

**DISEÑO DE UN CURSO DE INTRODUCCIÓN A LAS ENERGÍAS
RENOVABLES EN LA UNIVERSIDAD ICESI**

**NATALIA MENESES PALACIO
SERGIO ANDRÉS RODRÍGUEZ COTE**

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CALI
JUNIO DE 2014**

**DISEÑO DE UN CURSO DE INTRODUCCIÓN A LAS ENERGÍAS
RENOVABLES EN LA UNIVERSIDAD ICESI**

**NATALIA MENESES PALACIO
SERGIO ANDRÉS RODRÍGUEZ COTE**

Proyecto de Grado para optar el título de Ingeniero Industrial

**Tutores
KATHERINE ORTEGON MOSQUERA, PhD
JAIRO GUERRERO BUENO, MSC**

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CALI
JUNIO DE 2014**

CONTENIDO

	Pág.
1. TÍTULO DEL PROYECTO	9
2. PROBLEMÁTICA	9
2.1. DESCRIPCIÓN Y ELEMENTOS DEL PROBLEMA	9
2.2. FORMULACIÓN	13
2.3. IMPORTANCIA	13
2.4. DELIMITACIÓN	14
2.4.1. Espacio	14
2.4.2. Tiempo	14
2.4.3. Impacto	14
3. OBJETIVOS.....	16
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	16
3.2. OBJETIVO DEL PROYECTO	16
3.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
4. METODOLOGÍA	19
4.1. MATRIZ DEL MARCO LÓGICO	19
4.2. ETAPAS DEL TRABAJO	22
5. MARCO DE REFERENCIA.....	24
5.1. ANTECEDENTES	24
5.2. MARCO TEORÍCO	24
5.2.1. Energía.....	24
5.2.2. Energías Primarias	25
5.2.3. Energías Renovables.....	26
5.2.3.1. Biomasa.....	26
5.2.3.2. Eólica.....	27
5.2.3.3. Geotérmica.....	29
5.2.3.4. Energía Hidroeléctrica	32

5.2.3.5. Mareomotriz	33
5.2.3.6. Energía solar	34
Fotovoltaica	34
Térmica	35
5.2.4. Evaluación ambiental de proyectos	37
5.2.5. Evaluación financiera de proyectos	38
5.3. APOORTE CRÍTICO	39
6. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO	41
6.1. RECURSOS	41
6.2. CRONOGRAMA	41
6.3. EQUIPO DE TRABAJO	42
7. DESARROLLO DEL PROYECTO DE GRADO	43
7.1. RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS DE LA ENCUESTA	43
7.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	44
7.3. CONSUMO DE ENERGÍA ACTUAL Y “ENERGY MIX”	46
7.3.1. Distribución de energía para Estados Unidos	47
7.3.2. Distribución de energía para Brasil	50
7.3.3. Distribución de energía para Colombia	51
7.3.4. Unión Europea	54
7.3.5. Distribución de energía para China	56
7.3.6. Impacto ambiental y económico de las energías	58
7.4. CURSOS SOBRE ENERGÍAS RENOVABLES EN INSTITUCIONES NACIONALES E INTERNACIONALES	59
7.4.1. Objetivos de los cursos	59
7.4.2. Metodología	60
7.4.3. Unidades de los cursos	60
7.4.4. Comparación de los cursos analizados	62
7.5. ESTRUCTURA DEL CURSO PARA LA UNIVERSIDAD ICESI	63
7.6. CASOS Y ACTIVIDADES PRÁCTICAS PARA EL CURSO	65
7.6.1. Taller piloto	65

7.7. PROCESO DE LA CREACIÓN DEL CURSO.....	67
8. CONCLUSIONES	68
9. RECOMENDACIONES	70
BIBLIOGRAFÍA	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ilustración de una turbina eólica abierta (Hodge, 2010).....	28
Figura 2. Turbina de vapor convencional y plantas binarias (International Geothermal Association, 2004).....	30
Figura 3. Ciclo Rankine ideal (Cengel & Boles, 2010)	31
Figura 4. Ilustración abierta de un Flat-Plate Collector (Hodge, 2010)	36
Figura 5. Energy mix Estados Unidos.....	49
Figura 6. Energy Mix Brasil 2012 (EPE, 2013).....	50
Figura 7. Energy Mix Colombia 2011 (UPME, 2011)	53
Figura 8. Energy Mix Unión Europea (European Wind Energy Association, 2009).....	55
Figura 9. Energy Mix China (EIA, 2012)	56
Figura 10. Diagrama de flujo del proceso de la creación del curso.....	67

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Número total de asignaturas vinculadas con energía por departamento.	12
Gráfica 2. Vista general de la energía primaria en Estados Unidos.....	48
Gráfica 3. Exportaciones energéticas en Colombia (PEN, 2010).....	52
Gráfica 4. Capacidad energética en la Unión Europea (European Wind Energy Association, 2009).	55
Gráfica 5. Producción y consumo de petróleo en China (EIA, 2012)	57

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Huella de dióxido de carbono y de agua generada por las energías primarias	10
Tabla 2. . Huella de dióxido de carbono y de agua generada por las energías renovables	10
Tabla 3. Nombre de asignaturas relacionadas con energía renovable, ofrecidas en universidades colombianas.....	12
Tabla 4. Matriz de marco lógico	19
Tabla 5. Etapas del proyecto y sus actividades.	22
Tabla 6. Resumen de los “energy mix” de los países estudiados.	40
Tabla 7. Energía utilizada actualmente	44
Tabla 8. Resumen Encuesta a las empresas	46
Tabla 9. Energía hidráulica en Brasil	51
Tabla 10. Capacidad efectiva de generación de energía en Colombia.....	53
Tabla 11. Resumen Energy Mix.....	58

1. TÍTULO DEL PROYECTO

Diseño de un curso de introducción a las energías renovables en la Universidad Icesl.

2. PROBLEMÁTICA

2.1. DESCRIPCIÓN Y ELEMENTOS DEL PROBLEMA

Desde el punto de vista de la Ingeniería Industrial, se reconoce la importancia de las energías renovables en la economía mundial. Actualmente el panorama energético del mundo está cambiando; la producción de energía primaria depende principalmente de la explotación de los recursos naturales¹ y, por lo tanto, de los países que posean una gran cantidad de estos recursos. Una visión ambiental, y el uso de energías “verdes” generarían una producción más eficiente de energía que se puede reflejar, tanto en el nivel económico, como en el ambiental (IEA, 2012).

En términos económicos, las principales fuentes de energías renovables existentes: eólica, geotérmica y solar (exceptuando la hidráulica), han tenido muy poca participación en la producción eléctrica mundial. Esto es atribuido a los altos costos iniciales de implementación. Sin embargo, a causa de los elevados y graduales aumentos en los costos por parte de los combustibles fósiles, las energías renovables se han convertido en una inversión muy atractiva desde un enfoque financiero, tanto para gobiernos como para empresas privadas.

En cuanto al desarrollo sostenible, es claro que las energías renovables son una fuente eficiente que permiten la reducción de emisiones de gases derivados de fuentes de energías no renovables (combustibles fósiles). Estas fuentes tradicionales emiten nitrógeno, sulfuro y dióxido de carbono, que generan claramente un impacto negativo ambiental, creando cambios perjudiciales a nivel global como lo es el efecto invernadero, la lluvia ácida y la reducción de la capa de ozono. Al contrario, las energías renovables son fuentes de energía limpias que permiten la preservación de recursos a generaciones futuras (Rahman, 2004)

¹ Los recursos naturales más utilizados para la producción de energía son el carbón, el petróleo y el gas natural.

Igualmente, se evidencia un beneficio en el consumo de agua que se emplea para la generación de algunas de las energías renovables, especialmente la eólica y la fotovoltaica, en comparación con la consumida por parte de las energías primarias.

A continuación, se puede apreciar dos tablas que relacionan a las energías primarias y renovables en términos de huella de dióxido de carbono y agua, argumentando lo especificado anteriormente (Wilson et al., 2012), (Parliamentary Office of Science & Technology, 2011):

Tabla 1. Huella de dióxido de carbono y de agua generada por las energías primarias

Fuente de energía	Huella de Dióxido de Carbono (g CO₂ / KWh)	Huella de agua (Gal / MWh)
Carbón	990	700
Gas natural	488	270
Nuclear	26	532

Fuentes: Burning our Rivers: The water footprint of electricity by Wilson, Leipzig and Griffiths-Sattenspiel. PostNote Update by Parliamentary Office of Science and Technology

Tabla 2. . Huella de dióxido de carbono y de agua generada por las energías renovables

Fuente de energía	Huella de Carbono (g CO₂ / KWh)	Huella de agua (Gal / MWh)
Solar	88	2
Eólica	20	N/A
Geotérmica	34	700
Hidroeléctrica	8	9000
Biomasa	25	95

Fuentes: Burning our Rivers: The water footprint of electricity by Wilson, Leipzig and Griffiths-Sattenspiel. PostNote Update by Parliamentary Office of Science and Technology

La demanda mundial de energía cada vez es más alta. Se espera que para el año 2035 aumente aproximadamente 34%, el cual estaría influenciado principalmente, casi en un 60%, por pocos países como China, Estados Unidos e India. . Además, a pesar del incremento en el uso de fuentes de energías renovables, evidente en

los últimos años por algunos países, el aumento por año de consumo de energía proveniente de combustibles fósiles, entre el 2010 y 2011 fue casi del 30%.

El reemplazo de las energías primarias, está convirtiéndose en un tema necesario para las entidades públicas y privadas de la actualidad. El rápido crecimiento del uso de la energía solar, hidráulica y eólica supone que esta clase de energías reemplazarán casi un tercio del consumo total energético para el 2035 en el mundo.

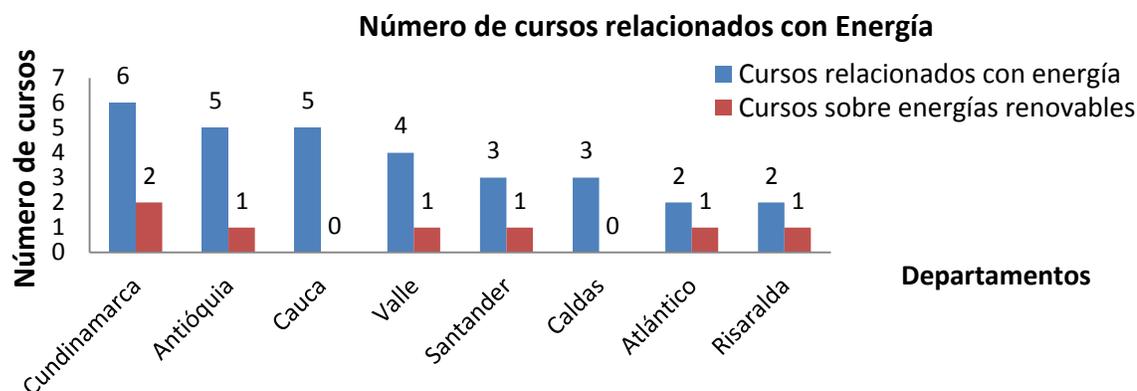
La inversión y práctica en técnicas y procesos que generen mayor eficiencia energética es una oportunidad de explotar un potencial que podría generar grandes ganancias en crecimiento económico, medio ambiente y seguridad energética. Con estas ganancias, una organización puede llegar a ser más competitiva en el mercado y generar mayores beneficios para sus stakeholders.

Como futuros egresados de la universidad, es claro que es importante visualizar, de una forma clara y detallada, las diferentes estrategias y acciones que muchas de las grandes empresas y los gobiernos de diversos países están tomando en relación a este tema, para beneficios futuros.

Finalmente, se identifica la necesidad de crear y poner en marcha un curso dentro de la Universidad Icesi, que permita dar las bases de conocimiento sobre las energías renovables y sus aplicaciones económicamente viables a futuros estudiantes y profesionales, haciendo énfasis principalmente en la energía eólica, solar, geotérmica e hidráulica, las cuales son las más comunes y que tienen más fuerza, tanto en los países pioneros de la Unión Europea, como en los países que más inversión realizan para este tipo de energía en la actualidad, como lo son: China, Estados Unidos, Brasil, etc.

Así pues, considerando la importancia de esta temática para los estudiantes del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Icesi, y teniendo en cuenta que diferentes universidades a nivel nacional ya han implementado asignaturas para el aprendizaje de generación de energías (ver gráfica 1), se evidencia la oportunidad y la necesidad de llevar a cabo este proyecto de investigación.

Gráfica 1. Número total de asignaturas vinculadas con energía por departamento.



Fuente: Los autores

Las materias referenciadas en la gráfica anterior se pueden apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 3. Nombre de asignaturas relacionadas con energía renovable, ofrecidas en universidades colombianas

Universidad	Ciudad	Carrera	Materia
Universidad de los Andes	Bogotá	Ingeniería mecánica	Sistemas de conservación de energía
Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá	Ingeniería Industrial	Factores energéticos
EAFIT	Medellín	Ingeniería de Procesos	Balance de materia y energía
Universidad Industrial de Santander	Santander	Ingeniería Mecánica	Máquinas térmicas alternativas
Universidad del Norte	Barranquilla	Ingeniería Industrial	Biocombustibles
Universidad del Valle	Cali	Ingeniería Mecánica	Aprovechamiento de la energía solar
Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	Ingeniería eléctrica	Sistemas de Generación de Energía

Fuente: Los autores

2.2. FORMULACIÓN

Las energías renovables minimizan el impacto ambiental, debido a que permiten generar beneficios por medio de la disminución en la emisión de gases tóxicos². Igualmente, estas energías permiten una disminución económica significativa, en términos de inversión energética a futuro, lo cual es atractivo para diferentes modelos de negocios, tanto en el sector público como en el privado.

En el ámbito académico colombiano, y especialmente en el Valle del Cauca, las universidades, al no desarrollar cursos relacionados con energías renovables, están incurriendo en un costo de oportunidad significativo porque no están induciendo en los estudiantes competencias³ relacionadas con un tema que no sólo tiene una aplicación importante en diferentes industrias en la actualidad, debido a su impacto positivo en el ambiente y en la economía, sino que también es de vanguardia y tiene un auge muy amplio con proyecciones convenientes en un futuro cercano.

2.3. IMPORTANCIA

La importancia de este proyecto radica en el conocimiento sobre energías renovables que se le brindará a los estudiantes del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Icesi, a partir del diseño y la puesta en marcha de un curso que les permita entender la importancia que tiene este tema en el contexto industrial actual, principalmente en el ámbito económico y ambiental, y mediante el cual logren desarrollar competencias para afrontar situaciones prácticas en sus futuras vidas profesionales.

² Estos gases provienen principalmente de los sistemas tradicionales de energía (petróleo, carbón y gas natural).

³ Las competencias según la metodología de Bloom, en la cual se basa la Universidad Icesi para el desarrollo de sus cursos son saber hacer, saber ser y saber conocer (López, 2010).

2.4. DELIMITACIÓN

2.4.1. Espacio

Este proyecto se desarrollará en la Universidad Icesi, para los estudiantes de pregrado del programa de Ingeniería Industrial. El alcance principalmente se verá reflejado en las competencias para la aplicación de técnicas en el uso de energías renovables económicamente viables.

Igualmente, el proyecto tiene un alcance local porque generará un espacio donde los estudiantes de la Universidad Icesi podrán adquirir competencias aplicables a temas de actualidad, enfocados a la sostenibilidad económica y ambiental que se presentan al utilizar fuentes energías renovables. En el ámbito académico, el curso le brindará un fortalecimiento al plan curricular del Programa de Ingeniería Industrial, permitiendo establecer temas de vanguardia direccionados a la sostenibilidad ambiental industrial.

2.4.2. Tiempo

Tanto para la investigación teórica como la práctica, se contará con dos semestres académicos. En la primera etapa se hará el diseño y montaje del curso, lo cual incluye el programa del curso, descripción, objetivos, marco teórico y guía de actividades. La segunda etapa estará dedicada a la creación y validación de las actividades y casos aplicados que se utilizarán como material de base para el desarrollo de las sesiones del curso.

2.4.3. Impacto

Este proyecto es de tipo pedagógico, pues está diseñado para contribuir a la formación integral de los ingenieros industriales de la Universidad Icesi. Impactará directamente la formación de los estudiantes del Programa de Ingeniería Industrial, pues se ofrecerá un curso con los conocimientos básicos de energías renovables, que es un tema de mucha actualidad e importancia. Después de tomar este curso, los estudiantes estarán en capacidad de analizar si, dado el consumo de energía de una organización o comunidad, existe la

posibilidad de utilizar energías renovables, y si dicha aplicación sería económica y ambientalmente viable. Por lo tanto, en un largo plazo el impacto de este proyecto se verá en la capacidad de los egresados de la Universidad para desarrollar y aplicar técnicas viables para la utilización y evaluación de este tipo de energías.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar la competencia de los estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad Icesi en temas de innovación, tecnología y desarrollo sostenible.

3.2. OBJETIVO DEL PROYECTO

Diseñar y desarrollar estrategias de aprendizaje para el curso de introducción a las energías renovables en la Universidad Icesi.

3.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivo No. 1 Identificar la necesidad de empresas manufactureras del suroccidente colombiano, de contar con profesionales competentes en temas de energía renovable.

- Diseñar y aplicar una encuesta que permita medir la necesidad o interés de estas empresas, de contar con personal idóneo para desarrollar o aplicar proyectos orientados a la reducción del consumo energético fósil.
- Analizar los datos obtenidos a través de la encuesta.
- Concluir sobre las respuestas obtenidas.

Objetivo No. 2 Evaluar las energías más utilizadas actualmente, al igual que sus implicaciones ambientales y económicas.

- Investigar energías utilizadas actualmente, provenientes de fuentes primarias y renovables.

- Investigar las energías renovables empleadas a nivel nacional y a nivel mundial, específicamente en China, Alemania, Estados Unidos y Brasil.
- Conocer el consumo de energía y el “energy mix” de cada uno de estos países.

Objetivo No. 3 Seleccionar, analizar y comparar cursos sobre energías renovables dictados en instituciones nacionales e internacionales.

- Analizar y comparar cursos sobre energías renovables dictados en instituciones nacionales.
- Analizar y comparar cursos sobre energías renovables dictados en instituciones internacionales.
- Realizar una tabla comparativa con la estructura general de los diferentes cursos y los temas en común que tengan.

Objetivo No. 4 Diseñar el curso sobre energías renovables y sus respectivas estrategias de aprendizaje.

- Identificar las estrategias de aprendizaje para el curso.
- Proponer la estructura del curso y crear sus objetivos: general, específicos, terminales y de formación académica.
- Hacer el cronograma de las actividades a realizar durante el curso con sus respectivas unidades.
- Hacer la metodología del curso, lo cual incluye las actividades del estudiante y evaluación.
- Subir el programa del curso a Moodle.

Objetivo No. 5 Diseñar y crear los casos y actividades prácticas para utilizar en el cronograma del curso.

- Buscar casos aplicables de Colombia y Estados Unidos, que sean acorde con las estrategias de aprendizaje.
- Reestructurar los casos, dos por cada tipo de energía renovable, con diferente grado de complejidad.
- Realizar un taller de apertura para incentivar a los estudiantes y evaluar su percepción sobre el curso.

4. METODOLOGÍA

4.1. MATRIZ DEL MARCO LÓGICO

A continuación se muestra la matriz de marco lógico del proyecto:

Tabla 4. Matriz de marco lógico

Marco Lógico				
	Objetivos	Indicadores	Medios de Verificación	Supuestos
Objetivo General	Desarrollar la competencia de los estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad Icesi en temas de innovación, tecnología y desarrollo sostenible.			
Objetivo del Proyecto	Diseñar y desarrollar estrategias de aprendizaje para el curso de introducción a las energías renovables en la Universidad Icesi.			
Objetivo Específico No. 1	Identificar la necesidad de empresas manufactureras del Valle del Cauca, de contar con profesionales competentes en temas de energía renovable.	Porcentaje de profesionales competentes en el tema vinculados a las empresas encuestadas	Análisis de datos de la encuesta	Baja tasa de respuesta
Actividad 1.1	Diseñar y aplicar una encuesta que permita medir la necesidad o interés de estas empresas, de contar con personal idóneo para desarrollar o aplicar proyectos orientados a la reducción del consumo energético fósil.	Cumplimiento de pasos para realizar una investigación de mercados.	Check list de pasos	Poco interés de los empresarios en el tema y baja tasa de respuesta a la encuesta.
		Envío de la encuesta y respuesta obtenida	Tasa de respuestas a las encuestas	
Actividad 1.2	Analizar los datos obtenidos a través de la encuesta.	Número de respuestas recibidas y calificación, codificación y edición de los datos	Informes y reportes	Sesgo en las respuestas o errores muestrales.

