas de diferentes sectores, caracterizando los requerimientos de la norma, entre los centrados en la gestión de la energía y aquellos que garantizan su connotación sistemática y controlada. Sumándose a ello, el Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU, alemán) y la Agencia Federal de Medio Ambiente (UBA, alemán) publicaron en Junio de 2012, *Energy Management Systems in Practice, ISO 50001: A Guide for Companies and Organisations* (Kahlenborn, et al., 2012), la cual es una herramienta útil para la implementación de SGen, que tiene como característica el estudio de diferencias y los pasos que se requieren, para acoplar la norma de seguridad ambiental, ISO 14001 con la ISO 50001. En España, la Consejería de Economía y Empleo a través del Ente Regional de la Energía de Castilla y León, en el 2013 elaboraron la guía denominada, Guía - Aplicación de un Sistema de Gestión Energética en el Sector Industrial (CEE, 2013) desarrollada bajo los criterios de la norma ISO-50001:2011, con enfoque a todos sus requerimientos desde el punto de vista industrial y se introducen aspectos que no se encuentran al alcance de la norma como lo es el *benchmarking*<sup>4</sup> de eficiencia energética.

Organismos de carácter privado han elaborado mecanismos para la implementación de esta norma internacional, en el 2014 la Asociación Técnica de Inspección, TÜV NORD (TÜV UK, 2014), creó la *ISO 50001 Energy Management System - Implementation guide*, que tiene como ítem diferenciador los documentos y requerimientos necesarios para desarrollar correctamente la auditoría a un SGen. La Asociación de Industrias Electrónicas de Hong Kong es otro ejemplo de este tipo de organismos, su guía denominada, *Guidebook for ISO 50001 Energy Management System* (HKEIA, 2013), destaca al incluir casos de estudio de mejores prácticas para el aumento del ahorro de energía, en los procesos de producción de diferentes tipos de industrias, haciendo recomendaciones en los equipos y procesos que permitan lograr cumplir este objetivo.

Diferentes modelos, han sido enfocados a revisar el estado de madurez de la gestión de la energía en las organizaciones, entre ellos se encuentra el “*ISO 50001 standard - based energy management maturity model - proposal and validation in industry*” (Jovanovic & Filipovic, 2016), permitiendo a las empresas conocer en qué nivel de madurez y acogimiento se encuentra su SGen, basados en el criterio CMMI<sup>5</sup>, además qué se debería de hacer para alcanzar niveles más altos; el modelo desarrollado en la Universidad de Lisboa, por Antunes, Carreira y Da Silva, 2014, conocido como “*Towards an energy management maturity model*” es otro ejemplo de modelos de madurez pero

---

<sup>4</sup> Benchmarking: procedimiento que consiste en identificar, aprender y aplicar las prácticas más efectivas de otras organizaciones para así mejorar los propios productos, procesos y capacidades (Muñoz, 2003).

<sup>5</sup> CMMI: marco que contiene las mejores prácticas para el desarrollo de productos y servicios (Wendler, 2012).

en este caso limitado solamente a las etapas de implementación del SGEN, sin tener en cuenta los niveles dados por el criterio mencionado anteriormente. Este modelo es útil también para guiar a las organizaciones en sus esfuerzos de certificación de su sistema de gestión. Adicionalmente se encuentran modelos que articulan otras disciplinas con la gestión de la energía, entre estos el “*Sustainable Energy Management and Quality Process Models Based on ISO 50001:2011 The International Energy Management Standard*” (Ranky, 2012), en el que se desarrolla un modelo que vincula la calidad de procesos con la gestión de la energía, teniendo como objetivo la creación de productos y procesos más diversos y sustentables.

Mediante el desarrollo de los trabajos mencionados anteriormente, existen numerosos casos de éxito de SGEN implementados bajo la norma ISO 50001, entre los cuales se encuentra la siderúrgica Saldanha Works de ArcelorMittal (OECD, 2015), ubicada en Sudáfrica, fue posible ahorrar en el primer año alrededor de USD 13.5 millones con una inversión de capital de solo USD 70.500, lo cual equivale al 5.3% de ahorro del total del consumo de energía del año inmediatamente anterior. Otros casos de éxito son Papeles Bío Bío (De Laire, 2013), empresa chilena dedicada a la fabricación de papel que logró una implantación más eficiente, debido a que ya contaba con normas de calidad y seguridad ambiental; la Universidad del Atlántico (Universidad del Atlántico, 2014) y la central termoeléctrica Termozipa (EMGESA, 2014), donde se logró una mejora en su desempeño energético y se contribuyó a la protección del medio ambiente.

En Colombia durante el 2008 fue desarrollado el Sistema de Gestión Integral de la Energía - Guía para la Implementación, por investigadores de la Universidad del Atlántico y la Universidad Autónoma de Occidente (Campos, et al., 2008), convirtiéndose en el modelo colombiano de gestión energética, hasta la aparición de la norma ISO 50001:2011, que fue adaptada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC.

Actualmente el comité técnico TC -242, encargado de la creación inicial de la ISO 50001, está desarrollando una nueva versión (Antaris, 2016), con fecha de finalización en enero de 2019. Esta reforma contiene cambios importantes en su estructura, debido a la inclusión del Anexo SL<sup>6</sup>, por lo que las guías y trabajos existentes creados bajo la versión del 2011, deben de ser actualizados y adaptados a los nuevos parámetros establecidos.

A continuación, se establece un análisis comparativo entre la literatura encontrada y el proyecto a realizar, (Modelo para la implementación de un SGEN en el sector Industrial basado en la norma ISO 50001:2011 y los estándares ANSI/ISA-95 y ANSI/ISA-88), para esto se tienen como referencia los interrogantes presentados en la Tabla 2.

---

<sup>6</sup> Anexo SL: marco de alto nivel para la creación de sistemas de gestión genéricos (bsi, 2015).

**Tabla 2.** Análisis comparativo de los trabajos desarrollados y el proyecto en cuestión

<b>Aspectos Comparativos</b> <b>Trabajo en Mención</b>	<b>¿Define procedimientos y actividades para implementar SGEN?</b>	<b>¿Representa esquemáticamente las actividades y requisitos del proceso de Implementación del SGEN?</b>	<b>¿Define métodos para que el SGEN cuente con enfoque desde Integración Empresarial?</b>	<b>¿Cuenta con formalismos de modelado para aplicar el SGEN eficazmente en el sector Industrial?</b>	<b>¿Permite determinar el estado de madurez del SGEN?</b>
<b>Guía de Implementación de Sistema de Gestión de la Energía basada en ISO 50001 - Chile</b>	Si	Parcialmente	No	No	No
<i>Energy Management Systems in Practice, ISO 50001: A Guide for Companies and Organizations - Alemania</i>	Si	Parcialmente	No	No	No
<b>Guía - Aplicación de un Sistema de Gestión Energética en el Sector Industrial – España</b>	Si	No	No	No	No
<i>ISO 50001 Energy Management Systems Implementation Guide TÜV NORD</i>	Si	No	No	No	Parcialmente
<i>Guidebook for ISO 50001 Energy Management Systems – HKEIA</i>	Si	No	No	No	Parcialmente

Continuación **Tabla 2.**

<b>Aspectos Comparativos</b>  <b>Trabajo en Mención</b>	<b>¿Define procedimientos y actividades para implementar SGEN?</b>	<b>¿Representa esquemáticamente las actividades y requisitos del proceso de Implementación del SGEN?</b>	<b>¿Define métodos para que el SGEN cuente con enfoque desde Integración Empresarial?</b>	<b>¿Cuenta con formalismos de modelado para aplicar el SGEN eficazmente en el sector Industrial?</b>	<b>¿Permite determinar el estado de madurez del SGEN?</b>
<b>Modelo de Gestión Integral de la Energía – Colombia</b>	Si	Parcialmente	No	No	No
<i>ISO 50001 standard - based energy management maturity model - proposal and validation in industry</i>	No	No	No	No	Si
<i>Towards an energy management maturity model</i>	No	No	No	No	Si
<i>Sustainable Energy Management and Quality Process Models Based on ISO 50001:2011 The International Energy Management Standard</i>	Parcialmente	Parcialmente	No	Parcialmente	No
<b>Modelo para la implementación de un SGEN en el sector Industrial basado en la norma ISO 50001:2011 y los estándares ANSI/ISA-95 y ANSI/ISA-88</b>	Si	Si	Si	Si	No

Fuente: Elaboración Propia

Los aspectos comparativos utilizados en la matriz anterior fueron planteados teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- *¿Define procedimientos y actividades para implementar SGEN?:* establece el objetivo principal de las guías presentadas en el estado del arte y del modelo que se desarrolla en este trabajo.
- *¿Representa esquemáticamente las actividades y requisitos del proceso de implementación del SGEN?:* su inclusión adecuada brinda beneficios, como permitir el seguimiento, simplificar la comprensión y disminuir el esfuerzo y tiempo del proceso de implementación del SGEN, entre otros.
- *¿Define métodos para que el SGEN cuente con enfoque desde Integración Empresarial?:* al ser uno de los aportes al conocimiento del presente trabajo, se quiere demostrar su novedad y utilidad a los SGEN.
- *¿Cuenta con formalismos de modelado para aplicar el SGEN eficazmente en el sector Industrial?:* debido a que demuestra la rigurosidad del método con el que se quiere implementar los SGEN en la organización.
- *¿Permite determinar el estado de madurez del SGEN?:* dado que es el objetivo principal de los modelos presentados en el estado del arte desarrollado anteriormente.

Como resultado del análisis efectuado a la Tabla 2 se concluye:

- Las guías de implementación, a pesar de permitir alcanzar un buen resultado, no facilitan observar todo el proceso a realizar, lo que dificulta su correcta planificación y limita las acciones. Lo anterior se puede evitar si se contara con un esquema general de la implementación del SGEN.
- Los modelos encontrados en el desarrollo del estado del arte se encaminan hacia la revisión de la madurez de los sistemas de gestión de energía, mas no se enfocan en su implementación, exceptuando (Ranky, 2012), en el cual se describe el proceso de implementación, pero no con el detalle necesario para alcanzar adecuadamente los objetivos de un SGEN.
- Tanto en las guías de implementación como en los modelos de madurez no se tiene en cuenta el enfoque de integración empresarial, siendo esto, importante si se quiere lograr el total acogimiento en la organización de la norma internacional ISO 50001.
- Al no hallar en el estado del arte, métodos para la implementación de SGEN que incluyan planos del proceso a realizar, relacionen métodos para el funcionamiento continuo del SGEN en las industrias, y, garanticen que este sistema de gestión se integre a la organización, se destaca la utilidad del modelo propuesto en este trabajo.
- El modelo desarrollado en el presente trabajo no se enfoca en la revisión del estado de implementación de los SGEN, por lo que tiene poca utilidad para resolver esta pregunta.

## **1.7 Conclusión**

En el presente capítulo, se estudió la evolución del marco conceptual de la gestión de la energía, entendiendo su importancia para el progreso de la sociedad y su tendencia a acoplarse con áreas que permitan enfocar al sector productivo en el desarrollo sostenible. Se concluyó que las falencias propias de la gestión de la energía pueden ser solventadas con su sistematización, por eso la importancia de la norma ISO 50001, ya que permite alcanzar todos los beneficios mencionados. Además, se contextualizó el término de integración empresarial en el que está enmarcado el modelo desarrollado en este trabajo y se expuso su dimensión, representada en la Figura 8.

El análisis realizado al estado del arte identifica los aportes al conocimiento del modelo impulsado por este trabajo.

# Capítulo 2

## Procedimiento para la elaboración de un Modelo para la Implementación de un SGEN

### Introducción

Para cumplir con el objetivo general de este trabajo, se requiere iniciar con la definición de modelo, posteriormente se establece el procedimiento a seguir para la obtención del modelo y su aplicación en la industria, dando además una breve descripción de cada una de sus actividades para mejorar su comprensión.

### 2.1 Definición de Modelo

De acuerdo con (Rumbaugh, et al., 2000), un modelo es “una abstracción de la realidad, que proporciona los planos de un sistema y se detalla en función de los elementos que sean relevantes en cada momento, es decir que captura lo esencial del sistema”, el anterior concepto es un referente del objetivo del modelo planteado en este proyecto, ya que se quiere obtener los planos del proceso de implementación de un SGEN, donde se especifique cómo y en qué momento llevar a cabo cada una de las etapas requeridas por el proceso de implantación. Asimismo, otra definición que se enmarca en el presente trabajo, es la establecida por Vernadat (1996) en la que se define un modelo como “la representación simplificada de conceptos y objetos físicos que ayudan a la organización a unificar el conocimiento” (Cuenca, et al., 2015), debido a que se desea alcanzar simplificación y mayor reactividad ante errores, en el proceso de implementación de SGEN.

A continuación, se desarrolla un modelo que consta de un conjunto estructurado de procedimientos y actividades que sirven de guía para la implementación de un SGEN en el sector industrial con base en la norma ISO 50001:2011 y los estándares ANSI/ISA-95 y ANSI/ISA-88.

Para la elaboración de dicho modelo se ha establecido el procedimiento enseñado en el diagrama de flujo de la Figura 9, donde se detallan cada una de las actividades a seguir para alcanzar el objetivo del presente proyecto, de lograr su íntegro cumplimiento, se aporta al conocimiento una técnica para la unificación de normas de sistemas de gestión con estándares industriales de integración empresarial.

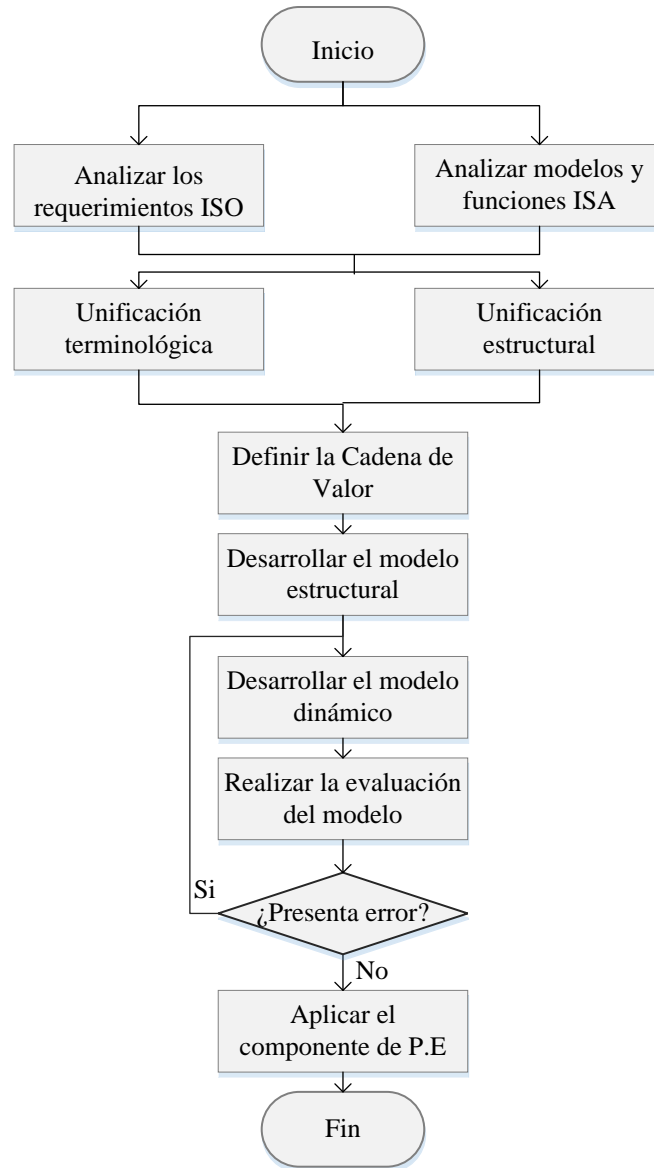


Figura 9. Procedimiento para elaborar el Modelo para la implementación de SGE  
 Fuente: Elaboración propia, Agosto 2016

El diagrama de flujo anterior, representa claramente el procedimiento que permite desarrollar el modelo para la implementación de un SGE desde un enfoque de integración empresarial.



## 2.2 Descripción del procedimiento propuesto

Para una mayor comprensión de la Figura 9, en la Tabla 3 se describe cada una de sus actividades con su respectiva numeración, con el fin de identificar el orden en que deben de ser ejecutadas. Se aclara que las actividades 1A y 1B se pueden realizar paralelamente al igual que las actividades 2A y 2B.

**Tabla 3.** Descripción de etapas del procedimiento

I.D	ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN
1A	Analizar requerimientos ISO	Se analizan los requerimientos para implementar un SGen presentados en el punto 4 de la norma ISO 50001, con el fin de conocer el objetivo y las actividades que se realizan en cada uno de ellos.
1B	Analizar modelos y funciones ISA	Se analiza cada uno de los modelos y funciones definidos por los estándares ANSI/ISA 88 y ANSI/ISA 95, con el fin de comprender el objetivo de los mismos y su respectiva aplicación.
2A	Unificación terminológica	Se estudian los términos presentados en la norma ISO 50001, con el fin de encontrar una correspondencia lógica con los términos expuestos por los estándares ANSI/ISA 88 y ANSI/ISA 95.
2B	Unificación estructural	Se relacionan los requerimientos presentados por la norma ISO 50001 con los modelos y funciones expuestos por los estándares ANSI/ISA 88 y ANSI/ISA 95, con el fin de integrar la administración y control de los procesos productivos a la mejora del desempeño energético.
3	Definir la cadena de valor	Se define la cadena de valor del proceso para implementar SGen en el sector industrial, teniendo en cuenta el cumplimiento de cada uno de los requisitos presentados por la norma ISO.
4	Desarrollar el modelo estructural	Se modela la estructura del proceso para implementar un SGen en el sector industrial, tomando como herramienta para su ejecución los modelos y funciones definidos por los estándares ISA.
5	Desarrollar el modelo dinámico	Una vez desarrollado el modelo estructural, se procede a modelar la dinámica del proceso para implementar un SGen en el sector industrial.
6	Realizar la evaluación del modelo	Se realiza la evaluación del modelo obtenido, analizando sus propiedades dinámicas.
7	Aplicar el componente de Planificación Energética del modelo	Se hace la aplicación del componente de Planificación Energética del modelo obtenido en un caso de estudio.

Fuente: Elaboración propia

Como se detalla en la Tabla 3, cada una de las actividades van relacionadas entre sí, es decir que, para cumplir con el objetivo del proyecto estas deben ser desarrolladas paso a paso y en el orden indicado.

A continuación, se especifican cada una de las sub actividades que permiten dar cumplimiento al procedimiento.

### **2.2.1 Sub actividades requeridas.**

#### **1A. Analizar requerimientos ISO**

- Identificar y Revisar los requerimientos para implementar un SGEN según la norma ISO
- Analizar cada uno de los requerimientos presentados por la norma ISO, identificando las actividades a desarrollar.
- Estudiar las diferentes guías de implementación mencionadas en el estado del arte, con el fin de identificar recomendaciones para una eficiente implementación del SGEN.

#### **1B. Analizar modelos y funciones ISA**

- Identificar el objetivo de los estándares ANSI/ISA-88 y ANSI/ISA-95.
- Estudiar los modelos y funciones definidos en los estándares ANSI/ISA-88 y ANSI/ISA-95.
- Analizar e interpretar los modelos definidos en los estándares ANSI/ISA-88 y ANSI/ISA-95.

#### **2A. Unificación terminológica**

- Revisar la parte tres de la norma ISO 50001:2011 denominada términos y definiciones.
- Analizar la terminología expuesta por ANSI/ISA-95 en su parte uno y tres.
- Revisar la terminología del estándar ANSI/ISA-88 presentada en su parte uno.
- Exponer los términos de la norma ISO 50001:2011 con sus respectivas definiciones.
- Establecer una relación lógica entre la terminología expuesta por la norma ISO y los términos de los estándares ANSI/ISA-95 y ANSI/ISA-88.

#### **2B. Unificación estructural**

- Revisar y exponer los requerimientos de la norma ISO 50001: 2011.
- Comparar los requerimientos definidos por ISO, con los modelos y funciones expuestos por los estándares ISA.
- Determinar una posible relación entre los requerimientos para implementar un SGEN y los modelos y funciones definidos por los estándares ANSI/ISA-88 Y ANSI/ISA-95

### **3. Definir la cadena de valor**

- Identificar los subprocesos para implementar un SGEN en el sector industrial.
- Hacer el levantamiento de la cadena de valor del proceso.
- Establecer las actividades a desarrollar en cada uno de los subprocesos.

- Identificar la correspondencia de los subprocesos expuestos, con los requerimientos de la norma ISO.

#### **4. Desarrollar el modelo estructural**

- Identificar los flujos de Información para la implementación de SGEN
- Seleccionar la herramienta para modelar la estructura del proceso de implementar un SGEN en el sector industrial.
- Realizar el modelo estructural del proceso.

#### **5. Desarrollar el modelo dinámico**

- Seleccionar la técnica para modelar la dinámica del proceso de implementar un SGEN en el sector industrial.
- Realizar el modelo dinámico del proceso.

#### **6. Realizar la evaluación del modelo**

- Realizar la simulación del modelo obtenido, analizando sus propiedades dinámicas.

#### **7. Aplicación del componente de Planificación Energética del modelo**

- Efectuar el levantamiento de información requerido por la etapa de Planificación Energética en la Industria Licorera del Cauca.
- Instanciar el modelo obtenido en la etapa de planificación energética con base en la información del caso de estudio.

### **2.3 Conclusión**

El presente capítulo facilita la elaboración del modelo para la implementación de un Sistema de Gestión de Energía en el sector Industrial basado en la norma ISO 50001:2011 y los estándares ANSI/ISA-95 y ANSI/ISA-88; dado que el procedimiento propuesto, es una guía a seguir para alcanzar el objetivo general del proyecto.

# Capítulo 3

## Estudio y unificación de la norma ISO 50001:2011 con los estándares ISA-95 e ISA-88

### **Introducción**

Con el objetivo de dar cumplimiento a lo planteado en el capítulo anterior; a continuación, se presenta el desarrollo de las primeras cuatro etapas del procedimiento propuesto. En primer lugar, se analizan los requerimientos, modelos y funciones presentados por la norma ISO 50001:2011 y por los estándares ISA-95 e ISA-85, respectivamente; se realiza la unificación terminológica y estructural de las mismas, con el fin de encontrar las bases para la construcción de un modelo para implementar un SGen desde un enfoque de integración empresarial en el sector industrial.

### **3.1 Análisis de los requerimientos de un SGen presentados por la norma ISO 50001:2011**

A continuación, en la Tabla 4 se exponen los diferentes requerimientos para implementar un SGen, para una mejor comprensión se ha decidido mantener la numeración y el orden en que la norma ISO 50001:2011 los presenta. Se aclara que las recomendaciones indicadas en esta tabla, son fruto del análisis de las diferentes guías de implementación encontradas en el estado del arte y de las actividades de la norma ISO 50001:2011, para considerar estas últimas, remitirse al Anexo A.

Como se puede observar en la siguiente tabla, se encuentran especificados cada uno de los requerimientos para implementar un SGen definidos por la norma ISO 50001:2011, además, se establecen las actividades a realizar para cumplir el objetivo del requerimiento y se brindan recomendaciones clave para el desarrollo del proyecto.

**Tabla 4.** Requerimientos para implementar SGEN según ISO 50001:2011

Numeral	Requerimiento	Actividades	Recomendaciones
4.1	Requisitos generales	La organización debe establecer, documentar, implementar, mantener y mejorar el SGEN de acuerdo con los requisitos de esta norma Internacional.	Conocer los sistemas de gestión existentes en la organización es de suma importancia con el fin de diferenciar los elementos fácilmente integrables al SGEN de aquellos que requieren un trato específico.
<b>4.2 Responsabilidad de la dirección</b>			
4.2.1	Alta dirección	La alta dirección debe demostrar su compromiso con el SGEN identificando el alcance y los límites a ser cubiertos por el SGEN, definiendo la política energética y designando un representante de la alta dirección.	El compromiso de la alta gerencia es vital para la implementación y mejora del SGEN, dado que se requiere que garantice la disponibilidad de recursos, y promueva la importancia de la gestión energética dentro y fuera de la organización. El alcance y los límites del SGEN deben ser registrados en el manual del SGEN.
4.2.2	Representante de la dirección	El representante de la alta dirección debe asegurar que el SGEN se establece, se implementa, se mantiene y se mejora continuamente, además de identificar al personal de apoyo a las actividades de gestión de la energía definiendo sus respectivas responsabilidades.	Para la creación del equipo energético es recomendable comprometer a las diferentes áreas de la organización, incluyendo un colaborador por cada área quien posea conocimientos específicos de energía y de los equipos y procesos de la empresa. Además, las responsabilidades del equipo energético deben quedar registradas en el manual del SGEN.
4.3	Política energética	La política energética es apropiada a la naturaleza y a la magnitud del uso y consumo de la energía de la organización, establece el compromiso para alcanzar la mejora en el desempeño energético asegurando la disponibilidad de recursos, y el cumplimiento de requisitos legales aplicables y otros requisitos que la organización suscriba.	La política energética incluye las principales líneas de actuación en materia de gestión de la energía para que los miembros de la organización puedan entenderla fácilmente y aplicarla en sus actividades laborales. En caso de que en la organización exista un sistema de gestión, la política energética puede ser integrada en la política existente y debe ser registrada en el manual del SGEN.

