

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



**ANÁLISIS DE RENTABILIDAD ECONÓMICA
FINANCIERA PARA PROYECTOS EN EFICIENCIA
ENERGÉTICA Y ENERGÍA RENOVABLE BAJO LAS
IMPLICACIONES DE LA NORMATIVA SALVADOREÑA**

PRESENTADO POR:

RAFAEL ANTONIO MORÁN MOLINA

JORGE EFRAÍN VENTURA CHICAS

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

CIUDAD UNIVERSITARIA, FEBRERO 2018

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

MSC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL :

MSC. CRISTÓBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

SECRETARIO :

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

DIRECTOR :

ING. ARMANDO MARTÍNEZ CALDERON

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO ELECTRICISTA

Título:

**ANÁLISIS DE RENTABILIDAD ECONÓMICA
FINANCIERA PARA PROYECTOS EN EFICIENCIA
ENERGÉTICA Y ENERGÍA RENOVABLE BAJO LAS
IMPLICACIONES DE LA NORMATIVA SALVADOREÑA**

Presentado por:

RAFAEL ANTONIO MORÁN MOLINA

JORGE EFRAÍN VENTURA CHICAS

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor :

ING. GERARDO MARVIN JORGE HERNÁNDEZ

SAN SALVADOR, FEBRERO 2018

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor :

ING. GERARDO MARVIN JORGE HERNÁNDEZ

ACTA DE CONSTANCIA DE NOTA Y DEFENSA FINAL

En esta fecha, lunes 11 de diciembre de 2017, en la Salón de Potencia de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, a las 3:00 p.m. horas, en presencia de las siguientes autoridades de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador:

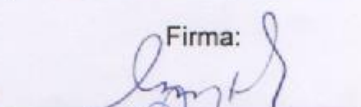
1. Ing. Armando Martínez Calderón
Director

Firma: 
Firma: 


2. MSc. José Wilber Calderón Urrutia
Secretario

Y, con el Honorable Jurado de Evaluación integrado por las personas siguientes:

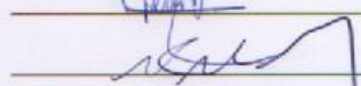
1- ING. GERARDO MARVIN JORGE HERNANDEZ
(Docente Asesor)

Firma: 

2- MSC. JORGE ALBERTO ZETINO CHICAS



3- ING. JOSE ROBERTO RAMOS LOPEZ



Se efectuó la defensa final reglamentaria del Trabajo de Graduación:

ANÁLISIS DE RENTABILIDAD ECONÓMICA FINANCIERA PARA PROYECTOS EN EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ENERGÍA RENOVABLE BAJO LAS IMPLICACIONES DE LA NORMATIVA SALVADOREÑA

A cargo de los Bachilleres:

- MORAN MOLINA RAFAEL ANTONIO

- VENTURA CHICAS JORGE EFRAÍN

Habiendo obtenido en el presente Trabajo una nota promedio de la defensa final: 7.50

(Siete punto cinco)

AGRADECIMIENTOS

El presente documento es el resultado de esfuerzos, vivencias y experiencias que estuvieron presentes en esta etapa de mi vida. Diversas personas ayudaron a lograr a quien soy hoy en día , me brindaron su ayuda y su apoyo incondicional, permitiendo fortalecer mi carrera profesional y más aún relacionarla con finanzas que hoy por hoy es un tema que junto a ingeniería me apasiona.

Me satisface saber que se puede lograr más y mejores cosas para mi futuro y me alegra aún más, saber que se puede ayudar a otros a mejorar también.

Me alienta pensar en las muchas personas que contribuyeron de alguna forma en mi modo de pensar y actuar, en aquellas que me enseñaron a resolver problemas y a sacar provecho de las oportunidades que se me presentaban y a superar aquellas situaciones fueran estas fáciles o difíciles.

Y es por ello por lo que escribo esta oración, con la finalidad de poder agradecer a estas personas que me formaron como el profesional y persona que soy, de lo cual me siento satisfecho de lo aprendido, pero no conforme porque siempre hay que buscar más y luchar por algo mejor, salir del sistema y velar por lo que realmente vale uno, por lo que uno tanto se esforzó.

Doy mi máxima gratitud a Dios todo poderoso que fue mi resguardo ante las dificultades que me conllevó la carrera, agradezco de igual forma a mis padres pero sobre todo a mi madre, la cual estuvo en los momentos más crudos de la carrera, de los cuales no sabía si saldría, y la cual fue mi fortaleza, a mis amigos los cuales agradezco su compañía hasta el día de hoy, y a todas aquellas personas que ayudaron hasta el día de hoy en poder culminar esta carrera y ser la personas que por ahora soy.

La finalidad de este documento es mostrar que no solo se puede ser un ingeniero más, sino también aspirar y ser un empresario, saber que uno puede ayudar un poco más a los demás y a la vez obtener la gratitud de las personas y no lucrar a otros del esfuerzo que uno empeña en algo.

Confió en Dios, que él seguirá apoyando mis negocios y proyectos de vida, le pido siempre estar al lado de mi familia y apoyarle en lo que pueda desde donde me encuentre, y a pesar de no ser la persona mas inteligente ni pretender serlo, confió fuertemente en el y en que me dará su fortaleza para para cumplir siempre mis metas.

Me anima el recordar estas palabras:

“No tengas miedo de renunciar a lo bueno para perseguir lo grandioso “

John D. Rockefeller.

Jamás tengas miedo a renunciar a un empleo, por más seguridad que te brinde, hazlo para poder alcanzar tu sueños y objetivos de vida.

Rafael Moran.

AGRADECIMIENTOS.

El alcanzar este objetivo es gracias a los 5 pilares que sostienen la base de mi vida:

En primer lugar y la base central **Dios Todopoderoso**, quien con Su misericordia y amor me acompañó en todo momento, siendo mi Guía en toda esta travesía, mostrándome que los milagros si existen hasta en la última etapa de este proceso.

A mi maravillosa madre **Carolina Chicas**, quien brindo todo de sí en este proyecto, mostrándome su total e incondicional respaldo en cada decisión que he tomado a lo largo de mi vida. No existen palabras suficientes para expresar cuanto la amo y no me resta más que decirle: ESTE TITULO ES SUYO.

A mi tío **Samuel Ventura** que más que un tío ha sido un amigo, quien gracias a nuestras conversaciones y sus consejos siempre me hacía encontrar la salida en toda adversidad.

A mi abuela **Digna Martínez** quien con su gran amor siempre me brindo un respiro en cada tiempo libre y lograr con eso recuperar fuerzas para seguir adelante.

A mi amada esposa **Nubia Escobar** quien ha sido mi equilibrio con su amor y dedicación y por brindar esa mano extendida que silenciosamente siempre me levantaba después de cada caída.

Gracias a estas bases soy lo que soy pues son mi estandarte, mi motivación y mi dedicación para seguir siempre adelante, mi fortaleza y mi perseverancia para no renunciar jamás y mi coraje y valentía para enfrentar cualquier empresa.

Y hacer una mención especial a todos aquellos familiares y amigos que directa e indirectamente fueron parte de la consecución de este objetivo...

Inmensamente Agradecido.

Jorge Efraín Ventura Chicas

| | |
|---|----|
| INDICE GENERAL | |
| INTRODUCCION | 7 |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 8 |
| ANTECEDENTES | 9 |
| JUSTIFICACIÓN | 10 |
| OBJETIVOS | 11 |
| CAPÍTULO 1 ADMINISTRACIÓN ENERGÉTICA | 12 |
| 1.1 PANORAMA ENERGÉTICO | 12 |
| 1.1.1 SITUACIÓN ENERGÉTICA MUNDIAL | 14 |
| 1.1.2 SITUACIÓN ENERGÉTICA DE EL SALVADOR | 16 |
| 1.1.2.1 GENERACIÓN ENERGÉTICA DE EL SALVADOR. | 17 |
| 1.1.3 EFECTOS EN EL MEDIO AMBIENTE | 20 |
| 1.1.3.1 ENERGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO. | 22 |
| 1.2 SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA | 24 |
| 1.2.1 ANTECEDENTES DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA | 24 |
| 1.2.2 EFECTO DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA EN LAS ORGANIZACIONES. | 26 |
| 1.2.3 POLÍTICA ENERGÉTICA | 30 |
| 1.3 PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA | 31 |
| 1.3.1 PROCESOS DE LA PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA, IMPLEMENTACION Y OPERACION | 31 |
| 1.3.2 VERIFICACIÓN Y LA MEJORA CONTINUA | 33 |
| CAPÍTULO 2: TEMATICA DE UNA AUDITORIA ENERGÉTICA | 34 |
| 2.1 INTRODUCCIÓN A LA ISO 50002 | 35 |
| 2.1.1 FLUJOGRAMA DE LA NORMA Y ESPECIFICACIÓN | 36 |
| 2.2 DEFINICIONES SUSTANCIALES DE LA NORMA | 37 |
| 2.2.1 ALCANCES DE LA AUDITORÍA | 37 |
| 2.2.2 INDICADOR DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO IDEns (EnPI) | 37 |
| 2.2.3 USO DE LA ENERGIA (SEU) | 38 |
| 2.2.4 VARIABLE RELEVANTE | 38 |
| 2.3 ANÁLISIS DE DATOS | 38 |
| 2.3.1 CREACIÓN DEL EnPI A UTILIZAR | 38 |

| | |
|---|-----------|
| 2.3.2 ANÁLISIS DE LA CURVA DE CARGA, MONÓTONAS Y FACTOR DE CARGA | 39 |
| 2.3.3 LINEA ENERGÉTICA DE BASE | 42 |
| 2.3.4 CREACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO | 42 |
| 2.3.5 DIAGRAMA DE PARETO DE ENERGÍA..... | 43 |
| CAPITULO 3 TEMÁTICA DE LOS CONTRATOS DE COMPRA Y VENTA BAJO LA NORMATIVA SALVADOREÑA | 44 |
| 3.1 INTRODUCCIÓN..... | 44 |
| 3.1.1 DEFINICIONES Y MECANISMOS DE MERCADO..... | 45 |
| 3.2 NORMATIVA REFERENTE A LA COMERCIALIZACIÓN DE LA ENERGÍA..... | 51 |
| 3.2.1 GENERADOR PARTICIPANTE DEL MERCADO..... | 51 |
| 3.2.2 GENERADOR QUE NO PARTICIPA EN EL MERCADO MAYORISTA..... | 52 |
| 3.3 NORMATIVA DE INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA | 55 |
| 3.3.1 GENERADOR PARTICIPANTE DEL MERCADO MAYORISTA CONECTADO A UNA SUBESTACIÓN DE TRANSMISIÓN O DE DISTRIBUCIÓN..... | 56 |
| 3.3.2 GENERADOR QUE NO PARTICIPA EN EL MERCADO MAYORISTA CONECTADO A UNA SUBESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN..... | 57 |
| 3.4 NORMATIVA MEDIO AMBIENTAL..... | 61 |
| 3.4.1 GRUPO A: Categoría de actividades, obras o proyectos con impacto ambiental potencial bajo (PIAB)..... | 62 |
| 3.4.2 GRUPO B Categoría 1: Categoría de actividades, obras o proyectos con impacto ambiental potencial leve (PIAL)..... | 63 |
| 3.4.2.1 GRUPO B Categoría 2: Grupo de actividades, obras o proyectos con potencial impacto ambiental moderado o alto (PIAMA)..... | 63 |
| 3.4.3 Pasos para la interpretación de los criterios de categorización | 65 |
| 3.5 NORMATIVA REFERENTE A LOS INCENTIVOS FISCALES..... | 65 |
| CAPITULO 4 DESARROLLO DEL ESTUDIO | 69 |
| 4.1 MEJORAS ENERGÉTICAS..... | 69 |
| 4.1.1 SITUACIÓN ACTUAL ENERGÉTICA | 69 |
| 4.2 FUENTES DE GENERACION..... | 81 |
| 4.2.1 SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONECTADO A RED COMO FUENTE DE GENERACIÓN ELÉCTRICA | 82 |
| CAPITULO 5 EVALUACION DE RESULTADOS Y ESTUDIO ECONOMICO | 84 |
| 5.1 ASPECTOS LEGALES A TOMAR EN CUENTA PARA LOS PROYECTOS RENOVABLES | 84 |

| | |
|--|------------|
| 5.2 EVALUACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA FINANCIERA | 86 |
| 5.3 POSIBLES ESCENARIOS DE INVERSIÓN | 86 |
| 5.3.1 ESCENARIO 1 INVERSIÓN SOLO IMPLEMENTANDO PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA CUBRIR LA DEMANDA ENERGÉTICA..... | 87 |
| 5.3.2 ESCENARIO 2 INVERSIÓN TANTO EN EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ENERGÍA RENOVABLE..... | 89 |
| SIN FINANCIAMIENTO BANCARIO..... | 89 |
| 5.3.3 ESCENARIO 3 INVERSIÓN TANTO EN EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ENERGÍA RENOVABLE CON FINANCIAMIENTO BANCARIO..... | 91 |
| CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 97 |
| 6.1 CONCLUSIONES | 97 |
| 6.2 RECOMENDACIONES | 98 |
| CAPÍTULO 7 NOMENCLATURA Y GLOSARIO DE TÉRMINOS | 99 |
| 7.1 NOMENCLATURA | 99 |
| 7.2 GLOSARIO DE TERMINOS..... | 100 |
| CAPÍTULO 8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 103 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura1 Grafico de referencia Petróleo vs Gas Natural..... | 13 |
| Figura2 Proyección de generación energética..... | 14 |
| Figura3 Proyección de capacidad de generación energética..... | 15 |
| Figura4 Análisis de matriz energética en El Salvador..... | 16 |
| Figura6 Datos de generación energética año 2015..... | 17 |
| Figura7 Datos de generación energética año 2016..... | 18 |
| Figura8 Datos de generación energética año 2017..... | 19 |
| Figura9 Proyección de matriz energética año 2018..... | 19 |
| Figura10 Ranking mundial de emisores de CO2..... | 20 |
| Figura11 emisiones GEI por sectores..... | 21 |
| Figura12 Mapa conceptual de un sistema de gestión energética..... | 23 |
| Figura13 Modelo de un sistema de gestión energética..... | 27 |
| Figura14 Esquemas de Normas ISO de gestión energética y su correlación..... | 28 |
| Figura15 Grafico ejemplo de correlación de datos..... | 30 |
| Figura16 Esquema eléctrico de una empresa..... | 32 |
| Figura17 Diagrama de proceso de medición norma ISO 50006..... | 34 |
| Figura18 Diagrama de flujo de proceso para la realización de una auditoria..... | 35 |
| Figura19 Curva de carga..... | 36 |
| Figura20 Curva monótona..... | 39 |
| Figura21 Curva de discretización..... | 40 |
| Figura22 Factor de carga..... | 40 |
| Figura23 Esquema de modelo matemático..... | 41 |
| Figura24 Diagrama de Pareto..... | 43 |
| Figura25 Secretarias de estado de la Republica de El Salvador..... | 43 |
| Figura26 Clasificaciones referentes a los procesos de mercado..... | 44 |
| Figura27 esquema de sistema fotovoltaico con inyección a la red..... | 45 |
| Figura28 Generador conectado a una subestación ejemplo de 13.2 KV..... | 55 |
| Figura29 Etapas para la obtención de un contrato de interconexión..... | 57 |
| Figura30 Pasos para la interpretación de criterios de categorización..... | 59 |
| Figura31 Secuencia de etapas para aplicar a la ley de incentivos fiscales... | 65 |
| Figura32 Ejemplo de acción de mejora continua para una empresa..... | 67 |
| Figura33 Identificación de áreas de la planta..... | 69 |
| Figura34 Matriz de consumo de energía conglomerado..... | 71 |
| Figura35 Diagrama de Pareto de uso de la energía..... | 73 |

| | |
|--|-----------|
| Figura36 Perfil de carga de la máquina de extrusión de plástico..... | 74 |
| Figura37 Comportamiento del consumo de energía y producción de la extrusora de plástico..... | 76 |
| Figura38 Regresión lineal de los datos de producción vs energía..... | 76 |
| Figura39 Muestra del comportamiento del consumo energético y producción sin hacer ningún cambio a la maquina..... | 77 |
| Figura40 Línea base y grafico de ahorro..... | 78 |
| Figura 41 Grafica del indicador del desempeño energético..... | 79 |
| Figura42 Índice de intensidad energética..... | 80 |
| Figura43 Valores meteorológicos anuales..... | 80 |
| Figura44 Esquema básico de un sistema fotovoltaico..... | 82 |
| Figura45 Relación de consumo antes y después de instalación del sistema fotovoltaico..... | 83 |
| Figura46 Flujo de carga acumulado de escenario2..... | 84 |
| Figura47 Flujo de carga acumulado de escenario3..... | 91 |
| Figura48 Distribución triangular para valores medulares..... | 93 |
| Figura49 Datos obtenidos de subescenarios generados..... | 94 |
| Figura50 Distribución del tipo beta con el intervalo de valores a 48.83% de probabilidad..... | 95 |
| Figura51 Distribución del tipo beta con el intervalo de valores a 40.34% de probabilidad..... | 96 |
| Figura52 Variables sensibles de afectación del VAN..... | 96 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla1 Tabla ejemplo de recolección de datos..... | 32 |
| Tabla2 Parámetros de licitación de 355MW..... | 48 |
| Tabla3 Parámetros de licitación de 15 MW..... | 48 |
| Tabla4 Parámetros de licitación de 100 MW..... | 49 |
| Tabla5 Parámetros de licitación de 170 MW..... | 49 |
| Tabla6 Parámetros de licitación de 1 MW..... | 50 |
| Tabla7 Costos aproximados de estudios para solicitudes de interconexión..... | 60 |
| Tabla8 Incentivos fiscales según capacidad instalada..... | 68 |
| Tabla9 Matriz de consumo energético de la planta..... | 70 |
| Tabla10 Información de áreas de producción..... | 71 |
| Tabla11 Información de área de almacenaje..... | 72 |
| Tabla12 Información de área de oficina..... | 72 |
| Tabla13 Información de área de ventas..... | 72 |
| Tabla14 Distribución del uso de la energía..... | 74 |
| Tabla15 Datos representativos de maquina extrusora de plástico..... | 75 |
| Tabla16 Valores representados por regresión matemática..... | 78 |
| Tabla17 Relación de resultados obtenidos..... | 83 |
| Tabla18 Inversión únicamente con sistema fotovoltaico..... | 87 |
| Tabla19 Flujo de caja sistema fotovoltaico a 20 años..... | 88 |
| Tabla20 Inversión con métodos de mejora energética a 20 años..... | 89 |
| Tabla21 Flujo de caja métodos de mejora energética a 20 años..... | 90 |
| Tabla22 Cuadro de amortizaciones e intereses del préstamo..... | 91 |
| Tabla23 Flujo de caja inversión con financiamiento a 20 años..... | 92 |
| Tabla24 Variables medulares para estudio de subescenarios..... | 93 |

INTRODUCCION

El presente trabajo se desarrollara en los estudios de la factibilidad económica y la factibilidad financiera para proyectos de eficiencia energética y energía renovable, tomando en cuenta las implicaciones de la normativa salvadoreña actual.

Como primer paso se realizara un estudio de los aspectos teóricos generales que comprenden temas como la Gestión de la energía, Auditorías energéticas y una breve investigación acerca de las tecnologías de generación de energía por medios renovables. En este apartado se tiene como finalidad ofrecer las pautas para la implementación de una política energética, política que se compone con el diseño de un sistema de mejora continua y análisis de indicadores energéticos, para poder identificar áreas de mayor consumo de energía (SUE). Con la implementación de esta política energética se creara un plan de desarrollo de alternativas viables para la aplicación de un proyecto, plan que incluye la realización de una línea base de situación energética actual y creando un modelo para la determinación de la tendencia de consumo a futuro. Así también todas las implicaciones que establece la normativa salvadoreña actual en cuanto a estos proyectos desde permisos, restricciones hasta incentivos. Finalmente se determinaran el proceso a seguir y los pasos a tomar en cuenta para definir la factibilidad Económica- financiera de una alternativa solar fotovoltaica desarrollada, tomando aspectos cruciales como líneas base de consumo y análisis de sensibilidad en los precios de la energía actuales y su tendencia futura. Todo ello para brindar una herramienta que permita facilitar la toma de decisiones en el desarrollo de estos proyectos.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Puesto que en El Salvador la matriz energética esta diversificada y que hay un porcentaje significativo en la generación a partir de derivados del petróleo (fueloil, combustóleos, Bunker, etc.) representando el 41.88% a lo que corresponde a una capacidad de 770.59 MW distribuidos a nivel nacional. Es por este porcentaje y por el modelo utilizado en el mercado eléctrico nacional el cual está regido por el reglamento de operación basados en costos de producción (ROBCP) vigente desde el año 2011. Donde se dio la pauta a incrementos tarifarios si el precio del crudo aumenta.

En los años 2013 y 2014 el punto de partida con la licitación de 115 MW en diferentes fuentes de generación, tanto para el mercado minorista como el mayorista, todo eso con el fin de diversificar más la matriz energética de El Salvador tratando de reducir significativamente la dependencia de la generación de energía a través de productos derivados del petróleo, dichas licitaciones terminaron de adjudicarse en los años posteriores. Debido al éxito rotundo de este primer ejercicio para el año 2016 se lanza otra licitación adicional de generación de energía eléctrica con una capacidad de 170MW, en la cual preferentemente tiene que usarse energías renovables del tipo eólica y fotovoltaica, durante un plazo de 20 años, a partir del 2019.