Actividad 1.3	Concluir sobre las respuestas obtenidas.	Porcentajes de usos de energía, inversión en proyectos ambientales e interés en los mismos	Informes y reportes	N/A
Objetivo Específico No. 2	Evaluar las energías renovables más utilizadas actualmente, al igual que sus implicaciones ambientales y económicas.	Número de energías renovables desarrolladas en el marco teórico	Informes y cronograma	Falta claridad en el funcionamiento de las diferentes energías
Actividad 2.1	Investigar energías utilizadas actualmente, provenientes de fuentes primarias y renovables.	Número de energías renovables desarrolladas en el marco teórico	Informes y cronograma	Información desactualizada
Actividad 2.2	Investigar las energías renovables empleadas en el Valle del Cauca, a nivel nacional y a nivel mundial, específicamente en China, Alemania, Estados Unidos y Brasil.	Número de energías renovables desarrolladas en el marco teórico	Informes y cronograma	Problemas con información que no se encuentre disponible en español o inglés
Actividad 2.3	Conocer el consumo de energía y el “energy mix” de cada uno de estos países.	Número de investigaciones y artículos leídos	Informes y cronograma	Dificultades para encontrar algunos datos importantes de los países
Objetivo Específico No. 3	Seleccionar, analizar y comparar cursos sobre energías renovables dictados en instituciones nacionales e internacionales.	Número de cursos relacionados con energías renovables encontrados. Número de programas disponibles	Check list e informes	Baja disponibilidad de programas de diferentes universidades
Actividad 3.1	Analizar y comparar cursos sobre energías renovables dictados en instituciones nacionales.	Número de cursos relacionados con energías renovables en Colombia.	Check list e informes	Baja disponibilidad de programas de diferentes universidades
Actividad 3.2	Analizar y comparar cursos sobre energías renovables dictados en instituciones internacionales.	Número de cursos relacionados con energías renovables en Estados Unidos.	Check list e informes	Baja disponibilidad de programas de diferentes universidades

Actividad 3.3	Realizar una tabla comparativa con la estructura general de los diferentes cursos y los temas en común que tengan.	Porcentaje de la tabla completa. Número de campos con información sobre total de campos por llenar	Check list y Porcentaje	Baja disponibilidad de programas de diferentes universidades
Objetivo Específico No. 4	Diseñar el curso sobre energías renovables y sus respectivas estrategias de aprendizaje.	Aprobación de Alexandra Mejía para el montaje del curso en la plataforma Moodle	Plataforma Moodle	N/A
Actividad 4.1	Identificar las estrategias de aprendizaje para el curso.	Referencias bibliográficas sobre el modelo para el diseño curricular de las asignaturas en la Universidad Icesi	Check list	Falta de estrategias de aprendizaje apropiadas para el curso desarrollado
Actividad 4.2	Proponer la estructura del curso y crear sus objetivos: general, específicos, terminales y de formación académica.		Informes y aprobación de tutores	
Actividad 4.3	Hacer el cronograma de las actividades a realizar durante el curso con sus respectivas unidades.	Unidades a desarrollar en el curso, que incluyan todos los temas propuestos en la estructura	Número de unidades	N/A
Actividad 4.4	Hacer la metodología del curso, lo cual incluye las actividades del estudiante.	Estrategias de aprendizaje utilizadas en el curso	Número de actividades a realizar por los estudiantes	Falta de estrategias de aprendizajes viables para el curso a desarrollar
Actividad 4.5	Subir el programa del curso a Moodle.	Aprobación de Alexandra Mejía para el montaje del curso en la plataforma Moodle	Plataforma Moodle	N/A
Objetivo Específico No. 5	Diseñar y crear los casos y actividades prácticas para utilizar en el cronograma del curso.	Número de casos diseñador por cada una de las energías renovables estudiadas	Informes y reportes	Poca información de empresas colombianas que utilicen energías renovables

Actividad 5.1	Buscar casos aplicables de Colombia y Estados Unidos, que sean acorde con las estrategias de aprendizaje.	Número de casos relevantes para tener en cuenta cuando se creen los casos del material del curso	Check list	Información no disponible
Actividad 5.2	Reestructurar los casos, dos por cada tipo de energía renovable, con diferente grado de complejidad.	Número de casos reestructurados y terminados por cada energía sobre 2	Porcentaje de cumplimiento y reportes	Inexistencia de casos con la misma complejidad, o casos con poca información para su desarrollo.

Fuente: Los autores

4.2. ETAPAS DEL TRABAJO

La siguiente tabla muestra las etapas del proyecto con sus actividades críticas y las metodologías para cada una de estas.

Tabla 5. Etapas del proyecto y sus actividades.

Diseño de un curso de introducción a las energías renovables en la Universidad Icesi			
No.	Etapas del proyecto	Actividades Críticas	Metodologías Específicas
1	Definición del problema	Tipo de problema, positivo o negativo. Información sobre el consumo de energía global y regional. Instituciones y cursos sobre el tema en Colombia y en países como Estados Unidos, Brasil y Alemania	Consulta y análisis de bibliografía, artículos y documentos. Páginas web de universidades reconocidas nacional e internacionalmente
2	Justificación e importancia del tema	Datos de consumo de recursos naturales. Contaminación generada por el uso de recursos no renovables	Consulta de datos claves en artículos y bibliografías de instituciones o universidades que trabajan en el tema
3	Definir objetivos del proyecto	Diferenciar objetivo general, del proyecto y específicos. Identificar las actividades de cada objetivo específico	Informarse de la estructura de los objetivos y el correcto planteamiento de los mismos, al igual que las actividades

4	Estudiar problemática	Demostrar la dependencia energética mundial, analizar la huella ambiental de las energías primarias. Observar la poca oferta de cursos relacionados con energías renovables en Colombia.	Gráficos que muestren la deficiencia de cursos sobre energías renovables en Colombia, específicamente en el Valle. Noticias actuales de la contaminación por uso de recursos no renovables y problemática ambiental
5	Realizar la comparación de temas tratados en cursos sobre energías renovables	Conseguir programas de los cursos más relacionados con energías renovables y comparar la estructura de estos, hacer comparaciones e identificar temas comunes que se tratan en el curso.	Tabla comparativa, identificación de la estructura del curso, objetivos, unidades a cubrir, metodología y sistema de evaluación.
6	Crear el marco teórico	Investigar y consultar sobre energía, energías primarias y energías renovables	Consulta de teoría en libros de referencia
7	Armar la estructura del curso	Entender la taxonomía de Bloom y la estrategia de diseño de objetivos de aprendizaje para crear el programa del curso. Identificar los temas más importantes que se deben cubrir en el curso en la Universidad Icesi	Formato de cursos para la Universidad Icesi, Benchmarking con cursos de otras instituciones
8	Crear la parte práctica del curso	Buscar casos aplicados de diferentes niveles de complejidad para cada una de las energías renovables estudiadas	Investigar datos de empresas de energía y hacer preguntas de diferente complejidad que ayuden a cumplir los objetivos de aprendizaje. Solucionar los casos para evaluar si funcionan correctamente para los estudiantes
9	Realizar la encuesta a las empresas del Valle del Cauca	Tener una muestra representativa de las empresas de la región y la tasa de respuesta de las mismas	Diseñar el cuestionario y contactar a las empresas elegidas para realizar la encuesta. Analizar los datos obtenidos y concluir.

Fuente: Los autores

5. MARCO DE REFERENCIA

5.1. ANTECEDENTES

Con relación al diseño de cursos que estén involucrados con energía renovable, desde un punto de vista industrial y que comprendan temas relacionados con la extracción de los recursos, las tecnologías empleadas, la distribución de la energía y los beneficios obtenidos, se pueden destacar los programas de cursos (resumen de los temas que se abarcan en los cursos académicos) que tienen su procedencia en instituciones en Estados Unidos, tales como: Introduction to Sustainable Energy - Massachusetts Institute of Technology (MIT), Renewable Energy Systems – Georgia Institute of Technology y Sustainable Energy Systems – University of Michigan. En cuanto a cursos nacionales, se destaca el curso de Aprovechamiento de Energía Solar de la Universidad del Valle.

Los programas (syllabus) de los cursos mencionados anteriormente se encontrarán en el Anexo A.

5.2. MARCO TEORÍCO

5.2.1. Energía

La energía, físicamente, es la capacidad que tiene un cuerpo para realizar un trabajo⁴. En términos económicos y tecnológicos, es el recurso natural y la forma en que se obtiene, se transforma y se almacena.

Las unidades para medir la energía y la potencia pueden ser las del sistema SI (internacional), el cual expresa las unidades de energía como N-m (Newton-Metro), que también se denomina Joule, y las del sistema EE (English Engineering) que define la energía en términos de Btu (British thermal unit). La

(López, 2010)⁴ El trabajo es la fuerza de un objeto en movimiento a través de una distancia (Trabajo = fuerza * distancia)

potencia⁵ es denominada J/sec o Btu/sec, lo cual está definido como watt (W). (Vaughn, 2011) (Hodge, 2010).

5.2.2. Energías Primarias

Los combustibles fósiles consisten en depósitos de organismos fósiles que en una ocasión estuvieron vivos. La materia orgánica se forma durante siglos. Los combustibles fósiles consisten principalmente en uniones de carbón e hidrógeno. Existen tres tipos de combustibles fósiles que pueden usarse para la provisión energética: carbón, petróleo y gas natural.

El Carbón es un combustible fósil que se ha formado durante millones de años por el depósito y caída a la tierra de material vegetal. Cuando estas capas se compactan y se calientan con el tiempo, los depósitos se transforman en carbón⁶. El carbón se extrae generalmente de las minas, y sus suministros actuales pueden durar del orden de 200 años o más.

El petróleo es un líquido combustible fósil que se forma por los restos de microorganismos marinos depositados en el fondo del mar. Después de millones de años los depósitos acaban en rocas y sedimentos donde el petróleo es atrapado en ciertos espacios. Se extrae mediante plataformas de explotación y es el combustible más usado en el mundo. El petróleo crudo consiste en muchos compuestos orgánicos diferentes que se transforman en productos en un proceso de refinamiento.

El gas natural es un recurso fósil gaseado que es muy versátil, abundante y relativamente limpio si se compara con el carbón o el petróleo. Al igual que el petróleo, su origen procede de los microorganismos marinos depositados. El gas natural consiste fundamentalmente en metano (CH₄). Se comprime en volúmenes pequeños en grandes profundidades en la tierra. Al igual que el petróleo, se extrae mediante perforación.

La energía que proviene de la quema de combustibles fósiles se convierte en electricidad y calor en plantas eléctricas. Cuando se queman los fósiles, el carbón e hidrogeno reaccionan con el oxígeno produciendo dióxido de carbono (CO₂) y

⁵ La potencia es la tasa de uso o transferencia de energía

⁶ El carbón es muy abundante en comparación con otros combustibles fósiles

agua (H₂O). Durante esta reacción se produce calor. La electricidad se genera mediante la transformación de energía mecánica (calor) con energía eléctrica por medio de una turbina o generador.

Los combustibles que se queman son responsables de grandes problemas medioambientales que son de gran relevancia en la agenda política actualmente⁷ (McKinney & Schoch, 2003).

5.2.3. Energías Renovables

Las energías renovables son aquellas que provienen de recursos sostenibles disponibles en un largo periodo de tiempo, a un costo razonable, las cuales pueden ser utilizadas para diferentes tareas, sin tener efectos negativos. (Manzano, Alcayde, Montoya, Zapata-Sierra, & Gil, 2012).

Las ventajas principales de este tipo de energía es que son sostenibles, es decir que no se agotan en el corto o mediano plazo, se pueden conseguir en cualquier parte del mundo, y no generan polución en el medio ambiente. Por otra parte, su principal desventaja es su variabilidad y su poca densidad, que se traduce en altos costos iniciales de inversión; además, existen otras desventajas dependiendo del tipo de energía renovable que se esté empleando, dentro de las cuales se encuentran la contaminación visual para algunas tecnologías, el olor proveniente de la biomasa, mortalidad de aves por parte de las turbinas de aire para la generación de energía eólica, entre otras (Hodge, 2010) (Vaughn, 2011).

5.2.3.1. Biomasa

La bioenergía es la energía extraída de materia orgánica o biológica. Principalmente está asociada a residuos de cosechas y productos forestales. El objetivo de esta tecnología consiste en convertir la materia sólida en líquida o gaseosa, para la producción de energía.

La tecnología para la producción de bioenergía se basa en dos procesos principales:

⁷ Ejemplos de la acumulación de gases invernadero, acidificación, contaminación del aire, contaminación del agua, daño de las capas superficiales y ozono troposférico.

- Termoquímicos, que consisten en la combustión directa de biomasa.
- Bioquímicos, que se basan en procesos de transformación biológica de la biomasa.

La obtención de energía a partir de la biomasa es un proceso considerado “carbono neutral”, pues las emisiones del proceso son equilibradas con el CO₂ absorbido previamente por las plantas.

Las ventajas de esta tecnología son principalmente:

- Sustituye o disminuye las emisiones de CO₂.
- Posibilita el uso productivo de tierras marginales.
- Favorece la generación de empleo en las áreas rurales.

En cuanto a las desventajas, la bioenergía puede generar lo siguiente:

- Promover el monocultivo extensivo, y reducir la biodiversidad.
- Emitir partículas tóxicas en su combustión.
- Incrementar la erosión y la degradación de los suelos.

5.2.3.2. Eólica

Es la energía que se produce aprovechando la velocidad del viento y convirtiendo la energía cinética en energía mecánica, y luego en energía eléctrica.

En los últimos años, se ha destacado por ser la energía renovable más utilizada.

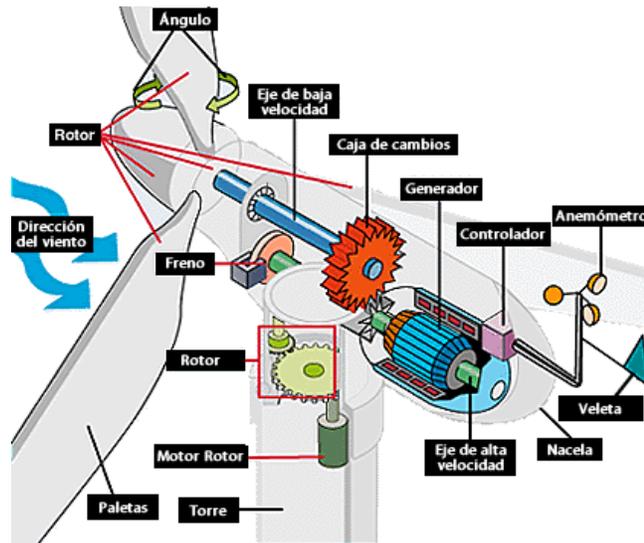
En cuanto a las turbinas de viento, su clasificación es acorde con la interacción de las aspas con el viento y la rotación del eje:

- Horizontal-axis wind turbine (HAWT)
- Vertical-axis wind turbine (VAWT)

Las HAWT son las más utilizadas para la generación de energía eléctrica, debido a que tienen mayor capacidad instalada en kW.

El viento mueve las aspas de la turbina, produciendo un movimiento en el rotor que convierte la energía cinética en energía mecánica. Por medio de varios piñones, se aumenta la velocidad del eje de rotación inferior, obteniendo una mayor potencia para generar energía eléctrica a través del generador. Esta energía es transportada hacia la central eléctrica donde se almacena.

Figura 1. Ilustración de una turbina eólica abierta (Hodge, 2010)



Considerando la ecuación de la energía cinética: $P = \frac{1}{2} \dot{m} v^2$

Y teniendo en cuenta que para los molinos de vientos la tasa de flujo de masa está dada por: $\dot{m} = \rho A v$

Donde ρ es la densidad del viento, A es el área de barrido de las aspas y v es la velocidad del viento.

Se puede expresar la potencia generada de la siguiente forma: $P = \frac{1}{2} \rho A v^3$

Así pues, la potencia generada en una turbina eólica depende del área de barrido que cubren las aspas y de la velocidad al cubo que alcanza el viento.

Por otra parte, otra definición importante que se debe considerar es el límite de Betz, el cual representa el máximo valor del coeficiente de potencia (expresado en porcentaje), y define la máxima potencia que puede ser extraída de cualquier corriente de viento. El valor es 0.5926.

Las ventajas de la energía eólica son:

- El viento es un recurso inagotable, es decir es una energía renovable y limpia.
- Los parques eólicos son fáciles de desmontar y de reutilizar el terreno.
- Contribuye a frenar el cambio climático.
- Es compatible con otras actividades como la selvicultura y la ganadería.

- Genera más puestos de trabajo que las energías convencionales e incrementa la capacidad de crear trabajos indirectos.
- Incrementa el PIB por transferencia de rentas.

Las desventajas son:

- La densidad energética del viento es muy baja por lo que se requieren grandes terrenos para producir una cantidad significativa de energía.
- Los sitios adecuados para la generación eólica, especialmente el mar abierto, están remotos y lejos de la concentración de demanda para la electricidad.
- Los efectos estéticos en el campo natural, sonido emitido por las turbinas y la interferencia electromagnética.
- La muerte de aves por choques con las aspas.

5.2.3.3. Geotérmica

Es la energía que puede obtenerse mediante el aprovechamiento del calor del interior de la Tierra. El calor contenido por una unidad de tierra es una función que viene dada por la presión, el volumen y la temperatura de la tierra.

Las áreas de la Tierra se clasifican de acuerdo a la temperatura:

- Alta (superior a 182°C)
- Media (100°C – 182°C)
- Baja (menor a 100°C)

Para generación de electricidad es necesario los reservorios altos, donde los márgenes de las placas tectónicas chocan.

La tecnología para la producción de energía geotérmica implica un proceso que inicia con una etapa de exploración donde se recoge información sobre el terreno y la viabilidad del proyecto. La generación de electricidad se da principalmente en turbinas de vapor convencionales o en plantas binarias dependiendo del recurso geotérmico:

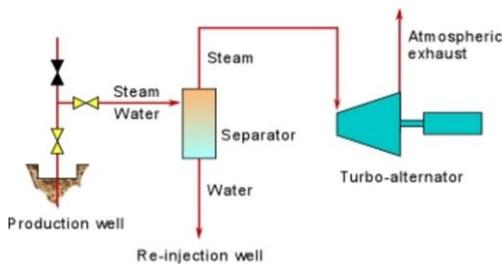
- **Turbinas de vapor convencionales:** Se emplea vapor a una temperatura mayor de 170°C. El vapor seco proveniente de la tierra entra a la turbina,

después de remover las partículas físicas por medio de un separador con fuerza centrífuga, para posteriormente, impulsar un generador eléctrico.

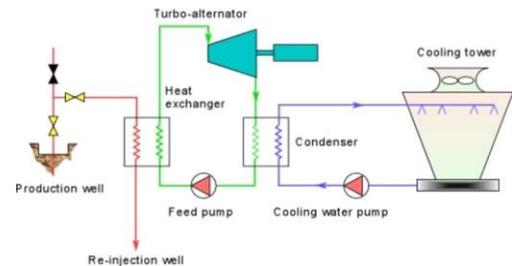
- **Plantas binarias:** utilizan un fluido secundario, usualmente orgánico que tiene un bajo punto de ebullición y una alta presión de vapor en temperaturas bajas, comparadas con el vapor seco. Este fluido se vaporiza por medio del ciclo Rankine. El calor geotérmico transfiere calor a dicho líquido, y una vez vaporizado entra a la turbina para generar electricidad.