Continuación **Tabla 4.**

Numeral	Requerimiento	Actividades	Recomendaciones
<b>4.4 Planificación energética</b>			
4.4.1	Generalidades		
4.4.2	Requisitos legales y otros requisitos	Se deben identificar los requisitos legales aplicables y otros requisitos que la organización suscriba y determinar cómo serán aplicados a su uso y consumo de la energía y a su eficiencia energética, dado que estos deben tenerse en cuenta al establecer, implementar y mejorar el SGEN.	Es importante que se genere un documento de requisitos legales cubiertos por el SGEN donde se verifica si la organización da cumplimiento a estos requerimientos. Para ello se recomienda desarrollar la matriz de requisitos legales y un procedimiento de cumplimiento de los requisitos legales, los cuales deben ser anexados al manual del SGEN.
4.4.3	Revisión energética	La organización debe analizar el uso y el consumo de la energía identificando las actuales fuentes de energía y evaluando su uso y consumo pasado y presente, además se deben identificar las áreas, equipos y procesos que afecten significativamente al uso y consumo de la energía y se deben identificar y registrar oportunidades para mejorar el desempeño energético.	De las fuentes de energía es necesario extraer los datos de uso y consumo de cada una de ellas, tal como datos básicos sobre los equipos y procesos que consumen energía, horarios de trabajo, etc. Para evaluar los usos significativos de energía se requiere desarrollar una matriz de usos y consumos, así como también es necesario desarrollar una matriz de oportunidades de mejora las cuales deben registrarse en el manual del SGEN.
4.4.4	Línea de base energética	Se deben establecer una(s) línea(s) de base energética, utilizando la información de la revisión energética inicial y considerando un período para la recolección de datos adecuado al uso y al consumo de energía de la organización.	La línea base es una representación del escenario normal de la organización, previo a la implementación del SGEN. Se debe realizar ajustes a la línea base siempre y cuando los IDEns <sup>7</sup> ya no reflejen el uso y consumo energético y cuando se haya realizado cambios en procesos o sistemas de energía.
4.4.5	Indicadores de Desempeño Energético (IDEns)	Se deben de identificar los IDEns apropiados para realizar el seguimiento y la medición de su desempeño energético.	Los IDEns son medidas cuantificables del desempeño energético en las diferentes áreas operacionales de la organización

<sup>7</sup> IDEns: Indicador de Desempeño Energético

Continuación **Tabla 4.**

Numeral	Requerimiento	Actividades	Recomendaciones
4.4.6	Objetivos energéticos, metas energéticas y planes de acción para la gestión de la energía	Se debe establecer, implementar y mantener objetivos y metas energéticas coherentes con la política energética, teniendo en cuenta los requisitos legales y otros requisitos, los usos significativos de la energía, las oportunidades de mejora del desempeño energético y condiciones financieras, comerciales y tecnológicas. Las metas deben ser coherentes con los objetivos. Además, se debe establecer y documentar planes de acción para alcanzar los objetivos y metas.	Los objetivos energéticos deben cumplir con los criterios SMART; específicos, medibles, acotados en el espacio, alcanzables y acotados en el tiempo. Estos deben ser registrados, junto a las metas energéticas y a los planes de acción en el manual del SGEN.
<b>4.5 Implementación y operación</b>			
4.5.1	Generalidades		
4.5.2	Competencia, formación y toma de conciencia	La organización debe asegurarse de que cualquier persona que realice tareas relacionadas con usos significativos de energía sea competente con habilidades y experiencias adecuadas, por lo cual se deben identificar las necesidades de formación y cubrirlas, dando a conocer la importancia de la política energética, las responsabilidades del equipo energético y los beneficios de mejorar el desempeño energético.	Al identificar las necesidades de formación, es necesario elaborar un plan de formación que puede ser integrado a otro sistema de gestión existente, el cual incluya los diferentes programas de formación, tal como cursos, foros o conferencias con su respectivo cronograma; con el fin de generar una cultura laboral comprometida con la gestión de la energía y que permita identificar oportunidades para la mejora del desempeño energético.
4.5.3	Comunicación	La organización debe establecer un proceso para comunicar interna o externamente la información relacionada con su desempeño energético y con su SGEN, con el fin de obtener sugerencias para la mejora del SGEN.	En esta etapa es recomendable trabajar en conjunto con el área de marketing, con el fin de establecer un plan de comunicación que puede ser integrado a otro sistema de gestión, donde se defina la información a comunicar, a quien va dirigida, y los medios de difusión.
4.5.4 Documentación			
4.5.4.1	Requisitos de la documentación	La organización debe establecer, implementar y mantener la información del SGEN, en papel, formato electrónico o cualquier otro medio. Dentro de esta información se encuentra; el alcance y los límites, la política energética, los objetivos, metas y planes de acción, los registros, la línea base, los IDEns,	Entre la documentación del SGEN se encuentra; el manual del SGEN que proporciona una visión conjunta del SGEN, los procedimientos donde se especifican las actividades, los responsables y sus funciones dentro del SGEN, las instrucciones de trabajo que describen la metodología a llevar a cabo para una tarea específica, y los registros que son evidencias de cumplimiento de un procedimiento, de un instructivo de trabajo o del manual del SGEN.

Continuación **Tabla 4.**

Numeral	Requerimiento	Actividades	Recomendaciones
4.5.4.2	Control de los documentos	La organización debe asegurarse que los documentos permanezcan legibles y fácilmente identificables con el fin de revisar y actualizar los documentos según sea necesario	Es recomendable definir una estructura, formato y lugar de almacenamiento que permita una fácil identificación y adecuado control de los documentos. Además, si se cuenta con otro sistema de gestión, se puede utilizar el mismo formato y los mismos tipos de identificación.
4.5.5	Control operacional	La organización debe identificar las operaciones de uso significativo de la energía, y establecer criterios para su eficiente operación y mantenimiento, los cuales deben ser comunicados al personal que trabaja para, o en nombre de la organización.	Los criterios de operación describen el modo y los horarios de funcionamiento de los principales equipos consumidores de energía de las instalaciones consideradas, y los criterios de mantenimiento definen la periodicidad con la que se realizarán las tareas de mantenimiento de estos mismos equipos.
4.5.6	Diseño	La organización debe considerar como oportunidad para mejorar el desempeño energético el diseño de instalaciones nuevas, modificadas o renovadas, de equipos, de sistemas y de procesos. Los resultados de la actividad de diseño deben registrarse.	Cabe aclarar que todos los requisitos y resultados de esta etapa deberán ser registrados y mantenidos con el objetivo de validar que las nuevas actividades no tendrán un impacto negativo en el desempeño energético de la organización.
4.5.7	Adquisición de servicios de energía, productos, equipos y energía	La organización debe definir y documentar especificaciones de adquisición e informar a los proveedores que la adquisición de servicios de energía, productos y equipos serán en parte evaluadas sobre la base del desempeño energético. Además, debe establecer criterios para evaluar el uso y consumo de la energía durante la vida útil planificada o esperada al adquirir productos.	La organización debe estudiar aspectos como la eficiencia energética en los servicios y productos adquiridos, pero no por ello debe seleccionar la opción más eficiente ya que, en muchos casos, la inversión puede ser bastante mayor. La decisión final dependerá de las posibilidades y recursos de cada organización.



Continuación **Tabla 4.**

Numeral	Requerimiento	Actividades	Recomendaciones
<b>4.6 Verificación</b>			
4.6.1	Seguimiento, medición y análisis	La organización debe asegurar que los usos significativos de la energía, los IDEns, los planes de acción, los objetivos y metas y la línea base se sigan, se midan y se analicen a intervalos planificados con el fin de responder a desviaciones significativas del desempeño energético. Debe definirse un plan de medición y asegurar que los equipos usados en el seguimiento y medición proporcionan información exacta. Los resultados de estas actividades deben registrarse	Esta actividad puede ser realizada por personal propio de la organización, así como por empresas externas especializadas. La organización debe asegurarse que los equipos utilizados para el seguimiento y medición sean calibrados. Se aclara que los equipos de medición abarcan desde medidores de la compañía hasta software completo de seguimiento y medición. Los resultados de esta etapa se deben registrar en el manual del SGen.
4.6.2	Evaluación del cumplimiento de los requisitos legales y de otros requisitos	La organización debe evaluar, a intervalos planificados, el cumplimiento de los requisitos legales y otros requisitos que suscriba relacionados con su uso y consumo de la energía. Deben mantenerse registros de las evaluaciones de cumplimiento.	Se hace necesario diseñar e implementar procedimientos que aseguren a la organización dar cumplimiento a los requerimientos legales aplicables. Esta actividad se puede complementar a través del control operacional
4.6.3	Auditoría interna del Sistema de Gestión de la energía.	La organización debe llevar a cabo auditorías internas para asegurar que el SGen cumple con los objetivos y metas energéticas establecidas y con los requisitos de la norma ISO 50001:2011. Se debe desarrollar un plan de auditoría y mantenerse registros de los resultados de las auditorías e informar a la alta dirección.	En el plan de auditoría se establecen las áreas y los procesos que serán revisados, así como la fecha y el equipo auditor. Para realizar el cierre del proceso de Auditoría es necesario revisar los hallazgos detectados, tal como oportunidades de mejora o incumplimiento de los requisitos de su SGen, con el fin de elaborar el informe de auditoría respectivo.
4.6.4	No conformidades, corrección, acción correctiva y acción preventiva	La organización debe identificar las no conformidades reales o potenciales y determinar sus causas para implementar la acción apropiada a la magnitud del problema y asegurar que las no conformidades no ocurran o no vuelvan a ocurrir. Además, se debe evaluar la eficacia de las acciones correctivas o de las acciones preventivas tomadas.	Las no conformidades pueden ser detectadas en el proceso de auditoría o en el proceso de seguimiento y medición.

Continuación **Tabla 4.**

<b>Numeral</b>	<b>Requerimiento</b>	<b>Actividades</b>	<b>Recomendaciones</b>
4.6.5	Control de los registros	La organización debe mantener legibles e identificables los registros que sean necesarios para demostrar la conformidad con los requisitos de su SGE <sub>n</sub> y para demostrar los resultados logrados en el desempeño energético.	Cabe aclarar que en esta etapa los registros deben ser debidamente identificables, por lo cual se recomienda establecer un código de identificación, el nombre del responsable de su aprobación, la fecha de aprobación y el tiempo de conservación del mismo.
<b>4.7 Revisión por la dirección</b>			
4.7.1	Generalidades.		
4.7.2	Información de entrada para la revisión por la dirección.	La información de entrada para la revisión por parte de la dirección incluye la política energética, los requisitos legales y otros, los planes de acción, los resultados de la auditoria, los resultados de seguimiento y medición, el estado de las acciones correctivas y preventivas y las recomendaciones para la mejora del desempeño energético.	El proceso de revisión debe ser completo, utilizando toda la información generada, de manera que, si las informaciones apuntan hacia la necesidad de realizar modificaciones en el sistema, la dirección pueda reflexionar sobre la conveniencia o no de dichas modificaciones.
4.7.3	Resultados de la revisión por la dirección	Los resultados de la revisión por la dirección incluyen cambios en el desempeño energético, cambios en la política energética, cambios en los IDE <sub>n</sub> s, cambios en la asignación de recursos y cambios en los objetivos y metas energéticas.	Se debe registrar las decisiones tomadas de acuerdo con la información revisada por la dirección, con el fin de garantizar el correcto funcionamiento del SGE <sub>n</sub> y su mejora continua.

Fuente: Elaboración propia,

A continuación, se da lugar a la etapa 1B del procedimiento.

### **3.2 Análisis de los modelos y funciones definidos por los estándares ISA-88 e ISA-95**

Los estándares ISA-88 e ISA-95 denominados Control Batch e Integración Sistema Empresa-Control respectivamente, ofrecen la posibilidad de realizar una integración empresarial fácil y confiable mediante un adecuado manejo de los flujos de información, logrando flexibilidad, independencia entre aplicaciones, reducción de costos y un lenguaje común de comunicación (Muñoz, et al., 2007).

El estándar ISA-88 provee modelos y terminología estándar para definir los requerimientos de control para procesos de manufactura Batch<sup>8</sup>, además de promover buenas prácticas para el diseño y operación de procesos sin importar el nivel de automatización de la empresa. La idea principal de ISA-88 es separar el conocimiento del producto, del equipo utilizado (Ivanova, et al., 2009). Entre los modelos más destacados propuestos por este estándar se encuentran; modelo físico, modelo de control de procedimiento, modelo de proceso y modelo de recetas (ISA, 1995).

Por su parte el estándar ISA-95 provee modelos y terminologías que facilitan el intercambio de información entre el nivel de negocios y el de manufactura, buscando una fácil integración de las operaciones durante todo el ciclo de producción, sin tener en cuenta el grado de automatización actual del proceso (Scholten, 2007). Entre los modelos definidos por este estándar se encuentran: el modelo de objetos (ISA, 2001), el modelo funcional de flujo de datos y, el modelo de actividades de administración de operaciones de manufactura (ISA, 2005). Vale la pena señalar que estos modelos *son usados para identificar los posibles flujos de datos dentro de las operaciones de manufactura, detallando que actividades se deberían realizar y los roles asociados a ellas*, de allí el porqué de su unión con los requerimientos de la ISO 50001 y su uso hacia el sector industrial.

Teniendo en cuenta que, en la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca se han realizado trabajos sobre los estándares ISA-88 e ISA-95 (Muñoz, et. al, 2007) (Serna, Vergara, & Flórez, 2011) (Estrada, Perdomo, & Flórez, 2015), en los que se ha estudiado y analizado cada uno de los modelos y funciones que hacen parte de los estándares; y debido al conocimiento que se tiene acerca de este tema en el programa de Ingeniería en Automática Industrial, se considera que no se requiere realizar un nuevo análisis.

---

<sup>8</sup> Procesos Batch: fabricación por lotes, se tiene un punto de inicio y uno de fin. Sigue una serie de pasos, una receta para transformar un número finito de material.

### **3.3 Relación terminológica entre la norma ISO 50001:2011 y los estándares ISA-88 e ISA-95**

Producto de la etapa anterior, a continuación, se realiza un estudio detallado de la parte tres de ISO 50001:2011, denominada Términos y Definiciones, con el fin de analizar y entender la terminología expuesta por la misma, igualmente se analiza la terminología contenida en el estándar ISA-88 parte uno, modelos y terminología, y el ISA-95 en su parte uno, modelos y terminología, y parte tres, modelos de actividades de administración de operaciones de manufactura. En este orden de ideas, se unifican los conceptos de la norma ISO y los estándares mencionados anteriormente, buscando encontrar una relación lógica entre sus términos que permita introducir el uso de las buenas prácticas de los estándares para alcanzar los objetivos de la norma.

A continuación, se presenta en la Tabla 5, los 28 términos expuestos por la norma ISO y su respectiva relación con los estándares ISA.

Téngase en cuenta que, para el desarrollo de la siguiente tabla, algunos términos que no aparecen directamente en la sección de terminologías de los estándares ISA-95 e ISA-88 fueron interpretados de acuerdo con las funciones y actividades que presentan los mismos, orientados hacia procesos de producción, por ejemplo; el término de desempeño energético establecido en la norma ISO puede ser abarcado por el concepto de desempeño de producción definido en el estándar ISA-95, el cual presenta resultados de los recursos consumidos, su uso y su eficiencia durante la elaboración de un producto.

**Tabla 5.** Relación terminológica ISO 50001 – ISA-88 e ISA-95

<b>Conceptos</b>	<b>ISO 50001</b>	<b>ISA 88</b>	<b>ISA 95</b>
<b>Energía</b>	Se refiere a varias formas de energía; electricidad, combustibles, vapor, calor, aire comprimido y otros similares incluyendo la renovable.	Insumo requerido (que se transporta o almacena) para la fabricación de un producto	Insumo utilizado para elaborar productos
<b>Uso de la energía</b>	Forma o tipo de aplicación de la energía	No posee correlación	No posee correlación
<b>Consumo de energía</b>	Cantidad de energía utilizada	No posee correlación	No posee correlación
<b>Eficiencia energética</b>	Es la relación cuantitativa entre los resultados alcanzados y la energía utilizada.	Se relaciona con el termino de eficiencia, el cual es la relación existente entre los indicadores alcanzados y los propuestos	No posee correlación
<b>Desempeño energético</b>	Resultados medibles respecto a la política, objetivos y metas energéticas relacionados con la eficiencia energética, el uso de la energía y el consumo de la energía.	No posee correlación	Se relaciona con desempeño de producción, el cual proporciona resultados medibles sobre los equipos, materiales, personal y energía que se utilizó para la fabricación de un producto.
<b>Organización</b>	Compañía, corporación, firma, empresa, autoridad o institución, o parte o combinación de ellas, sean o no sociedades, pública o privada, que tiene sus propias funciones y administración y que tiene autoridad para controlar su uso y su consumo de la energía.	Denominada Empresa; la cual es una organización que coordina el funcionamiento de uno o más sitios.	Denominada Empresa; la cual es cualquier organización de negocios con una misión definida.
<b>Política energética</b>	Declaración por parte de la organización de sus intenciones generales y la dirección en relación con su desempeño energético, formalmente expresada por la alta dirección.	No posee correlación	No posee correlación
<b>Objetivo energético</b>	Resultado o logro especificado para cumplir con la política energética de la organización y relacionado con la mejora del desempeño energético.	No posee correlación	No posee correlación

Continuación **Tabla 5.**

<b>Conceptos</b>	<b>ISO 50001</b>	<b>ISA 88</b>	<b>ISA 95</b>
<b>Meta energética</b>	Requisito detallado y cuantificable del desempeño energético, aplicable a la organización o parte de ella, que tiene origen en los objetivos energéticos y que es necesario establecer y cumplir para alcanzar dichos objetivos.	No posee correlación	No posee correlación
<b>Uso significativo de la energía</b>	Uso de la energía que ocasiona un consumo sustancial de energía y/o que ofrece un potencial considerable para la mejora del desempeño energético, según lo determine la organización.	No posee correlación	No posee correlación
<b>Servicios energéticos</b>	Son las actividades y sus resultados relacionados con el suministro y/o uso de la energía.	No posee correlación	No posee correlación
<b>Procedimiento</b>	Forma especificada de llevar a cabo una actividad o proceso, los cuales pueden estar documentados o no.	Estrategia para llevar a cabo un proceso.	Son instrucciones específicas para realizar una actividad
<b>Sistema de Gestión de la Energía (SGEn)</b>	Conjunto de elementos interrelacionados mutuamente o que interactúan para establecer una política y objetivos energéticos, y los procesos y procedimientos necesarios para alcanzar dichos objetivos	No posee correlación	No posee correlación
<b>Límites</b>	Límites físicos o de lugar y/o límites organizacionales tal y como los define la organización.	Hace referencia a las diferentes limitaciones que poseen los recursos, recetas y procesos.	No posee correlación
<b>Alcance</b>	Se refiere a la extensión de actividades, instalaciones y decisiones cubiertas por la organización a través del SGEn, que puede incluir varios límites.	Hace referencia a las tareas finitas diseñadas para llevar a cabo un proceso de fabricación.	No posee correlación
<b>Alta dirección</b>	Persona o grupo de personas que dirige y controla una organización al más alto nivel.	No posee correlación	Hace referencia al nivel 4, donde se define las actividades relacionadas con los negocios necesarios para manejar una organización de manufactura.

Continuación **Tabla 5.**

<b>Conceptos</b>	<b>ISO 50001</b>	<b>ISA 88</b>	<b>ISA 95</b>
<b>Equipo de gestión de la energía</b>	Persona(s) responsable(s) de la implementación eficaz de las actividades del sistema de gestión de la energía y de la realización de las mejoras en el desempeño energético.	No posee correlación	Se relaciona con la información del modelo de personal presentada por el estándar
<b>Parte interesada</b>	Persona o grupo que tiene interés, o está afectado por el desempeño energético de la organización.	No posee correlación	Se relaciona con la información del modelo de personal presentada por el estándar
<b>Línea de base energética</b>	Refleja un período específico de referencia que proporciona la base para la comparación antes y después de implementar las acciones de mejora del desempeño energético.	No posee correlación	No posee correlación
<b>Indicador de desempeño energético (IDEn)</b>	Valor cuantitativo o medida del desempeño energético tal como lo defina la organización.	Se relaciona con los Indicadores clave de desempeño (KPIs) los cuales detallan el funcionamiento del proceso de fabricación.	Se relaciona con los Indicadores clave de desempeño (KPIs) los cuales brindan información sobre el rendimiento de la producción con el fin de ser analizados para la toma de decisiones futuras.
<b>Revisión energética</b>	Determinación del desempeño energético de la organización basada en datos y otro tipo de información, orientada a la identificación de oportunidades de mejora.	Se relaciona con el historial de lotes, el cual proporciona la información perteneciente a un lote de producción para el respectivo análisis de procesos y esfuerzos de mejora continua.	Se relaciona con la actividad de análisis de Rendimiento de Producción, donde se analiza e informa el trabajo realizado para mejoramientos o correcciones
<b>Auditoría interna</b>	Proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencia y evaluarla de manera objetiva con el fin de determinar el grado en que se cumplen los requisitos.	No posee correlación	Se relaciona con la parte de aseguramiento de la calidad donde se certifica que el producto o servicio esté en óptimas condiciones para ser consumido y/o utilizado.
<b>Mejora continua</b>	Proceso recurrente que tiene como resultado una mejora en el desempeño energético y en el sistema de gestión de la energía.	Actividad permanente que proporciona la mejora de procesos de producción	Actividad de análisis que proporciona el mejoramiento y optimización de los procesos.

Continuación **Tabla 5.**

<b>Conceptos</b>	<b>ISO 50001</b>	<b>ISA 88</b>	<b>ISA 95</b>
<b>No conformidad</b>	Incumplimiento de un requisito	Incumplimiento de los requerimientos de producción o su incompleto desarrollo.	Incumplimiento de los requerimientos, lo cual afecta el óptimo flujo de información entre las funciones de la empresa, incapacitando la toma de decisiones.
<b>Corrección</b>	Acción tomada para eliminar una no conformidad detectada	Acción que permite mantener un estado específico de los equipos y procesos	Acción tomada para eliminar una desviación o falla en el proceso de fabricación
<b>Acción correctiva</b>	Acción para eliminar la causa de una no conformidad detectada con el fin de prevenir que se vuelva a producir.	Acción que permite mantener un estado específico de los equipos y procesos después de dada la respuesta de control.	Acción tomada sobre una desviación o falla en el proceso de fabricación, con el fin de eliminar su causa.
<b>Acción preventiva</b>	Acción para eliminar la causa y prevenir la ocurrencia de una no conformidad potencial.	No posee correlación	Son actividades de chequeo para prevenir posibles fallas o desviaciones en el proceso de fabricación.
<b>Registro</b>	Documento que presenta resultados obtenidos o proporciona evidencia de actividades desempeñadas, puede utilizarse, por ejemplo, para documentar la trazabilidad y para proporcionar evidencia de verificaciones, acciones preventivas y acciones correctivas.	Denominados reportes, los cuales son documentos que recolectan información de uno o más lotes de producción	Son documentos donde se concentra la información de procesos, equipos, materiales, personal, energía o cualquier tipo de recurso.

Fuente. Elaboración propia



Concluido el análisis de los términos de la norma y su relación con los estándares, es posible detallar que la terminología de la norma ISO 50001:2011 presenta una visión estratégica orientada a la planificación y gestión de la energía, por lo cual, es posible inferir su compatibilidad con el estándar ISA-95, dado que éste se encamina hacia los niveles de operaciones de manufactura y, planificación de negocios y logística dentro de la pirámide de automatización. Caso contrario sucede con el estándar ISA-88, debido a su orientación en los niveles 0, 1 y 2 de esta pirámide (Scholten, 2007); sin embargo, considerando que el modelo a desarrollar es dirigido al sector productivo, los modelos y términos establecidos por este estándar funcionan como complemento para el desarrollo del presente proyecto.

### **3.4 Relación estructural entre la norma ISO 50001:2011 y los estándares ISA-88 e ISA-95**

La norma ISO 50001:2011 expone en su parte cuatro los requerimientos para implementar un SGEN, resaltando la importancia del compromiso con la gestión de la energía por parte de la alta dirección y de todos los niveles de la organización, los cuales permiten una adecuada operación y la mejora continua del Sistema, por lo tanto, para una correcta implementación de un SGEN se debe conectar la visión organizacional con las actividades desarrolladas diariamente por la empresa. De acuerdo lo anterior, se relaciona la norma enfocada hacia los sistemas de gestión, y los estándares encaminados a procesos físicos de producción y a la integración empresa-control.

Para el desarrollo de esta actividad se identifican los requerimientos establecidos por la norma ISO, y se analiza su posible relación con los modelos y funciones definidos por los estándares ISA-88 e ISA-95, con el fin de encontrar las bases para la construcción de un modelo de SGEN desde un enfoque de integración empresarial, de tal manera que se mejoren los flujos de información de la empresa, integrando los procesos productivos y la administración y control de los mismos para la oportuna toma de decisiones con respecto a la mejora del desempeño energético.