En este contexto muchas empresas se han creado u otras han decidido diversificarse con el fin de incursionar en el mercado de las energías renovables, pero muchas de ellas al no conocer de las normas reguladoras existentes en el país y los factores determinantes para hacer las evaluaciones de factibilidad han tenido problemas de rentabilidad y se han dirigido a la posterior bancarrota.

En vista de esta problemática surge la necesidad de hacer un estudio exhaustivo de la normativa existente y el estado actual de los incentivos fiscales que ofrece el gobierno en sus licitaciones, así también conocer las herramientas de predicción que utilizan la mayoría de empresas en base al precio del kwh para la factibilidad de los proyectos que realizan.

ANTECEDENTES

La generación y abastecimiento energético ha sido un tema de gran relevancia para la humanidad a lo largo del tiempo, debido a que el aprovechamiento de la energía va íntimamente relacionado con el desarrollo de las sociedades. Sin embargo el afán desmesurado por el desarrollo contribuyo al uso excesivo de combustibles fósiles como principales generadores energéticos situación que llevo al descuido de otros factores importantes con el medio ambiente, su gestión y sobre todo su preservación.

En los últimos años se ha optado por la generación energética sostenible y sobre todo amigable con el medio ambiente ha dado origen a la creación de nuevas tecnologías. Conforme avanzamos en el tiempo el uso de estas tecnologías ha aumentado, aunque la aplicación de esta se enfoca en dos áreas importantes: El desarrollo sostenible, que viene priorizando en problemas globales tales como la generación energética por tecnologías renovables y la tecnología preventiva proyectada para reducir efectos de los procesos, operaciones y productos en el ambiente.

Debido a lo expuesto anteriormente los esfuerzos a nivel global se han centrado en la diversificación de la matriz energética existente, buscando energías más eficientes que generen menores impactos ambientales, que sean un recurso sustentable, que no sean de disponibilidad limitada y que sobre todo puedan disminuir los costos de la energía.

En los últimos años en El Salvador el tema de generación de energía eléctrica a partir de energías renovables se ha convertido en un hecho importante y con gran interés por parte del estado y de empresas privadas para el consiguiente desarrollo energético en el país ya que ambas partes resultan beneficiadas y ayudan a mejorar crecimiento económico del país.

Entidades gubernamentales, privadas, extranjeras y gremiales del país se involucran en la creación de herramientas que incentiven a la inversión en generación de energía a través de energías renovables y también en la inserción de políticas de una buena administración y gestión de la energía en todo el país.

JUSTIFICACIÓN

Debido al aumento de la demanda energética en el país en los últimos años los pronósticos que el consejo nacional de la energía dio a conocer recientemente es que si no se trabaja para aumentar la potencia instalada a nivel nacional el salvador no podrá cubrir la demanda energética para el año 2020.

Debido a este acontecimiento y tomando como referencia las tendencias del mercado internacional en apostar por generación de energía del tipo renovable y la creación de nuevas normas de gestión energética, las autoridades del país han enfocado sus esfuerzo en aumentar la capacidad energética a través de las

energías renovables licitando desde el año 2013 alrededor de 285MW que deberían empezar a funcionar a partir del año 2017.

Con el proyecto se busca analizar las diferentes herramientas de evaluación económica-financiera para proyectos de eficiencia energética y energía renovables en el país bajo las implicaciones de la normativa salvadoreña, estudiando la actualidad de la legislación, los incentivos fiscales y los requisitos de las empresas distribuidoras así como también presentar un esquema de proyección de sensibilidad al precio del kwh en los próximos años.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Elaborar una herramienta que permita realizar una evaluación integral de un proyecto de eficiencia energética y energía renovable desde la perspectiva económica financiera en términos de su relación costo – utilidad para poder visualizar la capacidad más óptima de dicho proyecto, en el cual es de suma importancia establecer que es indispensable realizar un ordenamiento desde los hábitos de consumo de energía y la utilización de estándares como la iso 50002 para la realización de una auditoria de forma adecuada y resaltar las existencia de las normas como: “normativa técnica para caracterizar los proyectos que aprovechan las fuentes renovables en la generación de energía “ ACUERDO N° 162 –E-2012. Como punto anclaje de los proyectos renovables para la obtención de incentivos fiscales.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Proporcionar los conocimientos teóricos y las metodologías para la evaluación económica financiera de proyectos de eficiencia energética y energía renovable.
- Identificar y conocer la actualidad del marco regulatorio que se aplica a un proyecto de eficiencia energética y energía renovable En El salvador.
- Conocer el costo de las diferentes fuentes de financiamiento utilizadas para el desarrollo en proyectos de eficiencia energética y energía renovable en el salvador.
- Realizar un caso de estudio de aplicación del análisis de rentabilidad en los proyectos de energía renovable y eficiencia energética
- Identificar la importancia de los registros históricos y las proyecciones de la estadística en la evaluación y análisis en estos proyectos.

CAPÍTULO 1 ADMINISTRACIÓN ENERGÉTICA

1.1 PANORAMA ENERGÉTICO

Un panorama es una previsión futura de oferta y demanda de energía, sobre la base de diferentes escenarios planteados. Existen diversas aplicaciones que permiten ver en detalle las posibles fluctuaciones del precio de la energía en el futuro, tomando en cuenta la matriz energética mundial y la relevancia de la generación energética a partir de combustibles fósiles, se puede aseverar que es este el factor determinante tanto en el precio que presente esta así como también en la despunte de la generación energética por fuentes alternativas.

Se tiene previsto que la demanda mundial de energía aumentará hasta el 2035 en alrededor de un tercio, del cual un 60 por ciento provendrá de China, India y Cercano Oriente (Agencia Internacional de Energía IEA, 2013) [1]. Estados Unidos podría convertirse en el mayor productor de petróleo en el mundo y además de autoabastecerse, volverse un exportador importante. Brasil será uno de los principales exportadores de petróleo y uno de los líderes mundiales en la producción de energía. El auge de los hidrocarburos no convencionales y de las energías renovables está transformando la concepción de la distribución de los recursos energéticos mundiales.

Acorde con las predicciones de la Agencia Internacional de energía (IEA), los recursos fósiles

seguirán dominando la producción global de energía¹, sin embargo, el ascenso de la generación eléctrica a partir de fuentes renovables llevará hasta el 30% la proporción de estas en el mix eléctrico mundial esto a partir de la implementación de diversas políticas destinadas a mitigar el cambio climático que serán decisivas para determinar el futuro de las energías fósiles. La investigación en tecnología de captura y almacenamiento de carbono (CAC), eficiencia de plantas convencionales e integración de energías renovables a la red eléctrica marcan una tendencia global (WEC, 2013), siendo uno de los estandartes de este suceso el gas natural cuyas proyecciones marcan que en los próximos años alcanzara prácticamente al carbón como primera fuente para la producción de electricidad en 2035. La generación de energía por medio de centrales nucleares acabará creciendo dos tercios a pesar de la desaceleración en el ritmo actual encabezados por China, Corea, India y Rusia.

Una de las herramientas más importante y más utilizada a nivel mundial es la que presenta la Información de Administración Energética (EIA) pos sus siglas en ingles de los Estados Unidos cuya finalidad principal es modelar un sistema de proyecciones de los mercados nacionales incluyendo panoramas de crecimiento macroeconómico², precios globales del petróleo, progresos tecnológicos y políticas energéticas a lo largo de medianos periodos de tiempo, en este la caso la última versión provee una proyección hasta el 2050 (AEO2017). En el cual se detallan las principales fuentes de generación energética, las proyecciones del precio del petróleo y la incidencia de las energías del tipo renovable, todo ello en

función de factores determinantes en base a la demanda de recursos energéticos como el transporte, construcción e industria. Es por ello que esta herramienta resulta ser muy valiosa para los análisis de inversión ya que están basados en modelos que involucran muchas variables económicas, políticas y técnicas.

¹ según los informe de IEA SHORT-TERM ENERGY OUTLOOK el cual determina el panorama a corto tiempo de los derivados del petróleo para el caso de estudio la cual afecta la generación eléctrica a partir de ella.

² el panorama energético varia ampliamente dependiendo de variables impulsadoras como la demanda, oferta, el mercado, inventarios y el mismo precio de las materias primas para la generación eléctrica.

En el caso de estudio se realiza un análisis de los precios del petróleo cuyos pronósticos son en la mayoría de los panoramas un incremento al alza, tal como lo muestra el grafico de referencia del North Sea Brent Oil Price.

Como se mencionó anteriormente un aspecto relevante que vale la pena mencionar es la proyección de los precios del gas natural cuyos pronósticos no presentan incrementos significativos, tal como lo muestra el grafico de referencia Henry Hub natural gas Price.

Esto nos da la referencia que por los altos costos del petróleo las hipótesis de que este dejara de ser la principal fuente de generación energética dejando su lugar a la generación por gas natural toman mayor fuerza.

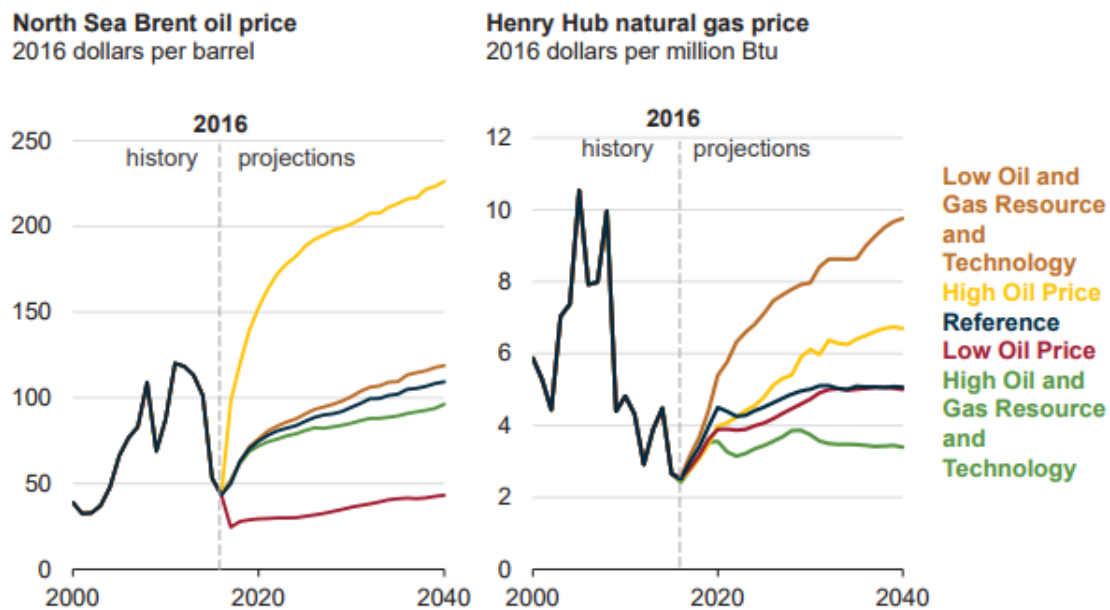


Figura1. Gráficos de referencia Petróleo vs Gas Natural

1.1.1 SITUACIÓN ENERGÉTICA MUNDIAL

Al analizar los datos actualizados presentados por el EIA³ y tomando como referencia el precio del barril Brent se prevé que ambos precios suban a partir del periodo de proyección. Se tiene previsto que el precio del crudo en el caso de referencia aumente a un ritmo mucho más rápido a corto plazo sin embargo a largo plazo el precio varía significativamente menos. En tanto a precio del gas natural en el caso de referencia también se ve con un aumento en el periodo de análisis luego se mantiene relativamente bajo en un promedio de \$5 por millón de unidades térmicas británicas (MMBtu) a lo largo de 2039-40 luego se modela un nuevo incremento para la siguiente década.

En el análisis para la parte de generación de electricidad se prevé una demanda en la cual crece de forma modesta y el motor que impulsa su crecimiento viene dado por el retiro del combustible fósil, siendo menos eficiente a lo que lleva un aumento de las energías limpias las cuales son impulsadas en su crecimiento debido a la disposición de créditos reformas fiscales así al mismo tiempo el consumo de gas natural para la generación de electricidad es impulsada por los bajos precios y los créditos financieros a lo que conlleva a como fuentes primarias para la generación eléctrica la futura generación será más sensible al precio del gas natural debido a la creciente demanda eléctrica los precios del combustible leyes y reglamentos vigentes para el manejo creciente de las energías renovables y gas natural para el mix de generación de electricidad.

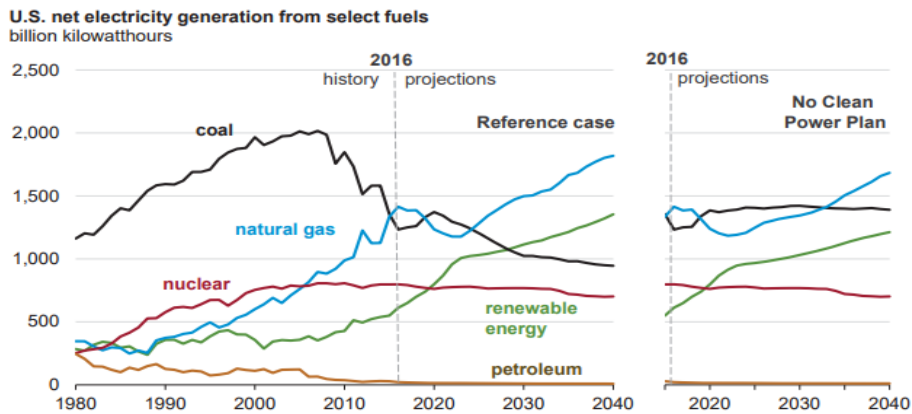


Figura2. Proyección de generación energética.

³ según el informe WHAT DRIVES CRUDE OIL PRICES?, Que impulsa el crudo redacta de cómo afecta el precio de esta materia prima en consecuencia afecta a la generación de energía, con estos informe podemos obtener un panorama más claro de cómo los precios de la energía pueden variar en base al precio de barril de crudo.

Si se logra observar la generación de energía a partir de varios tipos: Carbón, gas natural, nuclear, renovable y petróleo esta nos muestra que las principales fuentes de generación⁴ serán a base de gas y renovable. Se puede ver que el petróleo como fuente de generación de electricidad no es tan viable debido a su incremento en el precio. Disminución del costo de capital para créditos que impulsen a corto plazo la generación a base de viento y sol.

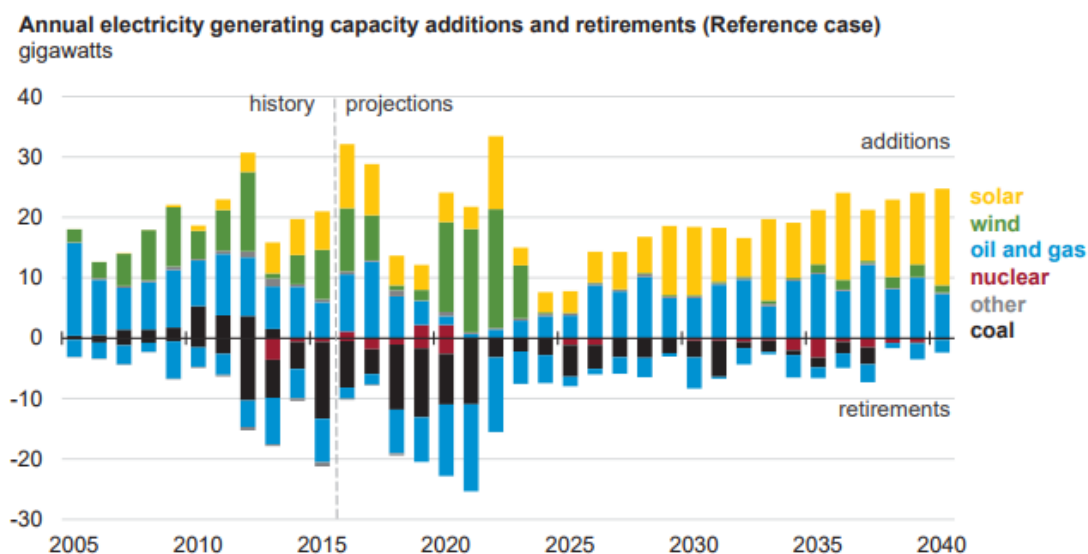


Figura3. Proyección de capacidad de generación energética⁵.

Cerca de unos 70 gigavatios de energía solar y eólica se irán añadiendo durante el periodo del 2017-21, esto incentivado por la disminución de los costos de capital y de la disponibilidad de créditos fiscales. La mayor parte de la capacidad eólica se utilizaría para promover el plan de energías limpias (cpp) el cual contribuye al aumento de estas tecnologías es por ello que la generación a partir de fuentes antiguas se van viendo más comprometidas ya que se van reemplazando por generación a partir de viento, sol y gas como el nuevo sucesor del petróleo y carbón. Es por ello que para después del 2030 la participación de las fuentes energéticas se disputaran entre gas natural y solar fotovoltaica que representaran más del 50% de las nuevas adiciones a la capacidad instalada.

⁴ parte de la producción de energía a nivel mundial tendrá drásticos cambios, estos efectos son obtenidos por los convenios y acuerdos en los cuales las potencias mundiales garantizan los primeros cambios para la reducción y aumento de las diferentes fuentes de generación de energía puesto que son estas las que impulsan las economías de estas mismas.

<https://www.bloomberg.com/latam/blog/gas-y-carbon-se-mantendran-baratos-pero-las-energias-renovables-siguen-ganando-la-carrera-de-los-precios/>

1.1.2 SITUACIÓN ENERGÉTICA DE EL SALVADOR

En El Salvador, la principal fuente de generación disponible para atender la demanda de energía, en la última década, ha sido el combustible fósil asociado a la generación térmica. Con el tiempo se ha aumentado la producción con recursos hidroeléctricos, geotérmicos y biomasa. La participación de la hidroelectricidad era mayoritaria para el final de la década de los 80's; sin embargo, este sector fue perdiendo peso por el aumento considerable de la tecnología térmica.

La composición actual de la matriz energética es muy diversificada, siendo en gran predominancia la producción de electricidad a base de derivados de petróleo, teniendo una cobertura de aproximadamente el 40% hasta el año 2016 [21], siendo el 60% restante cubierto por diferentes recursos tales como los medios de energía renovable (Hidroeléctrica, Geotérmica y Biomasa) así también como la importación de energía a través del Mercado Eléctrico Regional (MER) a través de su proyecto Sistema de Interconexión Eléctrica para los países de América Central (SIEPAC). Sin embargo a partir del año 2017 se incluye un nuevo medio de generación renovable por medios no convencionales, los cuales comprenden la energía solar fotovoltaica y eólica.

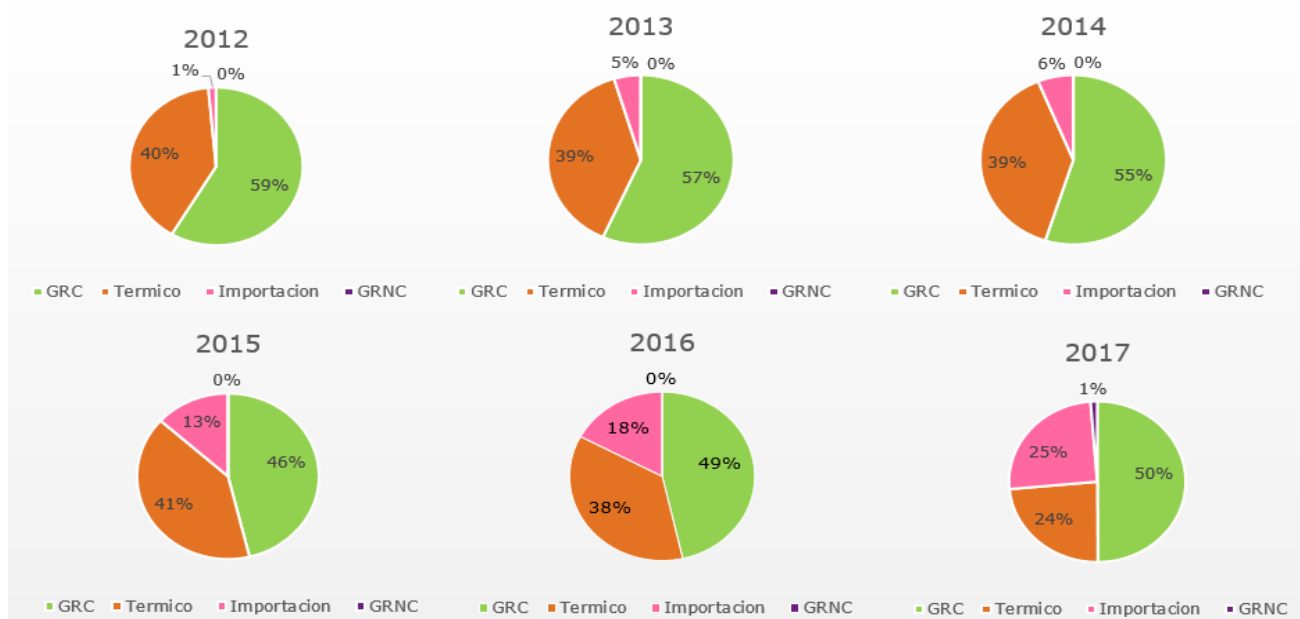


Figura4. Análisis de Matriz Energética en El Salvador, Estadístico Anual Ene-Dic 2017 UT

⁵ Capacidad fotovoltaica solar Utilidad está dominada por la tecnología de panel de silicio cristalino Fuente: EIA

⁶ Gas y carbón se mantendrán baratos, pero las energías renovables siguen ganando la carrera de los precios Fuente: Bloomberg New Energy Finance

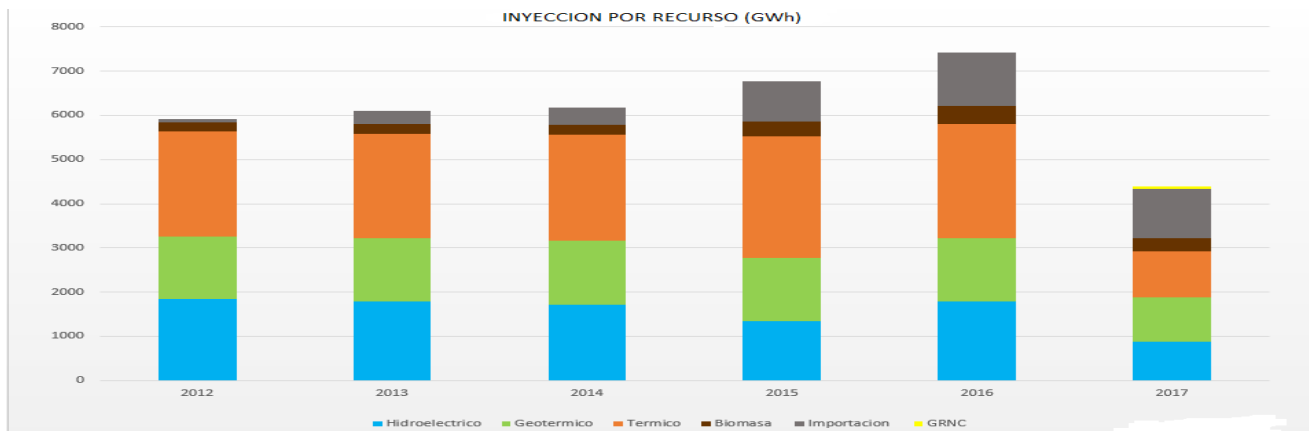


Figura5. Inyección por recurso, Estadístico Anual Ene-Dic 2017 UT

Al observar en las gráficas anteriores la composición de la matriz energética desde el año 2012, se nota como el recurso energético importado ha incrementado significativamente desde el año 2015, esto se debe a la puesta en marcha de plantas solares fotovoltaicas y eólicas en Guatemala y Honduras, factor que ha incidido en una significativa reducción de costos en la energía. Otro factor predominante es el que está reflejando el año 2017 hasta el mes de septiembre el cual es la reducción en la dependencia de la energía térmica para suplir la demanda así como también la puesta en marcha de la primera planta generadora fotovoltaica la cual inicio operaciones a partir del mes de septiembre., producto de las primeras licitaciones para generación de energía por medios renovables no convencionales en el año 2016.