Figura 2. Turbina de vapor convencional y plantas binarias

Turbinas de vapor convencionales



Plantas Binarias



Fuentes: (International Geothermal Association, 2004)

Termodinámica para el entendimiento de la tecnología:

- Ley cero de la termodinámica: Si dos cuerpos se encuentran en equilibrio térmico con un tercero, están en equilibrio térmico entre sí.
- La primera ley de la termodinámica: Expresa el principio de conservación de energía: durante una interacción la energía puede cambiar de una forma a otra, pero su cantidad total permanece constante, es decir, la energía no se crea ni se destruye.
- La segunda ley de la termodinámica: La energía tiene calidad así como cantidad, y los procesos reales ocurren hacia donde disminuye la calidad de la energía.
- Ciclo Rankine: Es el ciclo ideal para las centrales eléctricas de vapor, pues no incluye ninguna irreversibilidad interna y está compuesto por los siguientes cuatro procesos:

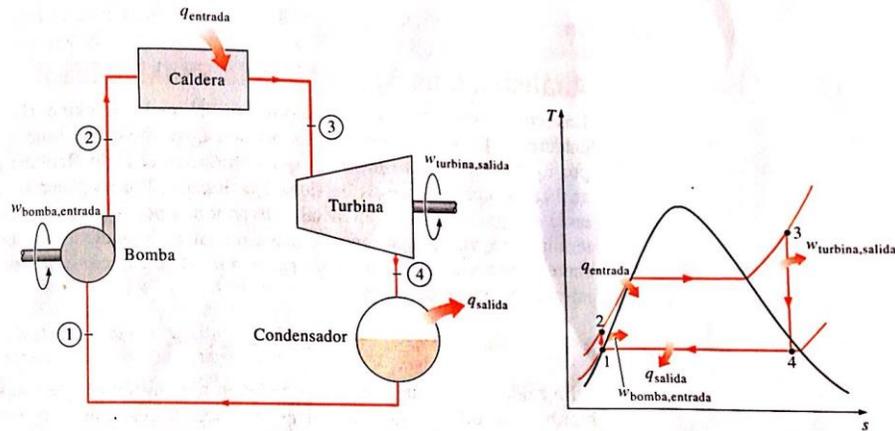
1-2 Compresión isentrópica en una bomba

2-3 Adición de un calor a presión constante en una caldera

3-4 Expansión isentrópica en una turbina,

4-1 Rechazo de calor a presión constante en un condensador

Figura 3. Ciclo Rankine ideal



Fuentes: (Cengel & Boles, 2010)

- Entropía (s): Es una medida de desorden molecular o aleatoriedad molecular.
- Entalpía (h): Es una combinación de propiedades que incluye la energía interna del sistema, el calor y el trabajo, en un sistema abierto de termodinámica.

Ventajas de la energía geotérmica:

- Son una fuente casi inagotable de energía eléctrica si se da un buen manejo del campo.
- Bajo impacto visual.
- Alto factor de planta debido a que no se relaciona con cambios estacionales. Usualmente por encima del 90%.

Desventajas:

- Los géiseres que se encuentran en ciclo abierto pueden desprender ciertas cantidades de sulfuro de hidrógeno y otros minerales.
- La contaminación también se puede producir a través del agua, por sólidos que se disuelven en ella y finalmente escurre conteniendo metales pesados como el mercurio.

5.2.3.4. Energía Hidroeléctrica

Es la energía que se aprovecha del agua, específicamente de la energía cinética y potencial de las corrientes de agua. En términos de energía renovable, la hidropotencia a gran escala es la mayor fuente de contribución a la generación de energía eléctrica en el mundo.

La energía en el agua puede ser energía potencial proveniente del diferencial de altura. Pero también involucra energía cinética debido al flujo de agua en ríos y corrientes oceánicas (Vaughn, 2011).

La ecuación del trabajo viene dada por fuerza por distancia, por lo tanto la potencia generada por la fuerza de gravedad es:

$$W = m * g * H$$

Donde la gravedad se puede aproximar a 10 m/s^2 y H es la altura de donde cae el agua. Por lo general, lo que se usa en la energía hidroeléctrica es el volumen de agua (Hodge, 2010):

$$(m = \rho * V) \quad \rho (\text{agua}) = 1,000 \text{ kg/m}^3$$

A partir de las ecuaciones anteriores se puede, reescribir la potencia generada de la siguiente forma

$$PE = \rho * g * H * V = 10,000 * H * V$$

Si una cantidad de agua cae de determinada altura, se puede convertir en energía cinética, teniendo en cuenta el principio de conservación de energía:

$$KE = PE$$

$$\frac{1}{2} m * v^2 = m * g * H$$

Las ventajas de este tipo de energía son:

- Es una fuente renovable de energía
- Ciclo de vida largo (aprox. 100 años)
- Se puede controlar el flujo de agua para hacer riegos
- Tiene pocas emisiones de gases contaminantes
- Los reservorios pueden ser utilizados para pesca y recreación

Las desventajas son:

- Alto costo de inversión y largo tiempo de construcción
- Puede que se deba movilizar una población para crear el reservorio
- Restringe el paso de especies marinas
- Si colapsa la represa, puede ocasionar muchos problemas río abajo

5.2.3.5. Mareomotriz

La energía mareomotriz utiliza las subidas y caídas de la marea para producir energía eléctrica indirectamente. La extracción de energía por medio de la marea es similar a la energía hidroeléctrica. En marea alta el reservorio está cargado y en marea baja está descargado. En ambos procesos una turbina puede ser utilizada para generar energía con el movimiento del agua.

Las formas de generar energía con las mareas son:

- Generador de la corriente de marea: utilizan la energía cinética del agua en movimiento. Similar a la energía eólica pero en el agua.
- Presa de marea: Las presas de marea hacen uso de la energía potencial que existe en la diferencia de altura (o pérdida de carga) entre las mareas altas y bajas.

Las ventajas de la energía mareomotriz son:

- Silenciosa
- Bajo costo de materia prima (en cuanto a la turbina)
- Disponible en cualquier clima y época del año
- Las mareas son predecibles

Las desventajas de esta clase de energía son:

- Impacto visual y estructural sobre el paisaje costero
- Dependiente de la amplitud de mareas
- Traslado de energía aún muy costoso
- Efecto negativo actualmente sobre la flora y la fauna

5.2.3.6. Energía solar

Para el aprovechamiento del sol se han desarrollado dos tecnologías diferentes, la primera es la energía solar aprovechando la luz solar con paneles solares, y la segunda es la energía producida por el aprovechamiento del calor del sol.

Fotovoltaica

Es la energía que aprovecha la luz solar para la generación de energía eléctrica.

Existen materiales que son fotoeléctricos, los cuales absorben la luz, y permiten que el fotón solar le otorgue suficiente energía cinética al electrón del material, permitiéndole moverse a otro nivel de energía. En la mayoría de los casos, se utilizan materiales semiconductores como por ejemplo el silicio para la creación y el funcionamiento de las celdas fotovoltaicas.

La tecnología para la producción de energía fotovoltaica se basa en la física cuántica:

En determinadas ocasiones, existen átomos que tienen electrones de valencia que pueden volverse lo suficientemente energéticos para pasar de un espacio de valencia a un espacio de conducción. De esta manera, considerando el enunciado anterior, para la creación de celdas fotovoltaicas se emplean materiales semiconductores, los cuales tienen átomos con electrones en el espacio de valencia que podrían adquirir la energía suficiente para pasar al espacio de conducción. El fotón de la luz solar, genera la energía suficiente para que esto ocurra. Su energía está dada por la siguiente ecuación:

$$E = h * v$$

Donde h es la constante de Planck ($6,625 * 10^{-34} J sec$) y v es la frecuencia de la onda. También se puede escribir la frecuencia de la siguiente forma:

$$v = \frac{c}{\lambda}$$

Donde c es la velocidad de la luz en el vacío (aproximadamente $3 * 10^8 \frac{m}{s}$) y λ es la longitud de la onda.

Las ventajas de la energía fotovoltaica son:

- Los paneles proveen energía limpia
- La luz solar es un recurso natural. gratis y abundante
- Se puede emplear este tipo de tecnología en diferentes lugares geográficos
- Los paneles son completamente silenciosos
- Son fáciles de instalar
- El costo de la implementación de paneles ha disminuido durante los últimos años y se espera que siga disminuyendo

Las desventajas, principalmente son las siguientes:

- La luz solar se puede ver interferida por lluvia, días nublados y al caer la noche
- Debido a que el flujo de luz solar puede variar, la generación de energía no es tan fiable como en otras tecnologías
- En algunas ocasiones se requiere el uso de baterías para el almacenamiento de energía, lo que incrementa el costo
- Baja eficiencia relativa
- Los paneles son frágiles y se pueden dañar con relativa facilidad

Térmica

Consiste en el aprovechamiento de la energía térmica emitida por el sol, para recolectar y transportar calor. Para el propósito anterior, se pueden utilizar componentes mecánicos (aplicaciones térmicas solares activas) o componentes no mecánicos (aplicaciones térmicas solares pasivas).

Las 2 configuraciones más utilizadas para este tipo de energía son el flat-plate collector y el Parabolic-trough collector.

Los flat-plane collector con cubierta de vidrio son los comunes en la producción de agua caliente sanitaria ACS. El vidrio deja pasar los rayos del Sol, éstos calientan tubos metálicos que transmiten el calor al líquido que se encuentra en su interior fluyendo (normalmente agua). Los tubos son de color oscuro, ya que las superficies oscuras retienen más calor debido a que reflejan menos la luz.

El vidrio que cubre el captador no sólo protege la instalación, sino que también permite conservar el calor produciendo un efecto invernadero que mejora el rendimiento del captador.

Figura 4. Ilustración abierta de un Flat-Plate Collector

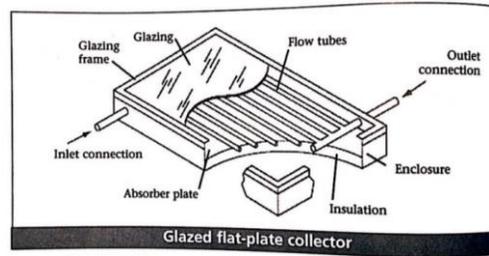


Figure 7.6 Flat-plate collector cutaway (DOE/EERE).

Fuentes: (Hodge, 2010)

La energía disponible que fluye por el panel está dada por:

$$q_{\text{abs}} - q_{\text{loss}} = q_{\text{useful}}$$

q_{abs} es la energía irradiada por el sol, que está dada por:

$$q_{\text{abs}} = I_T A_c \alpha \tau$$

I_T es la intensidad de irradiación, A_c es la superficie del colector, α es la irradiación absorbida por la placa de absorción y τ es la "transmitividad" que pasa por el vidrio

Teniendo en cuenta que hay pérdida debido a la conducción y a la irradiación (expresada por U_L), y también considerando la temperatura disponible y la temperatura ambiente, tenemos la ecuación de la energía que se pierde durante este proceso:

$$q_{\text{losses}} = A_c U_L (T_{\text{ave}} - T_a)$$

Por lo tanto, la energía utilizada estaría dada por:

$$q_{\text{useful}} = A_c [I_T \tau \alpha - U_L (T_{\text{ave}} - T_a)]$$

Por otra parte, la eficiencia del colector está dada por la energía utilizada dividida por el incidente de irradiación:

$$\eta_c = \frac{q_{\text{useful}}}{I_T A_c}$$

También se puede expresar de la siguiente forma:

$$\eta_c = \tau\alpha - U_L \frac{(T_{ave} - T_a)}{I_T}$$

Finalmente podemos expresar la ecuación de eficiencia de la siguiente manera:

$$\eta = F_R \left(\tau\alpha - U_L \frac{T_{in} - T_a}{I_T} \right)$$

Donde F_R es el factor de eliminación del calentamiento del colector. Esta ecuación es denominada la ecuación de Hottel-Whillier-Bliss, y es considerada la más importante expresión matemática de los flat-plate collectors.

5.2.4. Evaluación ambiental de proyectos

Las energías renovables minimizan el impacto ambiental, pues disminuyen la contaminación.

Para evaluar un proyecto en términos ambientales, es necesario comprender los siguientes conceptos básicos:

Embodied energy, que es la suma de toda la energía requerida por todos los procesos para producir un producto o servicio. Se considera como si esta energía se incorporara dentro del mismo producto/servicio. Incluye los procesos de manufactura, transporte y desecho.

EROI (Energy Return on Investment) o TRE (tasa de retorno energético) es un indicador para describir la relación entre energía útil y energía consumida para producir energía útil (disposición de la sociedad). La ecuación es la siguiente:

$$TRE = \frac{\text{Energía Invertida}}{\text{Energía de Retorno}}$$

Para la evaluación de proyectos ambientales es importante considerar el Energy Payback Time que tiene en cuenta los años de vida útil de los dispositivos de

extracción de energía renovable. Este, está directamente relacionado con el EROI y analiza el tiempo (en años) que supuestamente dura la vida útil de un sistema de generación de energía, lo que genera en ese tiempo y la energía que cuesta ponerlo en marcha y mantenerlo. Deduce en cuántos años el sistema se paga a sí mismo energéticamente hablando.

$$\text{Energy Payback Time} = \frac{\text{Energía consumida durante la vida útil}}{\text{Energía producida por año}}$$

Para evaluar el CO₂ evitado, al utilizar una fuente de energía renovable, se utiliza el indicador CO₂ Payback time. El cual se define como:

$$\frac{\text{Emisiones de CO}_2 \text{ generadas en el ciclo de vida}}{\text{CO}_2 \text{ evitado por año}}$$

5.2.5. Evaluación financiera de proyectos

La evaluación de proyectos financieros mide la rentabilidad que un determinado proyecto genera para un determinado agente, para así poder tomar una decisión sobre la bondad de ejecutarlo o participar en él o para comparar entre diferentes opciones (Tello, 2013)

El costo de capital es el rendimiento que una empresa debe obtener sobre las inversiones que ha realizado, con el objetivo de mantener, de forma inalterable, su valor en el mercado financiero.

El costo de la electricidad es En general lo que se busca es la relación entre lo que cuesta tener una planta de generación (inversión inicial, operación y mantenimiento), con respecto a lo que esta misma planta genera (kWh) para el consumo:

$$\frac{\text{Costo de operación, mantenimiento e instalación}}{\text{Producción o generación de energía (kWh) en la vida útil}}$$

El Costo de ciclo de vida o Life-cycle cost es la suma de todos los costos, recurrentes y no recurrentes que genera un producto o servicio durante toda su vida útil o un periodo específico. Incluye los costos de compra, instalación, operación, mantenimiento, actualización y salvamento (en caso de que se venda al final de su vida útil)

Los costos del producto o servicio se proyectan a un valor futuro con la tasa de interés establecida para estimar su valor en el tiempo y posteriormente se traen a un mismo periodo de tiempo (valor presente) con una tasa de descuento para poder sumarlos y establecer el costo total.

Los ahorros de ciclo de vida o life-cycle saving representan la oportunidad que tiene una persona o una organización de disminuir su consumo actual, para poder mantener un ingreso promedio a largo plazo estable.

El valor presente neto (VPN) consiste en traer todos los flujos de dinero de uno o más proyectos a un valor presente para poder analizar y comparar la rentabilidad o viabilidad del proyecto.

5.3. APORTE CRÍTICO

Como punto inicial para la realización del curso introductorio a energías renovables, es fundamental entender el contexto y los conceptos básicos que se desarrollan partiendo del significado de energía. Una vez se tenga claridad sobre este concepto, los estudiantes del curso podrán indagar en el significado de energía renovable, observando, analizando y evidenciando las tecnologías más utilizadas en la actualidad.

Asimismo, el estudio realizado sobre la energía, energías primarias y energías renovables, por un lado, permiten generar una mayor conciencia acerca de las fuentes naturales que se utilizan para su generación, al igual que las tecnologías y las implicaciones económicas y ecológicas para cada fuente de energía, y por otro lado, evidencia la emisión excesiva de gases tóxicos y el gran consumo de agua que se produce para ciertas tecnologías de fuentes fósiles, comparadas con aquella provenientes de recursos renovables. Esta comparación permitirá establecer, con mayor claridad, los beneficios ambientales que se generan al utilizar energía limpia dentro del curso.

La evaluación de la distribución energética de países como China, Estados Unidos, La Unión Europea, Brasil y Colombia muestra que actualmente la mayor porción de energía producida y consumida mundialmente es la energía primaria, especialmente la que proviene del carbón. Para China el porcentaje de energía proveniente del carbón es de 70%, para Estados Unidos es 49% y la Unión Europea tiene un 29%. Este recurso natural fue catalogado como la fuente de

energía más contaminante del mundo según el Consejo de Defensa de Recursos Naturales (Wilson, Leipzig, & Griffiths-Sattenspiel, 2012), por lo tanto se demuestra que, aunque se han desarrollado tecnologías para la producción de energía limpia y cada vez estas están tomando más fuerza, falta mucho para considerar un cambio significativo en el “energy mix” a nivel mundial y ver una reducción considerable en la contaminación ambiental.

Adicionalmente se ve que los porcentajes de uso de energías renovables son todavía muy pequeños en todos los países. Se puede resaltar la labor de la Unión Europea, pues tiene el porcentaje más alto (10%) y la mayor parte de este valor es aportado por la energía eólica.

En la siguiente tabla se muestra la distribución energética de los países con cada una de las fuentes de energía.

Tabla 6. Resumen de los “energy mix” de los países estudiados.

	Energías					
	Carbón	Petróleo	Gas Natural	Nuclear	Hidroeléctrica	Renovables
China	70%	19%	4%	1%	6%	0,3%
Estados Unidos	48%	--	21%	20%	7%	4%
Unión Europea	29%	7%	22%	16%	16%	10%
Brasil	2%	--	7,90%	2,70%	76,90%	7%
Colombia	6,78%	--	21,15%	0%	63,68%	0,12%

Fuente: Los autores

En cuanto el benchmarking realizado de cursos ofrecidos sobre energías renovables, se puede tomar como referencia para observar lo que están haciendo otras instituciones educativas en cuanto al tema y como se puede aplicar de la mejor manera a la Universidad Icesi para lograr desarrollar competencias de innovación, tecnología y desarrollo sostenible en los estudiantes de Ingeniería Industrial.

Con los programas de cursos dictados en otras universidades se puede formar una estructura básica que contenga los temas principales que se verán en el curso

y además evaluar las estrategias de aprendizaje y metodológicas utilizadas para el curso, así, adaptar las más convenientes a la metodología de la universidad Icesi.

6. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO

6.1. RECURSOS

Para el proyecto se consideran los siguientes recursos:

- 1) Financieros: No hay recursos externos, todos serán suministrados por los investigadores
- 2) Equipos:
 - Computadores: Se necesitarán 2 computadores para la documentación del proyecto, uno para cada investigador, los cuales deben contar con acceso a internet para la investigación de los temas. Además, también deben contar con Skype para facilitar la comunicación con la tutora del proyecto.
 - Libros relacionados con el tema de investigación: Se necesitarán libros para adquirir un mayor conocimiento de los temas que harán parte del marco teórico del proyecto.
 - Artículos publicados: Serán utilizados para la búsqueda de material actualizado, referente al uso de las energías renovables en diferentes instituciones, públicas y privadas.
- 3) Humanos: Investigadores (Sergio Rodríguez y Natalia Meneses), tutora del proyecto (Katherine Ortegón), profesor asesor de la materia Proyecto de Grado I (Jairo Guerrero).

6.2. CRONOGRAMA

En el Anexo B se encuentra el cronograma llevado a cabo para la realización del proyecto.

6.3. EQUIPO DE TRABAJO

Nuestro equipo de trabajo está conformado por:

Sergio Andrés Rodríguez Cote: Estudiante de octavo semestre de Ingeniería Industrial y Administración de Empresas de la Universidad Icesi.

Natalia Meneses Palacio: Estudiante de octavo semestre de Ingeniería Industrial y séptimo semestre de Administración de Empresas de la Universidad Icesi.

Katherine Ortegón Mosquera: Ingeniera Industrial de la Universidad Icesi con especialización en Gerencia del Medio Ambiente de la Universidad Icesi, y actualmente cursando su Phd en Ecological Science and Engineering en Purdue University

Jairo Guerrero Bueno: Ingeniero Industrial de la Universidad Javeriana con especialización en Gerencia de Producción de la Universidad Icesi.