A continuación, se presenta en la Tabla 6 los requerimientos de la norma ISO 50001:2011 y su respectiva relación con los modelos y funciones expuestos por los estándares ISA, se aclara que estos últimos funcionan como herramienta para el cumplimiento de los requisitos de la ISO 50001.

**Tabla 6.** Relación Estructural ISO 50001 – ISA-88 e ISA-95

Requisitos de un SGE		Relación con modelos y/o funciones ISA-88 e ISA-95
<b>4.1</b>	Requisitos generales	
<b>4.2 Responsabilidad de la dirección</b>		
<b>4.2.1</b>	Alta dirección	Para obtener el Alcance y Límites del SGE se observa la utilidad de los siguientes modelos propuestos por ISA-88 e ISA-95: modelo de procesos, modelo de personal y modelo de equipos, ya que estos permiten conocer a nivel de detalle necesario cómo funciona la organización
<b>4.2.2</b>	Representante de la dirección	Del estándar ISA-95 se relaciona con el modelo de personal, ya que este proporciona información del personal de la organización; definiendo sus competencias y habilidades específicas.
<b>4.3</b>	Política energética	Posee relación indirecta con los estándares debido a que en su elaboración se incluye el Alcance y Límites del SGE.
<b>4.4 Planificación energética</b>		
<b>4.4.1</b>	Generalidades	
<b>4.4.2</b>	Requisitos legales y otros requisitos	Del estándar ISA-95 se relaciona con el modelo personal, ya que este es útil a la hora de identificar quién es la persona más idónea la cual permita conocer a que requisitos legales se suscribe su proceso de producción.
<b>4.4.3</b>	Revisión energética	Del modelo funcional de flujo de datos definido por el estándar ISA-95 se relaciona con la función de control de material y energía ya que allí se realizan actividades que permiten calcular y reportar la utilización de energía en los sectores de la organización. Además, para la identificación de las fuentes de energía utilizadas en la organización se hace necesario el uso del modelo de equipos presentado por ISA-95. Así mismo, el modelo de desempeño de producción se usa para verificar qué equipos se usaron en producción y por cuánto tiempo para así obtener los usos y consumos de cada fuente que no pueda ser cubierta por la función de Control de material y energía. También, para la identificación la Oportunidades de Mejora se requiere tener en cuenta el modelo de proceso de ISA-88, de este modo se controla que estas oportunidades sean factibles de implementar en el área de producción.
<b>4.4.4</b>	Línea de base energética	Del modelo de actividades de administración de operaciones de producción del estándar ISA-95 se relaciona con los datos históricos de recursos de la actividad recolección de datos de producción, ya que se cuenta con información que permite recolectar datos de producción en un periodo de tiempo específico.
<b>4.4.5</b>	Indicadores de desempeño energético	Del modelo de actividades de administración de operaciones de producción definido por el estándar ISA-95 en su parte 3 se relaciona con la actividad análisis del desempeño de producción, ya que en esta actividad se especifica que se necesita para crear indicadores apropiados de producción, permitiendo establecer correctamente los IDEs

Continuación **Tabla 6.**

<b>Requisitos de un SGE</b>		<b>Relación con modelos y/o funciones ISA-88 e ISA-95</b>
<b>4.4.6</b>	Objetivos energéticos, metas energéticas y planes de acción para la gestión de la energía.	Para asignar las responsabilidades en la ejecución del plan de acción se observa la utilidad del modelo de personal del estándar ISA-95. Asimismo, para el establecimiento de las metas energéticas, el modelo de equipos permite detallar las características de cada equipo y además identificar posibles actualizaciones o mejores prácticas de funcionamiento.
<b>4.5 Implementación y operación</b>		
<b>4.5.1</b>	Generalidades	
<b>4.5.2</b>	Competencia, formación y toma de conciencia	Del estándar ISA-95 se relaciona con el modelo de personal, ya que proporciona información del personal definiendo sus competencias y habilidades específicas, lo cual facilita la identificación de las necesidades de formación y su relación con el uso, consumo y desempeño energético.
<b>4.5.3</b>	Comunicación	No poseen relación con las funcionalidades y/o modelos del estándar
<b>4.5.4 Documentación</b>		
<b>4.5.4.1</b>	Requisitos de la documentación	No poseen relación con las funcionalidades y/o modelos del estándar
<b>4.5.4.2</b>	Control de los documentos	Del modelo de actividades de control definido por el estándar ISA-88 se relaciona con administración de la información ya que esta actividad se encarga de adquirir, almacenar, procesar y reportar la información de producción.
<b>4.5.5</b>	Control operacional	Para elaborar los criterios de operación se relaciona con la actividad de control de producción definido por el estándar ISA-95 en el modelo funcional de flujo de datos, ya que esta actividad permite crear procedimientos estándares de operación (SOP's), además con el modelo de equipos de ISA-95 y el modelo de procesos de ISA-88. Con respecto a los criterios de mantenimiento; se relaciona con la actividad de administración de mantenimiento del estándar ISA-95 con el fin de establecer programas eficaces de mantenimiento y diagnóstico, para así evitar fallas en los equipos. Así mismo para elaborar los instructivos de trabajo se requiere del modelo de personal de ISA-95.
<b>4.5.6</b>	Diseño	Del modelo funcional de flujo de datos definido por el estándar ISA-95 se relaciona con Investigación, desarrollo e ingeniería ya que en esta actividad se especifican los requerimientos de proceso que deben de ser cumplidos en todas las etapas de diseño
<b>4.5.7</b>	Adquisición de servicios de energía, productos, equipos y energía	Del modelo funcional de flujo de datos definido por el estándar ISA-95 se relaciona con la función de adquisición, ya que se generan solicitudes para la compra de materiales y energía.

Continuación **Tabla 6.**

<b>Requisitos de un SGE</b>		<b>Relación con modelos y/o funciones ISA-88 e ISA-95</b>
<b>4.6 Verificación</b>		
<b>4.6.1</b>	Seguimiento, medición y análisis	Debido a que en este punto es necesaria la medición del desempeño energético, el modelo de proceso de ISA-88 permite identificar el consumo energético de cada uno de los procesos realizados en la organización
<b>4.6.2</b>	Evaluación del cumplimiento de los requisitos legales y de otros requisitos	No poseen relación con las funcionalidades y/o modelos del estándar
<b>4.6.3</b>	Auditoría interna del Sistema de Gestión de la energía.	Para la ejecución de este requerimiento se hace necesario contar con datos históricos de recursos, por lo cual se relaciona con la actividad recolección de datos de producción definido en el modelo de actividades de administración de operaciones de producción del estándar ISA-95, además se requiere del modelo de personal de ISA-95 y del modelo de procesos de ISA-88 con el fin de crear el equipo auditor y establecer las áreas a ser auditadas, respectivamente.
<b>4.6.4</b>	No conformidades, corrección, acción correctiva y acción preventiva	Del modelo de actividades de administración de operaciones de producción del estándar ISA-95 se relaciona con la actividad recolección de datos de producción, ya que para analizar las causas de las no conformidades es necesario hacer uso de los datos históricos de recursos.
<b>4.6.5</b>	Control de los registros	Del modelo de actividades de control definido por el estándar ISA-88 se relaciona con administración de la información ya que la información de producción debe ser almacenada, procesada y reportada.
<b>4.7 Revisión por la dirección</b>		
<b>4.7.1</b>	Generalidades.	
<b>4.7.2</b>	Información de entrada para la revisión por la dirección.	No poseen relación con las funcionalidades y/o modelos del estándar
<b>4.7.3</b>	Resultados de la revisión por la dirección	No poseen relación con las funcionalidades y/o modelos del estándar

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se observa que la mayoría de los requerimientos de la norma ISO 50001:2011 pueden ser ejecutados haciendo uso de los modelos y funciones definidos por los estándares ISA-88 e ISA-95, exceptuando algunos casos en que esto no es posible debido a su falta de correlación lógica; por ejemplo, el requerimiento de Información de entrada para la revisión por la dirección, y el de Comunicación; donde su objetivo es describir aspectos muy específicos necesarios para el funcionamiento del SGEN y su temática es completamente diferente a la razón de los estándares. Sin embargo, se observa que “los procedimientos esenciales para observar y mejorar el desempeño energético (...)” identificados por (De Laire, 2013), tienen relación con los estándares, esto indica que los modelos y funciones definidos por la ISA aplican a los requerimientos de la ISO 50001 centrados en la gestión de la energía SGEN.

### **3.5 Conclusión**

El presente capítulo evidenció la inclusión de estándares para la integración empresarial en la implementación de los SGEN, gracias a un profundo análisis de conceptos se logra incorporar la administración y control de los procesos productivos a la mejora del desempeño energético en el sector industrial; alcanzando la correspondencia lógica de los términos, requerimientos, modelos y funciones definidos por la norma ISO 50001:2011 y los estándares ANSI/ISA, lo cual brinda herramientas para optimizar los flujos de información y la toma de decisiones en el proceso de implementación y posterior funcionamiento del SGEN.

# Capítulo 4

## Modelo formal para la implementación de un SGen en el sector industrial.

### Introducción

El objetivo del presente capítulo es formalizar un modelo para la implementación de un SGen en el sector industrial, cumpliendo con las etapas tres, cuatro, cinco y seis del procedimiento propuesto en el capítulo 2. Para ello se hace necesario definir la cadena de valor del proceso para la implementación del SGen, demostrando la correspondencia con cada uno de los requerimientos de la norma ISO 50001. Luego se procede a la creación del modelo estructural y dinámico, para los cuales se estudia la técnica bajo la que serán desarrollados, y por último se cuenta con la evaluación del modelo donde se analizan sus propiedades dinámicas.

### 4.1 Cadena de valor

Para la identificación, clasificación y representación gráfica de los procesos de negocio para implementar un SGen en el sector industrial, es necesario establecer su cadena de valor (Diaz, et. al, 2014); donde en el presente trabajo, facilita la determinación de las actividades que soportan el proceso.

La cadena de valor es una herramienta de análisis, estructurada y lineal, para la planeación estratégica de los negocios. Debido a la exigencia del mercado y la complicada posibilidad en las empresas de contar con una ventaja competitiva sostenible; Michael Porter en su libro “Competitive Advantage” (1985) fue el primero en plantear la idea de cadena de valor para representar como se acumula el valor del cliente a lo largo de una cadena de actividades que conducen a un producto o servicio final (Alonso, 2008). El autor describe la cadena de valor como el proceso interno o las actividades que desempeña una compañía para diseñar, producir, comercializar, entregar y respaldar un producto. Si bien la cadena de valor tiene sus deficiencias como las mostradas por Marcelo Barrios en su libro Modelo de Negocio, ya que esta “es muy estática, lineal y no muestra relaciones entre las actividades primarias y las actividades de apoyo”; cuenta con gran relevancia para el presente trabajo, ya que permite dar un primer acercamiento al proceso de implementación de un SGen basado en la ISO 50001, lo cual facilitará el desarrollo de los modelos estructural y dinámico.

La cadena de valor que fue diseñada para representar el proceso de implementación, cumple con cada uno de los requerimientos presentados por la norma ISO 50001:2011; dicha cadena de valor es indicada en la Figura 10. Así mismo, en la Tabla 7 se detallan los eslabones que componen el

proceso para implementar un SGE en el sector industrial, con sus respectivas actividades y correspondencia con la norma de estudio.

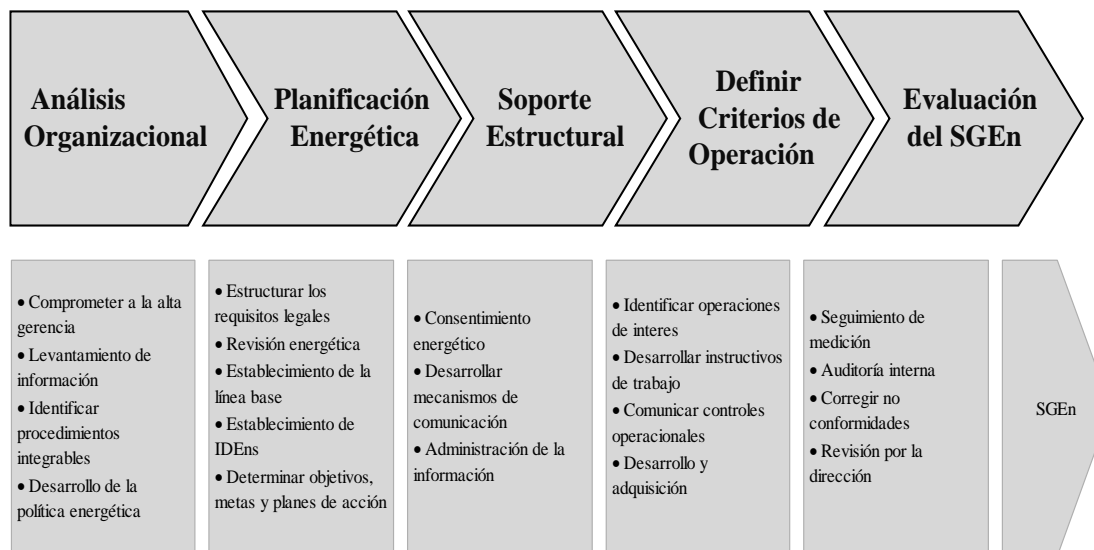


Figura 10. Cadena de Valor  
Fuente: Elaboración propia, Agosto 2016

Esta herramienta permite especificar los diferentes subprocesos para implementar un SGE. Localizándose de izquierda a derecha se observa:

- **Análisis Organizacional:** en este eslabón se realizan principalmente dos actividades; (1) comprometer a la alta dirección, quien garantiza la efectividad del SGE, asegurando la disponibilidad de los recursos para implementar y mejorar el SGE; y (2) realizar la identificación y análisis de los sistemas de gestión ya implementados en la organización, para así lograr detallar cómo se aborda la gestión de la energía en el desempeño energético, con el fin de aprovechar elementos existentes del sistema de gestión implantado y enfocarse en los requerimientos que son propios de la gestión de la energía.
- **Planificación energética:** es la etapa clave en la Implementación del SGE, ya que producto de ella se genera el escenario de comparación de los resultados obtenidos por el SGE, las medidas cuantificables con las que será medido el desempeño energético y las oportunidades de mejoras que son posibles de alcanzar gracias a este sistema.
- **Soporte Estructural:** esta actividad tiene como objetivo promover la realización de tareas que garantizan la connotación sistemática a la gestión de la energía.
- **Definir Criterios de Operación:** define los criterios con los que la empresa deberá operar en el marco del SGE, manteniendo siempre como foco el desempeño energético. Estos criterios también incluyen el desarrollo de nuevos proyectos, actividades o instalaciones y la manera en que se debe realizar su proceso de adquisición en caso de ser necesario.
- **Evaluación del SGE:** dado que la estructura de la norma ISO 50001 se fundamenta en el concepto de mejora continua, es necesario contar con un sub-proceso que permita analizar

los resultados obtenidos por el SGEN con el fin de fortalecer el desempeño energético y conducir al SGEN hacia una ruta de madurez. Por lo que, en esta actividad, en primer lugar, se implementan los controles y sistemas de información que permitan a la organización realizar un seguimiento de su desempeño energético y, además detectar las desviaciones en que se estén incurriendo. Seguido a esto, se establecen los métodos de vigilancia sistemática que aseguren que el SGEN funciona de acuerdo con lo planeado y definido por la organización, cumpliendo los requerimientos de la ISO 50001. Esto permite en última instancia que la alta dirección realice revisiones periódicas para asegurar que el SGEN es adecuado a la organización y efectivo en su ejecución.

**Tabla 7.** Actividades del proceso para implementar un SGEN

PROCESO	SUBPROCESO	ACTIVIDAD	CORRESPONDENCIA
<b>Implementar SGEN en el sector industrial</b>	Análisis Organizacional	Comprometer a la Alta Gerencia	Este subproceso cumple con los requerimientos 4.2 y 4.3 presentados en la norma ISO 50001
		Levantamiento de Información	
		Identificar Procedimientos Integrables	
		Desarrollo de la Política Energética	
	Planificación Energética	Estructurar los Requisitos Legales	Este subproceso cumple con el requerimiento 4.4 presentado en la norma ISO 50001
		Revisión Energética	
		Establecimiento de la Línea Base	
		Establecimiento de IDens	
		Determinar Objetivos, Metas y Planes de Acción	
	Soporte Estructural	Consentimiento Energético	Este subproceso cumple con los requerimientos 4.5.2, 4.5.3 y 4.5.4 presentados en la norma ISO 50001
		Desarrollar Mecanismos de Comunicación	
		Administración de la Información	
	Definir Criterios de Operación	Identificar Operaciones de Interés	Este subproceso cumple con los requerimientos 4.5.5, 4.5.6 y 4.5.7 presentados en la norma ISO 50001
		Desarrollar Instructivos de Trabajo	
		Comunicar Controles Operacionales	
		Desarrollo y Adquisición	
	Evaluación del SGEN	Seguimiento y Medición	Este subproceso cumple con los requerimientos 4.6 y 4.7 presentados en la norma ISO 50001
		Auditoría Interna	
		Corregir No Conformidades	
Revisión por la Dirección			

Fuente: Elaboración propia







Del análisis realizado a las actividades y sub procesos propuestos en la cadena de valor, y a su correspondencia con la ISO 50001:2011, es posible precisar parte de la estructura de las vistas funcional y dinámica del modelo para la implementación del SGEN, de ahí uno de los beneficios de usar esta herramienta para la creación de los modelos. Con ello se finaliza la tercera fase del procedimiento propuesto para el desarrollo del presente proyecto. Por lo cual se procede a la realización del modelo estructural para la implementación de un SGEN.

#### 4.2 Modelo estructural







El modelado estructural entrega una visión estática de un sistema dinámico; mostrando la organización del sistema, e identificando las interacciones y los flujos de información entre los objetos que existen en el mismo (Rumbaugh, et al., 2000), además de determinar que recursos y elementos son necesarios y/o usados durante la ejecución del proceso (Díaz, et al., 2014).

Por lo cual, antes de la modelización de la estructura del proceso de implementación de un SGEN, deben de ser identificados los flujos de información desde y hacia cada uno de los eslabones presentados en la Figura 10, para esto se hace necesario la revisión lógica de la norma ISO 50001, de las guías de implementación presentadas en el estado del arte y de la Tabla 6 del capítulo 3. Como resultado de este proceso se identificó la información presentada en la Tabla 8.

**Tabla 8.** Flujos de información del proceso de implementación de SGEN

Proceso		Información	Argumento
Implementar SGEN en el sector industrial		Análisis Organizacional a. Modelo de procesos b. Modelo de objeto de recurso c. Manuales de Sistemas de gestión d. Requisitos Legales	Para la fijación del alcance y los límites del SGEN se hace necesario contar con conocimiento en el área de producción de la organización, los equipos y el personal. Para conocer si existen sistemas de gestión ya implementados y para el desarrollo de la política energética.
		a. Alcance y límites del SGEN b. Representante alta dirección c. Equipo Energético d. Elementos integrables e. Política Energética	Documentos de obligatorio cumplimiento a la ISO 50001, a excepción de d. que se identifica para que la implementación del SGEN sea lo más eficiente posible.
		Planificación Energética a. Normativa de desempeño energético b. Modelo de desempeño de producción c. Política Energética d. Modelo de equipos e. Datos históricos de recurso f. Presupuesto del SGEN	Para la obtención de los requisitos legales a los que aplica la organización es necesario contar con la legislación energética del país. Para conocer los usos y consumos y las oportunidades de mejora se necesita saber en qué se ha gastado la energía y quien la ha consumido, todo esto dentro de los lineamientos de c. Conocer los históricos permite la creación de la línea base, así como saber cuánto es posible gastar para el SGEN permite determinar los planes de acción
		a. Procedimiento de cumplimiento de requisitos legales b. Requisitos legales c. Usos y consumos de energía	Documentos de obligatorio cumplimiento a la ISO 50001, a excepción de los requisitos legales, los cuales permiten enfocar la revisión energética y así evitar futuras sanciones.

Continuación Tabla 8.

Proceso		Información	Argumento
		d. Oportunidades de mejora e. Línea base f. IDEns <sup>9</sup> a. Plan de acción	
		Soporte Estructural b. Plan de acción c. Modelo de personal d. Política Energética e. Plan de administración de información de producción	Para la concientización del personal en la eficiencia energética, es necesario contar con el documento que especifique cual es el plan a seguir, ahora en caso de la definición de los formatos de toda la documentación del SGen se cuenta con d. que expresa cómo debe ser su desarrollo
		a. Objetivos de mejora identificados por el personal b. Plan de comunicación c. Formato de documentos d. Manual del SGen	Documentos de obligatorio cumplimiento a la ISO 50001, en el caso de las oportunidades de mejora se usan para el desarrollo de la revisión energética
		Definir Criterios de Operación a. Usos y consumos energéticos b. Modelo de procesos c. Procedimiento de cumplimiento de requisitos legales d. Política Energética e. Plan de acción f. Modelo de equipos g. IDEns h. Modelo de personal	Para la identificación de las operaciones de interés se contrasta a. y b.; para el desarrollo de los instructivos de trabajo se debe de tener en cuenta los documentos de c. hasta g. y en el caso de a. quién comunicar los controles operacionales, h. surge como herramienta útil.
		a. Operaciones de uso significativo de la energía b. Instructivos de trabajo c. Informe de especificaciones técnicas d. Recomendación a seguir	Documentos de obligatorio cumplimiento a la ISO 50001, en caso de d. debe de existir debido a que se debe aconsejar a quien corresponda si el diseño o adquisición se enmarca a lo planteado en los planes de acción
		Evaluación del SGen a. Línea base b. IDEns c. Plan de acción d. Objetivos y metas energéticas e. Programa de acciones correctivas f. Programa de acciones preventivas	Para el seguimiento y medición del SGen es necesario contar con a., b. y c.; las auditorías energéticas que se realicen deben de tener claro d. de la organización; en el caso de la corrección de las no conformidades se debe consultar la existencia de e. y f.
		a. Matriz de seguimiento b. Desviaciones del desempeño energético c. Informe de auditoría d. No conformidades identificadas e. Ajustes al SGen	Documentos de obligatorio cumplimiento a la ISO 50001, a. y b. son las evidencias de la actividad de seguimiento y medición; e. son realizados cuando la alta dirección revise el estado del SGE

<sup>9</sup> IDEns: Indicadores de desempeño energético

En la tabla anterior se detalla parte de la información intercambiada entre cada una de las actividades que se definieron para la implementación del SGEN, debido a que esta es conocida completamente por medio de la realización del modelo estructural; el cual representa gráficamente el comportamiento general del proceso.

Se procede al desarrollo del modelo estructural, para lo cual se debe de realizar en primera instancia la selección de la herramienta de modelado. Entre las herramientas de modelado estructural es posible encontrar los modelos de clases y modelos de objetos estandarizados por UML, los diagramas de flujo de datos - DFD y los modelos IDEF0. Como resultado del estudio de la literatura encontrada; (Viñas & Gento, 2015), (Sanchis, et al., 2009), (Diaz, et al., 2014), se optó por utilizar para el desarrollo del presente proyecto la herramienta IDEF0. *Integration Definition for Function Modeling* (IDEF), fundamentando su elección de acuerdo con las siguientes características (Presley & Liles, 1998):

- Es un lenguaje simple, con una sintaxis estricta que proporciona información rigurosa y precisa.
- Las actividades u operaciones que forman parte de un sistema las representa de forma estructurada y jerárquica.
- Permite una vista general del proceso, lo cual facilita el análisis e identificación de puntos de mejora.
- Se puede realizar basándose en la cadena de valor representativa del proceso de negocio.
- Dado que es una herramienta de comunicación, permite la participación de los diferentes usuarios del sistema para una adecuada toma de decisiones.
- Existe software que facilita la representación de modelos IDEF.

El modelo estructural desarrollado está basado en los formalismos definidos por esta herramienta, para su estudio favor remitirse a (NIST, 1993).

#### **4.2.1 Representación estructural del proceso para implementar un SGEN en el sector industrial.**

A continuación, se presentan los diagramas IDEF0 gráfico, de glosario y textual para el proceso de implementación del SGEN, estos diagramas son basados en los eslabones de la cadena de valor identificada anteriormente (ver Figura 10), en los flujos de información de la Tabla 8 y en la relación estructural presentada en la Tabla 6 del capítulo anterior; de esta manera se garantiza que la implementación del SGEN representada en el modelo estructural, sea verídica con lo exigido por la ISO 50001:2011 y alineada a la noción integración empresarial.

Se aclara que los diagramas IDEF0 de nivel tres se encuentran en el anexo B literal B.2. Para una mejor comprensión de los Diagramas Contextuales se ha optado por la creación de su índice de nodos y diagrama textual (NIST, 1993), para su revisión remitirse al anexo B, literal B.1. y B.3., respectivamente.