Esto puede brindar un panorama del rumbo al que se dirige la diversificación de la matriz energética del país, todo esto debido a que el tema de generación de energía eléctrica a partir de energías renovables se ha convertido en un factor relevante con gran interés por parte del estado y de empresas privadas para el consiguiente desarrollo energético en el país ya que este brinda un gran beneficio para ambas.

1.1.2.1 GENERACIÓN ENERGÉTICA DE EL SALVADOR.

Las empresas generadoras son las que poseen las centrales de producción de energía eléctrica y la comercializan en forma total o parcial, en El Salvador en los últimos años debido a la promoción de la inversión nacional y extranjera en el sector eléctrico se produjo un desmedido aumento en la capacidad instalada de las plantas térmicas, que utilizan combustibles derivados del petróleo, esto debido a que los desarrollos térmicos resultan ser más atractivos por tener un menor costo de inversión y un período de instalación muy inferior a los de proyectos con fuentes renovables o tecnologías distintas.

Al hacer un recuento general hasta el año 2016 logramos ver la predominancia de este sector, sin embargo, las nuevas políticas gubernamentales buscan de una u otra manera hacer un cambio en esta situación, iniciando con un involucramiento

directo para ello se opta por la creación de un ente planificador, es así como en el 2007, la Asamblea Legislativa aprobó la Ley de Creación del Consejo Nacional de Energía (CNE), como la autoridad superior, rectora y normativa en materia de Política Energética y ente coordinador de los distintos sectores energéticos, pero es hasta agosto de 2009 cuando el Consejo Nacional de Energía inicia operaciones con el objetivo de desarrollar la Política Energética Nacional, con una visión integradora del tema energético en el país; elaborar un sistema de información energética para la toma de decisiones y el impulso de leyes y reglamentos del sector.

Producto de ello surge la política energética nacional en la cual unos de sus principios fundamentales es: “La energía es parte del “desarrollo sustentable “, satisface las necesidades del presente sin menoscabar la capacidad de las futuras generaciones.” A partir de este principio se da forma a uno de los lineamientos principales de esta, el cual es: LA DIVERSIFICACIÓN DE LA MATRIZ ENERGÉTICA Y FOMENTO A LAS FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA.

En función de esto, en el año 2016 se inician licitaciones de generación de energía renovable no convencional, en una primera etapa, por medios de energía solar fotovoltaica y en una segunda etapa, por energía solar fotovoltaica y energía eólica. Llegando al año 2017 en el mes de marzo cuando la primera planta de generación fotovoltaica entra en funcionamiento comenzando así la era de la generación energética por medios no convencionales.

A continuación un recuento de la generación energética neta en MWh desde el año 2015. Que es el periodo en el cual se reflejan los cambios más significativos.

| GENERACION AÑO 2015 (Mwh) | | | | | |
|---------------------------|----------|-----------|--------|-----------|-----------|
| Categoría | Biomasa | Bunker | Diesel | Geo | Hidro |
| ENERO | 47335,56 | 123754,21 | 0,27 | 127031,41 | 109626,6 |
| FEBRERO | 58767,82 | 115421,4 | 122,09 | 113849,02 | 106462,28 |
| MARZO | 62501,59 | 209996,01 | 0,00 | 125889,44 | 114702,34 |
| ABRIL | 54294,89 | 237431,3 | 1,49 | 116915,73 | 113077,92 |
| MAYO | 52427,82 | 241825,14 | 114,54 | 116758,39 | 101434,64 |
| JUNIO | 28004,18 | 221690,48 | 0,00 | 112806,48 | 97270,37 |
| JULIO | 0,00 | 281157,01 | 0,00 | 125420,47 | 57867,35 |
| AGOSTO | 0,00 | 285743,77 | 115,35 | 123062,71 | 43877,47 |
| SEPTIEMBRE | 0,72 | 235617,95 | 0,00 | 114403,63 | 87153,28 |
| OCTUBRE | 3,01 | 172665,82 | 0,00 | 111310,62 | 186675,2 |
| NOVIEMBRE | 999,32 | 141478,27 | 0,92 | 120716,53 | 200307,2 |
| DICIEMBRE | 40605,86 | 128968,44 | 253,54 | 124253,3 | 130413,95 |

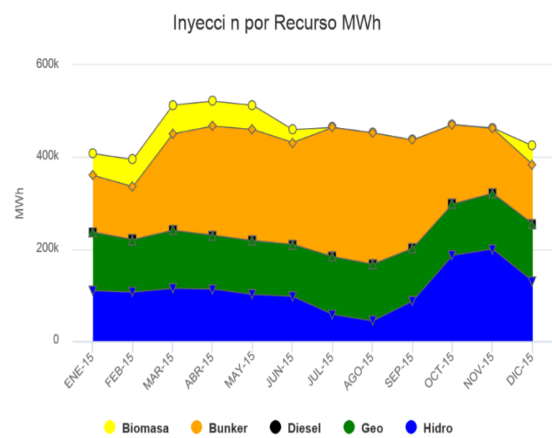


Figura6. Datos de Generación Energética año 2015, [21]

| GENERACION AÑO 2016 (Mwh) | | | | | |
|---------------------------|----------|-----------|--------|-----------|-----------|
| Categoría | Biomasa | Bunker | Diesel | Geo | Hidro |
| ENERO | 69181,59 | 191769,6 | 0,00 | 129327,58 | 105111,18 |
| FEBRERO | 69834,33 | 156585,38 | 0,00 | 121436,6 | 102755,78 |
| MARZO | 79244,1 | 209685,85 | 117,58 | 128733,11 | 113751,61 |
| ABRIL | 59688,75 | 256401,81 | 317,01 | 119878,74 | 121016,18 |
| MAYO | 6244,93 | 287819,55 | 542,13 | 123752,9 | 127924,82 |
| JUNIO | 0,00 | 230271,98 | 0,00 | 119554,82 | 117728,52 |
| JULIO | 0,00 | 194766,67 | 37,18 | 125573,44 | 126865,95 |
| AGOSTO | 0,00 | 151598,81 | 79,91 | 125528,95 | 143697,77 |
| SEPTIEMBRE | 0,00 | 99162,95 | 0,00 | 123163,45 | 175880,3 |
| OCTUBRE | 10,79 | 233920,19 | 36,24 | 106773,5 | 69386,26 |
| NOVIEMBRE | 40464,57 | 187443,52 | 81,22 | 111589,93 | 24882,67 |
| DECIEMBRE | 70160,01 | 161367,00 | 0,00 | 131843,1 | 28473,87 |

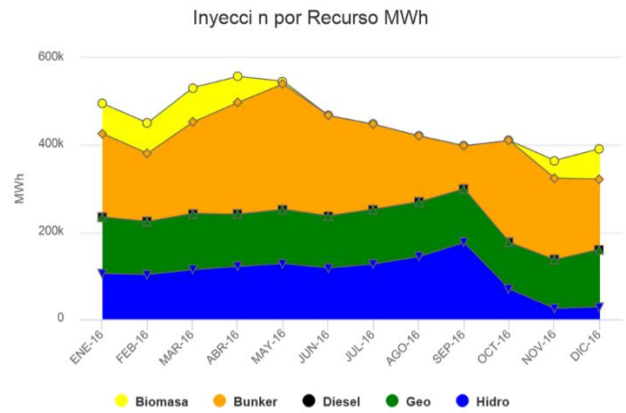


Figura7. Datos de Generación Energética año 2016, [21]

| GENERACION AÑO 2017 (Mwh) | | | | | | |
|---------------------------|----------|-----------|--------|-----------|-----------|----------|
| Categoría | Biomasa | Bunker | Diesel | Geo | Hidro | SFV |
| ENERO | 84127,51 | 159433,06 | 38,52 | 118062,32 | 25765,12 | |
| FEBRERO | 79613,44 | 141977,02 | 88,21 | 120604,81 | 45282,27 | |
| MARZO | 81271,5 | 148843,57 | 0,00 | 132554,35 | 60788,84 | 1889,46 |
| ABRIL | 42714,59 | 152321,71 | 37,33 | 126709,53 | 93915,47 | 10732,68 |
| MAYO | 20650,83 | 188438,45 | 84,02 | 128721,56 | 122127,04 | 9995,28 |
| JUNIO | 0,00 | 110851,27 | 0,00 | 125328,3 | 154684,57 | 8880,49 |
| JULIO | 0,00 | 75149,66 | 34,67 | 128113,44 | 169451,92 | 11203,26 |
| AGOSTO | 2,25 | 59552,27 | 82,28 | 119715,97 | 206290,78 | 11312,53 |
| SEPTIEMBRE | 0,00 | 22308,8 | 0,00 | 67310,41 | 146356,06 | 6211,67 |

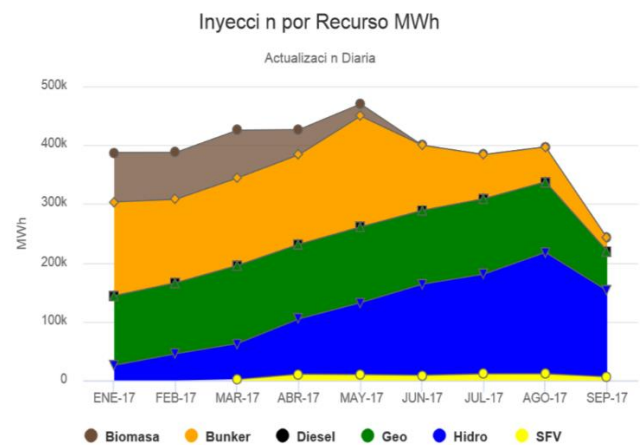


Figura8. Datos de Generación Energética año 2017, [21]

En base a todo este contexto, la política energética establece unas proyecciones hasta el 2024, en las cuales desde el año 2012 se han realizado diversas licitaciones energéticas por generación renovable no convencional, siendo la licitación más significativa la de 355 MW para generación por Gas Natural⁷, con la que se pretende:

- Sustituir la mayoría de plantas térmicas de Bunker y Diésel, diversificando la matriz energética
- Que esta sea la inversión privada más grande en la historia del país de 800 a 1000 Millones de Dólares
- Reducir el costo de la energía pues el precio ofertado en el primer año fue de \$120.00 /MWh.
- Se contrató una tecnología a base de gas natural, el cual no existe en El Salvador ni en la región centroamericana, lo que da al país la oportunidad de iniciar el mercado regional de gas natural generando liderazgo en el tema.

⁷ <http://www.cne.gob.sv/?definiciones=gas-de-planta-de-gas>, pagina visitada 8 agosto de 2017

La Matriz proyectada para el año 2018⁸ se espera que sea:

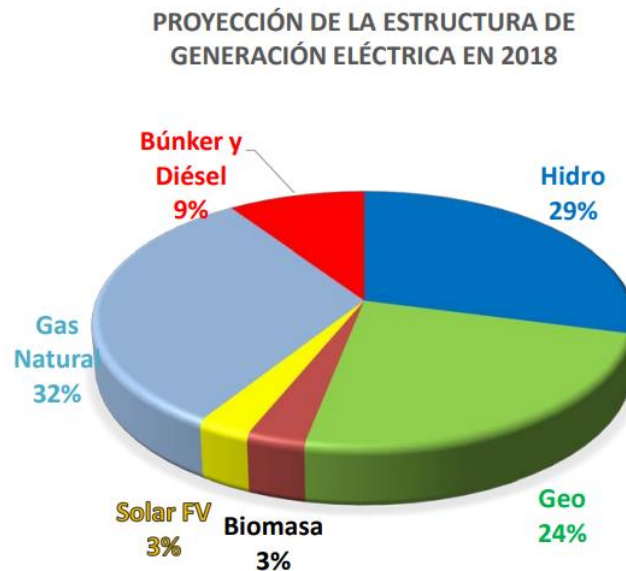


Figura9. Proyección de Matriz energética 2018 por Consejo Nacional de Energía.

1.1.3 EFECTOS EN EL MEDIO AMBIENTE

Para este apartado se inicia definiendo el termino cambio climático, el cual es: “el cambio de clima global debido al incremento de temperatura que está experimentando el planeta Tierra por el aumento de los gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera”.

Siendo un gas de efecto invernadero (GEI) un gas atmosférico que absorbe y emite radiación dentro del rango infrarrojo. Los principales GEI en la atmósfera terrestre son el vapor de agua, el dióxido de carbono, el metano, el óxido de nitrógeno y el ozono.

Estados Unidos, India, China, Rusia y Japón emiten el 55 por ciento del dióxido de carbono que se genera en el planeta. China es el país con más emisiones de CO₂ al producir 8,2 mil millones de toneladas métricas, seguido de cerca por Estados Unidos con 5,4 mil millones de toneladas métricas, India con 2 mil millones, Rusia 1,7 mil millones y Japón con 1,2 mil millones de toneladas métricas.



Figura10. Ranking Mundial de Emisores de CO2 por banco mundial.

En función de este fenómeno de incidencia global la ONU a través de Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) inician una lucha por concientizar a las naciones acerca de los problemas relacionados con el medio ambiente, a partir de ahí surge el protocolo de Kioto en el que se establecen una limitaciones a las emisiones de los gases, o familias de gases, de efecto invernadero (CO2, CH4, N2O, PFC's, HCFC's y SF6)¹⁰. El protocolo fue inicialmente adoptado el 11 de diciembre de 1997 en Kioto, Japón, pero no entró en vigor hasta el 16 de febrero de 2005. En noviembre de 2009, eran 187 estados los que ratificaron el protocolo. Fue estructurado en función de los principios de la Convención establece metas vinculantes de reducción de las emisiones para 37 países industrializados y la Unión Europea, reconociendo que son los principales responsables de los elevados niveles de emisiones de GEI que hay actualmente en la atmósfera, y que son el resultado de quemar fósiles combustibles durante más de 150 años. En este sentido el Protocolo tiene un principio central: el de la «responsabilidad común pero diferenciada», este protocolo tiene vigencia hasta el 2020.

Así también en el año 2015 Durante la Conferencia de París sobre el Clima (COP21), 195 países firmaron un acuerdo en el que se establece un plan de acción mundial para poner un límite al calentamiento global, a través de la reducción de las emisiones de gases de invernadero y establece el objetivo global de mantener el aumento en la temperatura promedio en no más de dos grados centígrados sobre los niveles preindustriales. Este acontecimiento es conocido como el Acuerdo de París, este entraría en aplicación justo después que finalice la vigencia del protocolo de Kioto. El acuerdo tiene como objetivo "reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza".

Estos acuerdos conocidos como acuerdos internacionales sobre acción por el clima surgen en respuesta al grave y acelerado deterioro ambiental a causa del cambio climático. Sin embargo cabe destacar que debido a las coyunturas político-económicas actuales Estados Unidos que actualmente es el segundo mayor emisor de GEI en el mundo pero el mayor emisor histórico desde la revolución industrial se ha pronunciado en contra de todos estos movimientos manifestando que este fenómeno es una ilusión, poniendo en peligro la mejor oportunidad que se tiene ahora mismo para luchar de forma colectiva contra el cambio climático antes de que sea ya demasiado tarde. Esta decisión va a suponer mucho menos dinero para el fondo de adaptación de los países con menos recursos. Y algunas naciones que se sumaron al pacto en 2015 por la presión de quedarse aisladas podrían aprovechar ahora para seguir la senda de EEUU, lo que haría saltar por los aires el acuerdo. Es por ello que resulta necesario que las naciones restantes consoliden más su unión en respuesta a esta situación.

1.1.3.1 ENERGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO.

Teniendo en cuenta uno de los conceptos de energía más utilizados a nivel mundial: “La energía es un recurso esencial para sostener y mejorar el estilo de vida de las sociedades, para acelerar el desarrollo económico de los países y para mejorar la calidad de vida de los sectores más vulnerables.”

Esto sirve para hacer un análisis de la relación de la generación energética con respecto al cambio climático, es necesario entender que la producción de energía es la fuente antropogénica mayoritaria de CO₂, con cerca de 30.000 millones de toneladas al año en todo el mundo. Tal cantidad de CO₂ se produce en las centrales térmicas para obtener electricidad a partir de la energía contenida en el carbón, gas natural y petróleo y por la quema de carburantes en los motores de los vehículos rodados, barcos y aviones. En la actualidad, los niveles de CO₂ alcanzan las 387 partes por millón, un 40% más que en el inicio de la revolución industrial.

⁸ <http://www.cne.gob.sv/?s=matriz+energetica> , matriz energética nacional pronóstico

⁹ banco mundial (<https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC>)

¹⁰ Gases de efecto invernadero.

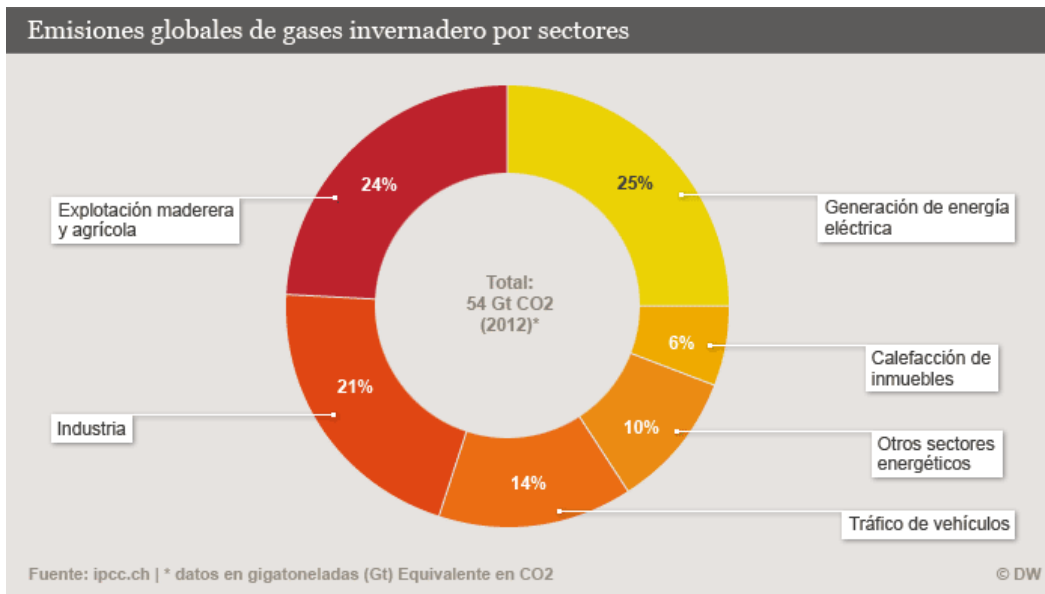


Figura11. Emisiones GEI por sectores.

En función de este fenómeno como resultados de las investigaciones de muchos científicos alrededor del mundo y de los más recientes hallazgos del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) ¹¹, se ha puesto en evidencia, entre otras cosas, la necesidad de cambiar las formas tradicionales de producción y utilización de energía en nuestras sociedades.

Haciendo énfasis en esta necesidad de cambio desde dos puntos de convergencia podemos establecer que el futuro energético mundial se enfocara en las energías renovables.

El primer punto es ver como las tecnologías de energía renovable se han extendido de gran manera en todo el mundo, en los últimos años, esto incluso en un periodo de bajos precios del petróleo.