7. DESARROLLO DEL PROYECTO DE GRADO

7.1. RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS DE LA ENCUESTA

Para identificar la necesidad de empresas manufactureras del Valle del Cauca de contar con profesionales competentes en temas de energía renovable, se diseñó y se aplicó una encuesta con preguntas orientadas a explorar la necesidad y el interés de las empresas Vallecaucanas de desarrollar proyectos orientados a la reducción del consumo energético e implementación de energías renovables.

Adicionalmente, se buscó conocer cuáles son las habilidades y capacidades que se deben fortalecer en los futuros profesionales con el fin de desarrollar perfiles adecuados para proyectos relacionados con energías alternativas.

El tipo de estudio de esta investigación es cuantitativa descriptiva, las fuentes de datos fueron tanto primarias (encuestas) como secundarias (base de datos de empresas manufactureras de la región).

La población objetivo de esta investigación son empresas manufactureras grandes y medianas, con plantas productivas ubicadas en el suroccidente colombiano. En este sector hay un total aproximado de 390 empresas.⁸

Se utilizó un método de muestreo no probabilístico, el cual consistió en muestras por conveniencia, basada en los datos proporcionados por la Facultad de Ingeniería y el departamento de Mercadeo Institucional de la Universidad Icesi, al igual que conocidos por los autores.

Para seleccionar el tamaño de muestra, asumiendo la población finita ($N = 390$), se calculó por medio de proporciones poblacionales con la siguiente ecuación (McDaniel & Gates, 2011):

$$n = \frac{z^2 * N * p(1 - p)}{E^2 * (N - 1) + z^2 * (p * (1 - p))}$$

- Donde z es el nivel de confianza esperado en errores estándar (distribución normal)
- N es el tamaño de la población
- P es el estimado de la proporción de la población

⁸ Dato obtenido por medio de la Superintendencia de Sociedades.

- E es la cantidad aceptable de error de muestreo

Para un nivel de confianza del 90% ($z = 1.64$), considerando un estimado de la proporción de la población del 50% y un error del 13% el tamaño de muestra es de 36 empresas.

Se realizaron 36 encuestas de 13 preguntas: 2 saltos (pregunta 5 y 8), 7 preguntas abiertas y 6 preguntas cerradas.

El método que se utilizó para realizar las encuestas fue telefónico para contactar a la persona encargada del tema en cada una de las empresas y electrónico, vía internet con el apoyo de la plataforma Google Docs donde se realizó el cuestionario. A continuación se muestra el link que se utilizó para que los encuestadores respondieran las preguntas. Igualmente en el Anexo C se encuentra el cuestionario.

<https://docs.google.com/forms/d/1QO4Br4I5khczpj2rQi-vSdMWA2hPHpPEgvL6C7C3LzA/viewform>

7.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Con base en las encuestas realizadas a las empresas manufactureras, los tipos de energía más utilizados actualmente son la energía hidroeléctrica y el gas natural, con un 80% y un 57,5% respectivamente, del total de las empresas encuestadas. A continuación se muestra la tabla con los porcentajes de utilización de cada una de las fuentes de energía.

Tabla 7. Energía utilizada actualmente

Fuente de energía	Porcentaje
Hidroeléctrica	80,00%
Gas natural	57,50%
Carbón	20,00%
Biomasa	17,50%
Petróleo	7,50%
Ciclo combinado o cogeneración	5,00%
Solar	2,50%

Fuente: Los autores

De los datos recopilados es posible concluir que la información suministrada por las compañías encuestadas está acorde con la contextualización de la región, pues en el Valle del Cauca, la mayoría de las empresas utilizan como fuente la energía suministrada por las empresas generadoras de energía (Emcali o EPSA).

Estas empresas generadoras, utilizan principalmente las hidroeléctricas (Salvajina, Calima) y el gas natural como fuentes para producir la energía que proporcionan tanto a las empresas como el sector residencial.

Aproximadamente un poco más de la mitad de las empresas encuestadas (52,5%) son conscientes de la importancia del tema energético, razón por la cual han designado y creado un cargo específico para el desempeño de funciones como la gestión de los sistemas de generación de energía y el mejoramiento de la eficiencia energética del mismo.

Igualmente, aquellas empresas que si tienen un cargo específico relacionado con la energía, informaron que el perfil de estas personas son, principalmente, ingeniero eléctrico (33,33%) e ingeniero industrial (28,57%).

Las principales funciones que desempeñaban dichas personas son el control de los sistemas de generación y la eficiencia de los mismos (66,7%), y el mantenimiento (57,1%).

Por otra parte, también se puede observar que las empresas que no tienen un cargo para este tema, consideran que el mejor perfil que podría desempeñarlo es un ingeniero eléctrico o un ingeniero ambiental (cada uno con un 58,8%) y seguido a estos, estaría un ingeniero industrial (35,3%).

En relación con la proporción de gasto que representa el consumo de energía en los estados financieros de las compañías, el 37,5% de las compañías estudiadas respondió que el porcentaje equivale entre el 41% y el 60%, seguido por el 22,5% de las empresas, en las cuales el rubro de energía representa del 61% al 80% de sus gastos totales.

El 72,5% de las empresas industriales de la región son conscientes en cuanto al impacto ambiental que genera la utilización de fuentes no renovables de energía y que las fuentes se acabaran en un periodo no muy lejano, por lo tanto están buscando aplicar proyectos relacionados con nuevas fuentes energéticas o de concientización para reducir el consumo y lograr ser sostenibles a largo plazo. Con respecto a los proyectos que están implementando las compañías, hay gran variedad dependiendo del sector y el tamaño de la empresa. En el anexo D se

puede encontrar en qué consisten dichos proyectos y qué motivo a las empresas a desarrollarlos.

Por último, los temas en los que se deberían capacitar las personas para la gestión energética son las diferentes tecnologías de acuerdo a la prospectiva tecnológica, el impacto ambiental de cada una y la evaluación de proyectos económicos relacionados a la inversión en cada tipo de tecnología.

Finalmente, en términos generales, se puede concluir que en el sector industrial falta desarrollar un pensamiento hacia una gestión ambiental sustentable, partiendo de la vinculación de energías renovables a los procesos productivos de las empresas. Se puede destacar que hay avance en la concientización ambiental y económica de la aplicación de estas tecnologías y el beneficio que tendrían, no solo en el entorno económico, sino también en el entorno social.

La evidencia que permitió cumplir con el objetivo específico número 1 se condensa en la siguiente tabla.

Tabla 8. Resumen Encuesta a las empresas

Tema	Conclusión
Fuentes de energía más utilizadas	Fuentes primarias
Cargo existente para la gestión energética	Un poco más de la mitad de las empresas encuestadas tienen un cargo específico para el tema.
Importancia del rubro energético de las empresas	Casi la totalidad de las empresas ubican este gasto entre el 40% y el 80% de importancia
Consideración de proyectos relacionados con el tema	El 73% de las empresas están planeando o tienen en marcha proyectos de esta índole.
Capacitación de profesionales	Los temas principales son el funcionamiento de las tecnologías, y la valoración económica y ambiental de la misma

Fuentes: Los autores

7.3. CONSUMO DE ENERGÍA ACTUAL Y “ENERGY MIX”

El mundo actual tiene una gran dependencia del petróleo como fuente principal de energía y materia prima para muchos productos. El problema es que este recurso natural es finito y tiene un impacto negativo sobre el medio ambiente, por esta razón los gobiernos de los principales países industrializados en los cinco continentes están tomando medidas para promover el uso de fuentes de energías de recursos renovables como lo son la biomasa, el sol, las olas, el agua y el interior de la tierra.

Las energías renovables han experimentado un crecimiento considerable a nivel internacional desde el año 2000 (Universidad Nacional, 2010). Recientemente, la energía proveniente del viento (eólica) y del sol (fotovoltaica), son las que han desarrollado mayor tecnología para la producción de energía. Igualmente las otras fuentes de energía han empezado a tomar importancia en la generación, almacenamiento y capacidad de producción de energía. Según la proyección realizada por la Energy Information Administration (EIA), se establece que la generación de energía renovable tendrá un incremento para el año 2015 que la situará en la segunda fuente más importante para la producción de energía eléctrica, después del carbón (Universidad Nacional, 2010).

Con base en los datos de la EIA de Estados Unidos, el consumo mundial de energía para el 2007 fue de 495.2×10^{15} BTU y se espera que este valor crezca anualmente a una tasa de 1.4% hasta el año 2035 (EIA, 2010). Como se mencionó anteriormente, los combustibles líquidos, como el petróleo y sus derivados, son la fuente de aproximadamente el 35% de la energía que se consume actualmente y para el 2035 se pronostica tan solo una disminución del 5%, es decir que el petróleo, para este año, seguiría siendo la fuente del 30% de la energía demandada mundialmente. Por otro lado, la International Energy Agency (IEA) prevé que para el 2030 haya un incremento en el uso de combustibles fósiles del 40%.

En Colombia y países de Centro y Suramérica, el consumo de energía está entre el 5% y el 6% del total de energía mundial, y se espera que para el 2035 sea del 6.2% (EIA, 2010).

7.3.1. Distribución de energía para Estados Unidos

Estados Unidos es uno de los países con más desarrollo y avances en el tema de energías renovables del mundo. Debido a su gran consumo energético⁹, y el impacto negativo en el medio ambiente¹⁰, ha tomado medidas y políticas para aumentar el porcentaje de uso y producción de energía a partir de las fuentes renovables.

En la siguiente figura se presenta el crecimiento, consumo y producción de energía en Estados Unidos desde 1949 hasta el 2011 (EIA, 2011). También se

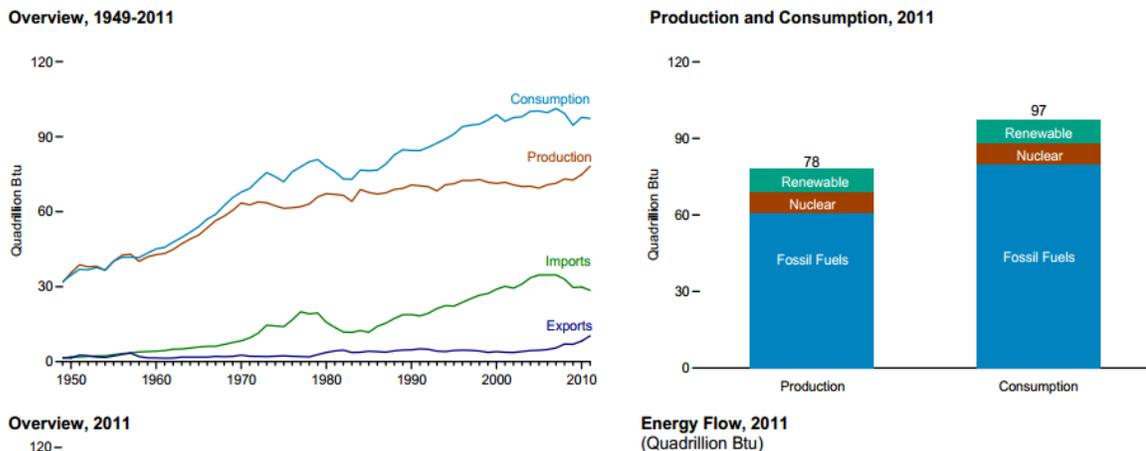
⁹ El consumo energético de Estados Unidos llega casi al 24% del total de la energía consumida mundialmente.

¹⁰ 22% de la emisión total de gases contaminantes.

muestran las principales fuentes de energía y sus proporciones para el año 2011. Con base en el segundo gráfico se puede concluir que los recursos fósiles, la energía nuclear y los recursos renovables son las tres fuentes principales de energía en este país.

Vista general de la energía primaria

Gráfica 2. Vista general de la energía primaria en Estados Unidos



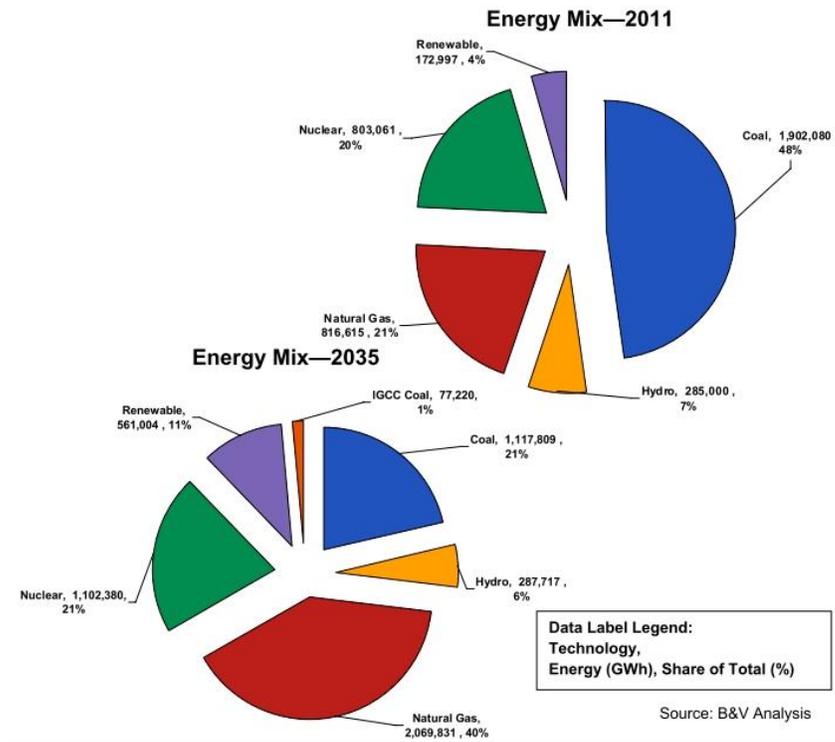
Fuentes: (EIA, 2011).

Según el último informe generado para el año 2013, las predicciones indican que se reducirá la generación de energía a partir del carbón, posiblemente aumentará la producida a partir del gas natural y los recursos renovables como resultado de las presiones relacionadas con la disminución en la contaminación.

La distribución de energía para el 2011, según el análisis publicado por la empresa Black and Veatch a finales del 2011 es la siguiente: el carbón sigue siendo la mayor fuente de energía con un 48% del total. Después esta la energía producida por el gas natural que tiene un 21%, la energía nuclear es el 20% del total y por último están la energía hidroeléctrica y la producida con recursos renovables, con una participación del 7% y el 4% respectivamente.

Distribución de energía para el 2011 en Estados Unidos y la proyección para el 2035

Figura 5. Energy mix Estados Unidos



Fuentes: (Patrylak & Hopper, 2011)

El pronóstico para el año 2035, según este mismo análisis de la compañía Black and Veatch, es una reducción del consumo de carbono del 42% al 21%. Esta reducción se espera que se genere gracias a nuevas normas ambientales. Para el gas natural, teniendo en cuenta los bajos precios de este elemento se espera que aumente su participación hacia el 40% del total de la energía consumida de este país. Finalmente, las energías renovables crezcan de un 4% a un 11% para esta época (Patrylak & Hopper, 2011).

La IEA también tiene un pronóstico parecido para el mismo año (2035) y además afirma que para aumentar la participación de las energías renovables, es necesario realizar una inversión mundial entre el 2010 y el 2035 de casi \$ 5.7 trillones de dólares. A partir de esto, se puede concluir que aplicar las tecnologías de producción de energías renovables es costoso pero a largo plazo tendrán ahorros significativos, según el artículo publicado por el Instituto de Investigación de Energía, "Clean Energy Standards": Making Electricity Prices Skyrocket, actualmente la menos costosa es la energía eólica y para incrementar la participación de las demás energías renovables se debe encontrar una manera de

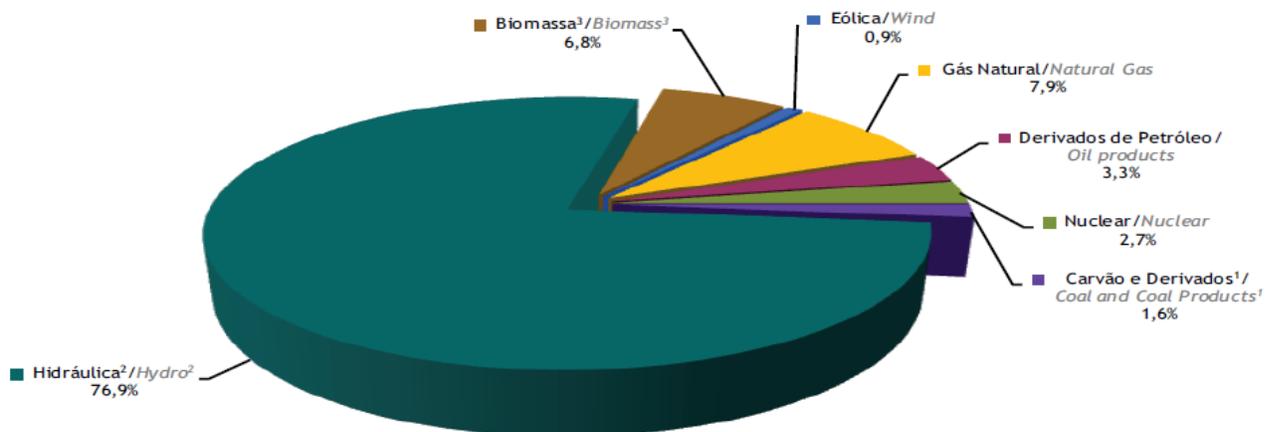
bajar los costos para que sean competitivas con respecto a las energías provenientes de recursos fósiles (Institute for Energy Research, 2010) .

7.3.2. Distribución de energía para Brasil

Brasil es uno de los países más importantes en Suramérica en términos económicos. Con base en la distribución energética de Brasil para la producción de energía eléctrica, se observa que las energías renovables son las principalmente utilizadas, con una representación del 85% de la producción total de energía, destacándose principalmente la energía hidráulica, eólica y biomasa.

Figura 6. Energy Mix Brasil 2012

Oferta interna de energía eléctrica por sector, año 2012



Fuentes: (EPE, 2013).

Al descomponer cada uno de los elementos que componen la distribución energética del país, se aprecia que la energía eólica ha tenido un aumento bastante importante en la producción eléctrica, donde en el año 2012 se lograron generar aproximadamente 5.050GWh (Gigavátios hora), que representa un 86,7% de aumento comparado con los 2.705GWh en años anteriores. Adicional a esto, en el último año, Brasil ha creado nuevos parques eólicos que le han permitido aumentar hasta en un 12,2% la red nacional de generación de energía eléctrica.

Igualmente, la energía de biomasa representa un alto porcentaje de la generación total de energía eléctrica, aproximadamente un 6,8%, y ha tenido un incremento significativo, no sólo en la generación de energía, sino que también en el consumo de ésta: al comparar el consumo energético en el año 2012 (65.293GWh) con la

del año 2004 (52.600GWh), se aprecia un incremento aproximado del 85,5%, en el que los sectores de la industria, alimentos y bebidas, transporte y energéticos, se han visto más favorecidos por esta fuente de energía.

Finalmente, en términos de energía renovable, la energía hidráulica es muy significativa para Brasil; por medio de esta fuente de energía, se produce el 70,1% de energía eléctrica en todo el país. En el año 2012 se crearon nuevas centrales hidráulicas, las cuales representaron el 47,8% del incremento total de la generación de energía eléctrica nacional. A continuación se aprecia el flujo de energía hidráulica, desde el año 2003 hasta el 2012:

Tabla 9. Energía hidráulica en Brasil

Energía Hidráulica											GWh
FLUXO	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	FLOW
PRODUÇÃO	305.616	320.797	337.457	348.805	374.015	369.556	390.988	403.290	428.333	415.342	PRODUCTION
CONSUMO TOTAL	305.616	320.797	337.457	348.805	374.015	369.556	390.988	403.290	428.333	415.342	TOTAL CONSUMPTION
TRANSFORMAÇÃO	305.616	320.797	337.457	348.805	374.015	369.556	390.988	403.290	428.333	415.342	TRANSFORMATION
GERAÇÃO PÚBLICA	294.274	308.584	325.053	335.761	359.256	354.285	371.670	382.599	405.621	394.879	PUBLIC SERVICE POWER PLANTS
GERAÇÃO DE AUTOPRODUTORES	11.342	12.213	12.404	13.044	14.759	15.271	19.318	20.690	22.712	20.463	SELF-PRODUCERS POWER PLANTS

Fuentes: (EPE, 2013).