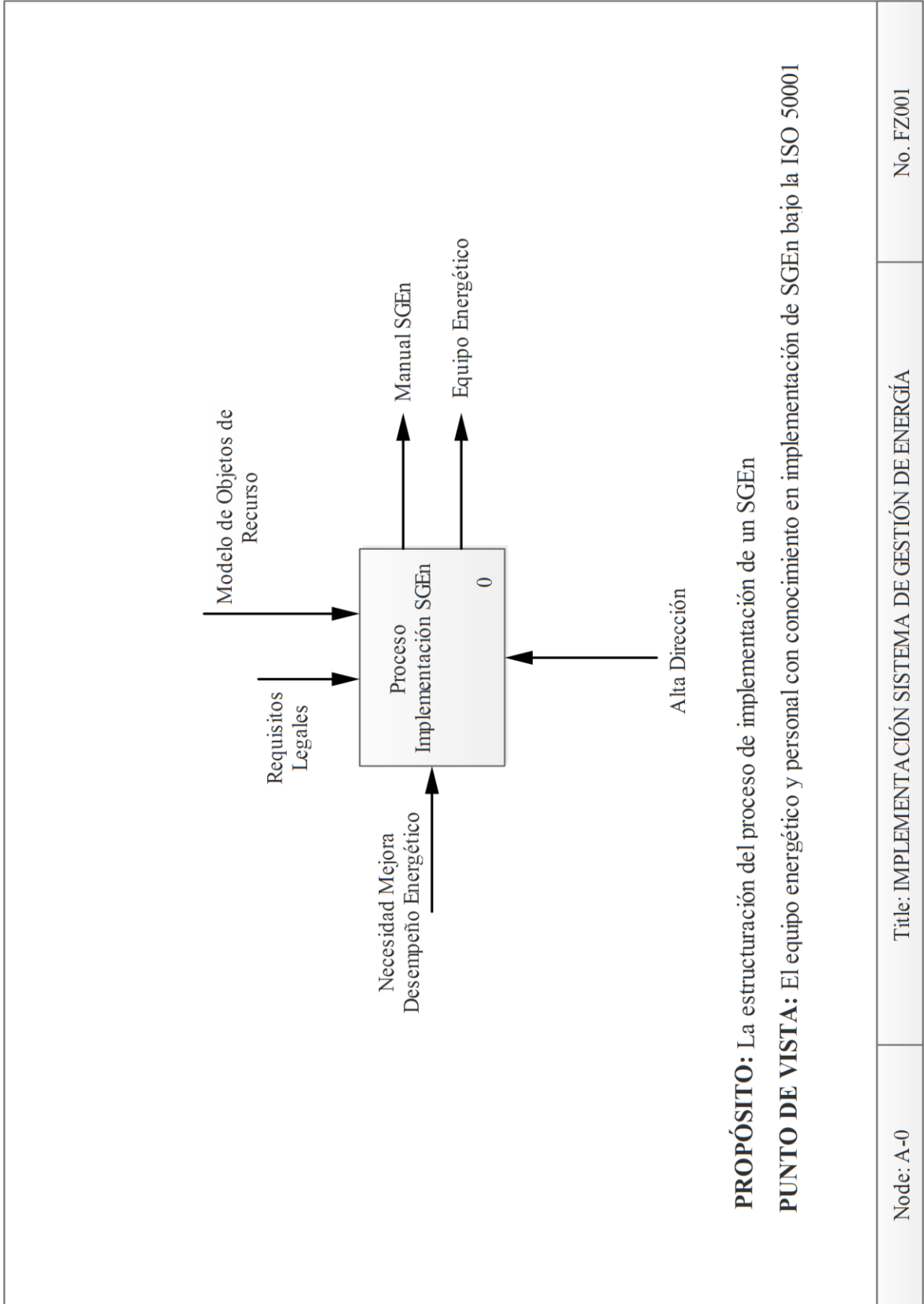


Figura 11. Diagrama de nivel superior

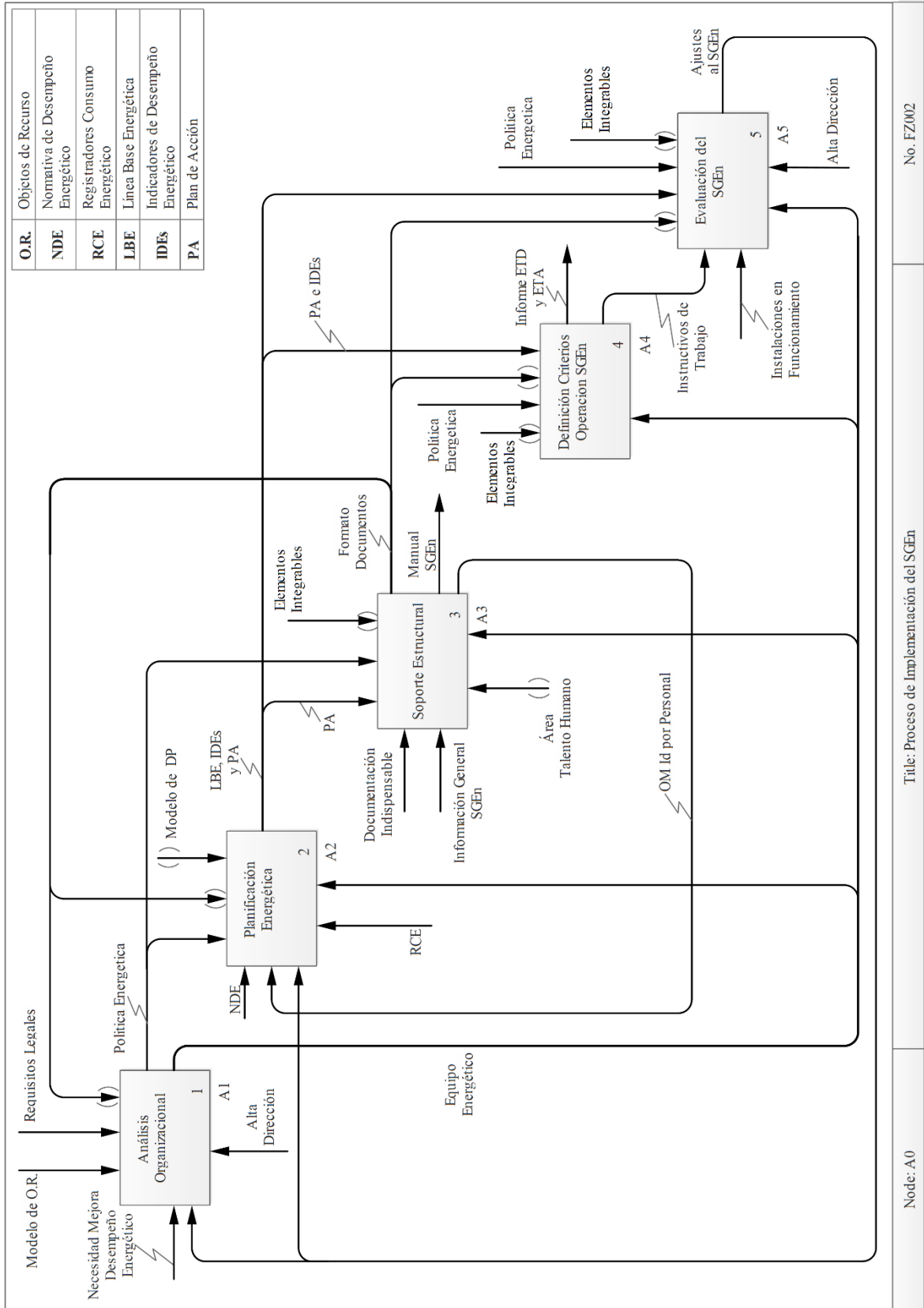


Figura 12. Vista general proceso de implementación del SGEn

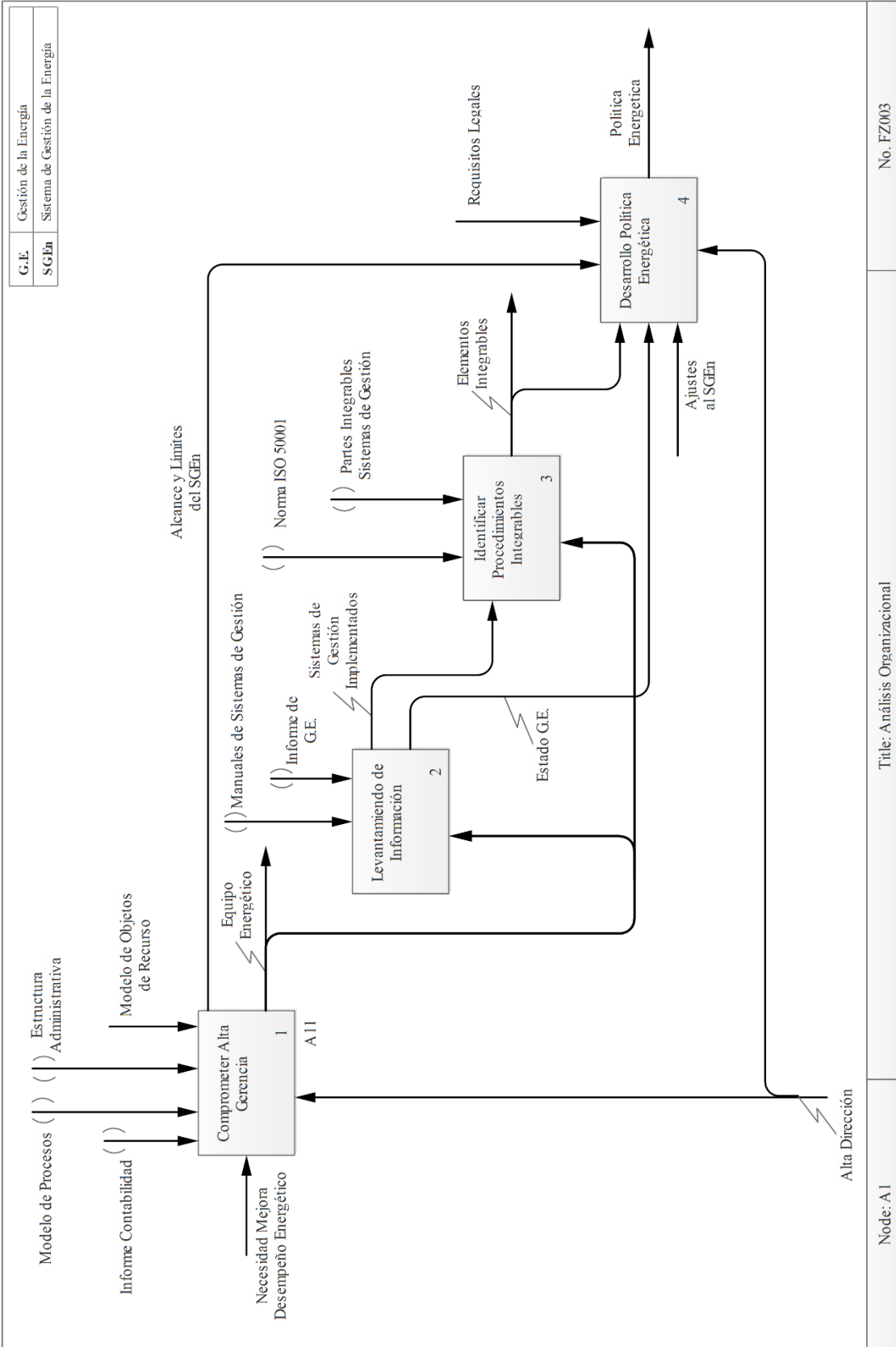


Figura 13. Etapa de Análisis Organizacional

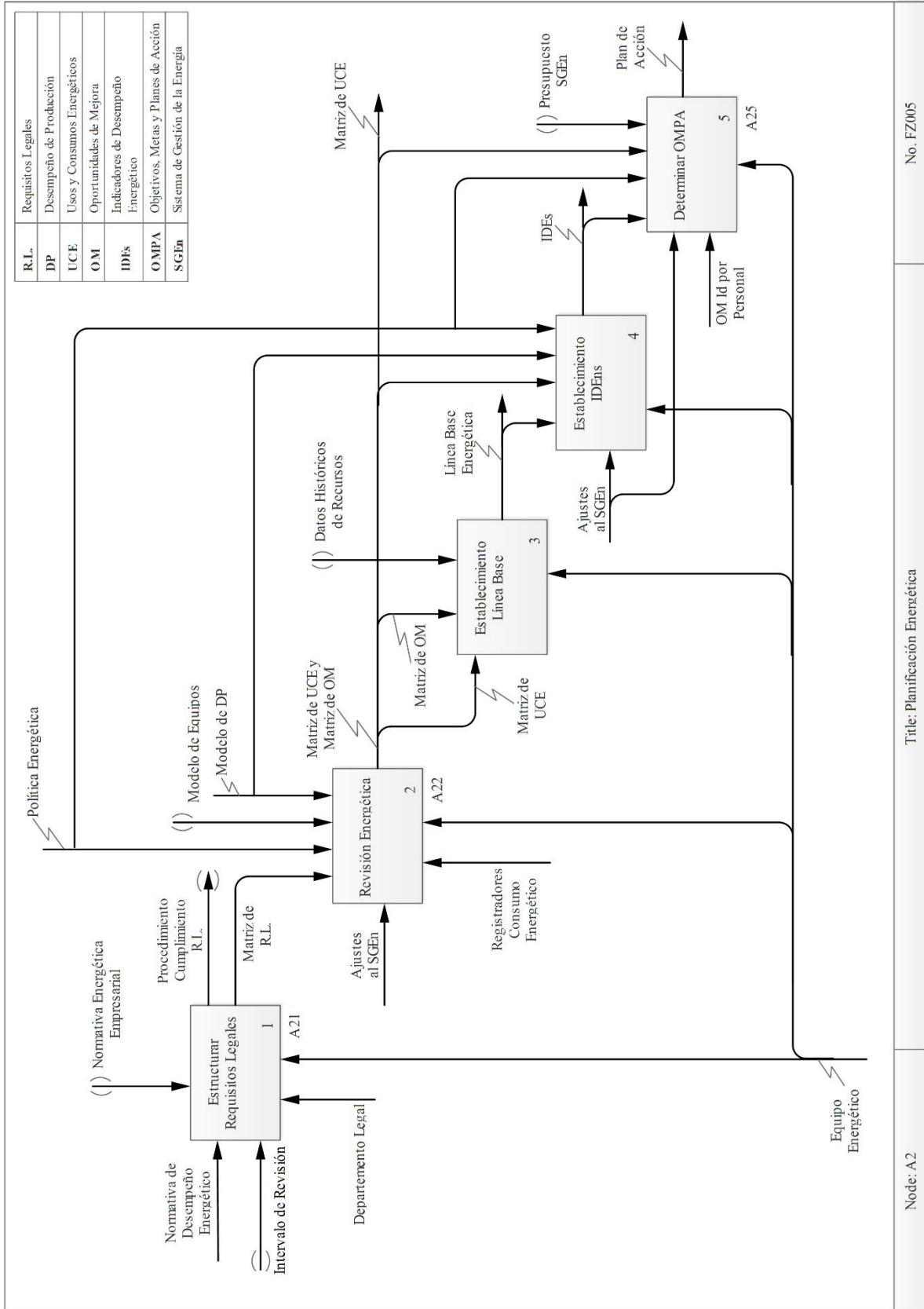


Figura 14. Etapa de Planificación Energética

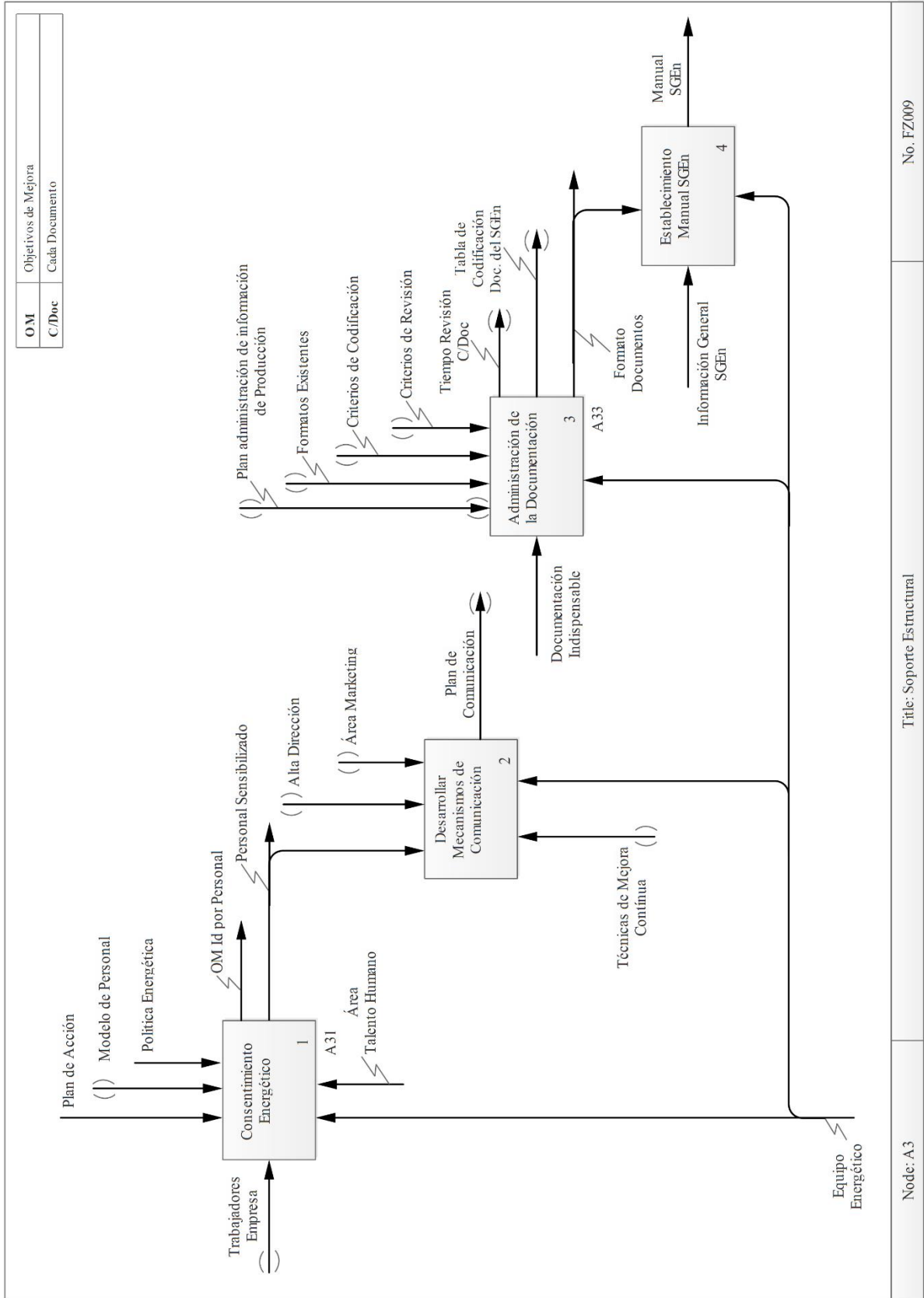


Figura 15. Etapa de Soporte Estructural



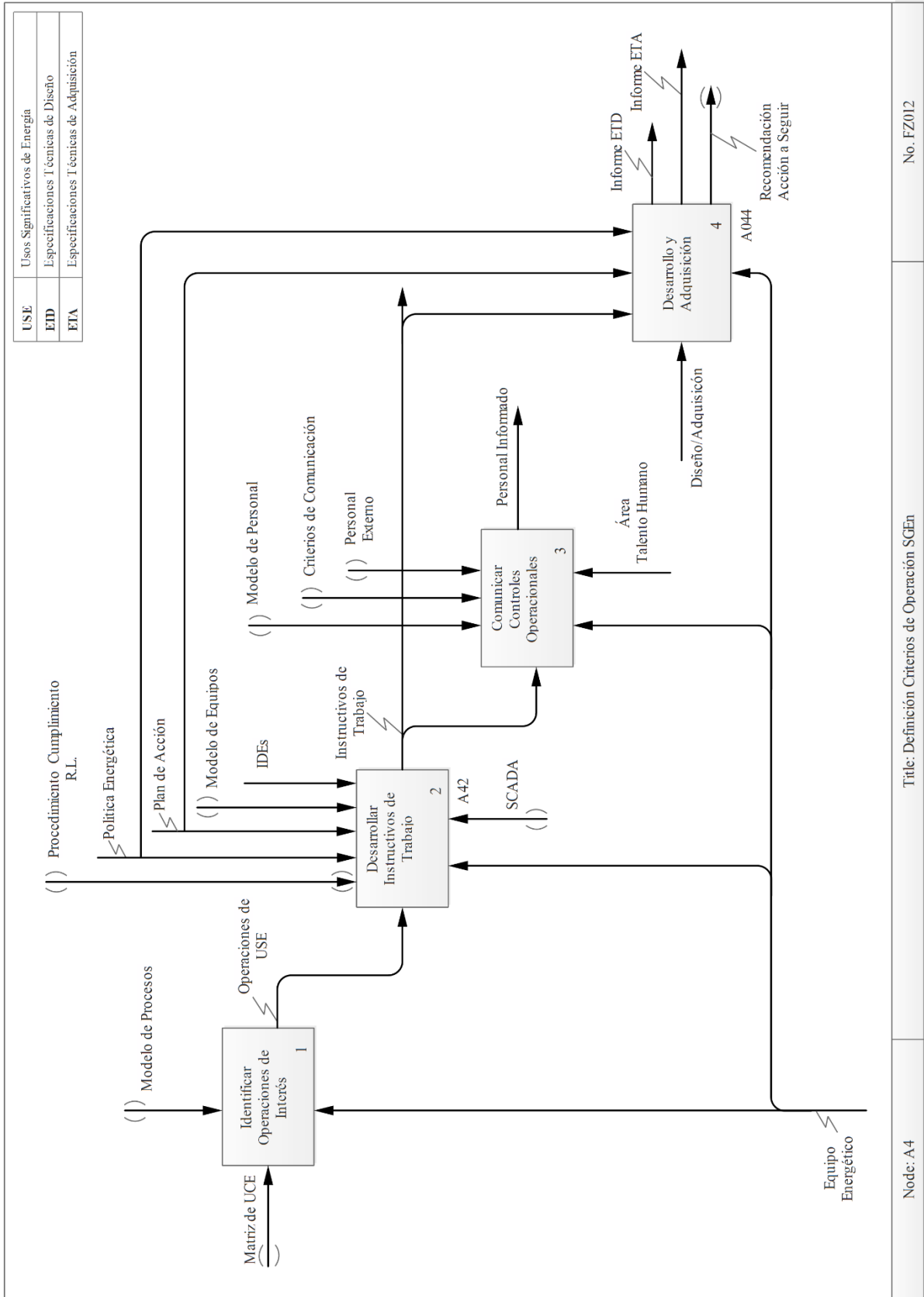


Figura 16. Etapa de Definición Criterios de Operación del SGEN

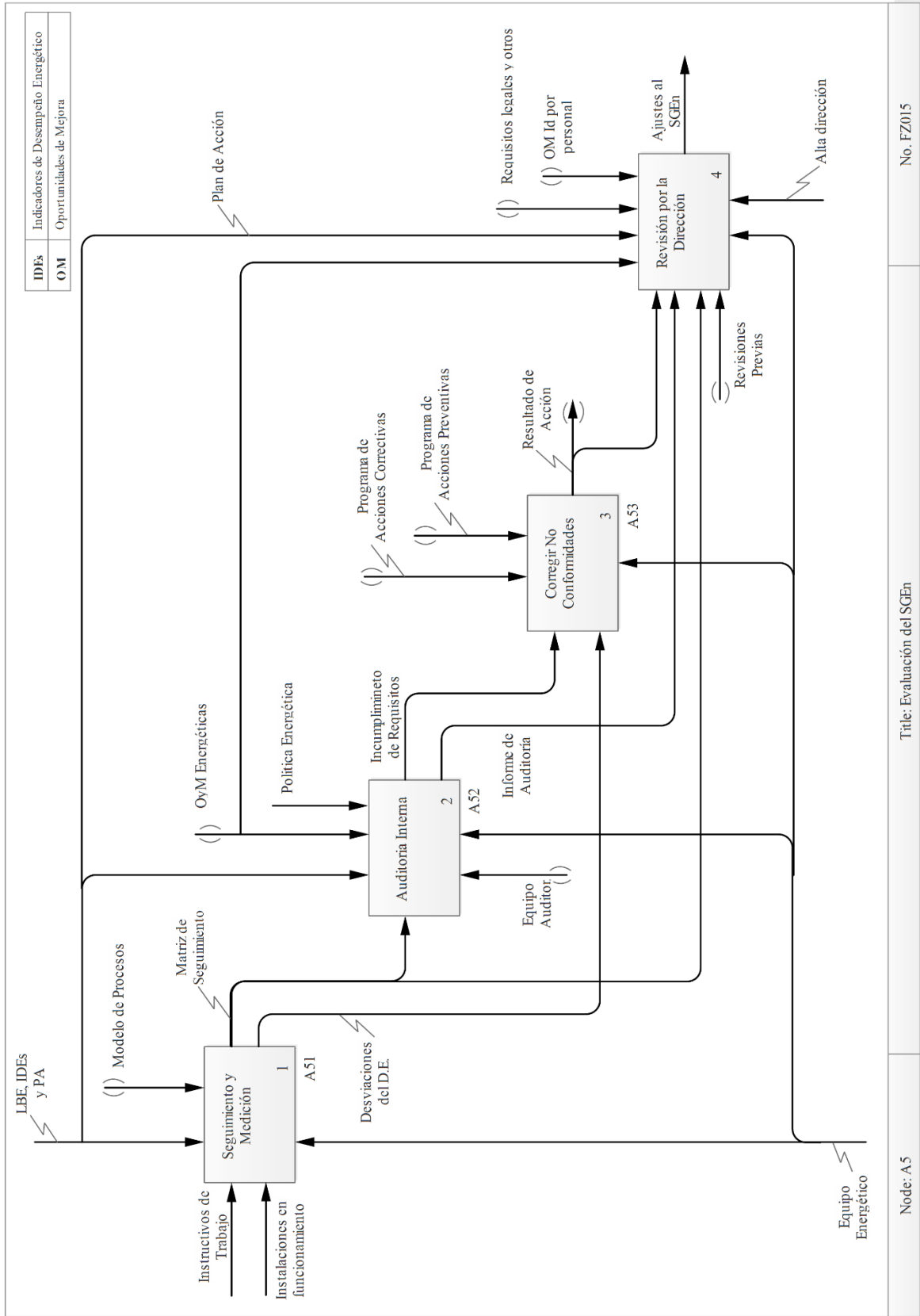


Figura 17. Etapa de Evaluación del SGEN

Finalizada la representación estructural del proceso para implementar un SGEN en el sector industrial, se destacan los beneficios de este método entre los cuales se encuentran:

- Concretar de manera clara lo que ha de llevarse a cabo para la implementación del SGEN, por lo cual se optimiza su planificación
- Detectar de manera sencilla los prerequisites necesarios para cada una de las etapas en el proceso de implementación
- Ahorrar tiempo en la asignación de recursos, y por ende dinero; debido a que se cuenta con una vista general del proceso
- Reducción en la carga de trabajo del equipo encargado de la implementación del sistema, a causa de la agilización del proceso
- Permitir realizar el seguimiento general al SGEN; por causa de la identificación de sus actividades, sus requisitos, sus resultados esperados y la asignación del recurso encargado de su ejecución.