El punto de inflexión en el mundo se dio en el año 2013, pues las energías renovables (incluida la hidroeléctrica), en su conjunto, superaron al gas natural y se convirtieron en la segunda fuente de electricidad del mundo (22%), después del carbón. La energía solar y la eólica, juntas (5,4%) sobrepasaron al petróleo por primera vez. Desde entonces, cada año, el mundo aumenta más la capacidad de producción de energía renovable que el carbón, el gas natural y el crudo, juntos. En 2015, ese crecimiento marcó un récord: Asia la expandió un 12%, mientras que Europa y Norteamérica la incrementaron un 5-6% según datos de la *Agencia Internacional de las Energías Renovables (IRENA 2016)*.

El desarrollo tecnológico y su utilización viven una rápida transformación. Los módulos solares fotovoltaicos cuestan tres cuartas partes menos que en 2009, y los precios de las turbinas de viento cuestan un tercio menos; además, son cada vez más eficientes. Como consecuencia, la electricidad procedente del sol y el viento es cada vez más competitiva y se utiliza para usos domésticos en numerosos países. Se trata de una tendencia que va a continuar, con nuevas

reducciones de los costes de hasta el 40% en los próximos cuatro años, de acuerdo a los datos publicados por *Deutsche Bank en 2015*.

La lucha entre la energía solar y el carbón es muy representativa de los cambios actuales en el sector eléctrico. Se prevé que el costo de la energía solar alcanzará al de la procedente del carbón en la gran mayoría de los países en el periodo 2017-2018. Hay buenas perspectivas de que incluso pueda llegar a ser más barata. En India, la energía solar fotovoltaica ya es más barata que el carbón importado, según *RenewEconomy*, y se espera que pronto alcance al nacional.

Y Como segundo punto, no se debe olvidar que la energía renovable no es la única solución. La mejor forma de reducir las emisiones es la eficiencia energética, un hecho que suele pasarse por alto. Las inversiones en eficiencia energética realizadas desde 1990 han supuesto un ahorro de 5,7 mil millones de dólares. Con las tecnologías actuales, podríamos reducirlas aproximadamente en un 40% de lo necesario de aquí a 2050 y ahorraríamos más de 12.800 millones de toneladas de dióxido de carbono al año, un volumen casi equivalente a las emisiones energéticas actuales de China y Estados Unidos sumadas según datos de la *Agencia Internacional de la Energía (IEA)*.

1.2 SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA

Un sistema de Gestión¹³ Energética es el conjunto de elementos de una organización, interrelacionados o que interactúan, para establecer una política y unos objetivos energéticos y para alcanzar dichos objetivos. Dichos objetivos generalizan métodos de mejora en los procesos, optimizando y mejorando desempeños en áreas concretas de una organización Existen una diversidad de sistemas de Gestión Energética entre las más reconocidas y a la vez utilizadas están:

- ISO 9001 (Sistemas de calidad)
- ISO 14001 (Sistemas de gestión medioambiental)
- ISO 18001 (Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo)
- ISO 27001 (Sistemas de gestión de la seguridad de la información)
- ISO 50001 (Sistemas de gestión de energía)

1.2.1 ANTECEDENTES DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA

La gestión de la energía¹² como disciplina separada comenzó a evolucionar después de la primera crisis petrolera de 1973 y realmente entró en vigor tras la segunda de 1979, cuando los precios reales de la energía subieron dramáticamente. Es en el período de la década de 1980 hasta mediados de los 90 donde se vieron los inicios en el desarrollo de la gestión de la energía, dicho término fue reemplazando lentamente al concepto de la mera “conservación de la energía”. Tímidamente comenzó el desarrollo y la aplicación de lo que se dio en llamar “modelos de gestión eficaz”.

Durante esta etapa apareció el mercado de la “consultoría de gestión energética” y con él, ciertas empresas que ayudaban a otras a establecer sistemas de

gestión, realizar auditorías, ejecutar proyectos y ofrecer programas de comunicación y sensibilización.

Sin embargo en el año 2000 marca un punto de decaimiento de la gestión de la energía como disciplina, suceso que fue incidido por dos factores meramente especulativos, el primero marcaba la reducción de los precios reales por la privatización de las empresas públicas y el segundo por la disminución del tamaño general de las empresas. Se creía que al liberalizarse el mercado se podrían lograr mayores ahorros con menos riesgo haciendo compras más efectivas que mediante la implementación de proyectos de eficiencia energética, esta teoría llevo a que muchos gerentes de energía fueran cesados de sus puestos o transferidos a otros empleos y muchas grandes organizaciones que habían sido pioneras en el manejo de la energía comenzaron a perder terreno. Además, el mercado de consultoría energética disminuyó drásticamente, excepto en el área de compras.

En contraste a esta situación surge el tema del medio ambiente como un problema global y en función de ello muchas empresas incorporaron la gestión de la energía aplicándola a iniciativas ambientales más amplias, pero sin profundizar mucho.

La primera década del nuevo siglo y milenio le “abrió los ojos al mundo” de la necesidad de reducir el empleo de Carbono. Surgieron (y se hicieron habituales) términos como Calentamiento global, Huella de carbono, Cambio Climático, Eco amigable, etc.

Acuerdos como el Protocolo de Kioto han cobrado protagonismo y la agenda del cambio climático se convirtió en un foco principal para individuos, gobiernos y organizaciones; ello hizo de la energía nuevamente una cuestión de alto nivel y a medida que subían los precios, muchas empresas se comprometieron a reducir el consumo, enfrentándose a sanciones por no hacerlo. En 2008, antes de que los efectos completos de la crisis financiera se hicieran claros y en medio de una erupción de preocupación por el precio del petróleo y las presiones sobre los recursos, el barril alcanzó un récord de 147 dólares.

A partir de 2010, la política que se decanta a la eficiencia energética comenzó a crecer a nivel mundial. En los últimos años ha aumentado el interés por la financiación de la eficiencia energética y este mercado a pesar de que sigue siendo incipiente en la mayoría de los países, los signos son positivos.

Fuente: Organización Internacional para la Estandarización [23], [24]

¹¹ <http://www.dw.com/es/gases-de-efecto-invernadero-cómo-bajarlos-a-cero/a-18108475>, Gases de efecto invernadero: cómo bajarlos a cero

¹² IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA (SGEN)
Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía

¹³ International Organization for Standardization

La previsión es que la eficiencia se verá cada vez más como un recurso confiable al que todos pueden acceder. Esto se basará en una mayor aceptación de la idea de eficiencia energética medida. En el plano de las políticas se prevé también que haya un cambio más hacia la optimización y diversificación en la productividad energética, cuyo fin principal es lograr un punto de abundancia de energía a nivel mundial, enfocándose principalmente en fuentes renovables, gas natural y la eficiencia energética para dejar de lado la marcada dependencia a los combustibles fósiles extremadamente contaminantes como el petróleo y el carbón.

1.2.2 EFECTO DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA EN LAS ORGANIZACIONES

Los efectos que un sistema de gestión de la energía puede producir en una organización está determinado en el impacto que este mismo genere, estos impactos se traducen en los beneficios reales que implica tener un sistema que permita resolver problemas basado en la observación y análisis de los mismos, entre los beneficios que se pueden obtener en una empresa pueden estar los siguientes:

- Conservar los materiales de entrada y la energía para su uso reduce la amenaza de los competidores sobre la imagen
- mejora las relaciones de la cadena motivación por parte de los empleados
- tener una mejora continua
- obtener la capacidad para cumplir los objetivos de la gestión y conservación de la energía
- tener un sistema de mejora continua el cual permita ir optimizando cada vez más los recursos.

Puesto que en todo proceso de producción o actividad es necesario el uso de alguna fuente de energía para la realización de algún tipo de trabajo, así también se conoce que en cada proceso o actividad se tiene algún tipo de pérdidas, esto es debido a que no toda la energía que entra a los sistemas sale en forma útil, esta energía no aprovechada puede se relaciona directamente con todos los residuos generados al final del proceso.

Es a partir de este principio que se logra visualizar la utilidad de un sistema de gestión de energía¹⁴, pues la finalidad principal del sistema es optimizar la producción, reduciendo los consumos de energía, combustibles y materias primas, generando con ello la menor cantidad de residuos posibles, permitiendo así aumentar las utilidades.

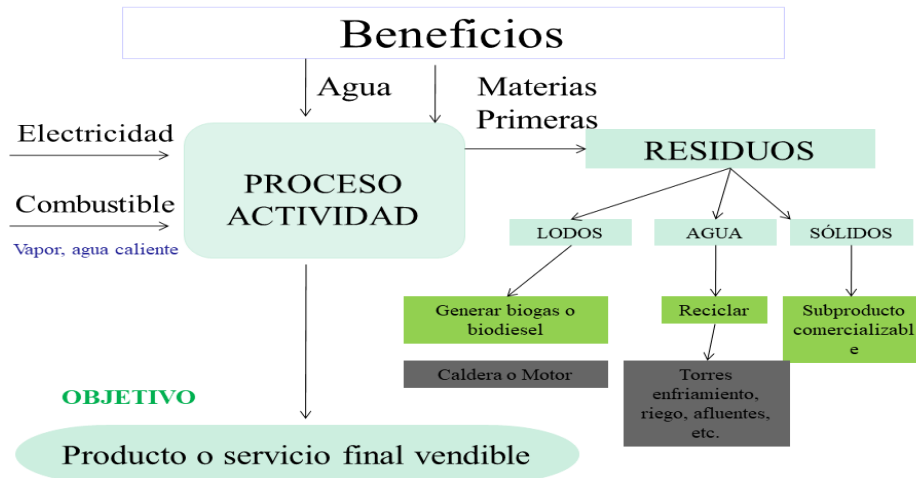


Figura12. Mapa conceptual de un sistema de Gestión Energética. [24]

Un sistema de Gestión Energética [9], comprende una completa guía de pasos a seguir, que dan origen a un algoritmo de gestión energética, todo ello en función del rumbo que defina la organización que la aplique, estos pasos son:

1. Creación de una política energética.
2. Creación de un método de planificación energética.
3. Definir e implementar las metas u objetivos a alcanzar.
4. Verificación de Resultados post aplicación.

Los primeros tres pasos comprenden acciones como un rastreo de historial energético, que nos permite interpretar como se ha dado el uso de los recursos hasta la actualidad incluyendo sus variables más relevantes, que son las que nos muestran el desempeño de los diferentes procesos, con eso se obtiene una base de datos la cual se analiza y se definen las diferentes oportunidades de mejora por medio de objetivos, líneas directrices, IDEns [29] para poder adoptarlas e implementarlas.

El cuarto paso del sistema de gestión energética [24] comprende el análisis de resultados, estos son nuevos datos que se originan una vez se ha implementado y puesto en operación los objetivos trazados iniciando un proceso de verificación de variables, se monitorean y auditan los procesos y con los resultados se toman decisiones, se aceptan si cumplen con las expectativas o en caso contrario se redefinen nuevos aspectos y se efectúan las correcciones.

¹⁴ Beneficios de un sistema de gestión energética



Figura13. Modelo del Sistema de Gestión Energética. [9]

En concepto de Sistemas de Gestión Energética las normas más reconocidas a nivel mundial son las normas ISO 50001 y sus derivadas, estas se listan a continuación [6]:

| | |
|-----------|---|
| ISO 50001 | Sistemas de Gestión de la Energía. |
| ISO 50002 | Auditorías Energéticas. |
| ISO 50003 | Órganos que brindan auditoría y certificación de EnMS (Bodies providing audit and certification of EnMS) |
| ISO 50004 | Guía de EnMS para la implementación, mantenimiento y mejora de un EnMS(EnMS guidance for the implementation,maintenance and improvement of an EnMS) |
| ISO 50006 | Mediciones del rendimiento energético (Measuring Energy performance) |
| ISO 50015 | Guía y principios de M & V para organizaciones (M&V Guidance and Principles for Organizations) |

ISO 50001

Sistemas de gestión de la energía.

Su objetivo es facilitar a las organizaciones, independientemente de su sector de actividad o su tamaño, una herramienta que permita la reducción de los consumos de energía, los costos financieros asociados y consecuentemente las emisiones de gases de efecto invernadero. Basada en el principio “medir para identificar, e identificar para mejorar”, la implantación de un Sistema de Gestión Energética permite a las administraciones públicas y empresas ahorrar energía, haciendo que cualquier inversión en esta línea tenga un retorno económico inmediato, al contrario con lo que sucede con los sistemas de gestión medio ambiental.

ISO 50004

Sistemas de gestión de la energía – guía para la implementación, mantenimiento y mejora de un sistema de gestión de la energía.

Esta norma tiene un efecto en la planificación energética, implementación y operación en la verificación y en la mejora del sistema de gestión.

ISO 50002

Auditorías energéticas – requisitos con guía de uso

Esta norma especifica los requisitos de los procesos para la realización de una auditoría energética en relación con el desempeño energético.

Esta norma tiene la facilidad de aplicarse a todos los tipos de establecimientos y organizaciones, y todas las formas de energía y su forma de uso.

ISO 50006

Sistemas de gestión de la energía – medición del rendimiento energético utilizando líneas de base de energía (EnB) y los indicadores de rendimiento energético (EnPI)

ISO 50015

Sistemas de gestión de la energía –Medición y verificación de desempeño energético de organizaciones

Esta norma proporciona un conjunto de principios y directrices para la medición y verificación lo que aumenta la credibilidad de la eficiencia energética.

ISO 50003

Sistemas de gestión de la energía - requisitos para los organismos que realizan las auditorías y certificación de sistemas de energía.

Esta norma está diseñada para ayudar a los organismos que ofrecen auditorías y certificaciones, proporcionando los requisitos para asegurar la competencia, la coherencia y la imparcialidad en el proceso de auditorías y certificación.

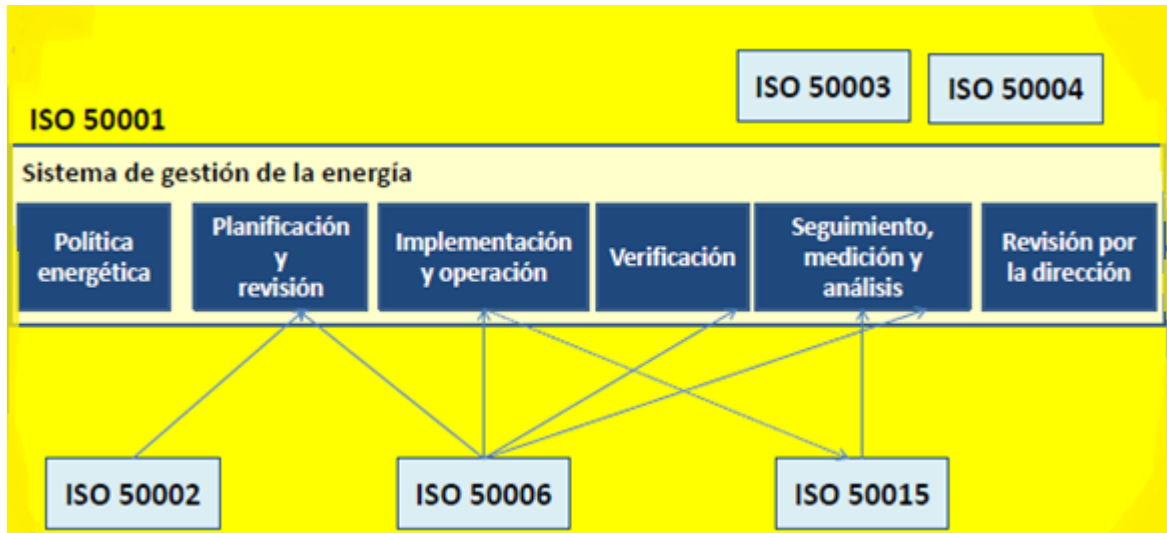


Figura14. Esquema de Normas ISO de Gestión Energética y su correlación [15].

1.2.3 POLÍTICA ENERGÉTICA

La política energética [18], establece los compromisos de las organizaciones a alcanzar un mejor desempeño energético. Esto es un documento básico y esencial a la hora de implementar un SGE en cualquier organización siendo, por tanto un punto de partida en la organización [9], [24].

De ese mismo modo será lo que impulse a la implementación y a las seguidas mejoras del SGE así como la medición del desempeño energético de la organización siempre y cuando estén dentro de los alcances y límites que se definieron en un inicio. Parte de todo este compromiso está definido por la alta gerencia de la organización¹⁶ que es la que al definir la política que se tomara y será la más apropiada para la magnitud y naturaleza de sus consumos energéticos. A sí mismo la organización deberá garantizar el cumplimiento de estos requisitos de forma legal.

La correcta aplicación e implementación de esta política proporcionara a las organizaciones una serie de beneficios desde los que se incluyen beneficios socioeconómicos hasta beneficios ambientales.

Entre los beneficios socioeconómicos podemos mencionar:

- Disminución del impacto de la actividad desarrollada sobre el cambio climático
- Reducción de los costos de la organización como consecuencia del ahorro energético

¹⁵Un SGE tiene la ventaja de poder ser fácilmente integrado a cualquier sistema de gestión ya existente en una organización.

Así mismo los beneficios ambientales que se obtendrían serían:

- es la optimización del uso de la energía
- Fomento de la eficiencia energética en el sector, reducción de las emisiones de CO₂ u otros gases dañinos a la atmósfera

Sin embargo no solo son beneficios directos para una empresa los que se pueden obtener ya que la adopción de una política energética puede incidir de manera indirecta a terceros la contribución al desarrollo sostenible y a la reducción de residuos, lo que dota a la organización a ganar un valor añadido frente a los competidores de su sector.

1.3 PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA

En el ciclo de mejora continua el primer paso es el plan en el cual se establecen los objetivos o targets necesarios para conseguir los mejores resultados de acuerdo con las necesidades de las organizaciones y las políticas que se hayan implementado, parte de ello es sirve para tener en cuenta que es lo que se hará y cuando se hará (Ciclo de Plan-Do-Check-Act) [9].

Posterior a la planeación, se implementan estos objetivos y condiciones en los procesos. Una vez montadas las nuevas medidas en los procesos es importante monitorear y medir los resultados obtenidos con el fin de verificar el cumplimiento de las políticas, objetivos y requisitos que se especificaron en un inicio. En bases a eso se debe realizar acciones para conseguir una mejora continua en las prestaciones del proceso rendimientos y eficiencia.

1.3.1 PROCESOS DE LA PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA, IMPLEMENTACION Y OPERACION

En tanto a la planificación se puede definir en varios peldaños:

Comenzando por una revisión energética, se determina la forma de uso de la energía en el presente y en el pasado, se visualizan las variables más relevantes, estas son las que representan el uso más significativo de la misma y se observa su desempeño.

Con el historial elaborado, se tiene la base para conocer los indicadores necesarios para la determinación de algunos costos, variables de producción, etc. Una vez establecidos estos indicadores, se debe analizar el uso y consumo de la energía esto determina el panorama actual de la situación energética del sitio o lugar analizado.

Otro de los aspectos a considerar es la identificación de las áreas de uso significativo de consumo energético ya que estos puntos son los prioritarios a tratar, para ello es necesario tener en cuenta las mediciones que se deben realizar, estas mediciones deben incluir desde todos los tipos de carga eléctrica (luces, motores, válvulas, bombas, etc.) hasta todos los procesos de operación que se realicen en estos, todo ello con el fin de contabilizar las entradas y salidas,

tiempos de proceso, etc. Con ello se pretende esclarecer el consumo de energía real del sitio, por lo que el uso de medidores que cuantifiquen el flujo de entradas de energía de los procesos de producción es indispensable.

Seguido de esto el siguiente paso es definir una propuesta de mejora, esto para determinar cuáles serán las alternativas más viables en la organización, es donde se identifican las oportunidades para la mejora del desempeño energético.

Identificadas las mejoras para el desempeño energético se procede a implementar los aspectos más importantes:

- Creación de una línea energética base.
- el desarrollo de los indicadores de desempeño y los targets a los cuales esperamos llegar en base a la política energética establecida.
- las metas a las que aspiramos llegar y la determinación de los planes de acción en los cuales nos apoyaremos para lograr concluir los objetivos ya establecidos en dicha política.

| AREA DE USO SIGNIFICATIVO 1 | | | |
|-----------------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------|
| Proceso | Iluminación | Ofimática | otros |
| Electricidad en maquinas | Tipo 1 | Impresoras | Motores |
| Vapor | Tipo 2 | PC | |
| Agua Caliente | Tipo 3 | Laptops | |
| Agua Fría | | Escáner | |
| Agua Refrigerada | | | |
| Depuración y Tratamiento de aguas | | | |
| Aires Comprimidos | | | |
| Aire Acondicionado | | | |
| Total Proceso | total Iluminación | Total Ofimática | Total Otros |

Tabla1. Tabla Ejemplo de recolección de datos [17].

Partiendo de estos datos podemos ir determinando cuál de ellos son los más significativos en su consumo de energía.