Con base en lo anterior, se observa que la implementación de energías renovables para la producción de energía eléctrica en Brasil es fundamental, y ha tenido un crecimiento casi constante en los últimos años, destacando la importancia de la energía hidráulica como fuente principal (EPE, 2013).

7.3.3. Distribución de energía para Colombia

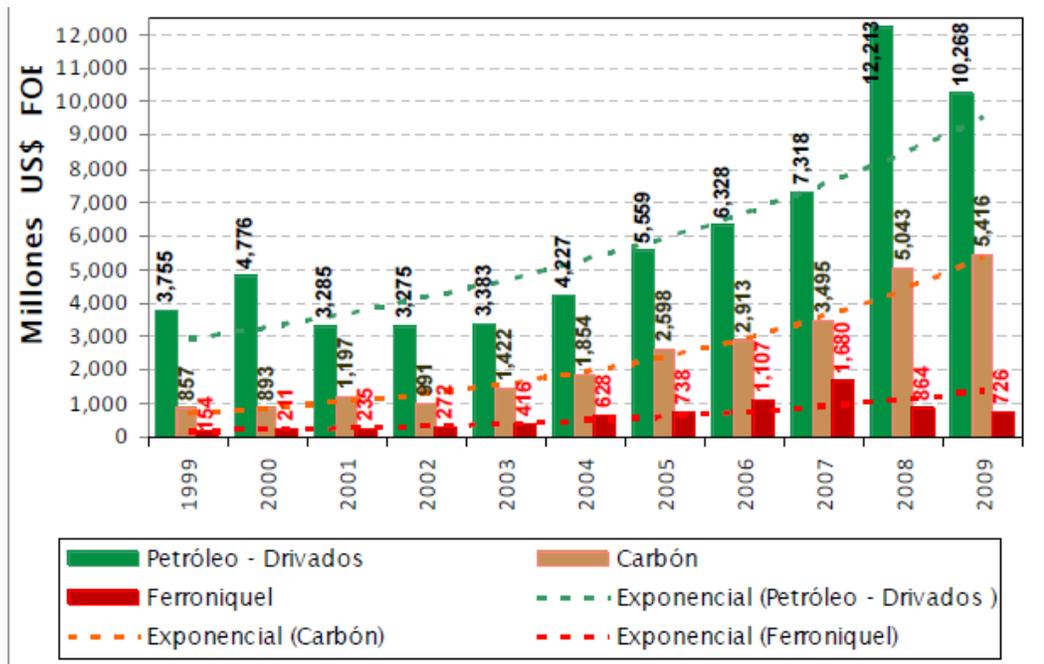
De acuerdo con la Política Energética Nacional (PEN), en el informe realizado para la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) en el año 2010, el sector minero-energético, además de tratar temas relacionados con la producción, suministro y almacenamiento de energía, también es relevante para la competitividad industrial del país e influye directamente en el PIB y otros indicadores económicos. En los últimos años, este sector económico ha generado

un gran aporte a la balanza comercial del país favoreciendo a la actividad económica del mismo (PEN, 2010).

Colombia es un país en vía de desarrollo y no tiene un aporte significativo en el consumo mundial energético, al contrario de Estados Unidos o China. Debido a su riqueza natural, especialmente en carbón y petróleo, la producción de energía es mayor al consumo, lo que indica que gran parte de la explotación de estos recursos, son destinados a suplir la demanda energética de países potencia.

Gráfica 3. Exportaciones energéticas en Colombia

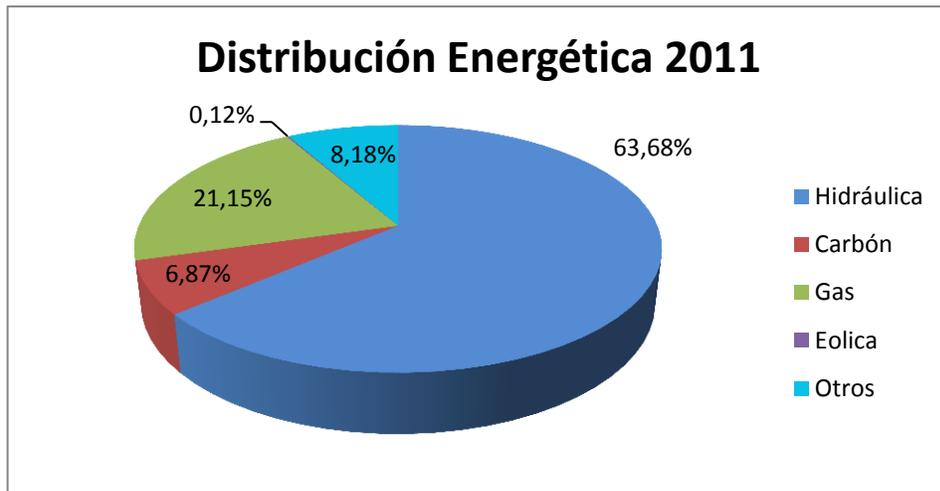
Evolución exportaciones energéticas en Colombia



Fuentes: (PEN, 2010).

Según el Boletín Estadístico de Minas y Energía realizado por la UPME desde el 2007 hasta el 2011, la energía en Colombia está distribuida de la siguiente manera: energía hidráulica (63,68%) energía proveniente del gas natural (22%). La energía proveniente de otras fuentes como hidráulica en pequeño tamaño, mini-gas y cogeneración representa el 8%. La energía producida por el carbón representa el 7%. Por último esta la energía eólica que tiene una participación menor al 1%.

Figura 7. Energy Mix Colombia 2011



Fuentes: (UPME, 2011).

Tabla 10. Capacidad efectiva de generación de energía en Colombia

Capacidad Efectiva de generación por tipo de combustible (MW 2007 – 2011)

Año	Hidráulica	Carbón	Gas	Eólica	Otros	Total
2007	8.997	700	3.675	18	20	13.410
2008	9.002	700	3.739	18	20	13.479
2009	9.036	700	3.759	18	29	13.542
2010	9.716	700	3.927	18	62	14.423
2011	9.185	991	3.050	18	1.180	14.424

Fuentes: (UPME, 2011).

Con base en el mismo informe, se observa una tendencia creciente en la generación real de energía de casi el 10% desde el 2007 hasta el 2011, lo cual concuerda con la creciente participación de este sector económico en los indicadores del país y en la balanza comercial del mismo (UPME, 2011).

7.3.4. Unión Europea

La Unión Europea está constituida por 28 países actualmente, entre los cuales se destacan Austria, Bélgica, República Checa, Dinamarca, Francia, Alemania, Grecia, Italia, Países Bajos, Portugal, España y el Reino Unido.

Dados los actuales retos concernientes a la producción de energía, como los cambios climáticos, el agotamiento de los recursos energéticos locales y los altos precios de los combustibles fósiles, la Unión Europea ha identificado la necesidad de desarrollar tecnologías de producción, almacenamiento y distribución de energía alternativas con el fin de suplir la creciente demanda energética de la Unión, fortalecer la competitividad de Europa y crear varias compañías generadoras de empleos e influyentes en la economía del continente.

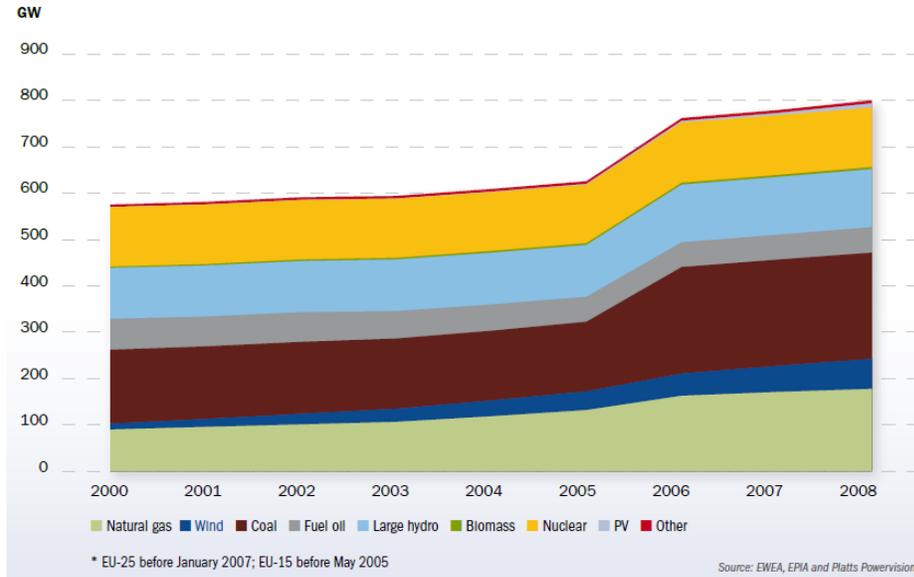
Desde el 2000, la UE se ha propuesto aumentar el porcentaje de generación de energía por medio de recursos renovables y según el reporte "Pure Power" de la Asociación Europea de Energía Eólica publicado en el 2009, la participación de la energía renovable ha aumentado de un 8.6% en el 2005 a un 11.2% en el 2009. Es decir que se ha generado un crecimiento anual de 0.65%, con el cual se espera llegar a una participación en el total de energía de un 20% para el 2020. En la Unión Europea, el tipo de energía renovable que se ha desarrollado con más fuerza es la energía eólica. En el 2008, la instalación de capacidad de generación de energía por medio de las turbinas de viento, fue la mayor de todas las tecnologías de generación de energía instaladas en la UE¹¹.

La siguiente gráfica muestra la capacidad de energía instalada de la Unión Europea entre el año 2000 y 2008. Lo más notable es el incremento de la capacidad energética proveniente del gas natural, el cual se incrementó un 75% en estos 8 años. Después de la entrada de 10 países más a la Unión Europea en el 2004, la capacidad energética creció 112 GW más, repartidos en las diferentes fuentes como el carbón, el gas natural, el agua y el viento (European Wind Energy Association, 2009).

¹¹ La energía eólica es la más barata y se espera que alcance una participación del 34% del total de las energías renovables generadas por la Unión Europea para el 2020.

Gráfica 4. Capacidad energética en la Unión Europea

Total de capacidad instalada en EU (2000-2008)

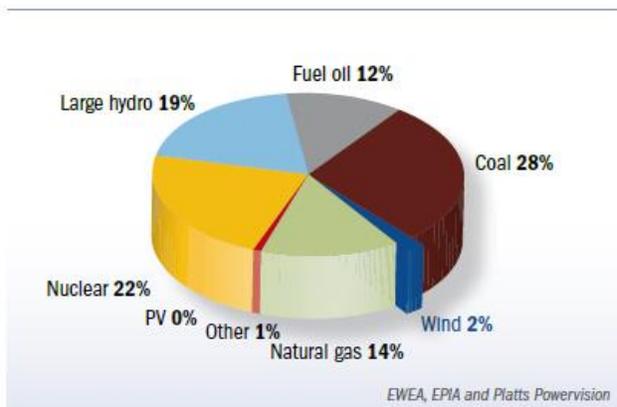


Fuentes: (European Wind Energy Association, 2009).

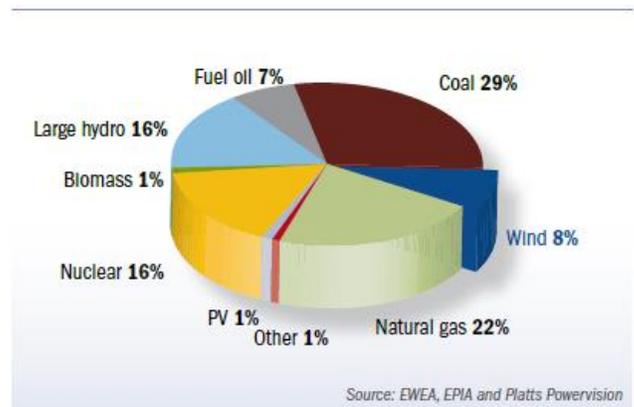
En las siguientes gráficas se puede observar la participación porcentual de cada uno de los tipos de energía que produce la Unión Europea tanto para el año 2000 como para el 2008.

Figura 8. Energy Mix Unión Europea

Distribución de energía 2000



Distribución de energía 2008



Fuentes: (European Wind Energy Association, 2009)

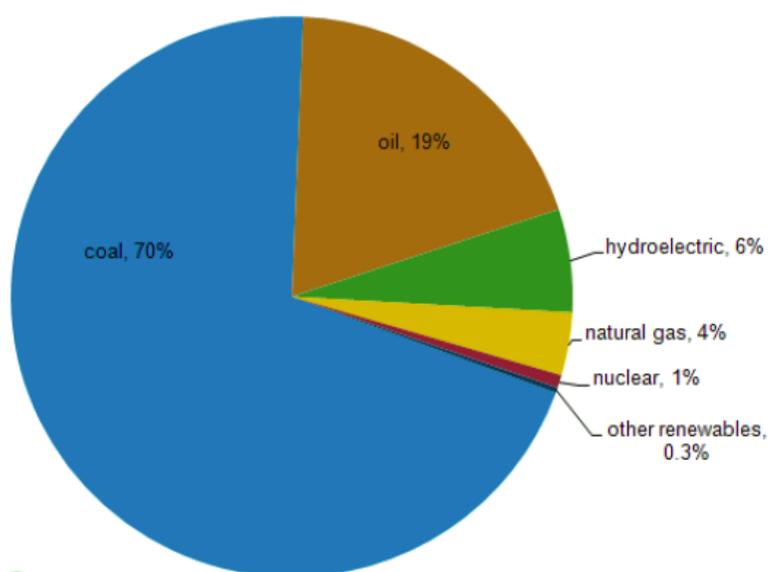
7.3.5. Distribución de energía para China

China es el país más poblado del mundo, con una población de 1.349.589.838, y tiene un crecimiento económico significativo que se ve reflejado en las alzas porcentuales de su PIB¹². Estos factores, además del hecho de ser el país con la mayor cantidad de consumo energético en el mundo, hacen que la administración de la energía no se enfoque únicamente en la demanda y la oferta de ésta, sino que también en garantizar su seguridad para el futuro.

China es un país que en la actualidad utiliza gran cantidad de energía primaria, siendo el segundo más grande consumidor de petróleo después de los Estados Unidos, y el primer productor de carbón en el mundo¹³. Su distribución energética se presenta a continuación (EIA, 2012):

Figura 9. Energy Mix China

Consumo total de energía para China por fuente de energía - 2009



Fuentes: (EIA, 2012)

Como se puede observar, para el año 2009 el carbón representaba el 70% del consumo energético total de la nación, y en el 2011 se logró una cantidad de

¹² El PIB en China obtuvo un crecimiento del 9,2% en el año 2011, y para comienzos del año 2012 ya había registrado un crecimiento aproximado al 7,8%.

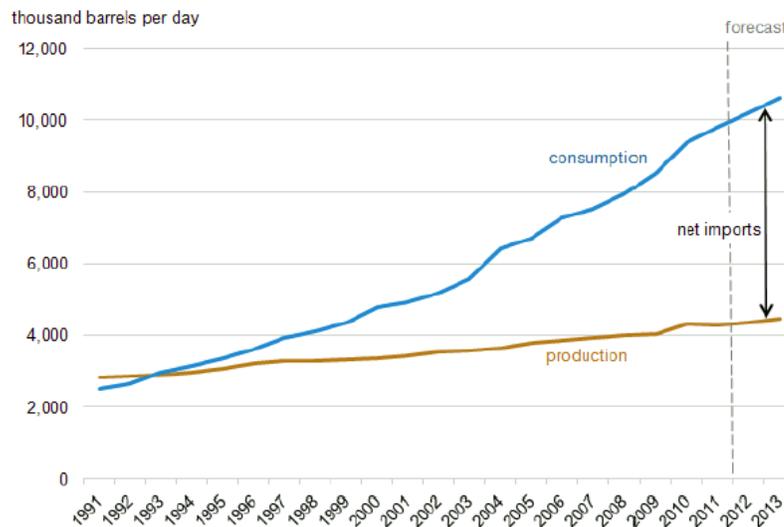
¹³ Para el año 2011, China registró una producción aproximada de 3,8 billones de short tons (unidad de medida que equivale, aproximadamente, a 907 kg).

consumo de 4 billones de short tons, lo cual representa casi la mitad del consumo mundial de energía por medio de esta fuente.

Igualmente, el petróleo también ocupa un lugar muy importante en la distribución energética del país (representa el 19% del consumo total de energía); sin embargo, es importante aclarar que la mayoría de este recurso es importado de países como Arabia Saudita, Angola e Irán.

Gráfica 5. Producción y consumo de petróleo en China

Producción y consumo de petróleo de China, 1990-2013



Fuentes: (EIA, 2012)

A pesar de que la producción y consumo de energía en China proviene principalmente de fuentes fósiles, el país ha hecho un esfuerzo por diversificar sus suministros de energía por medio de hidroeléctricas, gas natural, energía nuclear y otras energías renovables, siendo la energía eólica la segunda energía renovable más importante del país¹⁴; desde el año 2005, China ha prácticamente doblado su capacidad de generación de energía eólica, llegando a los 63 GW en el año 2011.

Adicional a la inversión que el país ha realizado para llegar a la diversificación energética que tienen actualmente, el gobierno ha establecido un plan con el objetivo incrementar el uso de las energías no fósiles, hasta alcanzar una participación de las energías renovables del 11,4% en la distribución energética

¹⁴ China es el segundo país con mayor producción de este tipo de energía en el mundo, generando 48 TWh (Tera Vatios por hora) en el año 2010, el cual representa aproximadamente un 100% de incremento con respecto a su producción en el año 2009.

para el año 2015. De esta manera, China ha invertido \$264 millones de dólares en el año 2011, y planea realizar una inversión de \$473 billones de dólares en energía limpia para el año 2015 (EIA, 2012).

7.3.6. Impacto ambiental y económico de las energías

La siguiente tabla muestra un resumen de los energy mix de los países evaluados, demostrando que las potencias mundiales tienen el mayor porcentaje de consumo y producción de energía con fuentes primarias. Para el caso de Brasil y Colombia, la distribución es un poco diferente, pues se aprovecha el recurso hídrico de ambos países.

En general las energías renovables tienen una participación muy pequeña dentro de las distribuciones energéticas de estos países.

Tabla 11. Resumen Energy Mix

	Energías					
	Carbón	Petróleo	Gas Natural	Nuclear	Hidroeléctrica	Renovables
China	70%	19%	4%	1%	6%	0,30%
Estados Unidos	48%	--	21%	20%	7%	4%
Unión Europea	29%	7%	22%	16%	16%	10%
Brasil	2%	--	7.90%	2.70%	76.90%	7%
Colombia	6.78%	--	21.15%	0%	63.68%	0.12%

Fuentes: los autores

De acuerdo a lo anterior, y al impacto de la huella de CO₂ y de agua, mencionados en la problemática del proyecto, se puede observar que las potencias mundiales generan una huella ambiental muy grande en relación a la proporción de energía que producen con carbón. Esto trae perjuicios significativos en el medio ambiente, no sólo de estos países, sino también para mundo en general. Los problemas principales son el calentamiento global, el efecto invernadero y los cambios climáticos que cada vez son más preocupantes.

Con respecto al impacto económico, se puede ver que la tendencia mundial es migrar hacia las energías renovables. Para esto, los países están realizando una inversión económica significativa, que se demuestra a través del crecimiento de la participación de las fuentes renovables de energía y las metas propuestas por los gobiernos de diversificar cada vez más su distribución energética.

Específicamente, Estados Unidos planea invertir \$ 7,5 trillones de dólares entre el 2010 y 2035 para lograr un aumento del 4% al 11% en participación de las energías renovables, lo cual representa un 44,8% de su PIB actual (para los próximos 25 años).

En cuanto a China, este país planea invertir \$473 billones de dólares en el 2015, para así aumentar el porcentaje de energías renovables de un 0,3% a un 11,4%. Esta inversión representa el 3,53% de su PIB actual.

En Colombia, a pesar que no tiene mucho potencial económico para invertir en energías renovables, las empresas energéticas nacionales tuvieron una inversión de \$ 627 millones de dólares para el 2012, lo cual represento el 0,12% del PIB del mismo año.