Debido a la naturaleza de la vista estructural de un proceso u organización y teniendo clara sus ventajas y usabilidad, los modelos propuestos anteriormente son estáticos y no permiten conocer la dinámica existente en el proceso de implementación del SGEN, por tanto, se hace necesario el modelado temporal presentado a continuación. Con esto se finaliza la etapa cuatro del procedimiento propuesto.

### **4.3 Modelado Dinámico**

El modelado Dinámico representa y describe el comportamiento de un sistema y su respuesta a través del tiempo, es decir que muestra la dinámica del sistema (Rumbaugh, et al., 2000), permitiendo analizar, verificar y validar las condiciones de operación, bloqueo y seguridad de los procesos de negocio.

Entre las herramientas de modelado dinámico se encuentran los diagramas de caso de uso, las Redes de Petri, los diagrama de *Workflow* (flujo de trabajo), las redes de *Workflow*, los diagramas IDEF3, diagramas de flujo de datos y los diagramas GRAFCET.

Del análisis realizado a la literatura encontrada (Sanchis, et al., 2009) (Janssens, et al., 2000) (Rojas, et al., 2012), se opta por la elección de la técnica de *Workflow-Nets* para el desarrollo del modelo dinámico, la cual es en pocas palabras la modelización de un proceso de *Workflow* por medio de una red de Petri, es decir, que es una combinación de las redes de Petri y *Workflow*. A continuación, se listan los criterios técnicos que fundamentan su elección (Van der Aalst, 1998):

- Dispone de una semántica formal a pesar de su naturaleza gráfica, debido a que las redes de Petri se han definido formalmente.
- Posibilita el modelado tanto de eventos como estados de un proceso, lo que permite por ejemplo hacer una clara distinción entre la habilitación y la ejecución de una tarea.

- Facilita el manejo de excepciones, detallando las acciones que se realizarán si fracasa una actividad.
- Permite conocer como están estructuradas las tareas, cómo se realizan y cómo se sincronizan, además cómo se hace el respectivo seguimiento para el adecuado cumplimiento de las tareas, para de esta manera agilizar los procesos de intercambio de información y agilizar la toma de decisiones (Rojas, et al., 2012).
- Ayuda a que la creación de modelos en procesos concurrentes y repetitivos sea mucho más eficiente.
- Posibilita llevar a cabo simulaciones y verificaciones del modelo desarrollado.
- Cuenta con abundante número de métodos de análisis teóricamente probados.

Dejando claro el porqué de la elección de esta técnica, se procede a contextualizar los conceptos de *Workflow* y su comunión con las redes de Petri.

#### **4.3.1 Concepto de Workflow.**

Un flujo de trabajo es un conjunto de actividades de negocio que se ordenan de acuerdo con un conjunto de reglas de procedimiento para entregar un servicio (Eshuis & Wieringa, 2003), estas reglas estudian, cómo se estructuran las tareas, cómo se realizan, cuál es su orden correlativo, cómo se sincronizan, cómo fluye la información que soporta las tareas y cómo se le hace seguimiento al cumplimiento de las tareas.

Existen tres dimensiones abarcadas por los flujos de trabajo: (1) la dimensión del caso, (2) la dimensión del proceso y (3) la dimensión del recurso (Van der Aalst, 1998); siendo las dos primeras las abarcadas por el *modelado dinámico* de flujos de trabajo, para el cual son denominadas como la dimensión de control-flujo, ya que se refiere al ordenamiento de las actividades o tareas en el tiempo, es decir lo que se debe de hacer (Eshuis & Wieringa, 2003). Por otra parte, la dimensión de recurso describe la estructura organizativa existente dentro de los flujos de trabajo, es decir quién realiza las actividades.

Cabe destacar que si bien los modelos de redes de flujo de trabajo para el proceso de implementación del SGEN presentados más adelante, indican qué recurso debe realizar el caso correspondiente, esta asignación no excede los límites de la dimensión de control-flujo, ya que como menciona (Van der Aalst, 1998), la dimensión de recursos debe incluir aspectos de recursos humanos como la clasificación de recursos lo que implica la modelización organizacional, el mapeo de recursos a elementos de trabajo y programación a nivel de detalle; lo cual trasciende al modelado dinámico y por ende al objetivo del presente trabajo.

### 4.3.2 Redes de Petri de Workflow.

Una red de Petri que modela una definición del proceso del WorkFlow se llama una red de WorkFlow (WF-Net). Las ventajas de modelar los procesos de Workflow por medio de redes de Petri provienen principalmente de que estas poseen una base matemática bien definida y un medio gráfico fácil de entender (Salimifard & Wright, 2001), además de que la evaluación del modelo de flujo de trabajo puede ser llevado a cabo utilizando las técnicas de análisis de la red Petri.

Para revisar la sintaxis y la semántica de esta técnica de modelado, en la cual se basa la dinámica del proceso de implementación de SGEN, favor remitirse a (Van der Aalst, 1998).

### 4.3.3 Representación dinámica del proceso para implementar un SGEN en el sector industrial.

Para la obtención de la dinámica del proceso de implementar un SGEN se desarrolló el diagrama de flujo de la Figura 18, donde se especifican las actividades que se deben realizar; estas son descritas en la tabla 9.

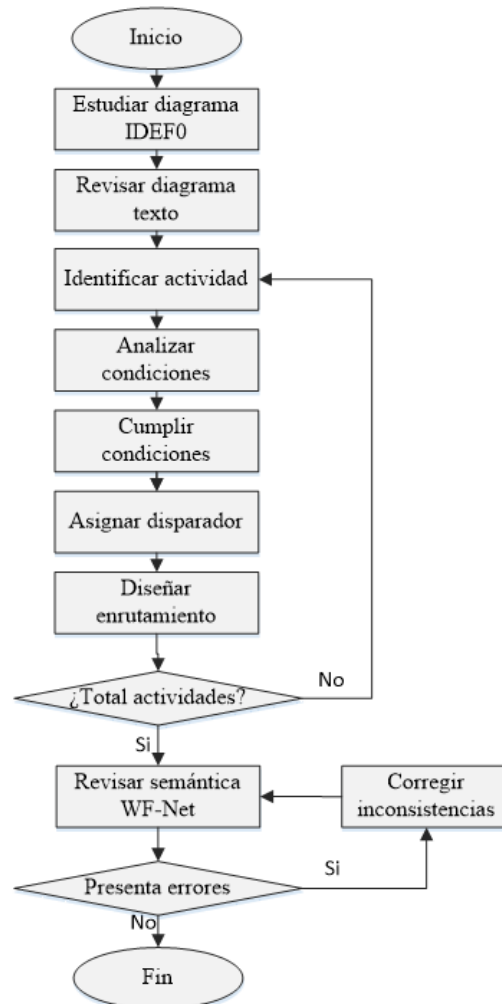


Figura 18. Procedimiento para elaboración del modelo dinámico.

**Tabla 9.** Descripción procedimiento modelo dinámico

<b>I.D</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>1</b>	Estudiar diagrama IDEF0	Se analiza el diagrama estructural correspondiente, con el objetivo de detallar las actividades que se realizan, las restricciones, y recursos; necesarios para el desarrollo de la etapa.
<b>2</b>	Revisar diagrama texto	Se revisa el diagrama de texto del modelo IDEF0, con el fin de aclarar los objetos y datos transmitidos que no sean posible de entender con la lectura del modelo.
<b>3</b>	Identificar actividad	Se identifican cada una de las actividades que se deben llevar a cabo para cumplir con el objetivo general del diagrama IDEF0.
<b>4</b>	Analizar condiciones	Se analizan los objetos, información y productos, necesarias para cumplir la actividad.
<b>5</b>	Cumplir condiciones	Se establece la secuencia de tareas que permita dar cumplimiento a cada una de las condiciones.
<b>6</b>	Asignar disparador	Se definen los elementos que permitirán la ejecución de cada una de las actividades de la red de flujo de trabajo.
<b>7</b>	Diseñar enrutamiento	Se analiza si existen actividades que puedan ser ejecutadas paralelamente o si es necesario establecer enrutamiento condicional. Además, se analiza si algunas actividades deben ser ejecutadas de manera iterativa.
<b>8</b>	Revisar semántica WF-Net	Se comprueba que las redes de flujo de trabajo no presenten bloqueos ni marcaje ilimitado.
<b>9</b>	Corregir inconsistencias	Se corrigen las inconsistencias en la estructura de la red de flujo de trabajo.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se demuestra la utilidad del procedimiento propuesto en la Figura 18 para desarrollar la dinámica de implementar el SGen en su componente de Análisis Organizacional, ver Figura 13. Así, se tiene:

1. El diagrama IDEF0 cuenta cuatro actividades, diez restricciones o lineamientos y dos tipos de recursos que controlan la ejecución de la actividad.
2. De la revisión del diagrama de texto se tiene que existen ajustes a la Política Energética provenientes de etapas posteriores, por lo que se debe modelar su inclusión.
3. De las cuatro actividades que se deben realizar en el Análisis Organizacional, la primera, Comprometer a la Alta Gerencia debe ser especificada por una red de flujo de trabajo, ya que en el diagrama IDEF0 cuenta con código DRE, por tanto, será representada por una caja con doble marco. La segunda actividad a realizar, Levantamiento de Información, se representa normalmente.
4. Luego se analizan por qué y para qué son las condiciones para el cumplimiento de esta actividad, Manuales de Sistemas de Gestión e Informe de G.E. (ver figura 13).

5. Teniendo en cuenta, que el objetivo de la actividad de Levantamiento de Información es investigar acerca del estado de la gestión de la energía en la organización e identificar los sistemas de gestión existentes, se establecieron las siguientes actividades para dar cumplimiento a las condiciones identificadas:
  - a. Manuales de Sistemas de Gestión:
    - i. Revisar manuales de sistemas de gestión existentes en la organización
    - ii. Contrastar estos resultados con los SGEN
    - iii. Identificar elementos integrales al SGEN
    - iv. Documentar los Elementos Integrables
  - b. Informe de G.E:
    - i. Analizar cómo es la gestión interna de la energía
6. Como disparadores a las transiciones y detallando el diagrama IDEF0 de la Figura 13, se tiene al equipo energético.
7. Debido a que las actividades identificadas para el Levantamiento de Información no presentan dependencia una de otra, se decide realizarlas paralelamente, usando un AND-split.

Siguiendo el procedimiento propuesto se realizan los pasos 3 a 7 para las actividades restantes del Análisis Organizacional; Identificar Procedimiento Integrables y Desarrollo Política Energética.

- 8-9. Como resultado del paso anterior y verificada la estructura de la red de flujo de trabajo se obtiene la dinámica de la actividad de Análisis Organizacional, Figura 21.

Finalizada esta etapa, se enseñan los diagramas WF-Net que corresponden al modelado dinámico del proceso para implementar un SGEN en el sector industrial, los cuales fueron desarrollados bajo el procedimiento propuesto en la Figura 18. Estos diagramas son considerados dinámicos dado que permiten observar la evolución del flujo de trabajo, detallando las posibles rutas a tomar para la ejecución de las actividades, además gracias a los disparadores con los que cuentan cada tarea de los diagramas WF-Net, se garantiza el control en el tiempo del modelo dinámico; esto se puede ver en la Figura 19 mostrada a continuación.

En el cuadrante A de la Figura 19, se observa la habilitación de la tarea para el establecimiento de los IDEns, la cual es controlada por la condición externa Equipo Energético, finalizada esta tarea, en el cuadrante B se activa la condición que habilita la ejecución de Crear tabla de IDEns, en el cuadrante C, luego de ser definida esta tabla se habilita la tarea de Documentar Resultados, la cual es realizada automáticamente debido a su disparador, con esto se habilita el inicio de la sub actividad Determinar OMPA, representado en el cuadrante D.

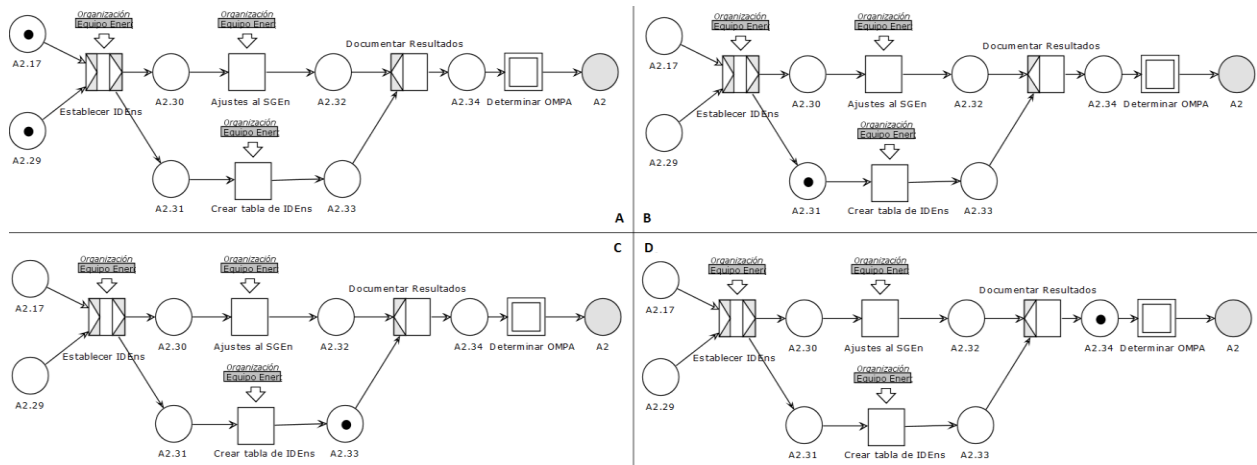


Figura 19. Evolución del marcaje en red de flujo de trabajo

Nota: Esta imagen corresponde a parte de las actividades desarrolladas en la planificación energética, Figura 23.

Las redes de flujo de trabajo, que representan al modelo dinámico, cuentan con correspondencia de identidad a los diagramas del modelado estructural presentado anteriormente. Las tablas que aparecen dentro de las figuras de las WF-Net son listas de acrónimos de las transiciones. Los diagramas WF-Net que corresponden a los diagramas IDEF0 de nivel tres se encuentran en el anexo B, literal B.4.

Se recuerda que, para lograr el total entendimiento por parte del lector, se debe contar con conocimiento en los requerimientos de la norma ISO 50001:2011, (revisar Tabla 4) y en los objetivos de cada uno de los eslabones de la cadena de valor presentado en la Figura 10.



<b>EI</b>	Elementos Integrables
<b>SE</b>	Soporte Estructural
<b>FD</b>	Formatos de la Documentación
<b>CO</b>	Criterios de Operación
<b>ES</b>	Evaluación del SGEN

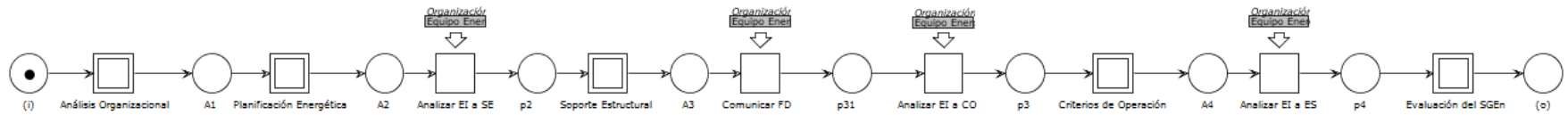


Figura 20. Etapas proceso implementación SGEN.

<b>SG</b>	Sistema de Gestión
<b>GIE</b>	Gestión Interna de la Energía
<b>PE</b>	Política Energética

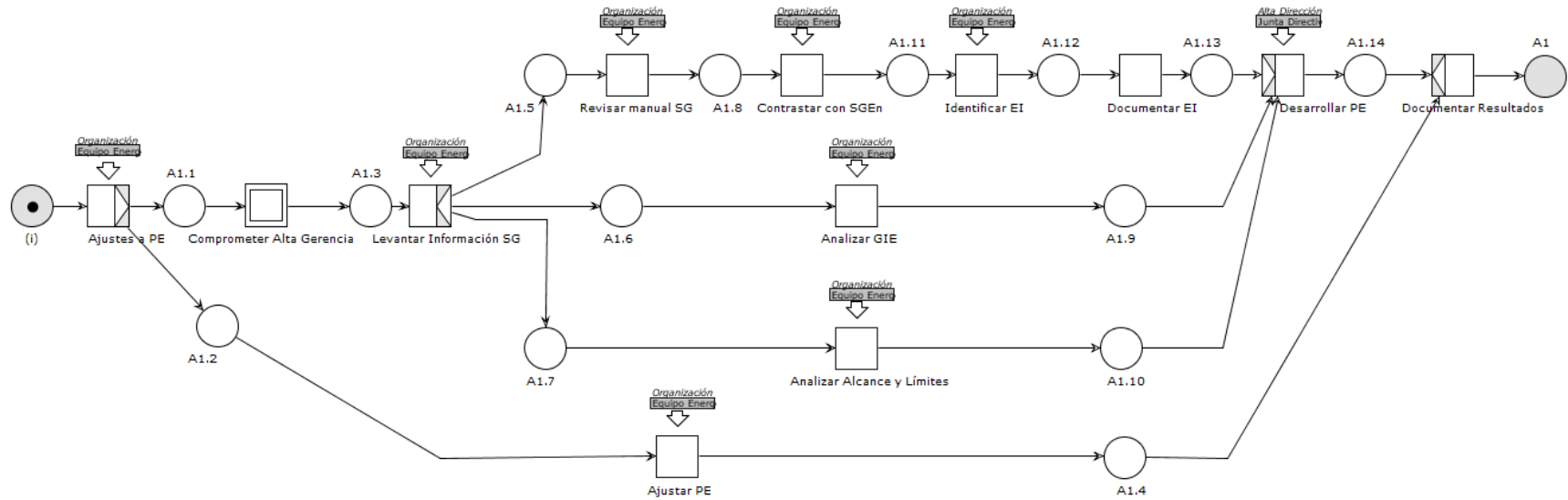


Figura 21. Etapa de Análisis Organizacional

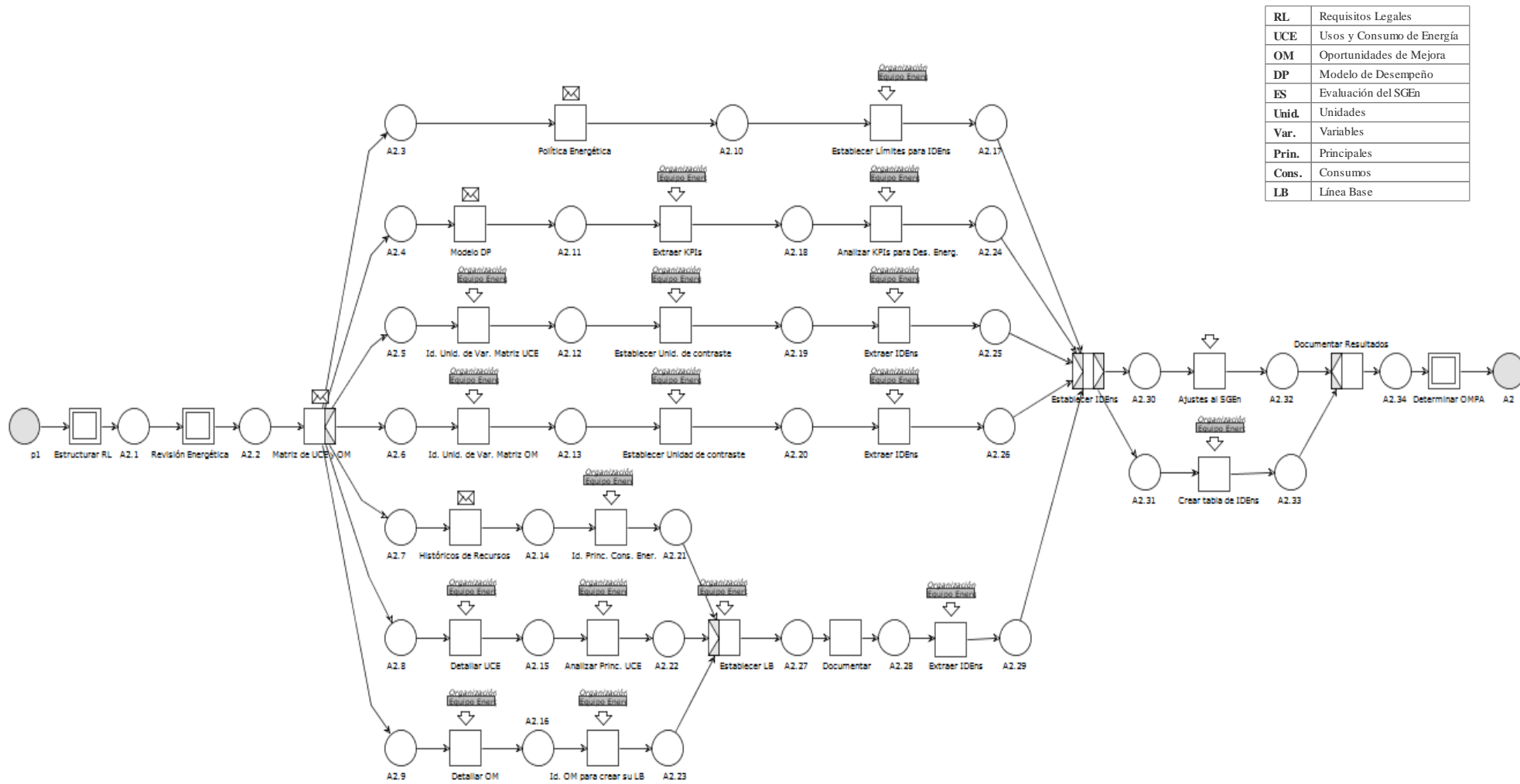


Figura 22. Etapa de Planificación Energética

<b>MCI</b>	Mecanismos de Comunicación Interna
<b>ECI</b>	Estrategia de Comunicación Interna
<b>A. Mark</b>	Área de Marketing
<b>ECE</b>	Estrategia de Comunicación Externa
<b>PC</b>	Plan de Comunicación
<b>AD</b>	Alta Dirección