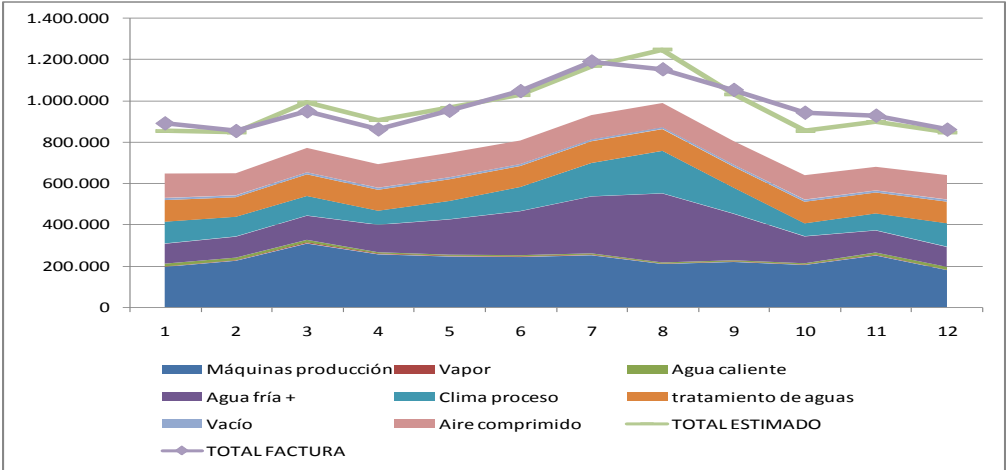


Figura15. Gráfico Ejemplo de recolección de datos. Fuente [24]

1.3.2 VERIFICACIÓN Y LA MEJORA CONTINUA

Una vez terminada la implementación y operación se deben revisar los resultados obtenidos y corroborar si ha habido mejora, donde ha habido y verificar en donde no, esta revisión se realizara por medio del área de auditoria energética, esta se encargara de determinar las no conformidades de las medidas aplicadas.

Se debe tener en cuenta un factor muy importante que muy difícilmente se puede omitir y es que no se puede efectuar un proceso de racionalización de la energía sin alterar las costumbres o rutinas de todos los involucrados en el área tratada. Por lo que la concientización para la aceptación de las correcciones de lo que se está implementando en la búsqueda de la mejora a través de acciones correctivas y preventivas se vuelve esencial para el éxito de la ejecución del sistema.

Otros de los parámetros que deben ser supervisados de primera mano es el monitoreo y las mediciones de los nuevos consumos energéticos ya que son estos los que al final corroboran los sistemas de gestión de la energía.

Monitorear los resultados y ordenar la forma de consumo, conlleva a hacer un análisis periódico de cómo está evolucionando el comportamiento de nuestras variables más representativas en materia de energía para la producción. Por tanto la verificación de las acciones tomadas en la implementación y operaciones. Es importante, con esto se concluirá si la política energética adoptada fue la más acorde para nuestra organización, también si esta fue bien implementada y que se puede ir mejorando para las etapas posteriores, para ello nos apoyamos en el LOOP, herramienta que se detalla en la norma, este define una revisión por parte de la dirección.

¹⁶ La política energética es una declaración formal de la alta dirección y debe ser Documentada y comunicada a todos los niveles de la organización. Asimismo, debe Ser revisada y actualizada regularmente.

¹⁷ Toma de datos puntuales

CAPÍTULO 2: TEMATICA DE UNA AUDITORIA ENERGÉTICA

El proceso de una auditoria energética es conocer la situación¹⁸ en la que se encuentra una organización en materia de energía y como es utilizada en los diferentes procesos o servicios productivos.

Una de las razones de realizar una auditoria es lograr romper el paradigma de someter el consumo total de una empresa al simple hecho de ver la entrada de energía y las diferentes salidas que se tenga en una organización ya sean productos o servicios

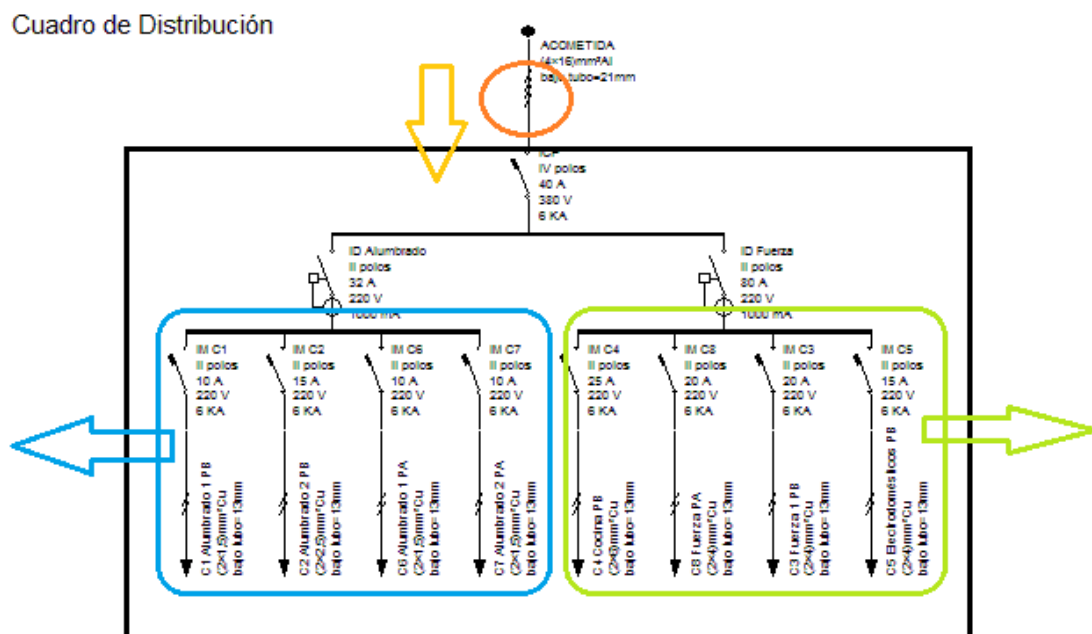


Figura16. Esquema eléctrico de una empresa.

Ya que entender como el uso de la energía de un sistema en su totalidad es muy complejo, se debe crear algún tipo de mecanismo para determinar cómo ahorrar energía. Todo esto es porque existe una variabilidad de sub consumos, unos mayores que otros, así también periodos en los cuales se aumentan o disminuyen, todo eso directamente proporcional al aumento de la producción u actividad realizada, entre otros.

Debido a estos factores resulta crucial para una empresa u organización realizar una auditoria energética para poder estructurar el mecanismo de ahorro energético y entender el proceso que se realiza para generar los productos o servicios. Teniendo en cuenta que hay diferentes tipos de fuentes energéticas (sea electricidad, vapor, gas, etc.) es necesario realizar las mediciones respectivas con el instrumento adecuado según sea el caso.

En este caso la norma ISO 50006 resulta ser una herramienta de gran utilidad, ya que esta presenta un diagrama de procesos de medición, en los cuales nos

podríamos basar para efectuar las mediciones correspondientes en los procesos existentes en el lugar de estudio.

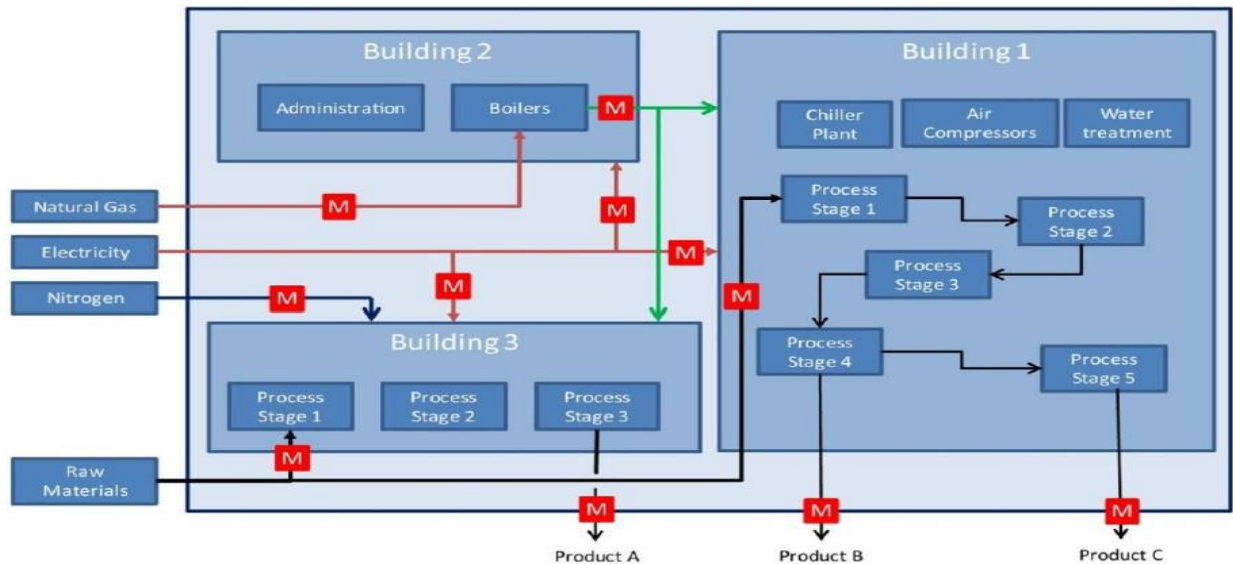


Figura17. Diagrama de procesos de medición norma ISO 50066. [13]

Ya que la norma ISO 50001 [9], es una herramienta que se encarga de brindar a las organizaciones los requisitos para los sistemas de gestión de energía, de los cuales permite su administración más eficiente de forma permanente, planeada, medible y con una mejora continua, en lugar de acciones de eficiencia energética aislada.

Si bien es cierto que los sistemas de gestión de la energía son marcados de manera general en esta norma, cabe mencionar que para realizar un detalle minucioso del consumo en nuestra empresa se hace necesaria la aplicación de las normas subsiguientes y a la vez complementarias de esta. La aplicación de estas normas proveen de información importante para la ejecución de la ISO 50001 ya que realizan el monitoreo, medición, análisis de datos y la estandarización de procedimientos en los sitios de aplicación en la organización de los cuales un Sistema de Gestión Energética hace uso.

2.1 INTRODUCCIÓN A LA ISO 50002

La norma iso 50002 [3], especifica los requisitos sustanciales de los procesos para la realización de una auditoría energéticas que se relaciona con la eficiencia energética. Ya que es posible aplicar esto a todo tipo de establecimientos y organizaciones, y todas formas de uso de la energía. La norma logra especificar los principios de la realización de una auditoría energética los requisitos para los procesos comunes durante las auditorías energéticas y los resultados de las auditorías energéticas. Ya que el propósito de la norma es definir el conjunto mínimos de requisitos que conducen a la identificación de oportunidades para la mejora de la eficiencia energética.

Por tanto una auditoria energética comprende de un análisis detallado de la eficiencia energética¹⁹ de una organización, equipo, sistemas, etc. Ya que se basa en la medición apropiada y la observación del uso de la energía, la eficiencia energética y el consumo energético. Se planifican y se lleva a cabo como parte de la identificación y priorización de las oportunidades para mejorar la eficiencia energética.

La auditoría energética puede apoyar a la revisión energética y puede facilitar el seguimiento, de las mediciones y el análisis de la data, cómo se describen en la norma eso 50001, o puede ser utilizada de forma independiente.

2.1.1 FLUJOGRAMA DE LA NORMA Y ESPECIFICACIÓN

Realización de una auditoria energética según el proceso de la auditoria consta de los siguientes procesos:

- 1).Planificación de la auditoria energética (5.2)
- 2). Reunión de apertura (5.3), recopilación de datos. (5.4)
- 3).plan de medición (5.5)
- 4). Realización de una visita. (5.6)
- 5). Análisis (5.7)
- 6). Informe de la auditoria energética (5.8)
- 7). Reunión de cierre. (5.9)

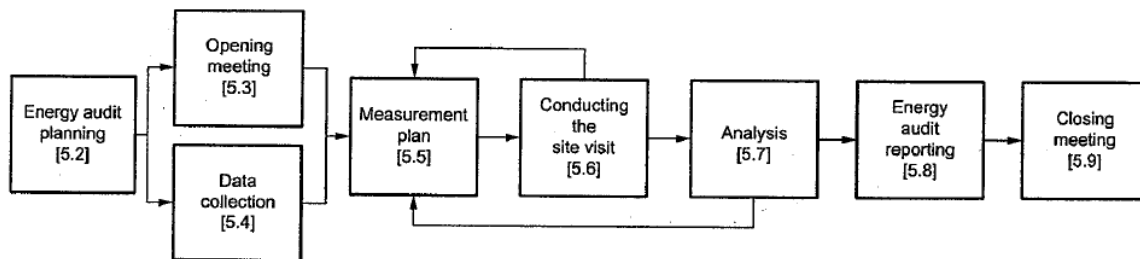


Figura18. Diagrama de flujo del proceso para la realización de una auditoria.

¹⁸ EVALUAR EL DESEMPEÑO ENERGÉTICO

2.2 DEFINICIONES SUSTANCIALES DE LA NORMA

Entender las definiciones de la norma permitirá poder interpretar de mejor forma lo que ella logra transmitir y así lograr maximizar los beneficios que conlleva la práctica de la misma.

Ya que la ISO50002 viene a abonar lo que la ISO50001 expresa esta misma le da un nivel más profundo de detalle de como poder obtener los beneficios de realizar una auditoria

2.2.1 ALCANCES DE LA AUDITORÍA

En los alcances de la auditoria se deben de definir los objetivos límites y el nivel de profundidad que se quiere tener en la auditoria, para ello podemos hacer uso de los algunos términos:

Ámbito de la auditoria energética

Extensión de los usos energéticos y actividades y actividades relacionadas a ser incluidas en la

Auditoria energética, definido por la organización en consenso con el auditor y que puede incluir diferentes límites de batería.

Balance energético

Contabilización de entradas (inputs) y/o generación de suministro de energía versus la salida (output) de energía basados en el consumo energético por uso de energía.

Flujo de energía

Descripción o mapeo de procesos para la transferencia de energía, o conversión de energía, dentro de un alcance de auditoria energética definido.

Desempeño energético

Resultados medibles relacionados con eficiencia energética, uso de energía y consumo de energía.

2.2.2 INDICADOR DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO IDEns (EnPI)

Indicador de desempeño energético (EnPI)

Valor cuantitativo, o medida de desempeño energético, definido por la organización.

El indicador de desempeño estará ligado a lo que se desea saber y en él se ven como la organización ha mejorado o no dependiendo de las medidas que se hayan realizado.

Ref. ISO 50002: 2014, auditorías energéticas - Requisitos con orientación para su uso

¹⁹ Las auditorias son realizadas en consenso de un auditor interno, externo para determinar el desempeño del sistema de gestión de energía

2.2.3 USO DE LA ENERGIA (SEU)

Uso de energía

Forma o tipo aplicación de energía. Ej. Ventilación, iluminación, climatización, etc. Muchas veces se emplea la abreviación SEU (Significant Energy Use) durante el proceso de auditoría.

2.2.4 VARIABLE RELEVANTE

Variable relevante (V.R)

Parámetro cuantificable que impacta el consumo de energía. Ej. Producción, temperatura ambiental, Horario laboral, Etc.

2.3 ANÁLISIS DE DATOS

2.3.1 CREACIÓN DEL EnPI A UTILIZAR

Hay una gran diversidad de indicadores de desempeño de los cuales las organizaciones pueden utilizar

En estos se pueden incluir relaciones simples o indicadores basados en ratios, que van desde valores tan simples como el consumo de energía total por unidad de producción o hasta modelos más complejos en el cual se muestre un conglomerado de variables en el cuales se pueda expresar con un índice normalizado, esto con el fin de dar una visión más amplia de los rendimientos energéticos de la organización.

Los tipos de EnPIS (indicadores de rendimiento energetico) que se utilicen dependerán de la necesidad que tenga la organización en querer medir o cuantificar en el cual tener conocimiento de sus consumos energéticos.

El punto clave es que a menudo las organizaciones tiene una serie de EnPIs de los cuales sirven para en la medición del rendimiento energético relacionado con diferentes propósitos, niveles organizativos entre otras variables, etc.

Aunque existan muchos tipos de EnPIs es importante que se evalúen los resultados energéticos como parte de la administración de la energía. Ya que una organización se puede tener varios EnPIs aplicados en diferentes niveles para la gestión de su propia energía es necesario demostrar a su vez el rendimiento energético global como resultado de los EnM (energy managment) ha mejorado. La selección de los EnPIs adecuados para cuantificar el rendimiento del alto nivel dependiendo de nuevo de la información disponible.

2.3.2 ANÁLISIS DE LA CURVA DE CARGA, MONÓTONAS Y FACTOR DE CARGA

El saber cómo fluctúan los consumos de energía de los equipos con los que contamos nos permite estudiar su comportamiento en el tiempo y poder así estimar los periodos de mayor consumo de energía, con el fin de determinar qué acciones se pueden tomar.

Al conocer cómo se comportan nuestros equipos podemos esclarecer su respectiva curva de carga la cual nos permite obtener información sobre los niveles de consumo en los que se encuentre dicho proceso en el tiempo y definir su comportamiento pudiendo así prever su evolución en el tiempo.

A) CURVA DE CARGA

La curva de carga o perfil de carga representa a detalle los comportamientos de una variable en relación con el tiempo, registra el comportamiento tomando datos previamente establecidos en rangos de muestreo, el cual se programa con el instrumento que se realice el levantamiento, este nos brinda la primera pista de cuáles son los niveles de consumo, tiempo de utilización y otros factores que envuelvan a la variable en estudio (electricidad, vapor, gas, caudal, etc.). Es por ello que tener registrado los consumos nos permitirá determinar otros aspectos en los cuales se detallaran a continuación.

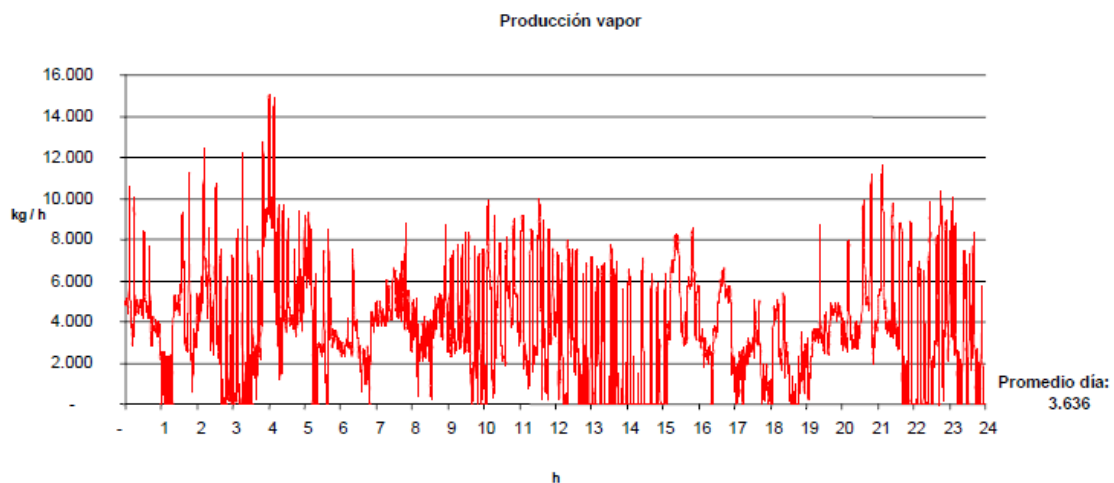


Figura19. Curva de carga

B) CURVA MONOTONA

Según la real academia de ingeniería se expresa que la curva monótona de demanda como: Una representación de la demanda en un determinado periodo dividido en periodos menores y ordenados de mayor consumo a menor consumo.

Así mismo si tomamos los datos de la curva de carga y los ordenamos podemos ver el régimen de funcionamiento de un equipo, y si es conveniente instalar un equipo para que realice un trabajo a cargas parciales o instalar varios equipos e ir modulando su trabajo dependiendo de la demanda.

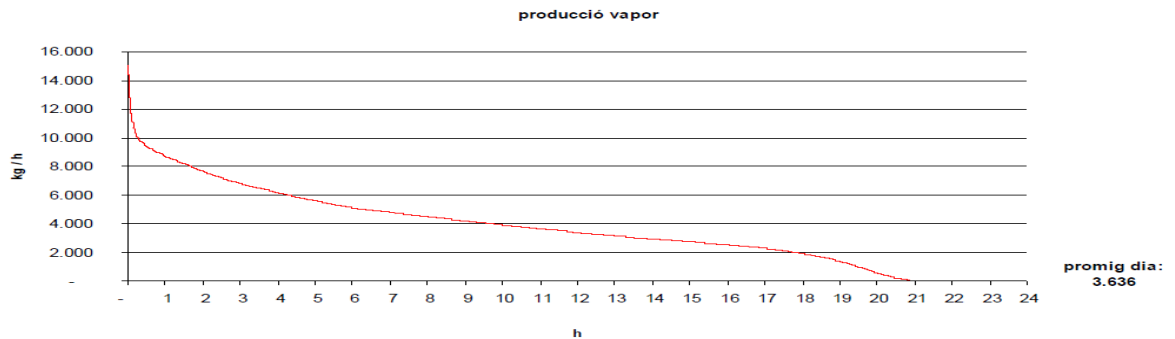


Figura20. Curva monótona.

C) CURVA DE DISCRETIZACION

Discretizar la curva monótona nos permite determinar los porcentajes de consumo dependiendo de dicha curva como así de una curva monótona podemos discretizar en niveles de consumos energético y determinar que productos nos genera más consumo y que tiempo de toma a la máquina poder operar cuanto es el porcentaje de energía que toma para poder realizar dichos productos o procesos tal máquina.