7.4. CURSOS SOBRE ENERGÍAS RENOVABLES EN INSTITUCIONES NACIONALES E INTERNACIONALES

Para la selección de los cursos internacionales a evaluar, se partió del Ranking de las mejores universidades en Ingeniería de Estados Unidos de la Revista US News, la cual es una publicación enfocada en temas, principalmente, de salud y educación y es muy reconocida por el reporte anual que determinan de las universidades norteamericanas. Para el caso de los cursos nacionales, de acuerdo a la baja oferta de los mismos se eligió solamente el curso de la Universidad del Valle.

7.4.1. Objetivos de los cursos

Analizando los objetivos generales de los diferentes cursos evaluados se observa lo siguiente de acuerdo a la universidad.

MIT - Introduction to sustainable energy: Se espera que los estudiantes adquieran conocimiento para la evaluación y análisis de sistemas tecnológicos de las energías vistas, en el contexto de la ingeniería, la política, la economía y el medio ambiente.

University of Illinois - Green Electric Energy: El objetivo principal es proveer a los estudiantes de un panorama general de los sistemas energéticos renovables de generación de electricidad, teniendo como base el funcionamiento de las diferentes tecnologías involucradas.

UC Berkeley – Introduction to renewable energy technologies: Desarrollar un entendimiento de la generación y la cadena de abastecimiento de la energía, sus problemas, y las nuevas tecnologías referentes a fuentes renovables.

Georgia Tech - Renewable Energy Systems: Proveer a los estudiantes de un entendimiento introductorio de las oportunidades técnicas y sociales, al igual que los obstáculos de las energías renovables en el presente y en el futuro.

Michigan - Sustainable Energy Systems: Examinar la producción y consumo energético desde la perspectiva de los sistemas, a partir de un ambiente regional y global, destacando su impacto económico, ambiental y político.

Universidad del Valle - Balance de materia y energía: Aprovechamiento de energía solar: Enseñar al estudiante la configuración de una planta en términos de sus sistemas y la interrelación funcional entre ellos, como fundamento para la producción de potencia usando como fuente el sol y el principio fotovoltaico.

7.4.2. Metodología

En cuanto a la metodología de los cursos que se compararon se puede identificar, principalmente lo siguiente:

El aprendizaje y el desarrollo de habilidades analíticas se hacen mediante lecturas, discusiones, ejercicios en clase, casos prácticos y un proyecto final.

Igualmente, durante los cursos se realizan problemas enfocados en el desarrollo de habilidades analíticas.

7.4.3. Unidades de los cursos

Después de analizar las unidades de cada uno de los cursos consultados los principales temas según las universidades son:

MIT - Introduction to sustainable energy

Unidad 1: Energy in Context: Overview of energy use and related issues

- Sustainability, energy and clean technologies in context
- Energy conversion, transmission and storage

Unidad 2: Specific Energy Technologies:

- Nuclear energy
- Fossil energy
- Wind energy
- Geothermal energy
- Solar energy
- Biomass energy

Unidad 3: Energy end use, option assessment, and tradeoff analysis:

- Systems dynamics and sustainable energy
- The energy crisis: a neglected solution
- Hydropower

Georgia Tech - Renewable Energy Systems

- Principles, overview and importance of renewable energy
- Review of thermal sciences (i.e., pertinent thermodynamics/transport phenomena)
- Solar-based heating and power generation
- Fluidic power generation (aerial and waterway)
- Biomass and biofuels
- “Subsurface” thermal energy utilization (OTEC and geothermal)
- Energy systems, storage and transmission
- Opportunities for, and challenges to, societal implementation

Michigan - Sustainable Energy Systems

Unidad 1: Introduction and Energy Fundamentals:

- Sustainable energy systems
- Physics of energy
- Energy accounting

Unidad 2: Energy Production and Consumption (supply and demand):

- Overview of energy production and consumption
- Fossil energy resources
- Nuclear fuels
- Industrial, residential and transportation sector

Unidad 3: Strategy – Transition to renewable technologies

- Introduction to renewable energy
- Wind energy
- Hydropower sources
- Photovoltaics
- Biomass

Unidad 4: Strategy – Storage topics

- Electricity storage technologies

Unidad 5: Climate and energy policy

- Climate change
- Energy policy

Universidad del Valle - Balance de materia y energía

Unidad 1: Introducción – Materia y energía – Naturaleza eléctrica de la materia – Materiales conductores, semiconductores y aislantes eléctricos.

Unidad 2: Fuentes de energía – Plantas de generación de energía – Eficiencia global – Cálculos de reserva y disponibilidad – El sol como fuente de energía

Unidad 3: Estudio de la Fuente, de la Demanda y de la Carga para plantas fotovoltaicas

Unidad 4: Plantas fotovoltaicas - principios de electricidad y electrónica - efecto fotovoltaico - conceptos básicos de energética solar

Unidad 5: Teoría de la Célula FV y procedimientos de conversión eléctrica

Unidad 6: El panel o módulo solar. Características y tipos

Unidad 7: Dimensionamiento sistemas FV. Evaluación del recurso solar, la demanda y la carga.

Unidad 8: Estudio de la viabilidad del proyecto

Unidad 9: Instalación y mantenimiento. Práctica

7.4.4. Comparación de los cursos analizados

A partir de la comparación de los diferentes cursos que se muestran en el Anexo A se puede inferir un patrón general de la estructura de los mismos. Esta estructura consiste en una introducción de la cadena de abastecimiento de la energía, desde su generación hasta su consumo, teniendo en cuenta el contexto global y local de la demanda energética, y haciendo énfasis en los recursos naturales empleados, tanto primarios como renovables.

Las siguientes unidades, profundizan en las diferentes tecnologías según el recurso empleado, para la extracción y conversión a energía eléctrica.

Las tecnologías que abarcan los cursos son principalmente energía eólica, hidroeléctrica, solar, geotérmica, mareomotriz y biomasa.

Finalmente se presentan las diferencias financieras entre la implementación de las diferentes tecnológicas. Igualmente se hace un énfasis en las repercusiones

ambientales del uso de tecnologías y la importancia de las energías renovables para garantizar la sostenibilidad energética a futuro.

En el Anexo E (digital) se encuentra la tabla comparativa de las estructuras de los cursos evaluados.

7.5. ESTRUCTURA DEL CURSO PARA LA UNIVERSIDAD ICESI

Según el modelo para el diseño curricular de un curso que sigue la Universidad Icesi, el cual se basa en la alineación constructiva entre objetivos y la taxonomía de Bloom, se espera “cambiar aquel modelo de roles en el cual el estudiante acude a que le enseñen y el profesor considera su papel profesional de enseñar, por uno en el cual el estudiante llega a la Universidad a estudiar y aprender y el profesor diseña y administra experiencias de aprendizaje que maximizan la probabilidad de que el estudiante construya su propio conocimiento” (Bahamón, 2007).

El modelo de alineamiento constructivo fue planteado por Jhon Biggs en 1999 y plantea la importancia de alinear los objetivos de aprendizaje con las estrategias de enseñanza y los mecanismos de evaluación.

Los objetivos de aprendizaje se dividen en tres categorías: cognitiva, afectiva y psicomotor. Además tienen una estructura jerárquica que va de lo más simple a lo más complejo. El proceso de aprendizaje que se sigue bajo esta filosofía empieza con adquirir el conocimiento, después está la etapa de comprensión, donde el estudiante entiende y "se hace suyo" aquello que ha aprendido y esto lo demuestra cuando es capaz de presentar la información de otra manera. El tercer paso es la aplicación, luego el análisis, donde es capaz de descomponer el todo en sus partes y puede solucionar problemas a partir del conocimiento adquirido. La síntesis, que es cuando el estudiante puede crear, integrar, combinar ideas, planear y proponer nuevas maneras de hacer. Finalmente, está el proceso de evaluación donde emite juicios respecto al valor de un producto según opiniones personales a partir de unos objetivos dados (López, 2010).

Con este proceso se logra desarrollar competencias en los estudiantes, relacionadas a los tres enfoques de conocimiento: el saber conocer, el saber hacer y el saber ser.

Con base a lo anterior, se establece la descripción, el objetivo general y la estructura del curso.

Este curso abarcará las fuentes de energías renovables más utilizadas actualmente en Colombia y en el mundo, como lo son la eólica, solar, hidráulica, biomasa, mareomotriz y geotérmica. Evaluará los principales conceptos relacionados con cada una de estas fuentes de energía, abarcando los recursos empleados, su extracción, conversión, y tecnología utilizada, con énfasis en comprender las necesidades energéticas en el siglo XXI, regionales y globales, de una manera sostenible.

A partir del material de estudio brindado, se examinará la conveniencia de la producción de energías renovables, enfatizando sus repercusiones positivas en el ámbito ecológico y económico. Igualmente, se analizará el desarrollo de proyectos sostenibles y económicamente viables, donde se empleen este tipo de energías.

El curso tendrá como objetivo comprender cómo las energías renovables pueden suplir las necesidades futuras y ganar experiencia en la evaluación de estas alternativas desde el punto de vista económico y ambiental, comprendiendo tanto las ventajas como las desventajas de las mismas.

La estructura del curso se determinó de la siguiente manera:

- Unidad 1: Energía: Importancia, fuentes primarias y renovables
- Unidad 2: Energía solar
- Unidad 3: Energía Eólica
- Unidad 4: Energía Hidroeléctrica
- Unidad 5: Energía Biomasa
- Unidad 6: Energía Mareomotriz
- Unidad 7: Energía Geotérmica
- Unidad 8: Análisis de proyectos

El programa completo del curso se encuentra en el Anexo F.

Para las estrategias de aprendizaje del curso se podrían emplear diferentes herramientas, principalmente el uso de videos ilustrativos para los tipos de tecnologías que no se encuentren fácilmente en el país o en la región, como la energía mareomotriz y geotérmica.

Para otros tipos de energía como la generada a través de biomasa, se podrían realizar visitas empresariales (especialmente a los ingenios azucareros) donde los

estudiantes tengan un acercamiento a la implementación de dicha tecnología en contextos reales.

Además, en cada una de las unidades se brinda información sobre proyectos, tanto nacionales como internacionales, que se han desarrollado recientemente de acuerdo a cada tipo de tecnología, teniendo en cuenta el contexto de la región, la inversión económica realizada y las implicaciones, positivas y negativas, de su implementación.

Finalmente se puede hacer uso de casos aplicativos o problemas, donde el estudiante deba evaluar un proyecto con diferentes escenarios, considerando una tecnología específica, sus implicaciones económicas y ambientales.

7.6. CASOS Y ACTIVIDADES PRÁCTICAS PARA EL CURSO

Para los módulos del curso relacionados con las diferentes energía renovables, teniendo en cuenta las competencias que se quieren desarrollar en los estudiantes, se crearon las presentaciones de cada tema, haciendo énfasis en un conocimiento teórico para cada tipo de energía, que incluye la definición de la tecnología, dos ejemplos de aplicación (uno internacional y uno nacional), el funcionamiento de la misma, sus ventajas y desventajas, un ejercicio en clase, y un caso que les permita a los estudiantes resolver un problema a partir del conocimiento adquirido.

Por otra parte, para la realización del módulo de evaluación de proyectos, se dividieron las presentaciones realizadas en proyectos financieros y proyectos ambientales. Para ambos temas, se partió de su respectiva definición, se incluyeron conceptos básicos necesarios para la respectiva evaluación de proyectos, y se realizaron dos casos aplicativos, teniendo en cuenta las energías renovables vistas.

En el Anexo G se encuentran las presentaciones completas, y en el Anexo H los ejercicios y los casos aplicativos, con su respectiva solución.

7.6.1. Taller piloto

Para la realización del taller piloto se obtuvo, en total, una asistencia de 6 estudiantes del programa de ingeniería industrial, quienes dieron a conocer su

opinión sobre el mismo a través de una encuesta que fue diligenciada al finalizar la actividad.

En términos generales, los estudiantes mostraron un gran agrado por el taller, destacando principalmente los temas relacionados con las diferentes alternativas de generación de energía y su aplicación en el campo de la Ingeniería Industrial.

Igualmente, considerando que el objetivo de esta actividad era brindar la oportunidad a los estudiantes de conocer la importancia que tienen las energías renovables actualmente, fue satisfactorio encontrar que 5 de los estudiantes destacaron su completa claridad frente a este tema. Además, todos los estudiantes dijeron haber entendido el rol que tienen como futuros profesionales en el tema de energías renovables.

Con respecto al curso como tal, 3 estudiantes dijeron que “muy probablemente” matricularían esta materia, y los otros 3 dijeron que “definitivamente sí” la matricularían en caso de abrirse. Asimismo, todos los estudiantes están de acuerdo en que el curso brindará un aporte a su formación como profesionales.

Finalmente, y como retroalimentación por parte de los estudiantes para el curso, 5 estudiantes establecieron su interés en hacer un mayor énfasis en la cadena de suministro de la energía, al igual que en el funcionamiento de cada tipo de tecnología empleado para las energías renovables. También, consideran que los tipos de energía en los que se debería enfocar el curso son la energía eólica, solar y biomasa.

Materiales: Para la participación en el taller, los estudiantes necesitaron de un computador, donde se reprodujo un video ilustrativo de la cadena de abastecimiento de la energía y se realizó un ejercicio de huella ambiental por cada persona.

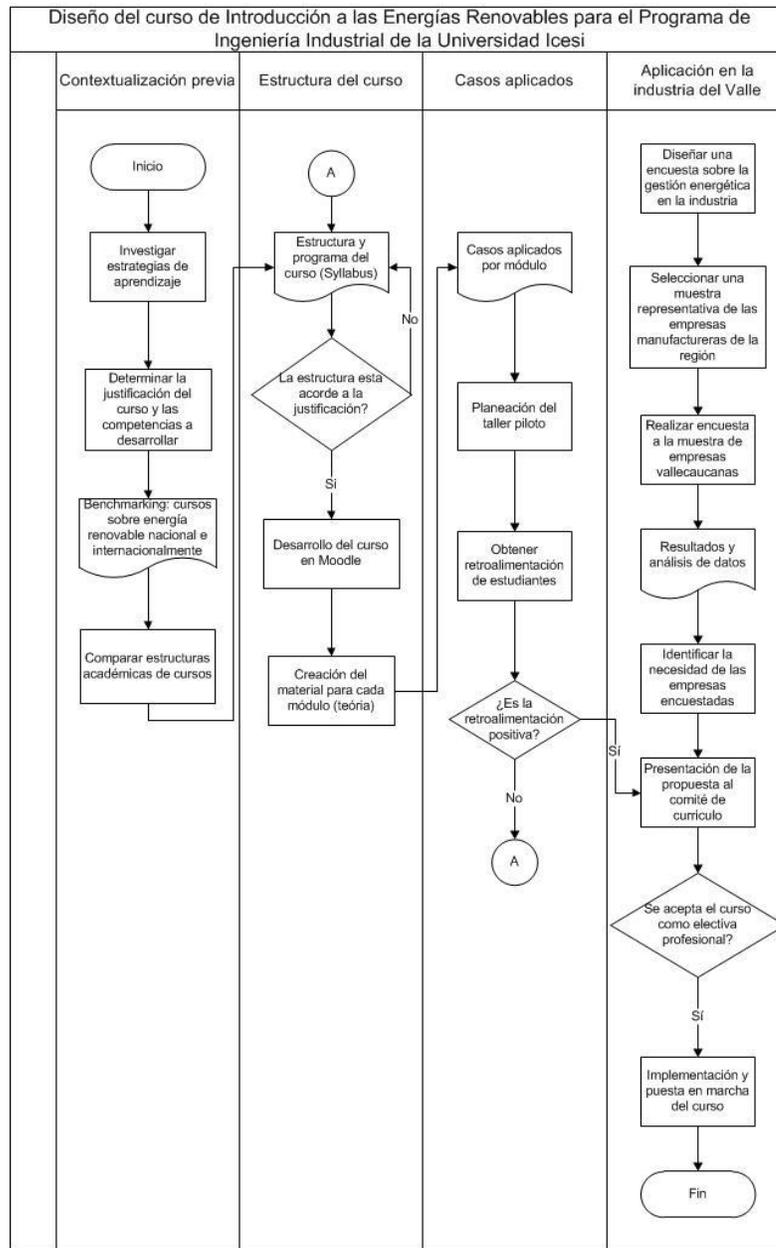
Guía para el profesor y los estudiantes: esta guía consistió en una presentación ilustrativa que mostraba el contenido del taller y el cronograma para su desarrollo.

En el Anexo I (digital) se encuentra la presentación y las prácticas realizadas en el taller piloto.

7.7. PROCESO DE LA CREACIÓN DEL CURSO

El siguiente diagrama de flujo representa el proceso de la creación y diseño del curso de Introducción a las Energías Renovables para el Programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Icesi, como electiva profesional.

Figura 10. Diagrama de flujo del proceso de la creación del curso



Fuente: Los autores

8. CONCLUSIONES

El 72,5% de las empresas encuestadas dijeron que tienen pensado desarrollar proyectos que involucren energía renovable o reducción de consumo energético, indicando que este tema es representativo y se está tomando en cuenta para el sector manufacturero.

Las empresas manufactureras manifestaron su interés en la capacitación de los profesionales en temas como: las diferentes tecnologías de acuerdo a la perspectiva tecnológica, el impacto ambiental de cada una y la evaluación de proyectos económicos relacionados a la inversión en cada tipo de tecnología.

Con base en el benchmarking realizado en instituciones educativas, principalmente en las universidades internacionales, se observa que están promoviendo el conocimiento en temas relacionados con energías renovables para que sus estudiantes sean profesionales competentes y estén a la vanguardia con el desarrollo de tecnologías para la generación de energía.

La estructura del curso planteado está orientado a desarrollar los tres niveles de competencias: saber conocer, saber hacer y saber ser, con el propósito de que los estudiantes adquieran, además del conocimiento, las herramientas y la voluntad para aplicarlo en un contexto real.

A partir de la estructura de cursos similares, tanto a nivel nacional como internacional, el curso de introducción a las energías renovables para la Universidad Icesi tendrá la siguiente estructura: introducción a la energía y contextualización, profundización en las tecnologías de cada tipo de energía, y evaluación financiera y ambiental de proyectos.

Los ingenieros industriales tienen un campo de desarrollo en el ciclo de vida de las energías renovables, que involucra desde el diseño, la manufactura, el

almacenaje y la distribución, tanto de las tecnologías como de la energía misma.

Para el año 2035 se espera que el consumo energético mundial aumente en un 34%, comparado con el consumo energético actual, debido a la gran importancia que ésta tiene para todas las actividades del ser humano.

La mayor proporción de la energía consumida actualmente es generada a través de la explotación de los recursos no renovables, los cuales tienen un uso limitado y generan un impacto negativo en el ambiente.

9. RECOMENDACIONES

Los estudiantes que matriculen el curso deben tener conocimientos de cursos anteriores, para lo cual es pre-requisito haber cursado y aprobado las siguientes materias: Termodinámica, Ingeniería económica, Física y Química, principalmente.

Para proyectos similares, se recomienda seguir el diagrama de flujo del proceso desarrollado para la elaboración del curso, teniendo en cuenta la investigación previa, que incluye las estrategias de aprendizaje, el contexto del tema del curso, y el benchmarking con cursos similares.

El profesor encargado del curso debe estar a la vanguardia de los temas dictados en clase, evaluando la prospectiva tecnológica de las diferentes fuentes de energía renovable y teniendo en cuenta su contexto global.

Según la retroalimentación obtenida a través del taller piloto, se debe hacer énfasis, principalmente, en la cadena de abastecimiento de la energía, al igual que en el funcionamiento de las tecnologías para la energía eólica, biomasa y solar.

Finalmente, el curso se debe complementar con prácticas aplicativas, donde los estudiantes puedan tener un mayor acercamiento al funcionamiento de las diferentes tecnologías, permitiendo desarrollar en mayor medida la competencia del saber hacer.