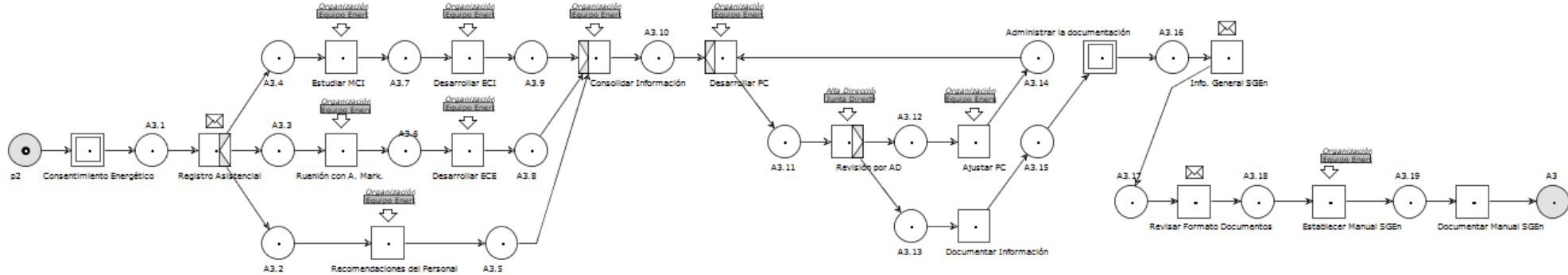


Figura 23. Etapa de Soporte Estructural

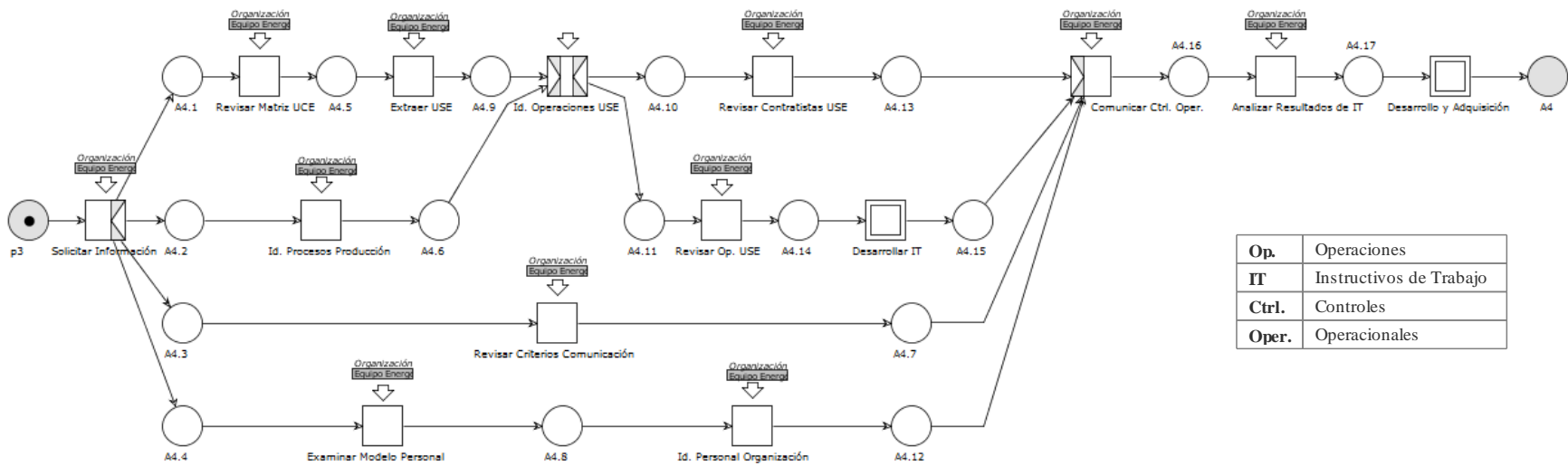
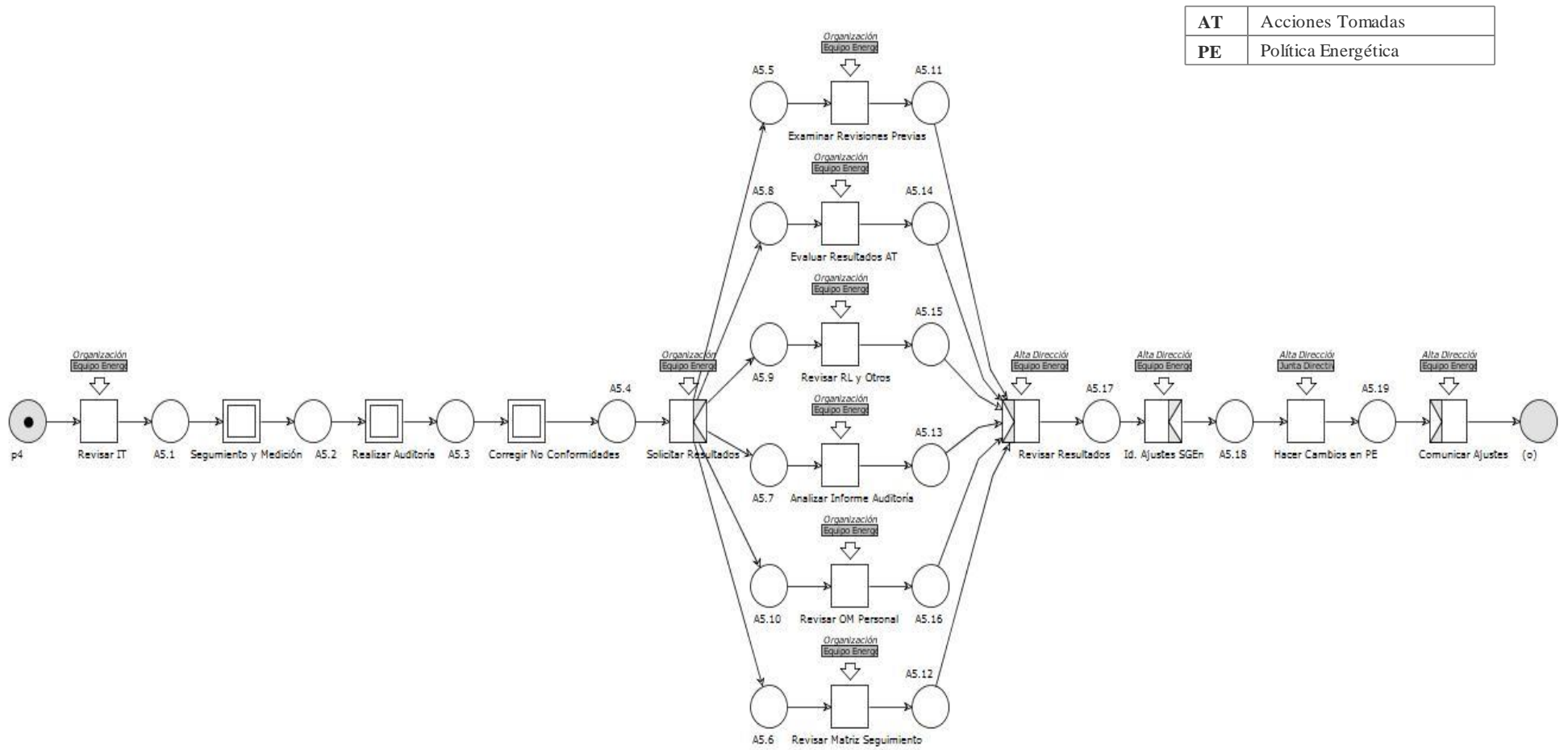


Figura 24. Etapa de Definición Criterios de Operación del SGen



<b>AT</b>	Acciones Tomadas
<b>PE</b>	Política Energética

Figura 25. Etapa de Evaluación del SGEN

Concluida la representación dinámica del proceso para implementar un SGEN en el sector industrial, se destacan los beneficios de este método entre los cuales se encuentran:

- Simplificar la comprensión al personal de la organización del proceso de implementación y funcionamiento del SGEN, debido a que se detallan gráfica, jerárquica y secuencialmente todas sus etapas
- Posibilitar la evaluación del proceso de negocio, en consecuencia, la identificación de oportunidades de mejora tanto en el modelado dinámico como estructural del proceso de implementación del SGEN.
- Facilitar la sistematización del SGEN, debido a que en cada una de las etapas del modelo dinámico se detalla cual es la información que debe ser documentada.
- Permitir la simulación de cada una de las etapas expuestas para el desarrollo del SGEN, y así estudiar y entender el comportamiento del proceso; de esta manera es posible resolver el interrogante de ¿qué pasa sí?

Ahora bien, descritas completamente las vistas del modelo para la implementación del SGEN, se procede a realizar su evaluación, para así demostrar el correcto desarrollo de su estructura. Con esto se finaliza la etapa cinco del procedimiento propuesto.

#### **4.4 Evaluación del modelo**

Como se ha mencionado en el transcurso del presente trabajo, el modelo desarrollado pretende conocer cuál es la estructura, y cómo debe ser realizado el proceso de implementación de un SGEN en una organización industrial; por tanto, para que esta herramienta sea factible de usarse por personal encargado de la implementación de SGEN, se hace necesario evaluar la solidez semántica de las WF-Net (modelo dinámico). Se aclara que para el caso del modelo estructural no es posible realizar este tipo de evaluación, ya que no existen técnicas que lo permitan, debido a la naturaleza propia del modelado estructural; no obstante, estos modelos pueden ser revisados para comprobar su correspondencia con el sistema que se esté modelando, en el caso del presente trabajo, el proceso de implementación de un SGEN en el sector industrial basado en la norma ISO 50001 y los estándares ISA-88 e ISA-95; esta actividad puede ser realizada comprobando la correspondencia de la cadena de valor y sus eslabones, Figura 10, con los requerimientos de la ISO 50001:2011, ver anexo A.

El modelo de flujo de trabajo desarrollado en el ítem anterior es basado en redes de Petri, por lo cual es posible estudiar dos clases de propiedades del sistema dinámico que permiten revisar su solvencia (Van der Aalst, 1998)).

- Vivacidad (*Liveness*): Representa la ausencia de bloqueos, es decir, la secuencia de las tareas se modeló correctamente, ya que es posible alcanzar el estado final.

- Acotada (*Boundedness*): Una red de Petri está limitada, si para cada lugar  $p$  hay un número natural  $n$ , tal que para cada estado alcanzable el número de marcas en  $p$  es menor que  $n$ ; es decir, se procesa solamente una solicitud a la vez.

El proceso de evaluación del modelo dinámico se realizó haciendo uso de la herramienta software Woped® en su versión 3.5.1 y de su utilidad de análisis semántico, donde se analiza y expone los resultados en la interfaz de usuario. En la Figura 26 se detalla la interfaz de usuario de la herramienta y el modelo dinámico general del proceso de implementación del SGen, en el recuadro azul de la esquina superior izquierda se sitúan las herramientas de análisis semántico, en la sección inferior derecha se muestra el resultado de este análisis, destacando en el recuadro rojo las propiedades de vivacidad y acotamiento, en esta misma sección, el color verde de los íconos representa el cumplimiento de las propiedades claves (en *especial Liveness- Boundedness*), por tanto, se observa la solvencia del modelo, garantizando su solidez semántica.

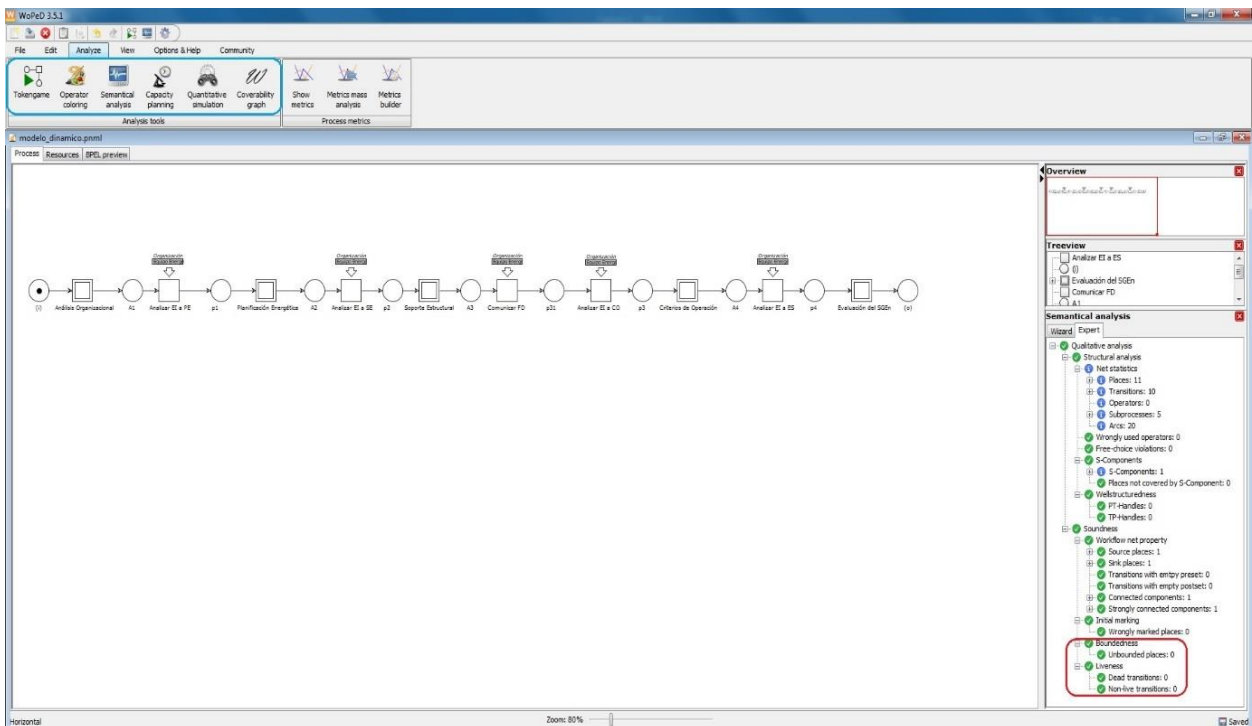


Figura 26. Interfaz de la herramienta para modelado dinámico

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 10 se especifica el resultado de la evaluación realizada a cada uno de los subprocesos que compone el modelo dinámico; el símbolo  $\checkmark$  representa el cumplimiento de la propiedad, y la  $x$  la ausencia de la misma, para su verificación favor remitirse al archivo adjunto en el presente trabajo, denominado *modelo\_dinamico.pnml*.

**Tabla 10.** Verificación propiedades modelo dinámico de las WF-Net

PROCESO		VIVACIDAD	ACOTADA	
<b>A0</b>	A1	A11	✓	✓
	A2	A21	✓	✓
		A22		
		A25		
	A3	A31	✓	✓
		A33		
	A4	A42	✓	✓
		A44		
	A5	A51	✓	✓
		A52		
A53				

Fuente: Elaboración propia

Nota: Se ha decidido usar la notación que tienen cada uno de los procesos en el modelo estructural presentado anteriormente.

Como se observa en la Tabla anterior, todos los procesos para la implementación del SGEN representados en el diagrama dinámico no cuentan con bloqueos ni estados con marcaje ilimitado, lo que implica que la modelización se hizo de manera correcta; con esto se hace factible la utilización del modelo estructural y dinámico para la implementación de un sistema de gestión de energía en el sector industrial. Con esto se da por finalizada la etapa seis del procedimiento propuesto y dado que la evaluación no presentó errores se procede a ejecutar la siguiente etapa.

#### 4.5 Conclusión

En este capítulo se obtuvo el núcleo y objetivo general del presente proyecto, el cual no es más que el modelo formal para la implementación de un SGEN en el sector industrial; para su desarrollo fue necesario aclarar el por qué modelar los procesos de negocio y qué ventajas se obtendrían para la implementación de estos sistemas, teniendo como referente la norma ISO 50001 y los modelos y actividades de los estándares ISA, además se demostró que el componente dinámico del modelo desarrollado no presenta bloqueos ni estados inalcanzables; obteniendo así un modelo que permite la integración del SGEN en la organización



# Capítulo 5

## Aplicación del modelo para la implementación de SGEN en la industria.

### Introducción

El objetivo del presente capítulo es presentar la aplicación del componente de Planificación Energética del modelo obtenido (ver Figuras 14 y 22), en la Industria Licorera del Cauca (ILC), *con el fin de demostrar la utilidad de las vistas estructural y dinámica a la hora de implementar Sistemas de Gestión de Energía.*

En el desarrollo de la aplicación del modelo se siguen cada una de las etapas expuestas, iniciando con la recolección de la información acerca de los requerimientos legales en materia energética aplicables a la organización, luego se identifican sus fuentes de energía y se desagregan los datos de uso y consumo, para así determinar los usos significativos de energía, finalmente se establecen las oportunidades de mejora al desempeño energético de esta industria; cumpliendo así con los objetivos de la planificación energética de la ISO 50001, y demostrando la aplicabilidad del componente de planificación del modelo.

### Caso de estudio: Industria Licorera del Cauca

La industria Licorera del Cauca es la industria más importante del Departamento del Cauca, esta produce Aguardiente Caucano Tradicional y Sin azúcar, en las presentaciones de Media botella (375cc.), Botella (750cc.), Garrafa (1750cc.) y Tetra pack (1000cc), además, Ginebra Vicker's Gin (750cc.), cremas, escarchados y ron Gorgona.

Para la fabricación de sus productos, cuenta con una gran variedad de equipos, como sistemas de bombeo y de aire acondicionado, motores eléctricos, lámparas para calefacción, calderas entre otros; los cuales generan un alto consumo de energía, elevando sus costos de operación.

La aplicación del modelo en la ILC se realiza en el componente de planificación energética, etapa más relevante en los SGEN (De Laire, 2013), dado que la implementación por completo de un sistema de gestión de energía en una organización requiere de un amplio periodo de tiempo (Carbon Trust, 2011), lo cual excede el alcance del presente proyecto.

La ILC cuenta con un sistema de gestión de calidad ya implementado, pero los procedimientos establecidos no se pueden integrar a la fase de planificación del SGEN, dado que los requisitos presentados por la norma ISO 50001:2011 en la parte de planificación, se enfocan específicamente

en la gestión misma de la energía, es decir, son procedimientos esenciales para observar y mejorar el desempeño energético (De Laire, 2013).

Para la aplicación del modelo en la ILC, la actividad de análisis organizacional (ver Figura 13) no es realizada, dado que no implementar el SGen por completo no requiere el compromiso de la alta gerencia, y por lo tanto no es necesario definir al representante de la alta dirección, desarrollar la política energética, ni establecer el equipo energético.

## **5.1 Planificación Energética**

La planificación energética consiste en reunir la información del consumo de energía de una organización, procesarla y analizarla; con el fin de identificar los usos significativos de la energía y las variables que lo afectan, por tanto, y dado el alcance del proyecto, se aplica a la ILC la fase de planificación energética, usando el modelo obtenido para implementar un SGen en el sector industrial. Se aclara que la finalidad de esta aplicación es demostrar la utilidad del modelo, mas no desarrollar íntegramente la planificación energética en la organización.

Se desarrollan las actividades del modelo estructural, Figura 14:

- Estructurar requisitos legales
- Revisión energética
- Establecimiento de la línea base
- Establecimiento de IDEns
- Determinar objetivos, metas y planes de acción.

### **5.1.1 Estructurar Requisitos Legales.**

Según la jerarquía establecida por el modelo para implementar un SGen en el sector industrial, para realizar la etapa de planificación energética se inicia con la actividad de estructurar requisitos legales, en este se deben llevar a cabo las siguientes sub actividades: identificar requisitos legales, análisis de cumplimiento y, desarrollar procedimientos de cumplimiento.

#### **5.1.1.1 Identificar requisitos legales.**

Se consulta la normativa nacional colombiana aplicable en materia energética, más concretamente, en todo aquello relacionado con el uso, consumo y eficiencia de la energía, obteniendo los resultados mostrados en el anexo C, literal C.1. Se analizó el Marco legal de la Industria Licorera del Cauca, con el fin de identificar si existe un reglamento aplicable en materia energética, encontrando la ley 697 de 2001, sin embargo, no existen registros de su aplicación ni cumplimiento.

Adicionalmente, se revisan los procesos de producción de la ILC, y dado que la organización no tiene documentada esta información, se identifica y analiza cada una de las etapas de producción, permitiendo efectuar el levantamiento del modelo de procesos de ISA-88 presentado en el anexo C, literal C.2.

Apropiando el conocimiento acerca de los procesos de producción que se llevan a cabo en la empresa, y la normativa nacional colombiana aplicable en materia energética; se identificaron los requisitos legales que pueden ser aplicables a las actividades de la organización (ver Tabla 11).

**Tabla 11.** Requisitos legales aplicables a la ILC

<b>Requisito legal</b>	<b>Ámbito de aplicación de la normativa en la ILC</b>
<b>LEY 697 de 2001</b>	Contribuir con el uso racional y eficiente de la energía y utilizar energías alternativas.
<b>LEY 1715 de 2014</b>	Utilizar fuentes renovables de energía e integrarse al mercado eléctrico nacional
<b>DECRETO 3172 de 2003</b>	Excluir de IVA la compra de equipos destinados a mejorar la eficiencia energética.
<b>DECRETO 2501 de 2007</b>	Hacer uso racional y eficiente de la iluminación, acondicionamiento de aire y fuerza motriz.
<b>DECRETO 3450 de 2008</b>	Sustituir las fuentes de iluminación ineficientes por otras mejores.
<b>RESOLUCIÓN 180609 de 2006</b>	Controlar las pérdidas de energía y hacer uso de energías no convencionales.
<b>RESOLUCIÓN 181331 de 2009</b>	Aplicar el RETILAP
<b>RESOLUCIÓN 180919 DE 2010</b>	Optimizar del uso de la energía eléctrica para fuerza motriz, optimizar el uso de calderas, aumentar la eficiencia en iluminación y ser cogenerador y autogenerador.
<b>RESOLUCIÓN 41012 de 2015</b>	Promover el establecimiento y uso obligatorio de etiquetas que informen sobre el desempeño de los equipos en términos de consumo energético e indicadores de eficiencia.

Fuente: Elaboración Propia

### **5.1.1.2 Análisis de cumplimiento.**

Una vez identificados los requisitos legales aplicables, se procede a revisar el modelo de desempeño de la producción y el modelo de equipos con el fin de analizar el cumplimiento de los requisitos legales anteriormente mencionados.

Considerando que la ILC no cuenta con el modelo de equipos ni con un modelo de desempeño establecido para su producción, se llevó a cabo el levantamiento del modelo equipos, caracterizando cada uno de los equipos presentes en el área de producción con sus respectivas propiedades, anexo C, literal C.3.

Se realizó el modelo de desempeño para los productos fabricados, identificando las unidades producidas, los días laborados, los equipos utilizados con su respectivo tiempo en funcionamiento y el consumo de energía, esto último se calculó mediante el uso de las propiedades especificadas

en el modelo de equipos anteriormente presentado, dado que la ILC no cuenta con una medición directa del consumo de energía en sus equipos ni procesos. De esta manera se obtiene el modelo de desempeño de producción presentado en el anexo C, literal C.4.

En la consulta realizada en el presente proyecto acerca de la normativa colombiana, se observa que esta no expone valores específicos de operación para los equipos, como si se presenta por ejemplo en Alemania (Kahlenborn, et al., 2012) o España (CEE, 2013).

La ILC no cuenta con registros que demuestren el cumplimiento de la normativa nacional en materia de energía, se concluye que la ILC no tiene en cuenta la aplicación de los requisitos legales para desarrollar sus actividades productivas.

En el desarrollo del trabajo se elaboró la matriz de requisitos legales, especificando el nivel de cumplimiento por parte de la ILC, de cada uno de los requisitos legales aplicables, se aclara que el nivel de cumplimiento del DECRETO 3450 de 2008 es bueno ya que la ILC cuenta en su área administrativa y producción con bombillas incandescentes y lámparas de mercurio.

**Tabla 12.** Matriz de requisitos legales

<b>Requisito legal</b>	<b>Ámbito de aplicación de la normativa en ILC</b>	<b>Nivel de cumplimiento</b>
<b>LEY 697 de 2001</b>	Contribuir con el uso racional y eficiente de la energía y utilizar energías alternativas.	Nulo
<b>LEY 1715 de 2014</b>	Utilizar fuentes renovables de energía e integrarse al mercado eléctrico nacional	Nulo
<b>DECRETO 3172 de 2003</b>	Excluir de IVA la compra de equipos destinados a mejorar la eficiencia energética.	Nulo
<b>DECRETO 2501 de 2007</b>	Hacer uso racional y eficiente de la iluminación, acondicionamiento de aire y fuerza motriz.	Nulo
<b>DECRETO 3450 de 2008</b>	Sustituir las fuentes de iluminación ineficientes por otras mejores.	Bueno
<b>RESOLUCIÓN 180609 de 2006</b>	Controlar las pérdidas de energía y hacer uso de energías no convencionales.	Nulo
<b>RESOLUCIÓN 181331 de 2009</b>	Aplicar el RETILAP	Nulo
<b>RESOLUCIÓN 180919 DE 2010</b>	Optimizar del uso de la energía eléctrica para fuerza motriz, optimizar el uso de calderas, aumentar la eficiencia en iluminación y ser cogenerador y autogenerador.	Nulo
<b>RESOLUCIÓN 41012 de 2015</b>	Promover el establecimiento y uso obligatorio de etiquetas que informen sobre el desempeño de los equipos en términos de consumo energético e indicadores de eficiencia.	Nulo

Fuente: Elaboración Propia

### 5.1.1.3 Desarrollar procedimiento de cumplimiento.

Con los resultados anteriormente conseguidos, se hace necesario desarrollar el procedimiento para el cumplimiento de requisitos legales en la ILC dentro del marco de operación del SGen, Tabla 13.