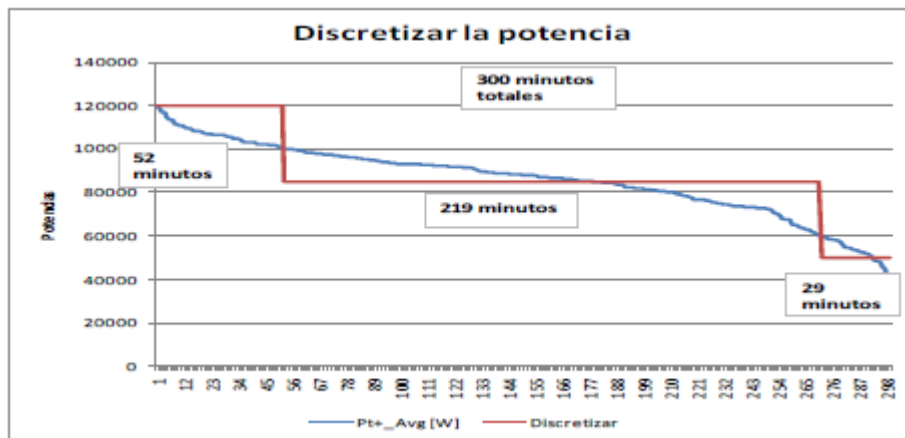


Figura21. Curva de Discretización.

D) FACTOR DE CARGA

El factor de carga nos permite determinar como un equipo se le está aprovechando sus características de las cuales fue construido, para poder calcularlo se toma en cuenta la energía demandada y la energía que demandaría la carga en el periodo considerado T como que si estuviera conectado siempre a su potencia máxima [12].

$$f_{car} = \frac{EDa[MWh]}{PDmáx[MW]T[h]} \rightarrow f_{car} = \frac{PDmed[MW]T[h]}{PDmáx[MW]T[h]} \rightarrow f_{car} = \frac{PDmed[MW]}{PDmáx[MW]}$$

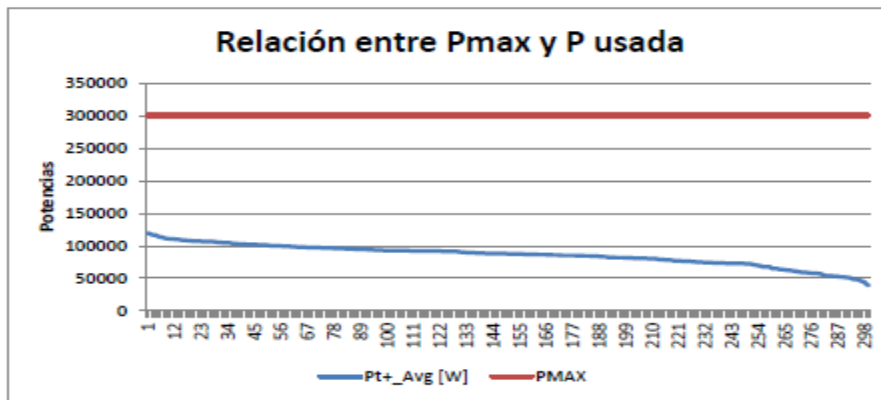


Figura22. Factor de Carga.

Para este caso como ejemplo podemos mostrar que el factor de carga de esta curva es el siguiente:

Siendo la potencia promedio de 84 kW y la potencia máxima de 300kw al realizar el cociente nos da que

$$F_{car} = \frac{84 \text{ kw}}{300 \text{ kw}} = 0.28 = 28\% \text{ de uso}$$

2.3.3 LINEA ENERGÉTICA DE BASE

Para poder determinar la línea base energética debemos entender que hay aspectos cualitativos y cuantitativos en los cuales se basan términos o valores como lo son: el uso de la energía, consumo de la energía, la intensidad de energía, ahorro de energía y eficiencia energética, tendiendo claro esto la Línea base nos va a describir de forma cuantitativa el desempeño energético.

Con la revisión energética realizada previamente el producto que se genera a partir de esa revisión es una línea base en la cual se determina como están los consumos energéticos.

Uno de los aspectos importantes para la determinación de la línea base son las variables relevantes las cuales afectan el consumo y el uso de la energía, puesto que son estas las que nos permitirán ver el comportamiento de la energía y ver el desempeño energético.

Si se toma como referencia el término utilizado por la norma iso 50001

Línea de base energética (LBEn)

Referencia cuantitativa que proporciona la base de comparación del desempeño energético

Nota

- 1 una línea base energética refleja un periodo específico de tiempo
- 2 una línea base energética puede normalizarse por medio de variables que afectan el uso y/o el consumo de la energía, por ejemplo: nivel de producción, grados-día (temperatura exterior), etc.
- 3 La línea base energética también se utiliza para calcular los ahorros energéticos, como una referencia del antes y después de implementar las acciones de mejora del desempeño energético.

2.3.4 CREACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO

Para la creación de un modelo matemático es importante hacer uso de la herramienta de estadística²¹ ya que es esta la que nos permite auxiliarnos para poder conseguir las proyecciones que se generen de los diferentes consumos energéticos dependiendo de los diferentes variables relevantes que se tengan (producción, temperatura, etc.)

Se inicia con la realización de un modelo matemáticos, para ello se parte de las mediciones de los consumos energéticos, haciendo uso de un diagrama de procesos para la toma de mediciones establecido por la ISO 50006 [13], en la cual se detalla como poder determinar las mediciones y la creación de modelos de referencia para las diferentes variables a considerar en el estudio de dicho modelo.

Una vez determinado ese modelo se puede llegar aún más a un modelo de ingeniería en la cual se relacione los consumos de energía y variables relevantes

en la cual se utiliza en simuladores para poder predecir los efectos de estos en un futuro haciendo uso de diferentes ajustes, Un ejemplo básico puede ser la relación de proporción entre la producción y el consumo de energía, incluyendo un cambio en un determinado proceso.

Para este estudio se quedara únicamente con el modelo estadístico el cual relacionara los consumos de energía y las variables relevantes utilizando las regresiones tanto lineales como no lineales de las cuales dependerán de las variables que se consideren en el modelo.



Figura23. Esquema de modelo matemático.

2.3.5 DIAGRAMA DE PARETO DE ENERGÍA

Los diagramas de Pareto son una herramienta estadística que permiten determinar los porcentajes de consumo significativo de una instalación ya que estos se pueden realizar dependiendo del estudio que se desea realizar.

Se tiene la noción de poder realizar el análisis por áreas de instalación y por uso de energía, así mismo se puede realizar el Pareto de cada área y así determinar por área cual es el consumidor más significativo, hacerlo conllevaría a identificar y cuantificar a los consumidores más significativos y así poder determinar qué acciones de eficiencia energética se pueden realizar en las diferentes áreas o procesos que se tengan.

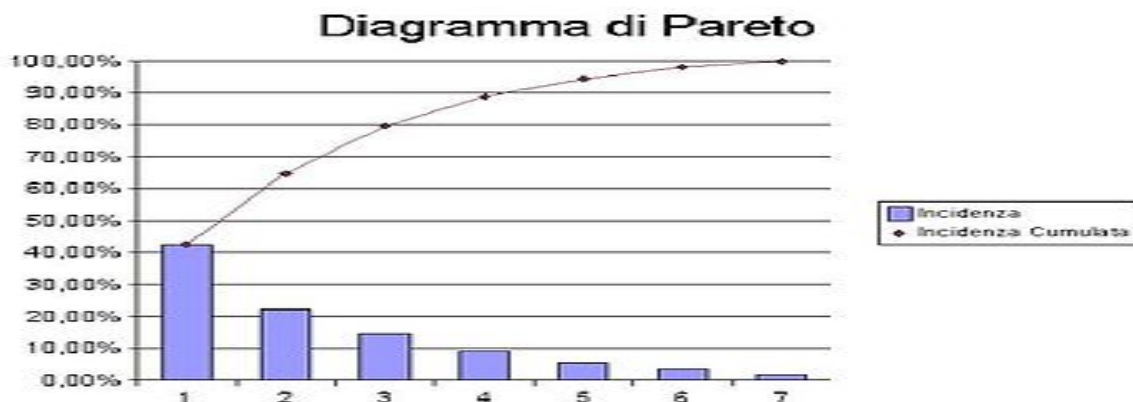


Figura24. Diagrama de Pareto.

²⁰ métricas para la determinación de posibles mejoras partiendo de datos estadísticos

CAPITULO 3 TEMÁTICA DE LOS CONTRATOS DE COMPRA Y VENTA BAJO LA NORMATIVA SALVADOREÑA

3.1 INTRODUCCIÓN.

Para poder realizar algún proyecto relacionado a la generación de electricidad es necesario conocer en primera instancia todos los agentes involucrados. En primera instancia la carta magna del país, la constitución de la República de El Salvador define que el poder del Gobierno Salvadoreño [11], está dividido en tres Órganos, cada uno de ellos con funciones importantes. Los tres Órganos son el Ejecutivo, el Legislativo y el Judicial. Sin embargo las leyes, reglamentos y normas relacionados a la creación de proyectos para la generación de energía incluyen en primera y única instancia al Órgano Ejecutivo y las subsecuentes secretarías de estado correspondientes, pudiendo agruparlas de la siguiente manera:



Figura25. Secretarías de Estado de la República de El Salvador.

Estas secretarías son las encargadas de realizar todas las actividades que conllevan la administración pública del Gobierno. Existiendo también la variante de que a través de leyes secundarias se creen instituciones autónomas o dependencias adicionales con el fin de aumentar la injerencia del Estado.

En materia energética por ejemplo en el año 2007 se aprueba la ley de Creación del Consejo Nacional de Energía (CNE), institución que surge como una institución que sea rectora y normativa de la política energética nacional. Siendo una organización desde donde se formulen y coordinen todos los elementos que comprenden la política energética nacional. La Junta Directiva del CNE [10] está

conformada por el Ministro de Economía, quien preside la Junta; el Secretario Técnico de la Presidencia; el Ministro de Hacienda; el Ministro de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano; el Ministro de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y el Presidente de la Defensoría del Consumidor.

Considerando que existen mucha legislación, delimitaremos a continuación el marco regulatorio mínimo a considerar en este estudio:

A. Constitución de la Republica de El Salvador.

B. Ley General de Electricidad

C. Reglamento de Operación del Sistema de Transmisión y del Mercado Mayorista Basado en Costos de Producción (ROBCP).

D. Reglamento aplicable a las Actividades de Comercialización de Energía Eléctrica.

E. Reglamento Aplicable a las Actividades de Comercialización.

F. Ley de Medio Ambiente.

3.1.1 DEFINICIONES Y MECANISMOS DE MERCADO.

Cuando se habla de mecanismos de mercado debemos tomar en cuenta que existen varios tipos de mecanismos para la comercialización de la energía, cada uno de ellos dependerá de cierto número de variables de las cuales las más significativas son: el tamaño del proyecto, el tipo de tecnología que se utilice y el tipo de remuneración que se busque. Todo ello definirá la clasificación del usuario y por ende el tipo de contrato bajo el cual estará regido.

Los procedimientos de cálculo de la Capacidad Firme y de la Potencia Máxima Inyectable al Sistema se definen en *Anexo 15 del ROBCP* [8], también determina la capacidad firme inicial, provisoria y definitiva a ser remunerada a los generadores, Las clasificaciones referentes a los procesos de mercado se muestran a continuación:

| Dentro del Mercado Mayorista | | | Fuera del Mercado Mayorista | |
|------------------------------|--|-----------------------------|---|----------------------------|
| MRS | Mercado de Contratos | | | |
| participantes de mercado | procesos de libre concurrencia (licitaciones) | Contratos de abastecimiento | procesos de libre concurrencia (licitaciones) | usuarios productores (UPR) |

Figura26. Clasificaciones referentes a los procesos de mercado. [22]

Mercado Mayorista de Electricidad.

La operación del MME está regida actualmente por el ROBCP. De acuerdo con las disposiciones de dicho reglamento, en el MME se hace un despacho programado para cada período horario de programación basado en los costos de producción para cada unidad generadora disponible en el sistema eléctrico. Una persona natural o jurídica que esté interesada en convertirse en Participante del Mercado (PM) debe presentar una solicitud ante la UT.

Para participar en el MME, cada PM tiene la obligación de informar su generación en tiempo, modalidad y formato requerido por la UT para unidades con una potencia a inyectar mayores o iguales que 5 MW (*Artículo 3.2.3.1 ROBCP*) [8].

Contrato de Suministro.

Es el acuerdo por medio del cual un comercializado se obliga a entregar al usuario final en un punto determinado, energía eléctrica en forma continua o periódica durante un plazo determinado o indeterminado, por un precio y en las condiciones fijadas o a fijarse.

Contrato de Abastecimiento.

Es el acuerdo por medio del cual un generador o comercializador nacional o extranjero, se obliga a entregar a un comercializador en un punto determinado energía eléctrica en forma continua o periódica durante un plazo determinado o indeterminado por un precio y en las condiciones fijadas y a fijarse.

Contrato de Distribución.

Es el acuerdo mediante el cual el distribuidor se obliga a permitir el uso de sus redes por parte de un comercializador o un generador, para el suministro de energía eléctrica a comercializadores o usuarios finales conectados a la red de distribución o en el caso de generadores conectados a la red de distribución el transporte de la energía eléctrica a las redes de alto voltaje.

Capacidad Instalada:

Potencia que la máquina es capaz de entregar nominalmente a máxima carga acorde a las especificaciones del fabricante.

Capacidad Disponible:

Potencia que las unidades generadoras pueden entregar, basadas en restricciones técnicas como: demanda máxima, disponibilidad de combustible, tasa de salida forzada, entre otros.

Capacidad Firme:

Potencia que las unidades pueden entregar con una alta probabilidad de ocurrencia en un período de tiempo determinado.

El ROBCP realizó importantes modificaciones a los reglamentos emitidos originalmente para la inclusión de los generadores renovables no convencionales:

Decreto Ejecutivo N° 15

Las licitaciones destinadas a generación de fuente renovable no convencional, se podrán suscribir mediante contratos de suministro no estandarizados, sin compromiso de potencia firme.

Decreto Ejecutivo N° 80

Las centrales de generación de fuente renovable de energía no convencional tienen prioridad de despacho, para cuyos efectos se les considerará con costo variable de operación igual a cero.

Acuerdo 367-E-2017

Modificaciones a las “Normas para usuarios finales productores de energía eléctrica con recursos renovables” [16].

Incentivos Fiscales.

Para motivar la inversión en energías renovables se han hecho regulaciones para garantizar y promover un mayor mercado en el ámbito de aprovechamiento de estos recursos. Para esto se tiene la Ley de Incentivos Fiscales para el Fomento de las Energías Renovables en la Generación de Electricidad y Normativa técnica para caracterizar los proyectos que aprovechan las fuentes renovables en la generación de energía eléctrica, la cual SIGET desarrolla, con lo que se regulan todos los beneficios fiscales que se otorgan a los proyectos de instalación de centrales para la generación de energía eléctrica a partir de recursos hidráulico, geotérmicos, eólicos, solares y biomasa.

Procesos de libre competencia (Licitaciones).

Tomando con referencia la Ley General de Electricidad (Art 86B) [15], en el caso de las licitaciones destinadas a generación de fuentes renovables no convencionales en condiciones de participar en el mercado mayorista de electricidad, se podrán suscribir contratos de suministro no estandarizados, sin compromisos de potencia firme. El suministro a contratar por el distribuidor, se basará en una potencia comprometida a instalar y una energía ofertada anual por cada proyecto.

Por otra parte en licitaciones destinadas a fuentes de energía renovable, sin compromiso de capacidad firme y con generación conectada a la red de una distribuidora, con una capacidad instalada de hasta un máximo de 20MW y que no participen en el mercado mayorista de electricidad, el suministro a contratar por

el distribuidor se basara en una potencia comprometida a instalar o instalada y una energía ofertada anual por cada proyecto incluyendo procedimientos de auto despacho administrados por el distribuidor y el generador (Art 86B).

Procesos de licitaciones.

Los procesos de libre concurrencia [15], [20] , en contratos de largo plazo (CLP), se han introducido como parte de los cambios regulatorios establecidos por la administración vigente , esto con el objetivo de estabilizar las tarifas a los usuarios finales dentro del propio mercado eléctrico basado en costos de producción.

Los procesos de licitación más relevantes en cuanto a energías renovables se presentan a continuación:

1. Licitación por 355 MW (Año 2012)

Este fue el primer proceso de licitación para proyectos de energía renovable, entre las tecnologías permitidas estaban gas natural y carbón mineral.

La primera vez la licitación fue desierta, por lo que se tuvo que relanzar, dando como resultados que 11 empresas adquirieron las bases y 2 presentaron ofertas adjudicándose la oferta de Gas Natural a la empresa Energía del Pacífico y se firmó contrato el 20 de diciembre de 2013.

| Potencia Requerida | Tecnologías Permitidas | Potencia Ofertada | Precio de oferta |
|--------------------|------------------------|-------------------|---------------------|
| 355 MW | Gas Natural (GN) | GN: 355 MW | GN: 119.99 US\$/MWh |
| | Carbón Mineral (CM) | CM: 170 MW | CM: 135.03 US\$/MWh |

Tabla2. Parámetros de licitación de 355MW

2. Licitación de 15 MW energía renovable no convencional (Año 2013)

Este proceso se dirigió exclusivamente a pequeños emprendimientos renovables con tecnología hidroeléctrica, solar fotovoltaica y biogás, conectados en la red de distribución y sin opción de participar en el mercado mayorista de electricidad. En este proceso se abrieron 42 ofertas, de las cuales se adjudicaron 32 (28 SF, 2 BG y 2 PCH)

| Potencia Requerida | Tecnologías Permitidas | Potencia Ofertada | Precio de oferta |
|--------------------|--|-------------------|----------------------|
| 15 MW | Solar Fotovoltaica (SF) | SF: 14.36 MW | GN: 181.79 US\$/MWh |
| | Biogás (BG) | BG: 0.65 MW | CM: 228 US\$/MWh |
| | Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH) | PCH: 0.495 MW | PCH: 161.75 US\$/MWh |

Tabla3. Parámetros de licitación de 15MW

3. Licitación de 100 mw energía renovable no convencional (Año 2014) [15].

Esta licitación se presentó con el fin de incorporar nuevos proyectos energéticos renovables a gran escala para participar en el mercado mayorista. Siendo las tecnologías permitidas las fuentes eólicas y la solar fotovoltaica, para las cuales se establecerán dos bloques de potencia, uno por 40 MW dirigido a generación eólica y los restantes 60 MW serán para generación solar fotovoltaica.

| Potencia Requerida | Tecnologías Permitidas | Potencia Ofertada | Precio de oferta |
|--------------------|-------------------------|-------------------|---------------------|
| 100 MW | Solar Fovovoltaica (SF) | SF: 60 MW | SF: 165.53 US\$/MWh |
| | Eólica (EO) | EO: 40 MW | EO: 123.41 US\$/MWh |

Tabla4. Parámetros de licitación de 100MW

4. Proceso de licitación para la contratación De 170 MW de energías renovables no convencionales (ERNC) (Año 2016) [15].

Se sometió un nuevo proceso de licitación por un monto total de 170 MW de energías renovables no convencionales, manteniendo la tendencia de las tecnologías permitidas la eólica y solar fotovoltaica por medio de contratos de suministro de energía a largo plazo. Estableciéndose los bloques de potencia de 100 MW para solar fotovoltaica y 70 MW para generación eólica, En este proceso se inscribieron 62 propuestas de las cuales 28 calificaron (4 eólicas y 24 fotovoltaicas) **inversiones en nuevas plantas de generación de energía en el salvador-Delsur.**

| Potencia Requerida | Tecnologías Permitidas | Potencia Ofertada | Precio de oferta |
|--------------------|-------------------------|-------------------|---------------------|
| 170 MW | Solar Fovovoltaica (SF) | SF: 100 MW | SF: 113.14 US\$/MWh |
| | Eólica (EO) | EO: 70 MW | EO: 105.30 US\$/MWh |

Tabla5. Parámetros de licitación de 170MW

5. Convocatoria para la adjudicación del bloque reservado a usuarios auto-productores renovables (Año 2016).

En esta licitación los principales gestores fueron las empresas distribuidoras de energía eléctrica, DELSUR S.A de C.V y GRUPO AES, se convocó a usuarios residenciales auto-productores renovables (APR) cuyo servicio esté conectado a sus redes eléctricas. Esta convocatoria se realiza en el marco de lo dispuesto en el artículo 86-B del Reglamento de la ley General de Electricidad y las normas sobre procesos de libre competencia para contratos de largo plazo respaldados con generación distribuida renovable.

Entre los requisitos para aplicar se encuentran que el propietario debe residir en el inmueble donde se realizara la instalación, el inmueble debe ser exclusivo para

uso residencial y que estarán excluido todos los trabajadores del sector energético del país y familiares de trabajadores del sector energético hasta el cuarto grado de consanguinidad. La convocatoria estará establecida para un total de 1 MW y la potencia máxima requerida por usuario será de 5 kW.

| Potencia Requerida | Tecnologías Permitidas | Potencia Ofertada | Precio de oferta |
|--------------------|-------------------------|-------------------|----------------------|
| 1 MW | Solar Fotovoltaica (SF) | SF: 1 MW | SF: 0.17898 US\$/kWh |

Tabla6. Parámetros de licitación de 1MW

Norma sobre procesos de libre competencia para contratos de largo plazo respaldados con generación distribuida renovable.

Documento en el cual se puede auxiliar en cada etapa para poder optar en procesos de libre competencia en el cual se detallan las disposiciones generales, procesos de libre competencia, características del suministro a contratar, el precio y procedimiento de indexación, programación de vencimiento de contratos y la evaluación de las ofertas, adjudicación y contratos.

Para nuestro caso tomaremos de estudio el bloque especial para usuarios auto-productores renovables el cual se detalla en el Art.4 por lo cual este especifica.

Para efectos de la presente normativa, se considera usuario auto-productor renovable (APR) al usuario final que produce energía para su propio consumo a partir de unidades de generación de energía basada en una fuente renovable no convencionales ubicadas en sus instalaciones y que eventualmente inyecta excedentes de energía a la red de distribución con la que se encuentra conectado percibiendo una remuneración por cada kilovatio-hora de inyección neta. Será usuario auto-productor aquel que consume al menos el setenta por ciento (70%) de su producción de energía.