BIBLIOGRAFÍA

- Bahamón, J. H. (2007). *Un modelo para el diseño curricular de las asignaturas de la Universidad Icesi*.
- Cengel, Y., & Boles, M. (2010). *Termodinámica (Sexta ed.)*.
- Energy Information Administration - EIA. (2010). *Annual Energy Outlook 2010, with projections to 2035*.
- Energy Information Administration - EIA. (2011). *Annual Energy Review 2011*.
- Energy Information Administration - EIA. (2012). *China, full report*.
- Empresa de Pesquisa Energética - EPE. (2013). *Brazilian Energy Balance*.
- European Wind Energy Association. (2009). *Pure Power: Wind energy targets for 2020 and 2030*.
- Hodge, B. K. (2010). *Alternative Energy Systems & Applications: Wiley*.
- International Energy Agency - IEA. (2012). *World energy outlook*.
- Institute for Energy Research - IER. (2010). *"Clean Energy Standards": Making electricity prices skyrocket*.
- International Geothermal Association. (2004). *What is geothermal energy?* , from http://www.geothermal-energy.org/geothermal_energy/what_is_geothermal_energy.html
- López, J. C. (2010). *Taxonomía de Bloom de Habilidades de Pensamiento*. from <http://www.eduteka.org/TaxonomiaBloomCuadro.php3>
- Manzano, F., Alcayde, A., Montoya, F., Zapata-Sierra, A., & Gil, C. (2012). *Scientific production of renewable energies worldwide: An overview*.
- McDaniel, C., & Gates, R. (2011). *Investigación de mercados*.
- McKinney, M. L., & Schoch, R. M. (2003). *Environmental Science, Systems and Solutions* (Third ed.). University of Tennessee.
- Patrylak, R., & Hopper, G. (2011). *Energy Market Perspective Outlook: Black & Veatch*.
- Política Energética Nacional - PEN. (2010). *Análisis y revisión de los objetivos de política energética colombiana de largo plazo y actualización de sus estrategias de desarrollo*.
- Rahman, S. (2004). *Renewable energy sources*. from <http://www.accessscience.com/content/Renewable-energy-sources/YB041150>
- Tello, L. B. (2013). *Evaluación Financiera de Proyectos de Inversión*.
- Universidad Nacional de Colombia. (2010). *Ingeniería e Investigación*.
- Unidad de Planeación Minero Energética - UPME. (2011). *Boletín Estadístico de Minas y Energía*.
- Vaughn, N. (2011). *Introduction to Renewable Energy: CRC Press. Taylor & Francis Group*.
- Parliamentary Office of Science & Technology. (2011). *Carbon Footprint of Electricity Generation*.
- Wilson, W., Leipzig, T., & Griffiths-Sattenspiel, B. (2012). *Burning our rivers: The water footprint of electricity: River Network*.

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A.....	73
ANEXO B.....	77
ANEXO C.....	80
ANEXO D.....	85
ANEXO E.....	90
ANEXO F.....	91
ANEXO G.....	97
ANEXO H.....	97
ANEXO I.....	96

ANEXOS

ANEXO A (Informativo)

SYLLABUS DE CURSOS INTERNACIONALES Y NACIONALES, RELACIONADOS CON ENERGÍA RENOVABLE

Universidad: Massachusetts Institute of Technology – MIT

Nombre del curso: Introduction to sustainable energy

Descripción del curso: This class assesses current and potential future energy systems, covering resources, extraction, conversion, and end-use technologies, with emphasis on meeting regional and global energy needs in the 21st century in a sustainable manner. Instructors and guest lecturers will examine various renewable and conventional energy production technologies, energy end-use practices and alternatives, and consumption practices in different countries. Students will learn a quantitative framework to aid in evaluation and analysis of energy technology system proposals in the context of engineering, political, social, economic, and environmental goals. Undergraduate students enroll in Introduction to Sustainable Energy and graduate students enroll in Sustainable Energy.

Unidad 1: Energy in Context: Overview of energy use and related issues

- Sustainability, energy and clean technologies in context
- Energy conversion, transmission and storage

Unidad 2: Specific Energy Technologies:

- Nuclear energy
- Fossil energy
- Wind energy
- Geothermal energy
- Solar energy
- Biomass energy

Unidad 3: Energy end use, option assessment, and tradeoff analysis:

- Systems dynamics and sustainable energy
- The energy crisis: a neglected solution
- Hydropower

Fuente: Lectures and Readings, Introduction to Sustainable Energy, MITOpenCourseWare:
<http://ocw.mit.edu/courses/nuclear-engineering/22-081j-introduction-to-sustainable-energy-fall-2010/lectures-and-readings/>

Universidad: Georgia Institute of Technology

Nombre del curso: Renewable Energy Systems

Descripción del curso: Renewable energy is all around us and will be a part of our future. Learn the theory, practice and analysis of concepts such as:

- Wind Power
- Photovoltaic Power
- Solar Thermal Heat/Power
- Energy Storage
- Geothermal Power
- Biomass Power
- Hydrogen Energy Storage and Utilization
- Ocean Thermal Energy Conversion
- Hydro Power

Objetivo General: This class will provide students with an introductory understanding of the technical and societal opportunities and obstacles to renewable energy for the present and future.

Objetivos específicos:

Objective 1: To provide students an appreciation for the need and promise of simultaneously renewable, alternative, and "clean" energy technologies.

Objective 2: To teach the prevalent types and applications of renewable energy systems.

Objective 3: To teach students the basic principles of operation of renewable energy converters.

Objective 4: To train students to apply thermal science fundamentals to the design/analysis of renewable energy system components.

Objective 5: Expose students to the diversity of beneficial applications currently utilizing renewable energy (e.g., "solar cell roofs") and future implementations of such technologies.

Objective 6: Introduce students to societal catalysts and challenges regarding renewable energy implementation ("clean energy" incentives, energy security, codes and regulatory needs, etc.).

Temas cubiertos:

- Principles, overview and importance of renewable energy
- Review of thermal sciences (i.e., pertinent thermodynamics/transport phenomena)
- Solar-based heating and power generation
- Fluidic power generation (aerial and waterway)
- Biomass and biofuels
- “Subsurface” thermal energy utilization (OTEC and geothermal)
- Energy systems, storage and transmission
- Opportunities for, and challenges to, societal implementation

Fuente: Renewable Energy Systems – ME 4823, Course Announcement:
http://www.me.gatech.edu/files/ug/curricula_me_4823.pdf

Universidad: University of Michigan

Nombre del curso: Sustainable Energy Systems

Descripción del curso: This course examines the production and consumption of energy from a systems perspective. Sustainability is examined by studying global and regional environmental impacts, economics, energy efficiency, consumption patterns and energy policy. First, the physics of energy and energy accounting methods are introduced. Next, the current energy system that encompasses resource extraction, conversion processes and end-uses are covered. Responses to current challenges such as declining fossil fuels and climate change are then explored: unconventional fossil fuels, carbon sequestration, emerging technologies (e.g., renewable sources: biomass, wind, and photovoltaics; fuel cells) and end-use efficiency and conservation.

Unidad 1: Introduction and Energy Fundamentals:

- Sustainable energy systems
- Physics of energy
- Energy accounting

Unidad 2: Energy Production and Consumption (supply and demand):

- Overview of energy production and consumption
- Fossil energy resources
- Nuclear fuels
- Industrial, residential and transportation sector

Unidad 3: Strategy – Transition to renewable technologies

- Introduction to renewable energy
- Wind energy
- Hydropower sources
- Photovoltaics
- Biomass

Unidad 4: Strategy – Storage topics

- Electricity storage technologies

Unidad 5: Climate and energy policy

- Climate change
- Energy policy

Fuente: Sustainable Energy Systems, School of Natural Resources & Environment, University of Michigan: <http://snre.umich.edu/courses/nre574>

Universidad: Universidad del Valle

Nombre del curso: Aprovechamiento de energía solar

Objetivo general del curso: Enseñar al estudiante la configuración de una planta en términos de sus sistemas y la interrelación funcional entre ellos, como fundamento para la producción de potencia usando como fuente el sol y el principio fotovoltaico. Aprender a calcular y proyectar plantas de generación fotovoltaica.

Unidad 1: Introducción – Materia y energía – Naturaleza eléctrica de la materia – Materiales conductores, semiconductores y aislantes eléctricos.

Unidad 2: Fuentes de energía – Plantas de generación de energía – Eficiencia global – Cálculos de reserva y disponibilidad – El sol como fuente de energía

Unidad 3: Estudio de la Fuente, de la Demanda y de la Carga para plantas fotovoltaicas

Unidad 4: Plantas fotovoltaicas - principios de electricidad y electrónica - efecto fotovoltaico - conceptos básicos de energética solar

Unidad 5: Teoría de la Célula FV y procedimientos de conversión eléctrica

Unidad 6: El panel o módulo solar. Características y tipos

Unidad 7: Dimensionamiento sistemas FV. Evaluación del recurso solar, la demanda y la carga.

Unidad 8: Estudio de la viabilidad del proyecto

Unidad 9: Instalación y mantenimiento. Práctica

Fuente: Aprovechamiento Energía Solar, Escuela de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería:
http://eime.univalle.edu.co/cursos_pregrado/Electivas%20Profesionales/energiasolar.pdf

ANEXO B
(Informativo)

CRONOGRAMA DEL PROYECTO

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	septiembre 2013													
					14	17	20	23	26	29	01	04	07	10	13	16	19	22
1	Evaluar las energías renovables más utilizadas actualmente, sus implicaciones ambientales y económicas	25 días	lun 19/08/13	vie 20/09/13														
2	Investigar energías utilizadas actualmente, provenientes de fuentes primarias y renovables.	6 días	lun 19/08/13	lun 26/08/13														
3	Investigar las energías renovables empleadas a nivel nacional y a nivel mundial.	12 días	mar 27/08/13	mié 11/09/13														
4	Conocer el consumo de energía y el "energy mix" los países de estudio.	15 días	lun 02/09/13	vie 20/09/13														

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	octubre 2013													
				13	16	19	22	25	28	01	04	07	10	13	16	19	22
1	Seleccionar, analizar y comparar cursos sobre energías renovables dictados en instituciones nacionales e internacionales.	22 días	vie 20/09/13														
2	Analizar y comparar cursos sobre energías renovables dictados en instituciones nacionales e internacionales.	16 días	vie 20/09/13														
3	Realizar una tabla comparativa con la estructura general de los diferentes cursos y los temas en común.	7 días	vie 11/10/13														

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	marzo 2014							abril 2014							mayo 2014													
					03	06	09	12	15	18	21	24	27	30	02	05	08	11	14	17	20	23	26	29	02	05	08					
1	Identificar la necesidad de empresas manufactureras del Valle del Cauca, de contar con profesionales competentes en temas de energía renovable.	41 días	lun 10/03/14	dom 04/05/14																												
2	Diseño de la encuesta que permita medir la necesidad de estas empresas.	6 días	lun 10/03/14	lun 17/03/14																												
3	Aplicación de la encuesta	31 días	lun 17/03/14	sáb 26/04/14																												
4	Analizar los datos obtenidos a través de la encuesta.	5 días	sáb 26/04/14	jue 01/05/14																												
5	Concluir sobre las respuestas obtenidas.	3 días	jue 01/05/14	dom 04/05/14																												

Proyecto: PDG cronograma Fecha: mié 23/04/14	Tarea		Resumen inactivo	
	División		Tarea manual	
	Hito		Sólo duración	
	Resumen		Informe de resumen manual	
	Resumen del proyecto		Resumen manual	
	Tareas externas		Sólo el comienzo	
	Hito externo		Sólo fin	
	Tarea inactiva		Fecha límite	
	Hito inactivo		Progreso	

ANEXO C
(Informativo)
CUESTIONARIO ENCUESTA

Encuesta de Gestión Energética

El objetivo de la presente encuesta es caracterizar la gestión energética de diferentes empresas manufactureras de la región del Valle del Cauca, y determinar su necesidad o interés de contar con personal idóneo para desarrollar o aplicar proyectos orientados a la reducción del consumo energético.

*Obligatorio



1. Nombre de la empresa *

2. Código CIUU

3. Por favor, describa la actividad principal de su empresa *

4. Indique cuál o cuáles son las fuentes de energía que utiliza la empresa *

Se puede elegir varias opciones. Por favor marque todas las que usa la empresa

- Petróleo
- Gas natural
- Carbón
- Biomasa
- Hidroeléctrica
- Ciclo combinado o cogeneración (aprovechamiento tanto del calor como de la energía mecánica o eléctrica al mismo tiempo)
- Otro:

5. Existe una persona responsable o encargada de la gestión energética en su empresa? *

- Sí
- No



14% completado

Si la respuesta a la pregunta 5 es "Sí", se mostrará el siguiente salto de página:

Encuesta de Gestión Energética

***Obligatorio**

6. Por favor, indique el perfil (profesión, nivel de estudio) y las funciones que desempeña dicha persona *

7. Ubique, de acuerdo a los siguientes rangos, el porcentaje que representa el rubro de energía en los gastos de su empresa *
Tenga en cuenta todos los gastos que generan los diferentes tipos de energía que utiliza la empresa

- 81% a 100%
- 61% a 80%
- 41% a 60%
- 21% a 40%
- 0% a 20%

8. ¿Su empresa ha pensado en realizar proyectos que involucren energía renovable o proyectos de reducción de consumo energético? *

- Sí
- No

28% completado

Si la respuesta a la pregunta 5 es “No”, se mostrará el siguiente salto de página:

Encuesta de Gestión Energética

***Obligatorio**

6. Por favor, indique la(s) profesión(es) que usted considera debería tener una persona en este cargo *

- Ingeniero Químico
- Ingeniero Mecánico
- Ingeniero Industrial
- Ingeniero Eléctrico
- Ingeniero Electrónico
- Ingeniero Ambiental
- Otro:

7. Ubique, de acuerdo a los siguientes rangos, el porcentaje que representa el rubro de energía en los gastos de su empresa *

Tenga en cuenta todos los gastos que generan los diferentes tipos de energía que utiliza la empresa

- 81% a 100%
- 61% a 80%
- 41% a 60%
- 21% a 40%
- 0% a 20%

8. ¿Su empresa ha pensado en realizar proyectos que involucren energía renovable o proyectos de reducción de consumo energético? *

- Sí
- No

 42% completado

Si la respuesta a la pregunta 8 es “Sí”, se mostrará el siguiente salto de página:

Encuesta de Gestión Energética

***Obligatorio**

9. Por favor, describa brevemente en qué consisten dichos proyectos y qué motivo su desarrollo *

« Atrás Continuar »

57% completado

Si la respuesta a la pregunta 8 es “No”, se mostrará el siguiente salto de página:

Encuesta de Gestión Energética

***Obligatorio**

9. ¿Por qué su empresa no ha decidido realizar este tipo de proyectos? *

« Atrás Continuar »

71% completado

Encuesta de Gestión Energética

*Obligatorio

10. ¿Qué temas considera que son importantes en la capacitación de las personas vinculadas a la gestión energética? *

Selección de múltiples respuestas

- Selección de la tecnología adecuada, dependiendo de cómo se comportan las fuentes energéticas en el futuro (prospectiva tecnológica)
- Valoración económica de proyectos energéticos
- Impacto o huella ambiental de cada tecnología
- Mantenimiento de la tecnología
- Otro:

 85% completado

Encuesta de Gestión Energética

La siguiente información es para control demográfico de la encuesta.

11. Nombre de la persona que realizó la encuesta

12. Cargo en la empresa

13. Seleccione su lugar de trabajo

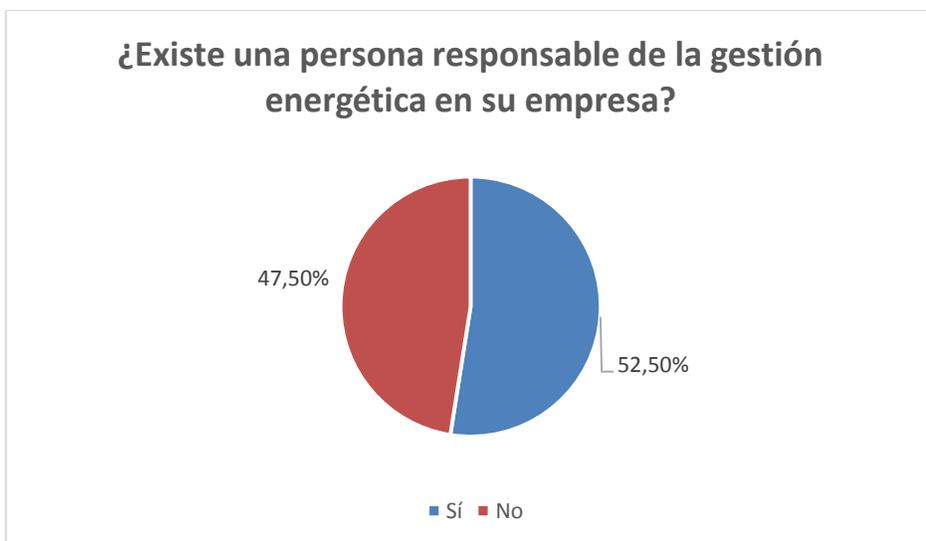
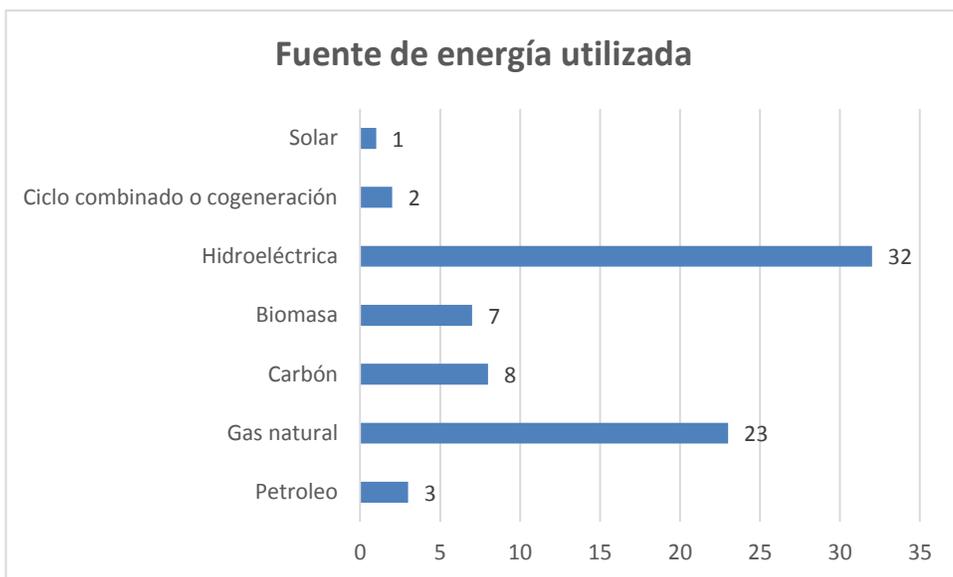
- Casa matriz de la empresa
- Sede regional
- Otro:

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

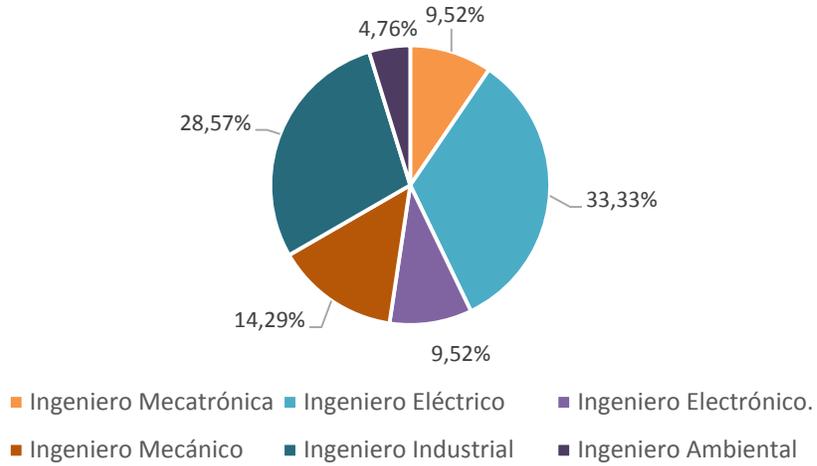
 100%: has terminado.