**Tabla 13.** Procedimiento de cumplimiento de requisitos legales

Fecha de revisión: 25 octubre de 2016				
Requisito legal	Aplicación en la ILC	Plan de acción	Nivel de cumplimiento	Responsable
<b>DECRETO 2501 de 2007</b>	Hacer uso racional y eficiente de la iluminación, acondicionamiento de aire y fuerza motriz.	Promover las buenas prácticas energéticas en la organización.	Bajo	Gerencia
<b>RESOLUCIÓN 41012 de 2015</b>	Promover el establecimiento y uso obligatorio de etiquetas que informen sobre el desempeño de los equipos, en términos de consumo energético e indicadores de eficiencia.	Establecer el etiquetado que informe sobre el desempeño energético de los equipos.	Bajo	Mantenimiento
<b>RESOLUCIÓN 181331 de 2009</b>	Aplicar el RETILAP	Garantizar los niveles y calidades de la energía lumínica	Aceptable	Mantenimiento
<b>RESOLUCIÓN 180919 DE 2010</b>	Optimizar del uso de la energía eléctrica para fuerza motriz, optimizar el uso de calderas, aumentar la eficiencia en iluminación y ser cogenerador y autogenerador.	Optimizar el uso de energía eléctrica en motores y bombas, y optimizar el uso de gas natural en la caldera.	Bajo	Mantenimiento
<b>RESOLUCIÓN 180609 de 2006</b>	Controlar las pérdidas de energía y hacer uso de energías no convencionales.	Establecer medidores eléctricos en las áreas de mayor consumo.	Bajo	Mantenimiento
<b>DECRETO 3450 de 2008</b>	Sustituir las fuentes de iluminación ineficientes por aquellas con menor energético	Realizar estudios para posibilitar cambios de luminarias por bombillas led.	Bajo	Mantenimiento
<b>DECRETO 3172 de 2003</b>	Excluir de IVA la compra de equipos destinados a mejorar la eficiencia energética.	Estudiar la viabilidad de compra de equipos más eficientes aprovechando esta excepción en el IVA.	Bajo	Mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

### **5.1.2 Revisión Energética.**

La revisión energética tiene como objetivo comprender y analizar los usos, consumos y desempeño energético de las instalaciones, equipos y/o procesos, además las variables que los impactan; con el fin de identificar posibles mejoras.

Siguiendo el modelo desarrollado en el capítulo anterior (ver Figura 31, anexo B literal B.2. y Figura 42, anexo B literal B.4.), para el cumplimiento de la revisión energética deben ejecutarse las siguientes actividades: identificación de fuentes de energía, desagregar los datos de uso y consumo, evaluación de pérdidas de energía, identificar los usos significativos de energía e identificación de las oportunidades de mejora.

#### ***5.1.2.1 Identificación de fuentes de energía.***

En esta actividad no se analiza los límites y alcances del SGEN, teniendo en cuenta que no se estableció la política energética, de acuerdo a lo expuesto en las generalidades del caso de estudio. Se analiza el modelo de equipos presentado en el anexo C, para caracterizar las fuentes de energía de los equipos existentes en la organización.

Del análisis de este modelo es posible observar que la ILC usa electricidad y gas natural como fuentes de energía.

#### ***5.1.2.2 Desagregar los datos de uso en consumo.***

Definidas las fuentes de energía utilizadas por la organización, se procedió a su desagregación en sus usos y consumos así: identificación de los tiempos de operación de los equipos presentes en producción, contrastando el modelo de equipos con el modelo de desempeño de producción, del anexo C y caracterización de los usos de estos equipos según el modelo de proceso del literal C.2.

Continuando con el modelo obtenido (ver Figura 42) se recibe el informe de consumos de energía de la actividad de control de material y energía, el cual contiene información respecto al consumo de todas las fuentes que no son posible cubrir con el modelo de desempeño de producción. Este proceso en la revisión energética de la ILC no fue desarrollado, por cuanto no se contaba con información precisa de consumos.

Finalizados estos procesos se obtiene la tabla de usos y consumos (Ver anexo C, literal C.5.)

#### ***5.1.2.3 Evaluación de pérdidas de energía.***

La ILC no posee medidores que registren el consumo energético en sus procesos y equipos, y dado que únicamente cuenta con un medidor que abarca todas las áreas de la organización, es poco práctico y veraz la realización del balance de energía, por tanto, se da por concluida esta etapa.

#### 5.1.2.4 Identificar usos significativos de energía.

Para identificar los usos significativos de energía, inicialmente se analiza la matriz de requisitos legales, Tabla 12 con el fin de determinar los usos de energía que deban ser valorados inmediatamente como significativos, lo cual permitirá aumentar el nivel de cumplimiento de los ítems de esta matriz:

- El consumo energético de las bombas es valorado como significativo, debido a que no se encuentran correctamente equipadas para su funcionamiento; por ejemplo, no poseen variadores de frecuencia, disminuyendo así su eficiencia energética global, por tanto, es posible aplicar el decreto 3172 de 2003 y la resolución 180609 de 2006, permitiendo obtener los beneficios de estas legislaciones.
- Los motores presentan la misma situación, razón por la cual se aplica el decreto y resolución mencionados anteriormente.

Posteriormente se establecieron los criterios de diferenciación, con los que se evaluaron el nivel de relevancia de los usos y consumos, teniendo como referencia (Kahlenborn, et al., 2012) (CEE, 2013). Para el caso de la ILC se definieron:

- Su participación dentro del uso total de energía en la organización.
- Permite el empleo de energías renovables.
- Ha experimentado una tendencia creciente.
- Existe un uso más eficiente.
- Se detecta una medida de ahorro u oportunidad de mejora en el mismo.

Se procedió a listar los usos y consumos, identificados en el anexo C, literal C.5, en el diagrama de Pareto presentado en la Figura 27, el cual es una práctica comúnmente realizada en las industrias para conocer el peso del uso de una determinada energía frente al total (De Laire, 2013).

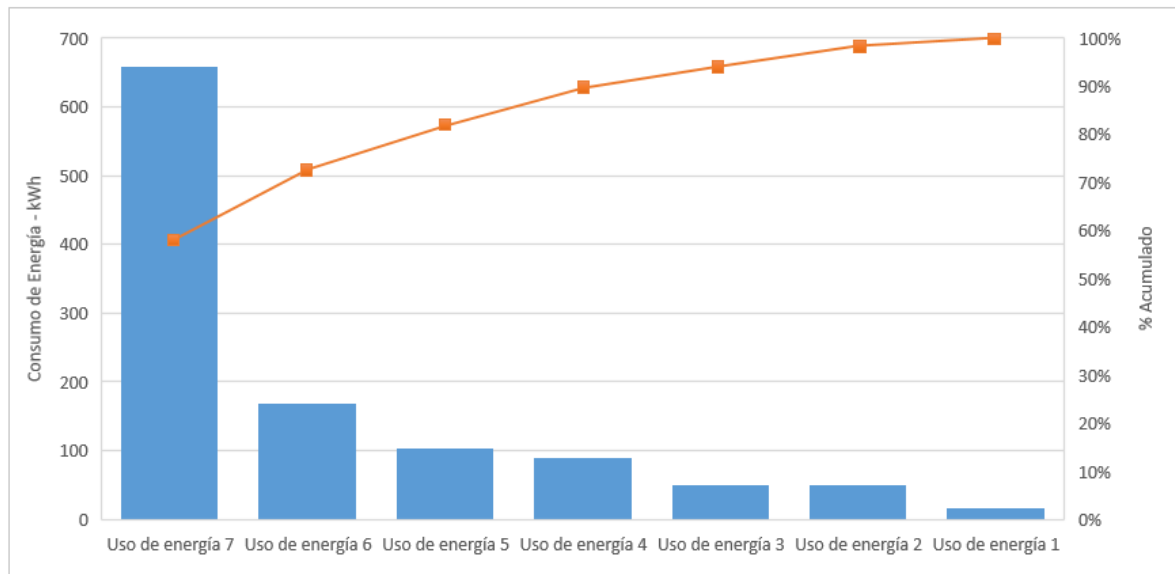


Figura 27. Principales Usos y Consumos de energía

Fuente: Elaboración propia, Octubre 2016

Los usos presentados corresponden a:

- Uso de energía 1: Calefacción de escarchados.
- Uso de energía 2: Trasladar producto a envasado.
- Uso de energía 3: Trasladar alcohol a preparación - Trasladar el alcohol a cremas.
- Uso de energía 4: Descargar alcohol a almacén.
- Uso de energía 5: Trasladar agua tratada para aguardiente - Trasladar agua tratada a cremas - Trasladar agua tratada a ron.
- Uso de energía 6: Filtrar aguardiente.
- Uso de energía 7: Mezclar alcohol - Mezclar agua tratada y alcohol.

Para el desarrollo de este ítem, la línea de envasado no fue tomada en cuenta, dado que para establecer sus oportunidades de mejora se requiere un análisis mucho más avanzado, lo cual excede el objetivo de este capítulo. Además, los consumos menores a 50 kWh tampoco se tienen en consideración, ya que son poco relevantes, a excepción de las lámparas para la calefacción, donde puede existir oportunidad de mejora.

Finalizadas estas tres actividades y considerando los criterios de diferenciación para evaluar la significancia de los usos y consumos, se elaboró la matriz de UCE, Tabla 14, la cual facilita el análisis energético global al desglosarlo en unidades menores, además de posibilitar el inventario de los equipos implicados en la gestión de la energía. Los consumos de motores y bombas fueron marcados como significativos, debido a que es posible realizar una compra de equipos más eficientes y a bajo costo apoyados en el decreto 3172, presentado en la Tabla 12.

Para estimar los usos y consumos energéticos futuros, que permitan analizar la influencia de las diferentes variables en los consumos energéticos identificados, se usó la CUSUM Technic<sup>10</sup> (De Laire, 2013). Siguiendo la técnica mencionada, a continuación, se estableció el diagrama de dispersión del consumo de energía y las unidades producidas en el periodo de marzo-septiembre; identificando que la variable lógica de la cual depende el consumo de energía en la Industria Licorera del Cauca, es la cantidad de botellas de licor producidas, independiente de su presentación. El periodo de tiempo seleccionado se justifica en el literal 5.1.3, donde se establece la línea base.

---

<sup>10</sup> CUSUM Technic: Cusum es una abreviación de Cumulative Sum o suma acumulada en inglés (cumulative sum) y corresponde a una técnica de análisis de datos estadísticos.



**Tabla 14.** Matriz de UCE

Fuente de energía	Descripción del uso	Equipo	Variable que afecta el uso de la energía	Método de medida M: medido C: calculado E: estimado	Consumo Mes		Alto Potencial de ahorro		Significativo	No Significativo
					Consumo	Unidades	Si	Fuente		
<b>Electricidad</b>	Mezclar alcohol - Mezclar agua tratada y alcohol.	Motor	horas de uso	E	659,45	kWh	x	Matriz de requisitos legales	x	
	Filtrar aguardiente	Motor	horas de uso	E	169,98	kWh	x	Matriz de requisitos legales	x	
	Trasladar agua tratada para aguardiente - Trasladar agua tratada a cremas - Trasladar agua tratada a ron.	Bomba	Cantidad de producto, horas de uso	E	104,2	kWh	x	Matriz de requisitos legales	x	
	Descargar alcohol a almacén.	Bomba	horas de uso	E	89,52	kWh	x	Matriz de requisitos legales	x	
	Trasladar alcohol a preparación - Trasladar el alcohol a cremas.	Bomba	Cantidad de producto, horas de uso	E	51,59	kWh	x	Matriz de requisitos legales	x	
	Trasladar producto a envasado.	Bomba	horas de uso	E	50,73	kWh	x	Matriz de requisitos legales	x	
	Calefacción de escarchados.	Lámparas	Temperatura ambiente, horas de uso	E	17	kWh	x			x

Fuente: Elaboración propia

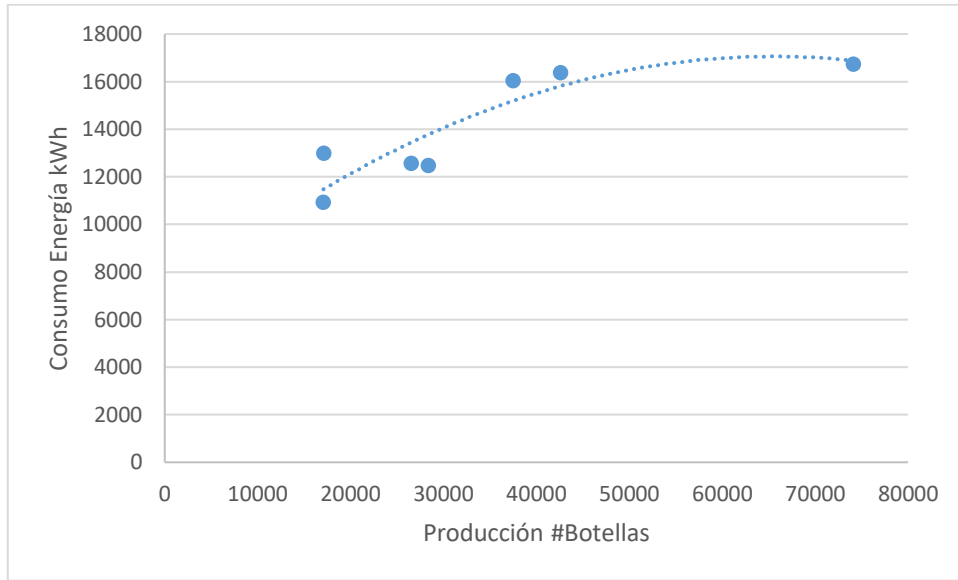


Figura 28. Diagrama de dispersión unidades producidas v consumo energía  
Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Figura 28, por medio de la línea de tendencia de los datos es posible establecer la ecuación del polinomio de segundo grado que explica cuál es la influencia del número de unidades producidas dentro del consumo energético.

$$y = ax^2 + bx + c$$

$$y = -2 * 10^{-6}x^2 + 0,3123x + 6836,9$$

$$R^2 = 0,8104$$

Donde c es el consumo fijo del proceso y x es la cantidad de unidades producidas, con un factor multiplicador a y b. Esto es factible, a pesar de que el consumo de energía que se presenta no contiene solamente a los equipos encargados de la producción; la otra parte del consumo representada en los equipos, luminarias y demás aparatos de áreas administrativas no tienen una tasa de variación elevada. Lo anterior se concluye, gracias a los aportes realizados por el jefe de mantenimiento y el jefe de producción de la ILC.

En la ILC sólo fue posible recolectar la información del consumo de energía versus botellas producidas en el mes, por tanto, se aplicó únicamente la técnica CUSUM a estos datos. Lo ideal es aplicarla a un mayor número de variables, por ejemplo, consumo de energía en bombas versus litros de licor trasladado, consumo de energía en línea de envasado versus número de botellas, etc. que faciliten la comparación entre los resultados obtenidos y los esperados con la aplicación de las oportunidades de mejora desarrolladas posteriormente.

En el caso de la revisión energética donde se trabaja con los datos de consumo durante un período determinado, se puede evaluar el comportamiento de los procesos, evaluando la diferencia que se

generó entre el consumo real y el consumo esperado (el que se obtiene con la ecuación obtenida en el paso anterior).

#### 5.1.2.5 Identificar oportunidades de mejora.

Para la identificación de las oportunidades de mejora, en primer lugar, se debe analizar la matriz de UCE (ver Tabla 14) teniendo claro donde se encuentran los usos y consumos más representativos de energía, luego se realiza el informe de benchmarking<sup>11</sup> para detallar las mejores prácticas en las industrias en referencia a los usos y consumos significativos que se tienen en la organización. Como resultado de este proceso se obtuvo la Tabla 15.

**Tabla 15.** Informe benchmarking de eficiencia energética

Equipo/Proceso	Mejores prácticas	Resultados
<b>Bombas</b>	Inclusión de variadores de frecuencia (Campos, Quispe, & Prias, Ahorro de energía en sistemas de bombas centrífugas, 2004) (eoi, 2012).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor consumo energético, hasta un 50% menos solo reduciendo un 20% la velocidad</li> <li>• Corrección del factor de potencia del motor</li> <li>• Eliminación de la energía reactiva</li> <li>• Arranque suave de los motores</li> <li>• Menor mantenimiento</li> <li>• Control mejorado de caudal y presión</li> </ul>
<b>Motores</b>	Inclusión de variadores de velocidad (eoi, 2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor consumo energético</li> </ul>
	Control inteligente con accionamiento de frecuencia variable (eoi, 2012).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor consumo energético, sin embargo, no deben de ser utilizados en aplicaciones de potencia de salida constante</li> </ul>
	Usar Motores de alta Eficiencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor consumo energético</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

Detalladas las mejores prácticas para el funcionamiento de los equipos es necesario analizar el modelo de procesos del anexo C, con el fin de establecer los límites que las oportunidades de mejora deben tener, para el caso de la licorera se tiene:

- En caso de disminuir la velocidad de los motores para el mezclado, no debe sobrepasarse el límite determinado por las personas encargadas de la preparación.
- En caso de realizar compra de equipos para el bombeo de los líquidos, se debe tener en cuenta la potencia de trabajo actual, para así estudiar si ésta se encuentra correctamente dimensionada al proceso.

<sup>11</sup> Benchmarking: procedimiento que consiste en identificar, aprender y aplicar las prácticas más efectivas de otras organizaciones para así mejorar los propios productos, procesos y capacidades (Muñoz, 2003).

Se debería de proceder al análisis y valoración de las estimaciones energéticas desarrolladas en el diagrama de dispersión, para calcular el potencial ahorro que tendrían las oportunidades de mejora, pero debido a la limitante de información mencionada anteriormente se concluye esta etapa.

Finalizado este proceso, es necesario establecer los criterios TEM que van a ser tenidos en consideración para la identificación de las oportunidades de mejora. En el caso de la planificación energética en la ILC se decidió mencionar algunos, debido a que no se cuenta con el alcance y los límites del SGE.

- Criterios técnicos:
  - Para los motores y bombas lograr un rendimiento al nivel de clasificación IE3<sup>12</sup> o IE2.
  - Los motores y bombas deben de estar equipados con mandos de regulación de la velocidad.
- Criterios económicos: Reducción de costos, valor actual neto, período de pago simple, retorno de la inversión.
- Criterios mixtos: Costo marginal de abatimiento.

Concluidas las etapas presentadas en la Figura 31, se estableció la matriz de oportunidades de mejora para la ILC en su área de producción, detallada en la Tabla 16.

Se aclara que:

- La inclusión de variadores de frecuencia supondría la reducción de un 20% en la velocidad de las bombas, por lo que su consumo mensual teóricamente disminuiría a la mitad, 52,1 kWh.
- La inclusión de variadores de velocidad en los motores permita la reducción de por lo menos el 30% del consumo de energía, lo que teóricamente se traduce en 461,615 kWh de consumo mensual.
- En la oportunidad de mejora de compra de motores más eficientes, se seleccionan aquellos que cumplan como mínimo con la norma de eficiencia IE2, con lo cual el porcentaje de eficiencia energética aumentaría teóricamente mínimo un 10% lo que traduciría en un consumo de 593,505 kWh para el mismo trabajo.
- Para el caso de las bombillas se propone la adición de un control de temperatura y adecuación térmica del recinto de almacenaje, esto para mantener de mejor manera las condiciones ideales del proceso.
- La oportunidad de mejora del compresor fue posible gracias a recomendaciones del personal de la organización
- Las actividades en las que se requiere un mayor análisis y por tanto exceden los límites del presente capítulo se marcan como de estudio adicional.

---

<sup>12</sup> IE3 o IE2: Criterios de eficiencia energética de la norma IEC 60034-30, siendo la IE3 eficiencia Premium y la IE2 eficiencia alta

**Tabla 16.** Matriz de Oportunidades de mejora

Aspecto Energético	Acción propuesta	Clasificación de oportunidad de ahorro	Inversión estimada (COP)	Ahorro total de energía (kWh/año)	Periodo de retorno inversión <sup>13</sup>	Emisiones C02 evitadas (Kg/año)	Fecha identificación medida de ahorro
Consumo de electricidad para mezclado de alcohol y agua tratada	Equipar los motores con variadores de velocidad	Con inversión	950.000	2374,02	1 año y 2 meses	1543,113	Nov-16
Consumo de electricidad para mezclado de alcohol y agua tratada	Compra de motores más eficientes	Con inversión	2.108.000	791,34	6 años	514.371	Nov-16
Consumo de electricidad para bombeo del agua tratada	Equipar las motobombas con variadores de frecuencia	Con inversión	420.000	625,2	2 años	406,38	Nov-16
Consumo de electricidad para el compresor	Redimensionar a línea de producción	Con inversión	Estudio adicional	Estudio adicional	Estudio adicional	Estudio adicional	Nov-16
Consumo de electricidad para calefacción de escarchados	Adecuar recinto de almacenaje	Con inversión	Estudio adicional	Estudio adicional	Estudio adicional	Estudio adicional	Nov-16
Consumo de electricidad para calefacción de escarchados	Adicionar control de temperatura	Con inversión	Estudio adicional	Estudio adicional	Estudio adicional	Estudio adicional	Nov-16

Fuente: Elaboración propia

<sup>13</sup> Para su estimación se toma como referencia el precio del kWh con el cual la ILC se encontraba suscrita al mes de octubre, 345,43 \$/kW.

### 5.1.3 Establecimiento de la línea base.

Si bien el objetivo de la línea base energética de la organización, es representar su comportamiento energético durante un periodo de tiempo previo a la implementación del SGen y así servir como referencia para la comparación de los resultados obtenidos por este sistema, para el caso de la ILC solamente fue posible establecer la línea base del consumo general contra las unidades producidas. En las oportunidades de mejora no fue posible establecer su línea base, a causa de la ausencia de información referente a consumo de energía.

En consecuencia, del procedimiento establecido en la Figura 22, para el establecimiento de esta línea base solo es útil instanciar la solicitud de los históricos de recurso, los cuales indicarán la cantidad de producto elaborado y el consumo de energía en los meses en que establecerá la línea base.

**Tabla 17.** Producción aguardiente ILC año 2016

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
<b>PRODUCCIÓN (# BOTELLAS)</b>	9596	32	17073	26569	28377	74181	17162	37541	42630
<b>CONSUMO ENERGÍA (KW)</b>	10784	7743	10924	12565	12464	16736	12995	16036	16367

Fuente: Elaboración propia

Como detalla la Tabla 17, en el mes de febrero la producción en la ILC fue mínima, ya que la línea de envasado se encontraba en mantenimiento. Por esta razón y debido a que la línea base es un reflejo del escenario “normal” de la organización, previo a la implementación del SGen (CEE, 2013), se decidió tomar solamente como intervalo a partir del mes de marzo. En la ILC fue posible recolectar únicamente los anteriores datos, sin embargo, para una realización estadísticamente correcta de las estimaciones energéticas futuras y de la línea base, se requiere información de históricos de producción y consumo de energía de un periodo más amplio p.ej. cinco años, que permitan la descripción del comportamiento energético y productivo de la ILC.

La Figura 28 permite realizar las estimaciones energéticas del consumo de energía contra la cantidad de licor producido. Igualmente funciona como escenario de comparación de las mejoras al desempeño energético implementados por el SGen.

### 5.1.4 Establecimiento de IDEns.

Siguiendo los lineamientos del modelo desarrollado se procede al establecimiento de los IDEns que permitan el monitoreo y medición del desempeño energético de la ILC. No es necesario establecer límites a los IDEns debido a la ausencia de la política energética. De este modo se

analiza el modelo de desempeño de producción del anexo C para así extraer KPIs<sup>14</sup> de desempeño energético; entre los cuales se encuentran:

- Consumo eléctrico motor agitado aguardiente por unidad de volumen
- Consumo eléctrico línea de envasado por unidad de cantidad
- Consumo eléctrico máquina corchadora por unidad de cantidad
- Consumo gas natural caldera por unidad de masa de producto producido

Posteriormente es necesario analizar las matrices UCE y OM, Tabla 14 y 16 respectivamente, con lo cual se obtuvo:

- Consumo eléctrico filtrado de aguardiente por unidad de volumen
- Consumo eléctrico lámparas para calefacción de escarchado por unidad de caja
- Consumo eléctrico bomba de traslado de agua por unidad de volumen
- Consumo eléctrico de compresor por tonelada de producto

Se revisa que IDEn representa a la línea base, resultando en:

- Consumo total de energía por número de botellas

Finalizadas estas etapas se establecieron los IDEns que permitirán medir el rendimiento del SGEN (ver Tabla 18).

**Tabla 18.** Indicadores de desempeño energético

Uso o consumo energético identificado	Indicador	Unidades
Consumo de electricidad para agitado de aguardiente	Consumo eléctrico por unidad de volumen	kWh/m <sup>3</sup>
Consumo de electricidad máquina filtro aguardiente	Consumo eléctrico por unidad de volumen	kWh/ m <sup>3</sup>
Consumo de electricidad moto bomba para traslado agua	Consumo eléctrico por unidad de volumen	kWh/ m <sup>3</sup>
Consumo de electricidad lámparas calefacción	Consumo eléctrico por número de botellas de escarchado	kWh/bot*
Consumo de electricidad ILC	Consumo eléctrico por número de botellas de cada uno de los productos	kWh/bot
Consumo de electricidad compresor	Consumo eléctrico por número de botellas de aguardiente	kWh/bot

Fuente: Elaboración propia

Nota: \*Se refiere a botellas del producto que corresponda

<sup>14</sup> KPI (key performance indicator): Indicador clave de rendimiento, es una medida del nivel del desempeño de un proceso.

### **5.1.5 Determinar Objetivos, metas y planes de acción.**

Haciendo uso del modelo para implementar un SGEN en el sector industrial, se tiene como actividad final de la etapa de planificación energética; determinar Objetivos, Metas y Planes de acción, donde se ejecutan las siguientes sub actividades: establecer propósitos energéticos, fijar acciones de cumplimiento y constituir plan de acción; a continuación, se procede a su aplicación.

#### **5.1.5.1 Establecer propósitos energéticos.**

Para establecer los objetivos energéticos cuya finalidad es mejorar el desempeño energético de la organización, es necesario tener en cuenta las oportunidades de mejora identificadas por el personal de la ILC, debido a que son ellos quienes conocen la dinámica del proceso. En este caso el personal de mantenimiento solicita un estudio al compresor ubicado en la línea de envasado, pues según su experiencia, este se encuentra sobredimensionado, lo que puede implicar gastos innecesarios de electricidad.