Para acceder a estos contratos, dichos usuarios auto-productores deberán instalar un sistema de medición neta de inyecciones y retiros de la red del distribuidor, basado en la medición, registro y lectura bidireccional de energía. Para fines de la facturación mensual, cuando la medición neta resulte en una inyección, el distribuidor la imputará con un crédito de energía en favor del usuario auto-productor para el periodo o periodos que se definan en los contratos tipo a ser aprobados por SIGET. Las inyecciones netas se calcularán y pagarán de acuerdo al precio resultante del contrato de suministro celebrado.

A los fines de su remuneración, en ningún caso la inyección neta de energía podrá exceder el treinta por ciento (30%) de la producción máxima estimada para una determinada unidad en el contrato de suministro respectivo.

3.2 NORMATIVA REFERENTE A LA COMERCIALIZACIÓN DE LA ENERGÍA.

Partiendo del hecho que cualquier productor de electricidad deberá estar registrado ante la SIGET²³ como generador y para ello es necesario avocarse a la ley general de electricidad, así como al Reglamento de Operación del Sistema de Transmisión y del Mercado Mayorista Basado en Costos de Producción (ROBCP) y conocer los requisitos y la clasificación referente a los tipos de generadores, acorde únicamente a la capacidad de generación, tal clasificación se detalla a continuación:

3.2.1 GENERADOR PARTICIPANTE DEL MERCADO.

Este tipo de generador se detalla en los artículos 3.2.3 (generador conectado a transmisión) y en el 20.1.2 (generador conectado a distribución) del ROBCP, estos hacen mención que para participar en el Mercado Mayorista un Participante del Mercado generador (PM generador) conectado a la red eléctrica debe ser capaz de inyectar una potencia mínima de 5 MW por nodo. Al cumplir este requerimiento se puede optar a 4 mecanismos de comercialización en concreto:

a) Despacho económico en el Mercado Eléctrico Regional (MER).

En el MER se realizan transacciones comerciales de electricidad mediante intercambios de oportunidad producto de un despacho económico regional y mediante contratos entre los agentes del mercado²⁴. (*Reglamento del Mercado Eléctrico Regional, numeral 1.4.1*) Cualquier agente que desee realizar transacciones deberá presentar, a través de la UT, la solicitud de autorización y las constancias mencionadas en el numeral 3.4.2 del Reglamento del MER. Dado que para ser modelada como oferta de inyección al MER, una generación no debe ser despachada en el pre-despacho nacional (numeral Anexo.3.4.2 del RMER), se debe cumplir con lo que se menciona a continuación en el literal b.

b) Despacho económico en el Mercado Regulador del Sistema (MRS).

Con el fin de comercializar de forma total o parcial la producción de energía eléctrica, una central debe inscribirse como PM (Participante del Mercado.) generador (*ROBCP, numeral 2.2 y Anexo 01 – Inscripción*). Dado que a todos los PM que inyecten energía al MRS se le paga el Costo Marginal de Operación del Sistema (CMO del sistema), según el numeral 10.6.2.1 y Anexo 9-3.1.1 del ROBCP,

²³ Ley General de Electricidad, art.7

²⁴ Reglamento del Mercado Eléctrico Regional, numeral 1.4.1

Se debe tener en cuenta que para calcular este costo, las unidades generadoras son despachadas conforme a sus respectivos costos variables de operación y que las centrales de generación de fuente renovable de energía no convencional, tales como biomasa, eólica, solar y otras, tienen prioridad de despacho, para cuyos efectos se les considerará con costo variable de operación igual a cero (art. 67-E del RLGE).

c) Contrato de Largo Plazo adjudicado en procesos de libre competencia (Licitaciones).

Según el art. 86-A de la Ley General de Electricidad, las distribuidoras están obligadas a suscribir contratos de largo plazo a través de procesos de libre competencia, por no menos del ochenta por ciento de la demanda de potencia máxima y su energía asociada. En el caso de las energías renovables, las distribuidoras realizan licitaciones para suscribir contratos de suministro no estandarizados, sin compromiso de potencia firme con futuros Participantes de Mercado

d) Acuerdo Bilateral en el Mercado de Contratos.

Las transacciones bilaterales constituyen un compromiso financiero entre un PM que inyecta y un PM que retira. Se informan con el objeto de determinar las transacciones económicas en el MRS, pero no tienen ningún efecto en la determinación del despacho del sistema. En ambos casos (c y d) si el PM generador está conectado a la red de una empresa distribuidora, debe presentar una copia certificada por la SIGET del Contrato de Distribución (Cap. 2 ROBCP 2.1) para realizar transacciones en el Mercado Mayorista, el cual es un acuerdo descrito en el Reglamento aplicable a las actividades de comercialización, por medio del cual un distribuidor se obliga a permitir el uso de sus redes por parte de un generador conectado a la red de distribución para el transporte de la energía eléctrica a las redes de alto voltaje.

3.2.2 GENERADOR QUE NO PARTICIPA EN EL MERCADO MAYORISTA.

Dado que existen una amplia variedad de proyectos en diferentes esquemas con una capacidad instalada inferior a los 5 MW requeridos para realizar transacciones en el MRS o en el MC, están habilitados 3 mecanismos para la comercialización de la energía producida por proyectos pequeños renovables que no pueden participar del Mercado Mayorista:

a) Contrato (Bilateral) de Abastecimiento.

Este es un mecanismo de contratación bilateral se ve a detalle en el Reglamento Aplicable en Actividades de Comercialización en este se establece un precio de compra de la energía menos un factor de descuento acordado entre el generador y el distribuidor. Estos contratos tienen por objeto establecer las condiciones legales, técnicas y comerciales bajo las cuales el Generador se obliga a suministrar al Distribuidor la potencia pactada y entregar la energía eléctrica al comprador en el punto establecido y a un voltaje definido. Hay que hacer énfasis que tanto el Generador tiene la obligación de vender así como el Distribuidor tiene la obligación de comprar. El factor de descuento y la duración del contrato varían de un contrato a otro y es definido mediante la negociación entre las partes. Uno de los pilares fundamentales en la negociación de un contrato de compra venta de energía es que porcentaje, por debajo del precio del Mercado Mayorista ya sea del MRS o el Precio de la Energía (PEN) trasladable a tarifa, se pactara para la firma de un contrato.

b) Contrato de Largo Plazo adjudicado en un proceso de libre competencia (Licitaciones).

A partir de las modificaciones al marco regulatorio realizadas en el 2012, surge un nuevo mecanismo en donde se permite la ejecución de licitaciones especiales donde proyectos de energía renovables pueden participar en contratos basados en energía ofertada. En estas reformas hechas al Reglamento de la LGE que se encuentran en el Decreto Ejecutivo No. 80, en el cual se establecen los procedimientos que se deberán contemplar en el caso de las licitaciones destinadas exclusivamente a fuentes renovables de energía, esto es para proyectos con un techo máximo de producción de 20 MW (Capacidad Instalada).

Esos contratos serán administrados directamente por el distribuidor y el generador fuera del Mercado Mayorista, y despachados de acuerdo a un procedimiento especial de auto-despacho, para lo cual también se hace necesaria la instalación de un medidor comercial dedicado (independiente) a fin de contabilizar la producción y por tanto la remuneración de la energía.

c) Usuario Auto-productor.

Para este apartado surge la modificación al marco regulatorio realizadas en el Acuerdo 367-E-2017 [5] que hace referencia a las Normas para usuarios finales productores de energía eléctrica con recursos renovables, este establece los procedimientos, requisitos y responsabilidades aplicables a la conexión, operación, control y comercialización de excedentes de energía, de unidades de generación basadas en recursos renovables, ubicados dentro de las instalaciones de un usuario final productor renovable (UPR), quien no participa en el Mercado Mayorista de electricidad, y que instala la unidad de generación con el objeto de abastecer su demanda interna y que bajo una condición temporal y excepcional, por un período corto de tiempo podría inyectar excedentes de energía a la red de distribución eléctrica sin fines comerciales .

En este se define que el usuario final productor no recibirá ningún tipo de pago por la energía eléctrica inyectada a la red de distribución, sino más bien será la empresa distribuidora la que facturara mensualmente el suministro de la siguiente forma:

“...Si durante un ciclo de facturación se presenta el caso que bajo una condición temporal y excepcional por un periodo de tiempo el UPR inyectara energía a la red de distribución*, esta energía será reflejada como un descuento en la facturación, y deberá ser calculado de la siguiente forma:

Se registrara la energía inyectada en el canal “inyección” del medidor bidireccional. Esta será computada y valorada al precio vigente de compra de la energía total del distribuidor (PEt), de conformidad con lo dispuesto en el artículo 90 del reglamento de la ley General de Electricidad.”

Este acuerdo fue ratificado recientemente y especifica que después de muchas discusiones al fin se reconocerá el excedente inyectado a la red, este se hará de la siguiente manera:

Si bien es cierto el usuario no recibirá reintegro en efectivo, este reintegro se verá reflejado como un ahorro equivalente en su factura mensual, este será un porcentaje establecido por el Precio de la Energía trasladable a la Tarifa (PET) 25 el cual es un 15% más bajo que el precio de tarifa de factura, en el caso de los usuarios en baja tensión, para los usuarios en media tensión el PET equivalente es un 6% más bajo que la tarifa regular facturada.

Este mecanismo de reintegro se verá reflejado en el horario en el que el UPR no esté generando, ya que lo que se garantiza es una retribución lo más equitativa posible a la energía inyectada por este en horarios de generación, para ello resulta indispensable la adquisición de un medidor bidireccional, que es un dispositivo que registra el flujo de energía eléctrica en ambas direcciones, consumo e inyección y es capaz de registrar las diferencias entre consumo e inyección del sistema que está monitoreando (definición de acuerdo). Con el cual se establecerán los valores de reintegro por parte de las distribuidoras.

Este reintegro es acumulable hasta por 3 meses, es decir que si la inyección de energía por parte del UPR es más que la que promedia en su consumo mensual, el excedente será aplicable al siguiente ciclo de facturación, efectuándose así hasta contabilizar tres ciclos de facturación (Art. 26).



Figura27. Esquema de Sistema Fotovoltaico con inyección a la Red.

3.3 NORMATIVA DE INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA

Para fines explicativos en esta investigación, se define como sistema de interconexión eléctrica a la conexión de dos o más sistemas de generación, transporte y distribución de energía eléctrica para el intercambio de corriente*.

Para el caso de El Salvador existen dos clasificaciones para el tipo de interconexión: Alto voltaje y bajo voltaje, el punto de inflexión para definir las es el nivel de voltaje de operación. En El Salvador el nivel de tensión del cual parte la clasificación es de 115 kV, los voltajes iguales o superiores a este nivel son considerados ALTO VOLTAJE y el ente gestor es la Empresa Transmisora de El Salvador (ETESAL) y los voltajes inferiores a este nivel son considerados BAJO VOLTAJE y los entes gestores son las empresas distribuidoras.

*(capítulo 4 acuerdos 367-E-2017- Art. 25)

Por lo cual cualquier proyecto eléctrico a desarrollarse debe tomar en cuenta estas consideraciones, ya que al realizarse un esquema preliminar se debe advertir el punto de entrega de la energía. En términos generales un proyecto se puede interconectar en los casos que a continuación se presentan:

3.3.1 GENERADOR PARTICIPANTE DEL MERCADO MAYORISTA CONECTADO A UNA SUBESTACIÓN DE TRANSMISIÓN O DE DISTRIBUCIÓN.

En la disposición del ROBCP (**apartado 3.2 información de demanda y disponibilidad**) se menciona que un PM generador debe suministrar a la UT toda la información técnica y económica de sus unidades generadoras disponibles, información referida a los costos variables de producción así como la forma en que se retira y/o inyecta energía a la red, acatando las instrucciones que la misma UT le indique en el momento de la operación. Con el fin de cumplir esta regulación operativa se habilitan dos sistemas:

a) Sistema de Administración de Energía (SAE). Es el medio por el cual es provista la información del sistema en tiempo real, para el caso de un PM generador, este sistema debe disponer como mínimo en cada punto de interconexión un canal dedicado para comunicación de datos en tiempo real para monitoreo, supervisión, control y secuencia de eventos y un canal para comunicación de voz con el despacho. Esto realizado con una Unidad Terminal Remota (UTR) Estándar o un Sistema de Control Distribuido, capaz de comunicarse con la Estación Maestra de la UT.

²⁵el distribuidor pagara al UPR no más del precio de la energía a la cual la compra dicha distribuidora.

b) Sistema de Medición Comercial (SIMEC). Cada PM suministra la información necesaria para la administración de las transacciones comerciales en el Mercado en cada nodo en que se conecta a la red, mediante la instalación, operación y mantenimiento del SIMEC siendo este costo responsabilidad del PM.

*(definición de wordreference).

Tomando en cuenta que existe otros requerimientos adicionales como lo son: Servicios Auxiliares, cumplimiento de normativas y estándares de calidad y seguridad de operación, los cuales son de obligación para el PM el instalarlos de acuerdo a los requerimientos y a las necesidades que indiquen los estudios previamente realizados con el fin de elaborar un Contrato de Interconexión a la Red de Transmisión, debiendo ser este certificado por el PM Transmisor o por el PM Distribuidor según sea el caso de conexión.

Las inyecciones de los PMs generadores conectados a redes de distribución tendrán el mismo tratamiento que las inyecciones de todos los PM generadores, siguiendo las normas del ROBCP y cuando el PM generador inyecte, se considerarán sus inyecciones en el punto de conexión a la red de distribución.

3.3.2 GENERADOR QUE NO PARTICIPA EN EL MERCADO MAYORISTA CONECTADO A UNA SUBESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN.

Este caso corresponde a proyectos de generación [4], aproximadamente de hasta 20 MW. Los proyectos se conectan a la subestación de distribución más cercana en niveles de tensión de 23 kV ó 13.2 kV, esto debido a que por razones de cercanía a la red, el generador puede optar por conectarse a distribución en lugar de conectarse a la transmisión.

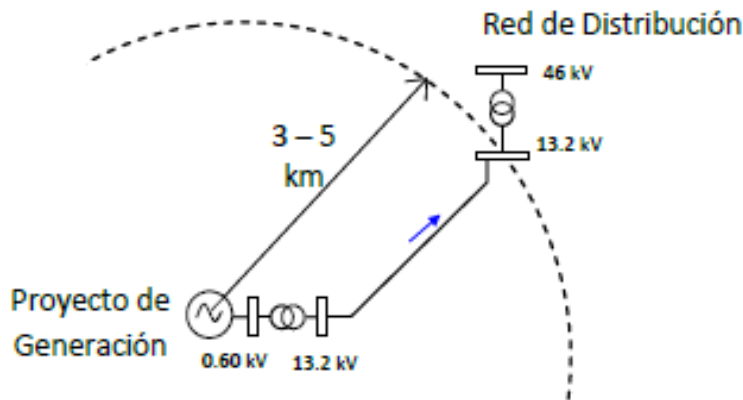


Figura28. Generador conectado a una subestación ejemplo de 13.2kv.

Aunque el procedimiento según **la Normativa Técnica de Interconexión Eléctrica y Acceso de Usuarios Finales a la Red de Transmisión (NTIE a la red)** es el mismo independientemente si se tiene o no transacciones en el Mercado Mayorista, la rigurosidad y flexibilidad de los estudios mencionados en la solicitud de interconexión y la profundidad de análisis en la solicitud de factibilidad

de interconexión serán proporcionales a la capacidad instalada del, esto debido a posibles anomalías o inconvenientes durante la operación, por lo que el distribuidor y el solicitante, analizarán y acordarán los estudios a efectuar a fin de evaluar el impacto de la interconexión del generador en la red de distribución, identificando los equipos que deberán ser sustituidos o instalados, manteniendo la estabilidad y seguridad del sistema en función del impacto que podría generar la nueva instalación²⁶.

Analizando la Normativa, se pueden observar las siguientes obligaciones al realizar una interconexión:

El solicitante deberá identificar, de común acuerdo con el distribuidor los escenarios de referencia para los estudios.

Los estudios estarán orientados a verificar que la interconexión con el generador, no producirá efectos adversos en el sistema de distribución y en caso de producirlos, se deberán de evaluar las medidas de mitigación a ejecutar.

Los estudios que serán desarrollados por el solicitante o quienes estén designados, tienen que ser realizados para la condición actual y para la condición que incluya el nuevo punto de interconexión con el fin de:

- a)** evaluar el impacto de la interconexión del generador en la red de distribución identificando los equipos que deberán ser sustituidos o instalados, a fin de mantener la estabilidad y seguridad del sistema.
- b)** Evaluar los requerimientos de equipos de protección, seccionamiento y control para obtener una operación segura y confiable de las instalaciones.
- c)** Evaluar los requerimientos en materia de filtros de armónicos con el fin de reducir o controlar el flujo de las corrientes armónicas hacia la red de distribución en caso se superen los niveles máximos admisibles en la norma de calidad del servicio de los sistemas de distribución.
- d)** Definir los ajustes de los equipos de regulación de tensión instalados en la red de distribución.
- e)** Definir los ajustes de los equipos de protección, existentes o a instalar en la red de distribución.

²⁶ NTIE a la red, capítulo IV, Estudios para la interconexión de generadores en las instalaciones de distribución.

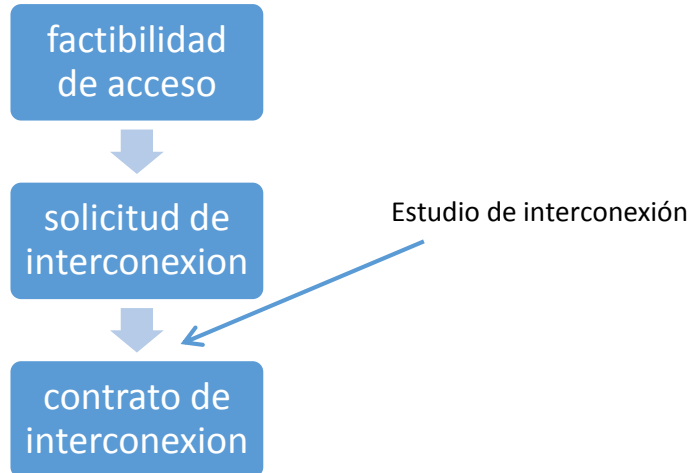


Figura29. Etapas para la obtención del Contrato de interconexión.

Los estudios presentados por el solicitante deberán considerar los aspectos siguientes:

- a) Los cambios en los niveles de corriente de cortocircuito u otros factores que vuelvan no adecuado el equipo existente.
- b) El adecuado funcionamiento del sistema de protección en el punto de interconexión.
- c) En caso de existir los niveles de contenido armónico introducidos en la red de distribución, verificando el cumplimiento de los niveles máximos establecidos en la norma de calidad de servicios de los sistemas de distribución emitidas por la SIGET.
- d) Capacidad de líneas de distribución, equipos de protección y seccionamiento instalado.
- e) Niveles de tensión producidos por efecto de la entrada en operación del generador.
- f) Flujo de potencia en las horas de mínima demanda.

Fuente: NTIE a la red

(Capítulo iv de Normativa Técnica de Interconexión Eléctrica y Acceso de Usuarios Finales a la Red de Transmisión)

Y tomando como referencia el art.63 NTIE a la red se estiman los posibles estudios a realizar para interconectarse a las instalaciones del distribuidor, como parte de la solicitud de interconexión.

- a) Estudio de flujo de carga
- b) Estudio de cortocircuito
- c) Estudio de coordinación de protecciones
- d) Estudio de transitorios electromagnéticos
- e) Estudio de estabilidad transitoria.

Citando la licitación N°.CAESS-CLP-RNV-001-2013 de 15MW para proyectos con energía renovable como un parámetro, se presenta una lista de los estudios que las distribuidoras proponían que se desarrollaran, estos estudios y sus costos aproximados se presentan a continuación:

| Tecnología | Capacidad a Instalar del Proyecto | Flujo de Carga | Análisis de Cortocircuito | Estabilidad del Sistema | Distorsión Armónica | Coordinación de Protecciones | Estudio de Costos de Adecuación de la Red de Distribución | Total |
|------------------------------------|-----------------------------------|----------------|---------------------------|-------------------------|---------------------|------------------------------|---|-------------|
| Solar Fotovoltaica | Menor de 50 KW | \$ 264.00 | | | | \$ 176.00 | \$ 131.19 | \$ 571.19 |
| | Entre 50 y 100 KW | \$ 264.00 | | | | \$ 176.00 | \$ 131.19 | \$ 571.19 |
| | Entre 100 y 150 KW | \$ 616.00 | | | \$1,056.00 | \$ 616.00 | \$ 131.19 | \$ 2,419.19 |
| | Entre 150 y 400 KW | \$ 616.00 | | | \$1,056.00 | \$ 616.00 | \$ 131.19 | \$ 2,419.19 |
| Pequeñas Centrales Hidroeléctricas | Menor de 50 KW | \$ 264.00 | | | | \$176.00 | \$ 131.19 | \$ 571.19 |
| | Entre 50 y 100 KW | \$ 264.00 | | | | \$ 176.00 | \$ 131.19 | \$ 571.19 |
| | Entre 100 y 400 KW | \$ 616.00 | \$ 704.00 | \$ 1,056.00 | | \$616.00 | \$ 131.19 | \$ 3,123.19 |
| Biogás | Menor de 100 KW | \$ 264.00 | | | | \$ 616.00 | \$ 131.19 | \$ 1,011.19 |
| | Entre 100 y 500 KW | \$ 616.00 | \$ 704.00 | \$ 1,056.00 | | \$ 616.00 | \$ 131.19 | \$ 3,123.19 |
| | Entre 500 y 1,000 KW | \$ 968.00 | \$ 1,056.00 | \$ 1,584.00 | | \$ 968.00 | \$ 131.19 | \$ 4,707.19 |

Tabla7. Costos aproximados de Estudios para solicitudes de interconexión.