ANEXO D
(Informativo)

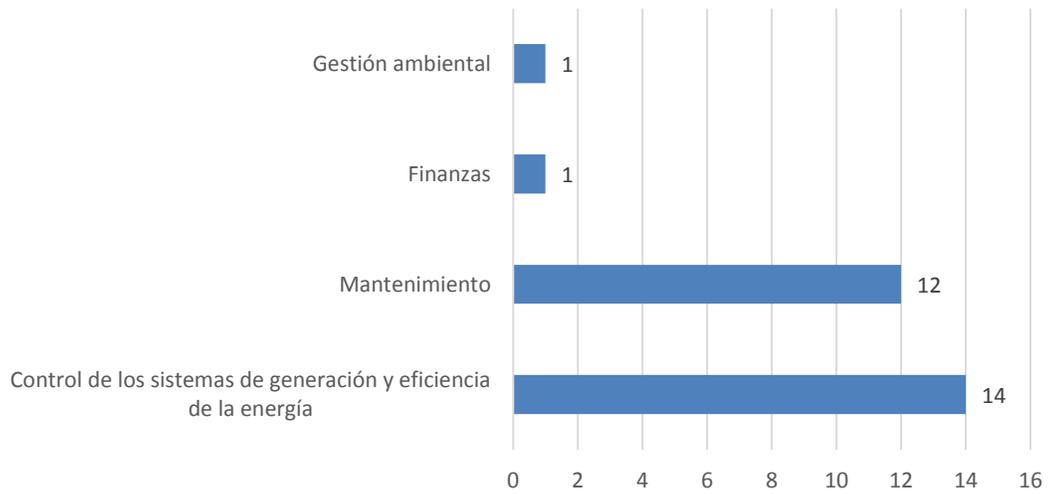
RESULTADOS DE LA ENCUESTA



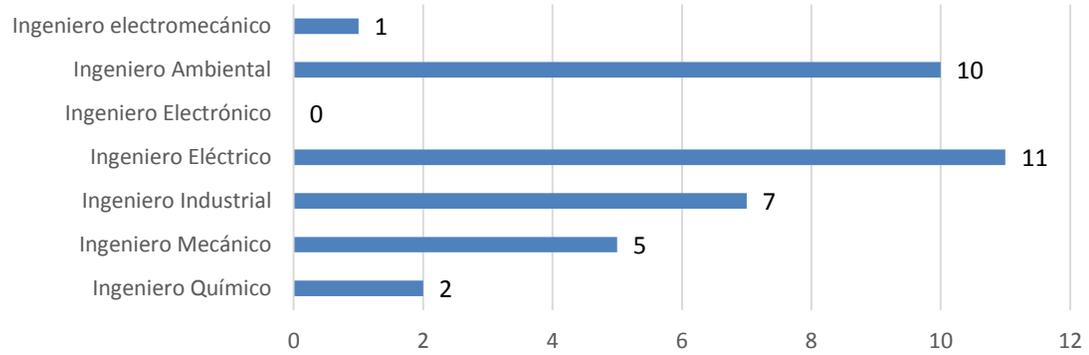
Profesión de la persona encargada de la gestión energética



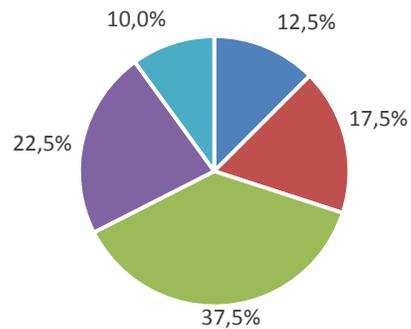
Función que desempeña la persona encargada de la gestión energética



¿Qué profesión usted considera debería tener una persona en este cargo?

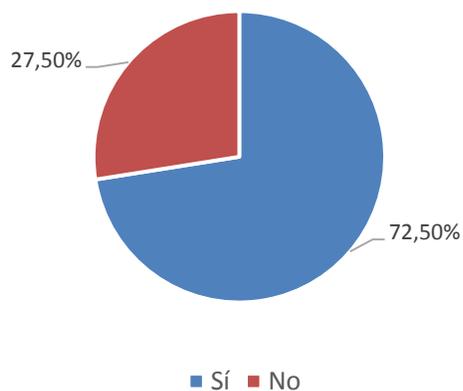


Porcentaje que representa el rubro de energía en los gastos de su empresa

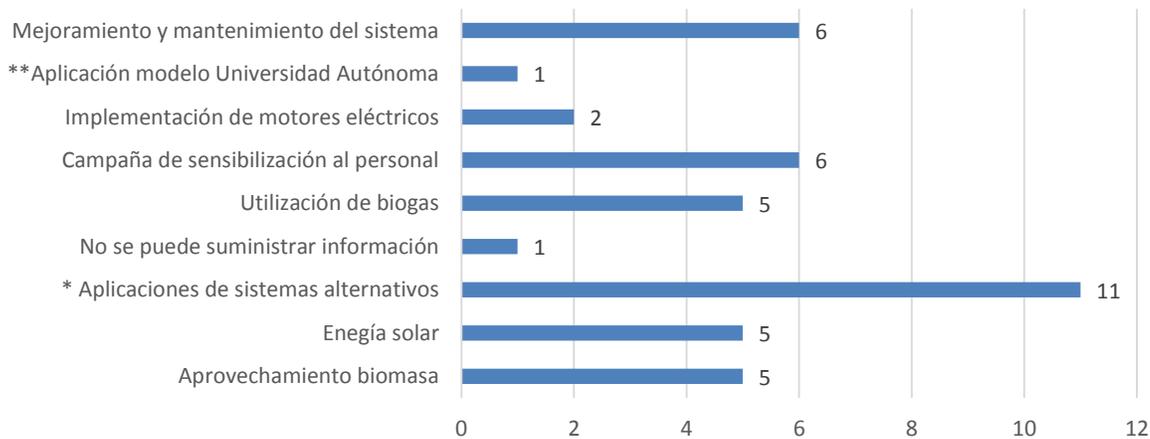


■ 0% a 20% ■ 21% a 40% ■ 41% a 60% ■ 61% a 80% ■ 81% a 100%

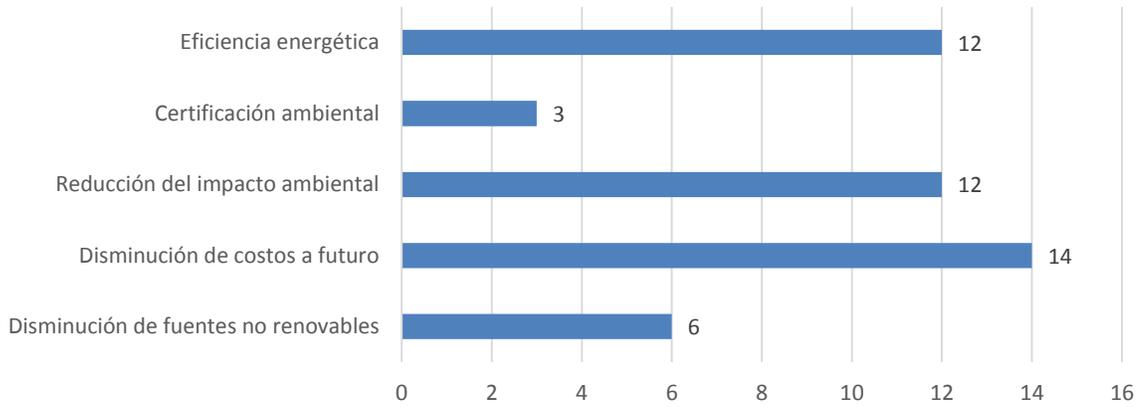
¿Su empresa ha pensado en realizar proyectos que involucren energía renovable o proyectos de reducción de consumo energético?



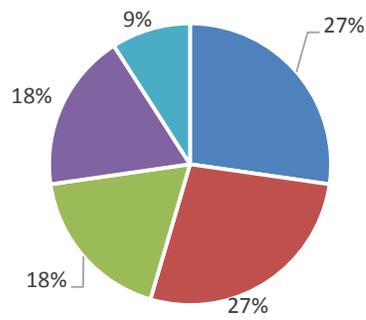
Describa brevemente en qué consisten dichos proyectos



Describe qué motivo el desarrollo del proyecto

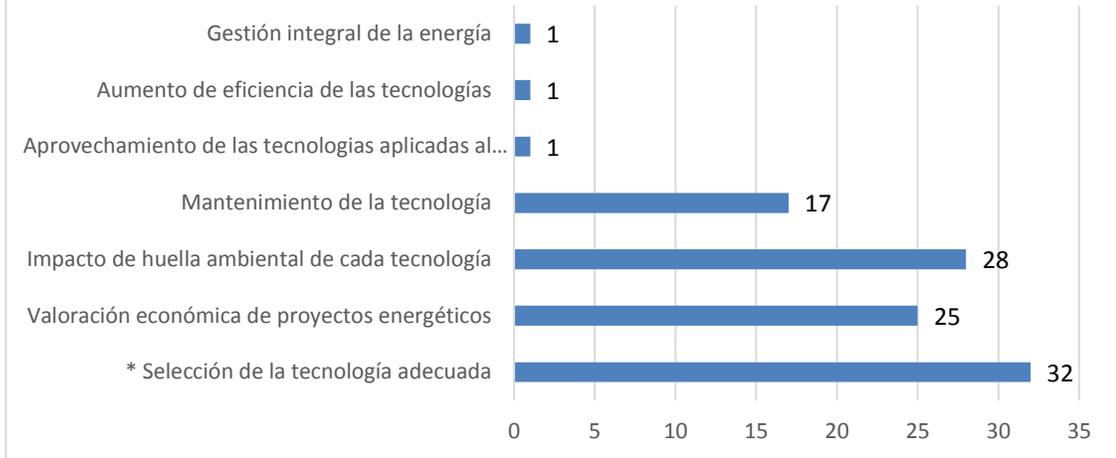


¿Por qué su empresa no ha decidido realizar este tipo de proyectos?



- Gasto de energía no representativo
- Poco capital para inversión
- No existe un área asignada para este propósito
- No se puede suministrar información
- Falta de cultura organizacional sobre el tema

¿Qué temas considera que son importantes en la capacitación de las personas vinculadas a la gestión energética?



ANEXO E

(Informativo)

TABLA COMPARATIVA CURSOS NACIONALES E INTERNACIONALES

Se encuentra digitalmente en un archivo de Excel.

ANEXO F
(Informativo)

PROGRAMA DEL CURSO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Código-Materia:

Requisito: Termodinámica, Ingeniería económica– Semestre 8vo aprobado

Programa – Semestre: 8vo

Período académico:

Intensidad semanal: 3 horas

Créditos:

Descripción general del curso

Este curso abarca las fuentes de energías renovables más utilizadas actualmente en Colombia y en el mundo, como lo son la eólica, solar, hidráulica, biomasa y geotérmica. Evalúa los principales conceptos relacionados con cada una de estas fuentes de energía, abarcando los recursos empleados, su extracción, conversión, y tecnología utilizada, con énfasis en comprender las necesidades energéticas en el siglo XXI, regionales y globales, de una manera sostenible.

A partir del material de estudio brindado, se examinará la conveniencia de la producción de energías renovables, enfatizando sus repercusiones positivas en el ámbito ecológico y económico. Igualmente, se analizará el desarrollo de proyectos sostenibles y económicamente viables, donde se empleen este tipo de energías.

Objetivos

General:

El curso tendrá como objetivo comprender cómo las energías renovables pueden suplir las necesidades futuras y ganar experiencia en la evaluación de estas alternativas desde el punto de vista económico y ambiental, comprendiendo tanto las ventajas como las desventajas de las mismas.

Terminales:

Al finalizar el curso el estudiante estará en capacidad de:

- Diferenciar las fuentes de energías primarias y renovables, comprender sus ventajas y desventajas y aplicar conceptos teóricos en casos reales.
- Los estudiantes tendrán la capacidad de diferenciar algunas de las fuentes más importantes de energía renovables y podrán elegir la mejor de acuerdo a una situación específica evaluando sus ventajas y desventajas, tanto a nivel económico como ambiental.

Específicos

De formación académica:

Unidad 1: Energía: Importancia, fuentes primarias y renovables

Al finalizar esta unidad el estudiante estará en capacidad de:

- Comprender el concepto de energía, su función y su clasificación
- Conocer las ventajas y las desventajas de la energía primaria y la energía renovable
- Describir el impacto económico y ambiental generado en la producción de energía, proveniente de fuentes fósiles y de fuentes renovables.
- Reconocer el contexto energético regional y mundial en la actualidad, al igual que su proyección a mediano y largo plazo.
- Identificar soluciones para el dilema energético actual

Unidad 2: Energía Solar

Al finalizar esta unidad el estudiante estará en capacidad de:

- Comprender el recurso natural del sol y el concepto de energía solar
- Explicar en qué consiste la tecnología de celdas fotovoltaicas, las partes que las componen, y las consideraciones de diseño que se tienen para su creación
- Estimar la capacidad instalada y la producción de energía de las celdas fotovoltaicas
- Evaluar la viabilidad de proyectos que involucren este tipo de tecnología, desde un punto de vista económico y ambiental

Unidad 3: Energía Eólica

Al finalizar esta unidad el estudiante estará en capacidad de:

- Comprender el recurso natural del viento y el concepto de la energía eólica
- Explicar en qué consiste la tecnología de turbinas de viento y el funcionamiento de las partes que la componen
- Identificar y comparar los diferentes tipos de turbinas de viento que existen en la actualidad (eje vertical y eje horizontal)
- Estimar la capacidad instalada y la producción de energía de las turbinas de viento
- Evaluar la viabilidad de proyectos que involucren este tipo de tecnología, desde un punto de vista económico y ambiental

Unidad 4: Energía Hidroeléctrica

Al finalizar esta unidad el estudiante estará en capacidad de:

- Comprender el recurso natural del agua y el concepto de la energía hidroeléctrica
- Explicar en qué consiste la tecnología de hidroeléctrica larga (más de 30 MW) y corta (de 100 kW a 30 MW)
- Identificar y comparar los diferentes tipos de turbinas de agua (de impulsión y de reacción) que existen en la actualidad (eje vertical y eje horizontal)
- Estimar el flujo de agua y la potencia generada para cada tipo de turbina
- Evaluar la viabilidad de proyectos que involucren este tipo de tecnología, desde un punto de vista económico y ambiental

Unidad 5: Energía Biomasa

Al finalizar esta unidad el estudiante estará en capacidad de:

- Comprender el recurso de la biomasa y su utilización como fuente de energía
- Explicar en qué consiste el proceso de la fotosíntesis y como se puede extraer energía a partir de la combustión o la descomposición
- Identificar y comparar los diferentes tipos de biomasa, sus ventajas y desventajas
- Evaluar la viabilidad de proyectos que involucren este tipo de tecnología, desde un punto de vista económico y ambiental

Unidad 6: Energía Mareomotriz

Al finalizar esta unidad el estudiante estará en capacidad de:

- Comprender el mar como un recurso para la generación de energía
- Explicar cómo se puede aprovechar las corrientes, las olas y el gradiente de salinidad para la conversión de energía
- Evaluar la viabilidad de proyectos que involucren este tipo de tecnología, desde un punto de vista económico y ambiental

Unidad 7: Energía Geotérmica

Al finalizar esta unidad el estudiante estará en capacidad de:

- Comprender el recurso de la tierra, placas tectónicas y columnas de magma, junto con el concepto de la energía geotérmica
- Explicar en qué consiste la tecnología de bombas de calor geotérmicas
- Identificar y comparar los diferentes tipos de sistemas para la producción de energía geotérmica (vapor seco, flash, binario y la combinación entre calor y potencia)
- Estimar la producción de energía para cada tipo de sistema
- Evaluar la viabilidad de proyectos que involucren este tipo de tecnología, desde un punto de vista económico y ambiental

Unidad 8: Análisis de proyectos

Al finalizar esta unidad el estudiante estará en capacidad de:

- Valorar diferentes flujos financieros en diferentes momentos en el tiempo
- Relacionar los conceptos de evaluación de proyectos financieros con los temas vistos en clase, haciendo uso de variables como el valor presente neto (VPN), tiempo de retorno (payback), tasa interna de retorno (TIR).
- Relacionar los conceptos de evaluación de proyectos ambientales con los temas vistos en clase, haciendo uso de variables como huella de carbono, huella de agua, embodied energy, tasa de retorno energético, intensidad energética
- Diferenciar y evaluar proyectos de inversión para determinar su viabilidad en términos económicos y ambientales.

De formación en valores y capacidades:

Al terminar el curso cada estudiante habrá tenido la oportunidad de reflexionar sobre los siguientes valores, así como de desarrollar estas capacidades:

- La responsabilidad, mediante el cumplimiento en las fechas de entrega de los trabajos.
- La perseverancia y la autonomía, a través del trabajo en los ejercicios opcionales no calificables.
- La tolerancia, mediante el respeto a las opciones y soluciones propuestas por los compañeros o por el profesor.
- La capacidad de análisis y conceptualización, a través de la identificación de los elementos necesarios para analizar y diseñar los sistemas de las instalaciones industriales.
- La capacidad de comunicación, porque en el curso habrá muchas oportunidades de salir al tablero, participar en clase y exponer trabajos. Esto debe hacerse de manera clara para el profesor y los compañeros.
- La capacidad de trabajo bajo presión, porque es necesario cumplir con las tareas de todos los cursos.

Metodología

- El alumno deberá preparar con anterioridad el material de cada clase, y resolver las asignaciones correspondientes.
- En las sesiones de clase se explicarán los temas no entendidos en las lecturas y se procederá al desarrollo de los ejercicios o talleres.
- Se empleará la plataforma de MOODLE como metodología de aprendizaje. Los plazos de las asignaciones y casos serán estrictamente los asignados en Moodle.
- Los estudiantes realizarán, para cada fuente de energía renovable, dos casos prácticos que permitirán evaluar los temas previamente vistos.

Actividades del estudiante

Antes de la clase:

- Preparación del tema de estudio
- Investigación de temas asignados por el profesor
- Elaboración de trabajos asignados
- Preparación de evaluaciones

Durante la clase:

- Presentación de trabajos asignados

- Presentación de evaluaciones
- Desarrollo de talleres
- Participación activa en clase y construcción de conocimiento
- Retroalimentación al profesor si se tienen dudas de los temas

Después de la clase:

- Revisión de cumplimiento de objetivos de aprendizaje individual
- Generación de preguntas que refuercen el tema
- Interrelación del tema con los objetivos terminales y general de la materia

Evaluación

La evaluación tiene dos componentes: Los exámenes y las otras actividades. El componente de otras actividades solo se considerará en los cálculos de la nota definitiva si el estudiante tiene una nota promedio de exámenes mayor o igual a 3.0.

Evaluación	Porcentaje
Quices	5%
Tareas y Talleres	10%
Parcial I	20%
Parcial II	25%
Proyecto Final	30%

Las fechas de los exámenes: se realizarán dos exámenes parciales, los cuales se desarrollarán en la terminación de los módulos de la siguiente manera:

Primer parcial: unidades 1, 2 y 3

Segundo parcial: unidades 4, 5,6 y 7

Objetivos del parcial No. 1: Comprender los conceptos básicos de energía y su funcionamiento. Identificar las diferencias, ambientales y económicas, de las fuentes de energía primarias y renovables, al igual que el contexto global y regional del consumo energético. Comprender los recursos utilizados para la

generación de energía solar y eólica, las tecnologías empleadas para cada caso, y reconocer la viabilidad de este tipo de proyectos en términos financieros y ambientales.

Objetivos del parcial No. 2: Comprender los recursos utilizados para la generación de energía hidroeléctrica, biomasa, mareomotriz y geotérmica, las tecnologías empleadas para cada caso, y reconocer la viabilidad de este tipo de proyectos en términos financieros y ambientales.

Proyecto final: Analizar los aspectos y la viabilidad, en términos financieros y ambientales de un proyecto de generación y distribución de energía a partir de recursos renovables.

Bibliografía

Hodge, B.K., *Alternative Energy Systems & Applications*, Wiley (2010)

Otras referencias:

- Vaughn, Nelson. *Introduction to Renewable Energy (Energy and the Environment)*. CRC Press. Taylor & Francis (2011)
- Freris, Leon., Infield, David. *Renewable Energy in Power Systems*. Wiley (2008)
- Buenaventura G. (2011). *Teoría de Inversión en Evaluación de Proyectos y Presupuestación de Capital*; Icesi, primera edición.
- Gitman L. J. (2009). *Principles of Managerial Finance*; Twelfth Edition.

ANEXO G

(Informativo)

PRESENTACIONES DE CADA MÓDULO - Digital

ANEXO H

(Informativo)

EJERCICIOS Y CASOS APLICADOS – Digital

ANEXO I
(Informativo)
TALLER PILOTO - Digital