Debido a que la política energética no fue desarrollada en el presente proyecto, para establecer los propósitos energéticos, no se hace necesario tenerla en consideración. A continuación se procedió a revisar la matriz de usos y consumos energéticos (ver Tabla 14), concluyendo que el principal consumo de la ILC (a excepción de la línea de envasado), está representado en los motores y bombas. Adicionalmente se examina la matriz de oportunidades de mejora (ver Tabla 16), observando que las acciones propuestas requieren de inversión económica, la cual se retornará a medida que se vaya obteniendo resultados positivos en la reducción del consumo energético.

Se revisó el informe de benchmarking (ver Tabla 15), con el fin de identificar las mejores prácticas para optimizar el desempeño energético en la ILC, donde se encuentra que la inclusión de variadores de frecuencia, variadores de velocidad y motores de alta eficiencia son la solución.

Recolectada la anterior información, es posible identificar los objetivos energéticos, teniendo en consideración el criterio SMART (inglés) (Kahlenborn, et. al, 2012); ver anexo B, literal B.3.

De este modo se establecieron los siguientes objetivos.

- Reducir 20% el consumo anual de electricidad en el proceso de producción debido a motores y bombas.
- Realizar el análisis del compresor adecuado para la línea de envasado.
- Mejorar el proceso de calefacción en la fabricación de los escarchados.
- Mejorar el proceso de medición de energía en las líneas de producción.
- Capacitar a los trabajadores de la organización en el marco de la gestión de la energía.

Según la Figura 31, se revisa la política energética, y el presupuesto y recursos disponibles al SGEN, para así establecer la coherencia de los objetivos y enmarcar correctamente las acciones propuestas que den solución a los mismos, sin embargo, debido al alcance de la aplicación de la planificación energética en la ILC se dan por finalizadas estas etapas.



Con el propósito de lograr los objetivos propuestos anteriormente, se requiere establecer las metas energéticas, para lo cual se inicia revisando los requisitos legales aplicables (ver Tabla 12), con el fin de tener en consideración la legislación del país. También se examina el modelo de equipos para identificar aquellos equipos que cuenten con un bajo desempeño energético. De esta manera se obtienen las siguientes metas energéticas

**Tabla 19.** Objetivos y metas energéticas

	<b>Objetivo</b>	<b>Meta</b>
<b>1</b>	Reducir 20% el consumo anual de electricidad en el proceso de producción debido a motores y bombas.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estudiar los beneficios de la normativa legal colombiana para proyectos de eficiencia energética</li> <li>2. Incluir variadores de velocidad a los motores</li> <li>3. Realizar compra de motores de alta eficiencia</li> <li>4. Incluir variadores de frecuencia a las bombas</li> </ol>
<b>2</b>	Estudiar la dimensión del compresor necesario para la línea de envasado.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Solicitar a universidades estudios técnicos</li> <li>2. Contratar a empresas consultoras</li> </ol>
<b>3</b>	Mejorar el proceso de calefacción en la fabricación de los escarchados	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Adecuar térmicamente el lugar de almacenamiento</li> <li>2. Instalar control industrial al proceso térmico</li> </ol>
<b>4</b>	Mejorar el proceso de medición de energía en las líneas de producción	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estudios de evaluación de identificación de ubicaciones</li> <li>2. Solicitud de compra de equipos</li> <li>3. Instalación de nuevos equipos</li> <li>4. Instalar al menos 5 medidores de corriente alterna en las líneas de producción</li> </ol>
<b>5</b>	Capacitar a los trabajadores de la organización en el marco de la gestión de la energía	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Impartir al menos dos cursos anuales de eficiencia energética a la totalidad de los trabajadores</li> </ol>

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se realizó el plan de acción presentado en la Tabla 20, que permitirá a la ILC dar seguimiento y monitoreo a los objetivos y metas, el cual incluye la asignación de indicadores de desempeño energético a cada uno de los objetivos, el plazo máximo en el cual deben ser completadas las metas energéticas y el personal competente que vele por el cumplimiento de cada uno de los objetivos.

Definido el plan de acción se da por finalizado el proceso de la instanciación de la etapa de planificación energética del modelo para la implementación de un SGen. Sus resultados pueden

ser validados revisando la norma ISO 50001:2011 y las guías de implementación de sistemas de gestión de energía presentadas en el estado del arte.

**Tabla 20.** Plan de acción ILC

	<b>Objetivo</b>	<b>Meta</b>	<b>Indicador</b>	<b>Responsable</b>	<b>Plazo</b>
<b>1</b>	Reducir 20% el consumo anual de electricidad en el proceso de producción debido a motores y bombas.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estudiar los beneficios de la normativa legal colombiana para proyectos de eficiencia energética</li> <li>2. Incluir variadores de velocidad a los motores</li> <li>3. Realizar compra de motores de alta eficiencia</li> <li>4. Incluir variadores de frecuencia a las bombas</li> </ol>	kWh	Mantenimiento	1 año
<b>2</b>	Estudiar la dimensión del compresor necesario para la línea de envasado.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Solicitar a universidades estudios técnicos</li> <li>2. Contratar a empresas consultoras</li> </ol>	N°. de estudios	Mantenimiento	6 meses
<b>3</b>	Mejorar el proceso de calefacción en la fabricación de los escarchados	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Adecuar térmicamente el lugar de almacenamiento</li> <li>2. Instalar control industrial al proceso térmico</li> </ol>	kWh	Mantenimiento	1 año
<b>4</b>	Mejora del proceso de medición de energía en las líneas de producción	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estudios de evaluación de identificación de ubicaciones</li> <li>2. Solicitud de compra de equipos</li> <li>3. Instalación de nuevos equipos</li> <li>4. Instalar al menos 5 medidores de corriente alterna en las líneas de producción</li> </ol>	N°. de medidores	Mantenimiento	6 meses
<b>5</b>	Capacitar a los trabajadores de la organización en el marco de la gestión de la energía	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Impartir al menos dos cursos anuales de eficiencia energética a la totalidad de los trabajadores</li> </ol>	N°. de cursos	Talento humano	3 meses

Fuente: Elaboración propia

## 5.2 Resultados de la aplicación del componente de planificación energética del modelo desarrollado en la ILC

Finalizada la aplicación en la Industria Licorera del Cauca del componente de planificación energética del modelo desarrollado, se establece la tabla 21 donde se detallan las actividades realizadas y se justifica porqué algunas no fueron ejecutadas.

**Tabla 21.** Actividades Realizadas

Etapa de Planificación Energética	Actividades	Aplicó	No Aplicó	Observaciones
Estructurar requisitos legales	Identificar requisitos legales	X		
	Análisis de cumplimiento	X		
	Desarrollar procedimiento de cumplimiento.	X		
Revisión energética	Identificación fuentes de energía	X		
	Desagregar datos de uso y consumo	X		
	Evaluación pérdidas de energía		X	Era poco práctico y veraz la realización del balance de energía, debido a la ausencia de medidores que registren el consumo de energía en los equipos o procesos de la ILC.
	Identificar usos significativos de energía	X		
	Identificar oportunidades de mejora	X		
Establecer Línea base	Establecer Línea base	X		
Establecer IDEns	Establecer IDEns	X		
Determinar OMPA	Establecer propósitos energéticos	X		
	Fijar acciones de cumplimiento	X		
	Construir plan de acción	X		

Fuente: Elaboración propia.

## 5.3 Conclusión

El presente capítulo evidenció la funcionalidad del componente de planificación energética del modelo desarrollado, en su aplicación en una organización del sector industrial. Se destaca, analizando la tabla 21, que se obtuvieron los resultados esperados según los requerimientos de la ISO 50001:2011. Se evidencia la utilidad de los modelos desarrollados por los estándares ISA de estudio en el proceso de planificación energética.

# Aportes del proyecto

Considerando los aspectos presentados en el capítulo 1, tabla 2, donde se comparan cada uno de los trabajos encontrados en la revisión del estado del arte para SGEN, se generan las siguientes contribuciones por parte del presente proyecto:

- Las guías de implementación permiten el desarrollo de un SGEN, sin embargo, no cuentan con un esquema general del sistema que facilite a las organizaciones su implementación; de esta manera, en el presente proyecto se elaboró el modelo estructural y dinámico del proceso de implementación de un SGEN, mediante el cual se presentó una vista general de todo el proceso de implantación, permitiendo la realización de sus actividades e identificación de los flujos de información.
- Los modelos encontrados en el desarrollo del estado del arte se encaminan hacia la revisión del estado de madurez de los sistemas de gestión de energía, mas no se enfocan en su implementación, así, el modelo propuesto consta de un conjunto estructurado de procedimientos y actividades que sirven de guía para la implementación de un SGEN en el sector industrial.
- Dado que las guías de implementación y los modelos de madurez no tienen en cuenta el enfoque de integración empresarial, en este trabajo se realizó la unificación terminológica y estructural de la norma de sistemas de gestión de energía con estándares de integración empresarial, permitiendo mejorar los flujos de trabajo e información, y la toma de decisiones en el proceso de implementación y posterior funcionamiento del SGEN.

# Conclusiones y trabajos futuros

## Conclusiones

A continuación, se presentan las conclusiones obtenidas al finalizar este trabajo:

- Incluir los estándares para la integración empresarial en la implementación de SGEN, garantiza la agilidad y reactividad del proceso, dado que al mantener documentada la información de las operaciones de manufactura llevadas a cabo en la organización, es menos tediosa la toma de decisiones e intercambio de información necesarias en esta implementación.
- La unificación de la norma ISO 50001 con los estándares ISA-88 e ISA-95 permitió integrar la administración y control de los procesos productivos a la mejora del desempeño energético de los SGEN.
- Modelar la implementación de un SGEN como un proceso de negocio permitió representar su estructura, comportamiento y organización, siendo este uno de los aportes al conocimiento impulsados por este trabajo.
- La realización del modelo estructural permite una vista general del proceso, facilitando la asignación de recursos y esclareciendo los requisitos necesarios en cada una de las etapas para implementar un SGEN.
- Con el desarrollo del modelo dinámico es posible la implementación y funcionamiento del SGEN, debido a que se detallan gráfica, jerárquica y secuencialmente todas sus etapas, mostrando la realización y sincronización de las actividades.
- Se evidenció la funcionalidad del modelo desarrollado en la aplicación del componente de planificación energética de un SGEN en la Industria Licorera del Cauca, dado que se obtuvieron los resultados esperados según los requerimientos de la ISO 50001:2011.
- El procedimiento propuesto para la elaboración del modelo, abre una posibilidad hacia la unificación de estándares de integración empresarial con normas de sistemas de gestión, especialmente de calidad y gestión ambiental, con el fin de crear un marco de referencia que facilite su implementación.

## **Trabajos futuros**

Los resultados presentados en este trabajo permiten plantear algunos trabajos futuros que contribuyan a la mejora del modelo para la implementación de SGEN, para ello se propone:

1. Realizar la completa implementación de un SGEN en el sector industrial tomando como referencia el modelo desarrollado.
2. Adecuar el modelo para que permita a la organización la convergencia de diferentes aspectos a la gestión de la energía, como lo son la gestión ambiental o de calidad.
3. Mejorar y profundizar las actividades del modelo obtenido en las cuales se hayan desarrollado normas específicas para su implementación, p. ej. ISO 50006 para la línea base e IDEn.
4. Acondicionar el modelo a la nueva estructura de sistemas de gestión desarrollada por la ISO esperada para el 2019.
5. Utilizar el modelo desarrollado para la creación de modelos particulares encaminados a sectores de la industria, por ejemplo, alimentos, bebidas, etc.

# Referencias

- Abdelaziz, E., Saidur, R., & Mekhilef, S. (2011). A review on energy saving strategies in industrial sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 150-168. doi:10.1016/j.rser.2010.09.003
- Alonso, G. (2008). Marketing de Servicios: Reinterpretando la Cadena de Valor. *Palermo Business Review*, II, 83-96.
- Aman, S., Simmhan, Y., & Prasanna, V. K. (2013). Energy management systems: state of the art and emerging trends. *IEEE Communications Magazine*, 51(1), 114-119. doi:10.1109/MCOM.2013.6400447
- Antaris. (2016, Julio). *Antaris Consulting*. Retrieved Octubre 2016, from <https://antarisconsulting.wordpress.com/2016/07/15/iso-50001-set-for-a-revision/>
- Antunes, P., Carreira, P., & Da Silva, M. (2014). Towards an energy management maturity model. *Energy Policy*(73), 803-814. doi:10.1016/j.enpol.2014.06.011
- bsi. (2015). *BSI group*. Retrieved Octubre 2016, from <http://www.bsigroup.com/LocalFiles/es-ES/Documentos%20tecnicos/Revisiones%20ISO/ISO%209001/BSI-Anexo%20SL-ISO-9001-2015.pdf>
- Bunse, K., Vodicka, M., Schönsleben, P., & Ernst, F. O. (2011). Integrating energy efficiency performance in production management - Gap analysis between industrial needs and scientific literature. *Journal of Cleaner Production*, 19(6-7), 667-679. doi:10.1016/j.jclepro.2010.11.011
- Campos, J., Lora, E., Tovar, I., Prias, O., Quispe, E., & Vidal, J. (2008). *Sistema de Gestión Integral de la Energía, Guía para la implementación*. Unidad de Planeación Minero Energética. Retrieved from [www.upme.gov.co](http://www.upme.gov.co)
- Campos, J., Quispe, E., & Prias, O. (2004). *Ahorro de energía en sistemas de bombas centrifugas*. Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). Retrieved from <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Tecnologias/bombas.pdf>
- Carbon Trust. (2011). *Energy management, A comprehensive guide to controlling energy use*. Londres. Retrieved from [www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
- Castrillón, R., Monteagudo, J., Borroto, A., & Quispe, E. (2015). Línea de Base Energética en la implementación de la norma ISO 50001. Estudios de casos. *El hombre y la maquina. Universidad Autónoma de Occidente*(46), 137-143.
- CEE. (2013). *Aplicación de un Sistema de Gestión Energética en el Sector Industrial*. Consejería de Economía y Empleo, Madrid.
- Chen, D., Doumeingts, G., & Vernadat, F. (2008). Architectures for enterprise integration and interoperability: Past, present and future. *Computers in Industry*, 59(7), 647-659. doi:10.1016/j.compind.2007.12.016
- Cuenca, L., Ortiz, A., & Boza, A. (2015). Arquitectura de Empresa. Visión General. *IX Congreso de Ingeniería de Organización*. Gijón.

- De Laire, M. (2013). *Guía de Implementación de Sistema de Gestión de la Energía basada en ISO 50001* (Tercera ed.). Santiago de Chile: Agencia Chilena de Eficiencia Energética.
- Díaz, E., Rivera, C., Escobar, S., & Rojas, O. (2014). Modelado de los procesos de gestión para laboratorio de metrología del sector energético. *Gerencia Tecnológica Informática*, 13(35), 79-94.
- EE&RE. (2016). *Office of Energy Efficiency & Renewable Energy*. Retrieved from ENERGY.GOV: <http://energy.gov/ISO50001>
- EIA. (2016). *Independent Statistics & Analysis, U.S. Energy Information Administration*. (U.S. Department of Energy) Retrieved Mayo 2016, from <https://www.eia.gov/tools/-faqs/faq.cfm?id=447&t=1>
- EMGESA. (2014). Sistema de Gestión Energética SGE en la central Termozipa. Bajo la metodología ISO 50001. *Revista CIDET*.
- ENERGY.GOV (Oficina de eficiencia energética y energía renovable). (n.d.). *ISO 50001. Informe general*.
- eoi. (2012). *Escuela de Organización Industrial*. Retrieved Noviembre 2016, from [http://www.eoi.es/wiki/index.php/Buenas\\_pr%C3%A1cticas\\_en\\_la\\_industria\\_y\\_los\\_servicios\\_en\\_Eficiencia\\_energ%C3%A9tica](http://www.eoi.es/wiki/index.php/Buenas_pr%C3%A1cticas_en_la_industria_y_los_servicios_en_Eficiencia_energ%C3%A9tica)
- Eshuis, R., & Wieringa, R. (2003). *Comparing Petri Net and Activity Diagram Variants for Workflow Modelling a Quest for Reactive Petri Nets*. University of Twente, Department of Computer Science, Enschede, The Netherlands.
- Estrada, N., Perdomo, G., & Flórez, J. (2015). Modelado de un enfoque de transacción entre niveles de negocio y manufactura usando ANSI/ISA S95.00.05. *Gerencia Tecnológica Informática*, 14(39).
- Fawkes, S. (2016, 08 15). *Only Eleven Percent*. Retrieved from <http://www.onlyelevenpercent.com/a-brief-history-of-energy-efficiency/>
- Hernández, A., Carmona, G., Flores, L., & Sosa, R. (2014). *Manual para la implementación de un Sistema de Gestión de Energía*. Conuee, México D.F.
- HKEIA. (2013). *Guidebook for ISO 50001 energy management system*. The Hong Kong Electronic Industries Association, Hong Kong.
- IPCC. (2013). *Cambio Climático 2013. Resumen para responsables de políticas*. Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático.
- ISA. (1995). *ANSI/ISA-88.01, Batch Control Part 1: Models and Terminology*.
- ISA. (2001). *ANSI/ISA-95.00.02, Enterprise-Control System Integration Part 2: Object Model Attributes*.
- ISA. (2005). *ANSI/ISA-95.00.03, Enterprise-Control System Integration Part 3: Activity Models of Manufacturing Operations Management*.
- ISO. (2003). *EN/ISO 19439, Enterprise integration -- Framework for enterprise modelling*. International Organization for Standardization.
- ISO. (2011). *Sistemas de Gestión de la Energía. Requisitos con Orientación para su Uso*. Ginebra.



- Ivanova, D., Batchkova, L., Panjaitan, S., Wagner, F., & Frey, G. (2009). Combining IEC 61499 and ISA S88 for Batch Control. *IFAC Proceedings Volumes*, 42(4), 187-192. doi:10.3182/20090603-3-RU-2001.0189
- Janssens, G., Verelst, J., & Weyn, B. (2000). Techniques for Modelling Workflows and their Support of Reuse. In *Business Process Management - Models, Techniques, and Empirical Studies* (pp. 1-15). Springer.
- Jelic, D. N., Gordic, D., Milun, B., & Sustersic, V. M. (2010). Review of existing energy management standards and possibilities for its introduction in Serbia. *Thermal Science*, 14(3), 613-623. doi:10.2298/TSCI091106003J
- Jovanovic, B., & Filipovic, J. (2016). ISO 50001 standar-based energy management maturity model - proposal and validation in industry . *Elsevier, Journal of Cleaner Production*(112), 2744-2755.
- Kahlenborn, W., Kabisch, S., Klein, J., Richter, I., & Schürmann, S. (2012). *Energy Management Systems in Practice, ISO 50001: A Guide for Companies and Organisations*. Berlin: Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU), Federal Environment Agency (UBA).
- Markovic, I., & Pereira, A. (2007). Towards a Formal Framework for Reuse in Business Process Modeling. *International Conference on Business Process Management*, (pp. 484-495). Brisbane.
- McKane, A., Desai, D., Matteini, M., Meffert, W., Williams, R., & Risser, R. (2009). *Thinking Globally: How ISO 50001 – Energy Management Can Make Industrial Energy Efficiency Standard Practice*.
- McLaughlin, L., & López, A. (2015). *ISO 50001 Sistemas de Gestión de Energía, Guía práctica para PyMEs*. Ginebra. Retrieved from [www.iso.org](http://www.iso.org)
- Muñoz, F. (2003). *Benchmarking y marketing estratégico de ciudades*. Trabajo de Investigación, Universidad de Granada, Departamento de Comercialización e Investigación de Mercados, Granada.
- NIST. (1993). *Integration definition for function modeling - IDEF0*. National Institute of Standards and Technology.
- OECD. (2015). *An Introduction To Energy Management Systems: Energy Savings And Increased Industrial Productivity For The Iron And Steel Sector*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Directorate For Science, Technology And Innovation Steel Committee. Retrieved from <http://www.oecd.org>
- Ortiz, A., Poler, R., Lario, F., & Vicens, E. (1999). Situación actual y líneas de investigación futuras en integración empresarial. *Información Tecnológica*, X(4), 267-282.
- Prades, L., Romero, F., Estruch, A., García, A., & Serrano, J. (2013). Defining a Methodology to Design and Implement Business Process Models in BPMN according to the Standard ANSI/ISA-95 in a Manufacturing Enterprise. *Procedia Engineering*, 63, 115-122. doi:10.1016
- Presley, A., & Liles, D. (1998). *The use of IDEF0 for the design and specification of methodologies*. The University of Texas at Arlington, Automation & Robotics Research Institute.
- Prías, O. (2006). *Gestión Estratégica Integral de la Eficiencia Energética en Ambientes Competitivos*. Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez.

- Ranky, P. (2012). Sustainable Energy Management and Quality Process Models Based on ISO 50001:2011 The International Energy Management Standard. *2012 IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology (ISSST)*. Boston.
- Rojas, D., & Prías, O. (2014, Diciembre). Herramientas Lean para apoyar la implementación de sistemas de gestión de la energía basados en ISO 50001. *Energética*(44), 49-60.
- Rojas, Ó., Gómez, Á., Tumbajoy, L., & Velasco, J. (2012). Modelado dinámico del proceso de trazabilidad de producto con redes de Petri para Workflow. *Revista Épsilon*(19), 117-144.
- Rolón, E., Ruiz, F., & García Félix, P. M. (2005). Aplicación de métricas software en la evaluación de modelos de procesos de negocio. *Revista Electrónica de la Sociedad Chilena de Ciencia de la Computación*, VI(09).
- Rumbaugh, J., Jacobson, I., & Booch, G. (2000). *El lenguaje unificado de modelado. Manual de Referencia* (Primera ed.). (A. Otero, Ed.) Madrid, España: Pearson Educación.
- Salimifard, K., & Wright, M. (2001). Petri net-based modelling of workflow systems: A overview. *European Journal of Operational Research*(134), 664-676.
- Sanchis, R., Poler, R., & Ortiz, A. (2009). Técnicas para el Modelado de Procesos de Negocio en Cadenas de Suministro. *Información Tecnológica*, 20 (2), 29-40. doi:10.1612
- Scholten, B. (2007). Integrating ISA-88 and ISA-95. *ISA EXPO 2007*. Houston.
- Serna, W., Vergara, D., & Flórez, J. (2011, Julio). Procedimiento de modelado ISA S88 para ejecución de órdenes de producción basadas en recetas. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 21(2).
- Solana, P., Alonso, M., & Perez, D. (2007). Análisis y modelado con redes de Workflow del proceso de tratamiento de experiencias operativas. *XX Congreso anual de AEDEM*, I, p. 77.
- Suárez, J. (2012). Control de gestión en la cadena de valor y los aportes de la contabilidad de gestión: estudio de caso de una compañía colombiana.
- Therkelsen, P., Sabouni, R., McKane, A., & Scheihing, P. (2013). *Assessing the Costs and Benefits of the Superior Energy Performance Program*. ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Industry, New York. Retrieved from <http://aceee.org/>
- TÜV UK. (2014). *ISO 50001 Energy Management System (EnMS) - Implementation guide*. Croydon. Retrieved from [www.tuv-uk.com](http://www.tuv-uk.com)
- UNIDO. (2013). *Practical Guide for Implementing an Energy Management System*. United Nations Industrial Development Organization, Vienna. Retrieved from [www.unido.org](http://www.unido.org)
- Universidad del Atlantico. (2014). *Sistema de Gestión de Energía en la Universidad del Atlantico*. Barranquilla- Colombia.
- UPME. (2011). *Unidad de Planeación Minero Energética*. Retrieved Agosto 2016, from <http://www.upme.gov.co>
- Van der Aalst, W. (1998). *The Application of Petri Nets to Workflow Management*. Eindhoven University of Technology, Department of Mathematics and Computing Science, Eindhoven, The Netherlands.

- Van Gorp, J. (2004). Maximizing energy savings with enterprise energy management systems. *Pulp and Paper Industry Technical Conference, 2004. Conference Record of the 2004 Annual*, (pp. 175-181). doi:10.1109/PAPCON.2004.1338378
- Vernadat, F. (2003). Enterprise Modelling and Integration. In *Enterprise Inter- and Intra-Organizational Integration* (pp. 25-33). New York: Springer Science+Business Media. doi:10.1007/978-0-387-35621-1
- Vernadat, F. (2014). Enterprise Modeling in the context of Enterprise Engineering: State of the art and outlook. *International Journal of Production Management and Engineering*, 57-73.
- Viñas, V., & Gento, Á. (2015). *Modelado del proceso de esterilización del hospital clínico de Valladolid mediante diagramas IDEF*. Universidad de Valladolid, Escuela de Ingenierías Industriales, Valladolid.
- Wendler, R. (2012). The maturity of maturity model research: A systematic mapping study. *Information and Software Technology*, 54(12), 1317-1339. doi:10.1016/j.infsof.2012.07.007
- WFMC. (1999). *Terminology & Glossary*. Workflow Management Coalition, Winchester, United Kingdom.
- World Bank. (2015). *Progress Toward Sustainable Energy, Global Tracking Framework 2015 Key Findings*.