Adicionalmente se deben de evaluar los requerimientos en materia de filtros de armónicas, con el fin de reducir o controlar el flujo de las corrientes armónicas hacia la red de distribución, en caso se superen los niveles máximos admisibles en el Anexo 1 de la norma de calidad del servicio de los sistemas de distribución.

3.4 NORMATIVA MEDIO AMBIENTAL

La Ley de Medio Ambiente, su Reglamento y la normativa que el mismo Ministerio de Medio Ambiente y Recursos naturales (MARN) elabora, son los instrumentos legales que se deben de tomar en cuenta a fin de cumplir con las reglamentaciones legales ambientales.

El MARN [25], ha desarrollado una Categorización de actividades, obras o proyectos conforme a la Ley del Medio Ambiente, entendiendo por categorización²⁷ como: “El proceso técnico por medio del cual el MARN, determina, si una actividad, obra o proyecto, requiere o no de la elaboración de un estudio de impacto medio ambiental, en función de la naturaleza de la actividad, su envergadura y a la naturaleza del impacto potencial a generar.” Este proceso esta cimentado bajo el artículo 22 del Reglamento General de la Ley del Medio Ambiente, el cual cita textualmente en su parte final: “... El Ministerio categorizará la actividad, obra o proyecto, de acuerdo a su envergadura y a la naturaleza del impacto potencial”.

Es decir que la categorización es el medio con el cual se permitirá conocer la clase de documentación ambiental que el titular de las actividades debe presentar y así agilizar el proceso de evaluación ambiental, si fuera necesario. La categorización de actividades, obras o proyectos se fundamenta en los criterios de:

Envergadura.

Es el criterio asociado al tamaño, extensión, superficie, volumen o magnitud de una actividad, obra o proyecto.

Naturaleza del impacto potencial.

Referido a la sensibilidad del sitio o al estado de conservación de los factores ambientales: agua, suelo, aire, flora y fauna, del medio donde se pretende ejecutar una determinada actividad, obra o proyecto, es decir, la capacidad del medio para asimilar o neutralizar los impactos potenciales a ser generados por actividades humanas y del mayor o menor tiempo que éste requiere para su recuperación sin intervención exógena.

²⁷ Reglamento General de la ley de Medio Ambiente, Art.22

Naturaleza del impacto potencial.

Es el criterio que está relacionado al tipo de proceso a realizar y al riesgo potencial asociado a la misma.

Siendo el fin del proceso de categorización el dividir los proyectos de acuerdo a su tamaño y por consecuencia a la naturaleza del impacto ambiental que este efectúe, todo esto para definir la clase de documentación ambiental que el titular de las actividades debe presentar, dinamizando así el protocolo de evaluaciones de impacto medioambiental, siendo estos el conjunto de procedimientos que emite el Estado, con el fin de evaluar los impactos que la ejecución de una determinada obra, actividad o proyecto puedan causar sobre el medioambiente.

La categorización establecida por el documento: “Categorización de actividades, obras o proyectos conforme a la Ley del Medio Ambiente” emitido en el año 2012 para incluir proyectos desarrollados por medio de energía solar, caso particular de estudio, al igual que una breve explicación referente a la normativa hecha por la actualización en el año 2017 se presentan a continuación:

3.4.1 GRUPO A: Categoría de actividades, obras o proyectos con impacto ambiental potencial bajo (PIAB).

En esta categoría [14], se establecen aquellas actividades, obras o proyectos cuyos impactos ambientales potenciales a ser generados en los componentes del medio receptor (suelo, aire y agua) y a la salud de la población o bienestar humano, se prevé serán bajos, es decir, aquellos cuyos impactos potenciales en el medio, sean simples e inmediatos, por tanto “No Requieren Presentar Documentación Ambiental”. Por lo que se categorizará de acuerdo a lo establecido en el artículo 22 del Reglamento General de la Ley del Medio Ambiente.

En el enfoque de actividades, obras o proyectos destinados al aprovechamiento de la energía solar para la generación de calor o energía eléctrica, ofrece la siguiente definición: “...se entenderá como aprovechamiento de la energía solar el conjunto de obras, instalaciones y operaciones técnicas que permitan utilizar la radiación y calor solar mediante las tecnologías solar fotovoltaica, solar térmica concentrada y termo solar, en sistemas aislados o conectados a la red eléctrica de distribución, con el objeto de generar electricidad o calor ya sea para autoconsumo, con o sin almacenamiento eléctrico, y/o para la cogeneración de energía.”

Y todo proyecto bajo esta categoría será toda Instalación de paneles solares fotovoltaicos u otros dispositivos para captar la energía solar hasta 100 kW en

edificaciones existentes, es decir, en viviendas unifamiliares, condominios multifamiliares horizontales o en altura, centros comerciales, educativos y naves industriales u otras instalaciones ya existentes, ya sea para autoconsumo y/o conectado a la red. Ante esto los titulares de las actividades, obras o proyectos contemplados en este Grupo, únicamente deberán obtener de la autoridad competente, el permiso o autorización correspondiente; quien previo a otorgarla requerirá del MARN notificación de la Categorización respectiva.

3.4.2 GRUPO B Categoría 1: Categoría de actividades, obras o proyectos con impacto ambiental potencial leve (PIAL).

En esta categoría se establecen aquellas actividades, obras o proyectos que generen impactos ambientales potenciales leves, es decir, aquellos que por su relación causa-efecto, interacción de acciones, su persistencia y capacidad de recuperación del medio receptor, se prevé no deterioraran el medio ambiente ni pondrán en peligro la salud humana y la calidad de vida de la población. Por lo que se categorizará de acuerdo a lo establecido en el artículo 22 de la Ley del Medio Ambiente. En este caso el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales emitirá la resolución de No Requerir Elaborar Estudio de Impacto Ambiental, a través del Formulario Ambiental debidamente completado y con la información anexa que con él se solicite. En esta categoría se comprenden proyectos de hasta 5 hectáreas de área a utilizar por toda Instalación de paneles solares fotovoltaicos u otros dispositivos para captar la energía solar hasta 5 MW, comprendiendo terrenos con cobertura vegetal, comprendiendo está a: Pastizales, cañales y otras áreas abiertas con cobertura arbustiva y/o arbórea, hasta 10 árboles cuyo diámetro (DAP) sea igual o mayor a 20 cm.

3.4.2.1 GRUPO B Categoría 2: Grupo de actividades, obras o proyectos con potencial impacto ambiental moderado o alto (PIAMA).

En esta Categoría se establecen aquellas actividades, obras o proyectos que generen impactos ambientales potenciales moderados o altos, es decir, aquellos cuyos impactos potenciales en el medio, son de gran extensión, permanentes, irreversibles, acumulativos, sinérgicos, debiendo determinar respectivas medidas ambientales que los prevengan, atenúen y compensen según sea el caso. Por lo que se categorizará de acuerdo a lo establecido en el artículo 22 del Reglamento General de la Ley del Medio Ambiente. Las actividades, obras o proyectos incluidos en esta Categoría, deberán presentar un Estudio de Impacto Ambiental. El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales emitirá una Resolución determinando que se requiere de la elaboración de dicho documento, para lo cual

se anexarán los Términos de Referencia correspondientes. De esta Resolución, el titular de la actividad, obra o proyecto, podrá interponer el Recurso de Revisión, si así lo requiriera, basado en el Art. 97 de la Ley del Medio Ambiente. En esta categoría se comprenden proyectos mayores de 5 hectáreas de área a utilizar por toda Instalación de paneles solares fotovoltaicos u otros dispositivos para captar la energía solar mayor a 5 MW, comprendiendo terrenos con cobertura vegetal arbórea, mayor de 10 árboles con diámetro (DAP) igual o mayor de 20 cm.

Cabe mencionar que después de ser aprobado el Estudio de Impacto Ambiental (Requerido para los PIAMA) y basados en el artículo 35 de la Ley de Medio Ambiente, se requiere una Fianza de Cumplimiento Ambiental al Titular del proyecto, a fin de que el MARN emita el Permiso Ambiental definido en los artículos 19 y 20 de la misma ley. La fianza será liberada siempre y cuando las obras o inversiones se hayan realizado en la forma establecida. Para lo anterior será necesario que el Ministerio, a solicitud del titular y previa Auditoría de Evaluación Ambiental satisfactoria, emita resolución favorable. En caso contrario, el Ministerio hará efectiva la Fianza de Cumplimiento.

3.4.3 Pasos para la interpretación de los criterios de categorización

Para interpretar la categoría en la que se encuentra una actividad, obra o proyecto, se debe utilizar el procedimiento establecido por el documento en estudio.

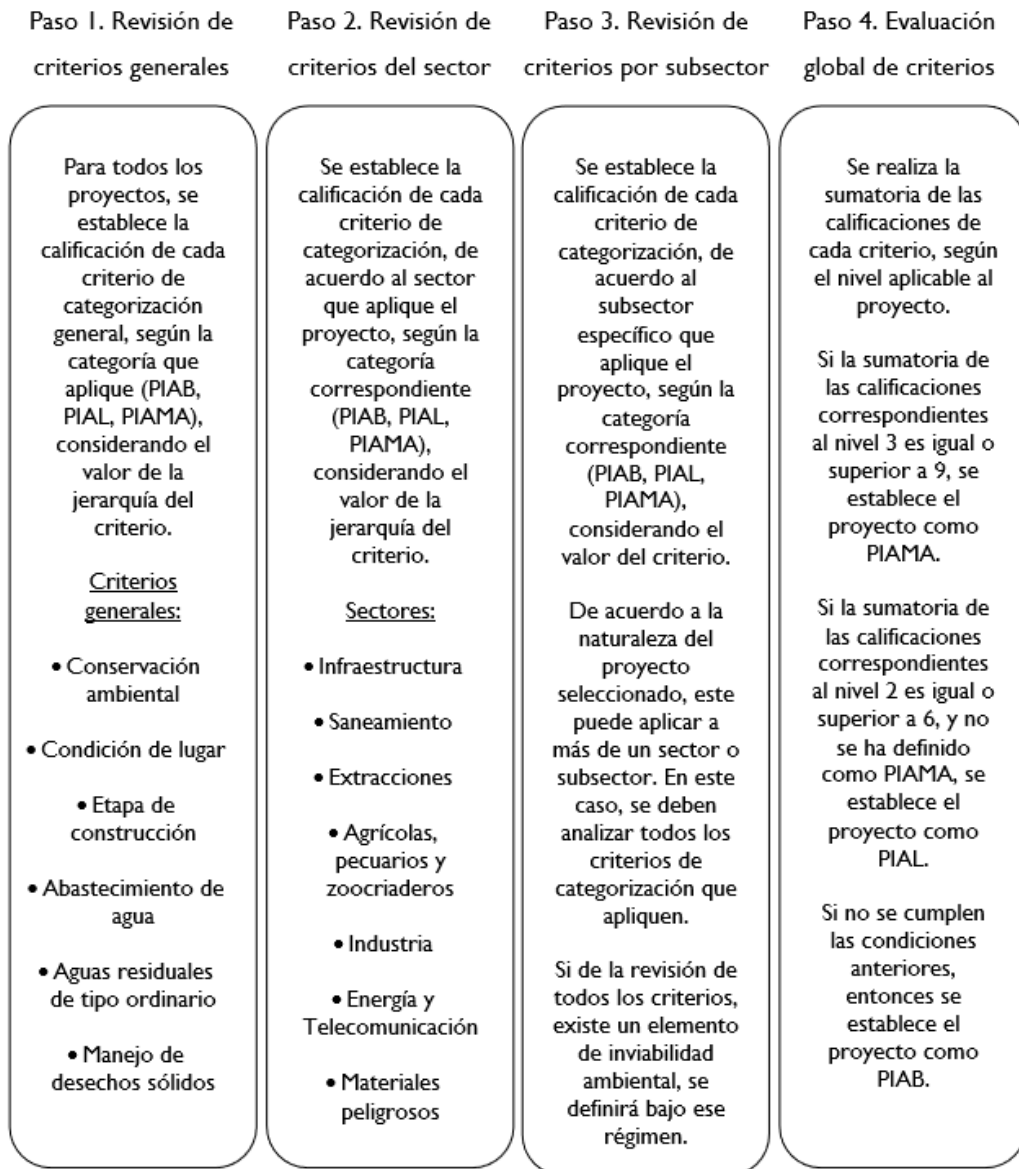


Figura30. Pasos para la interpretación de los criterios de categorización.

3.5 NORMATIVA REFERENTE A LOS INCENTIVOS FISCALES

La “Ley de incentivos fiscales para el fomento de las energías renovables en la generación de electricidad” referente a la “Normativa técnica para caracterizar los

proyectos que aprovechan las fuentes renovables en la generación de energía eléctrica” que SIGET ha elaborado, regula todos los beneficios fiscales que se otorgan a las actividades correspondientes a los proyectos de instalación de centrales para la generación de energía eléctrica a partir de recursos hidráulicos, geotérmicos, eólicos, solares y de biomasa.

Esta reforma de ley ha ampliado los beneficios e incentivos fiscales relacionados a los costos y gastos de la inversión correspondientes, sean estos, para nuevas inversiones en proyectos de instalación de centrales, para la generación de energía eléctrica o en proyectos de ampliación de centrales de generación ya existentes, que utilicen fuentes renovables de energía, tales como: hidráulicas, geotérmicas, eólicas, solares, marinas, de biogás y la biomasa, así como cualquier otra fuente, que a futuro, sea identificada como renovable para la generación de energía eléctrica.

Algunos de los beneficios e incentivos fiscales que estos proyectos gozarán los define el artículo 3 de dicha Ley, entre estos están:

1. Durante los 10 primeros años, los proyectos gozarán de exención total del pago de los derechos arancelarios sobre la importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos, destinados exclusivamente para labores de pre-inversión y de inversión, en la construcción y ampliación, en la constitución o ampliación, de la subestación, la línea de transmisión o subtransmisión, necesaria para transportar la energía desde la central de generación hasta las redes de transmisión y/o distribución eléctrica.
2. Los ingresos derivados directamente de la generación de energía basada en fuente renovable, gozarán de exención total del pago del Impuesto sobre la Renta, por un período de 5 años en caso de los proyectos superiores de 10 MW; y de 10 años, en caso de proyectos menores a 10 MW, en ambos casos, tomados en cuenta a partir del ejercicio fiscal en que obtengan ingresos derivados de la generación de energía.

Norma técnica para caracterizar los proyectos que aprovechen las fuentes renovables en la generación eléctrica N° 162-E-2012.

3. Exención total del pago de todo tipo de impuesto, sobre ingresos, provenientes directamente de la venta de las “Reducciones Certificadas de Emisiones (RCE)” en el marco del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kyoto, o mercados de carbono similares, obtenidos por los proyectos calificados y beneficiados conforme a la Ley de Incentivos Fiscales para el Fomento de las Energías Renovables en la Generación de Electricidad.

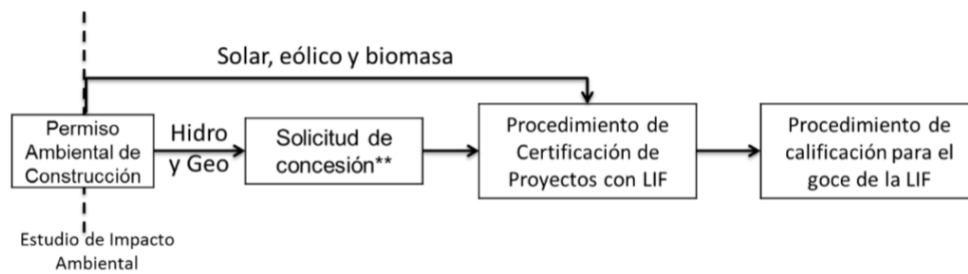


Figura31. Secuencia de etapas para aplicar a la ley de incentivos fiscales.

Estos incentivos fiscales van acorde a la capacidad instalada, la distribución, periodos de tiempo y tipo de exoneración se presentan a continuación:

INCENTIVOS FISCALES PARA LA DIFERENTES RANGOS DE CAPACIDAD INSTALADA ²⁸

| | <u>Incentivo Fiscal</u> | <u>Periodo de tiempo</u> | <u>Detalles</u> |
|---------------------|--|---|--|
| Menores a 10 MW | - Exención del pago de los Derechos Arancelarios | 10 primeros años | Maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para labores de preinversión y de inversión en la construcción de las obras de las centrales y de la línea de transmisión. |
| | - Exención del pago del Impuesto Sobre la Renta | 10 años a partir de la entrada en operación comercial | En los ingresos anuales por ventas de energía. |
| Entre 10 MW y 20 MW | - Exención del pago de los Derechos Arancelarios | 10 primeros años | Maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para labores de preinversión y de inversión en la construcción de las obras de las centrales y de la línea de transmisión. |
| | - Exención del pago del Impuesto Sobre la Renta | 5 años a partir de la entrada en operación comercial | En los ingresos anuales por ventas de energía. |
| Mayor a 20 MW | - Exención del pago del Impuesto Sobre la Renta | Período máximo de 10 años | En lo referente a costos de investigación, exploración y preparación de proyectos así como reinyección geotérmica. |

Tabla8. Incentivos fiscales según capacidad instalada.

Ley de incentivos fiscales N° 162-E-2012

²⁸ ley de incentivos fiscales para el fomento de las energías renovables en la generación eléctrica ,Art 3

CAPITULO 4 DESARROLLO DEL ESTUDIO

4.1 MEJORAS ENERGÉTICAS

Al iniciar el desarrollo del estudio, es necesario definir las líneas de acción y los objetivos que se pretenden alcanzar con la puesta en marcha del proceso de mejora. Para ello resulta necesario determinar aspectos importantes dentro de las instalaciones, aspectos como patrones de consumo, perfiles de carga, uso de la energía e identificación de áreas de mayor consumo. Cuando se habla de mejoras energéticas se da por hecho que estas son precedidas de inversiones financieras, dichas mejoras pretenden aumentar la eficiencia de las plantas de producción, es decir con ellas logramos reducir el número de desperdicios o malos aprovechamientos de la energía para los diferentes rubros con que cuenten las organizaciones.

4.1.1 SITUACIÓN ACTUAL ENERGÉTICA

Cuando se realiza una auditoria energética es necesario estimar la situación actual de la organización, es decir, hacer una revisión de los consumos, revisión de equipos, levantamiento de inventarios, y otras actividades similares podremos estimar la situación o estado de una organización.

Para los fines de este estudio, se desarrollara como ejemplo el caso de una empresa hipotética del rubro de la elaboración de plásticos, procederemos a evaluar algunos aspectos para estimar su situación actual.

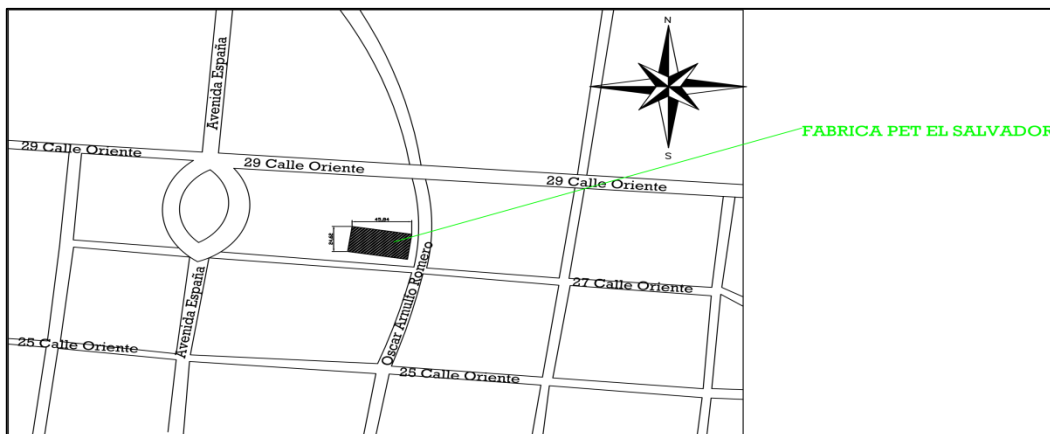


Figura32. Ejemplo de acción de mejora continua para una empresa.

Como primer paso, es necesario conocer las dimensiones físicas de la planta, y con ello determinar su área de instalación, para el ejemplo en cuestión la planta industrial de plásticos cuenta con las siguientes dimensiones:

DIMENSIONES FISICAS DE LA PLANTA
LARGO 45 m
ANCHO 20 m
AREA DE INSTALACION 900 m²

Como siguiente paso, se identifican los diferentes consumos y áreas de mayor demanda, la planta cuenta con su propia matriz de consumo energético, y el recopilado de consumos energéticos mensuales de la instalación, se identifican las primero áreas desde el mayor hasta el menor consumo, hasta totalizar el total, en este caso se obtiene como primer parámetro la maquina extrusora de plástico y luego el consumo total de la planta.

| Año | kwh total |
|--------|-----------|
| ene-14 | 22789 |
| feb-14 | 21839 |
| mar-14 | 22863 |
| abr-14 | 22265 |
| may-14 | 23629 |
| jun-14 | 23410 |
| jul-14 | 22168 |
| ago-14 | 17503 |
| sep-14 | 19403 |
| oct-14 | 19451 |
| nov-14 | 20657 |
| dic-14 | 20268 |

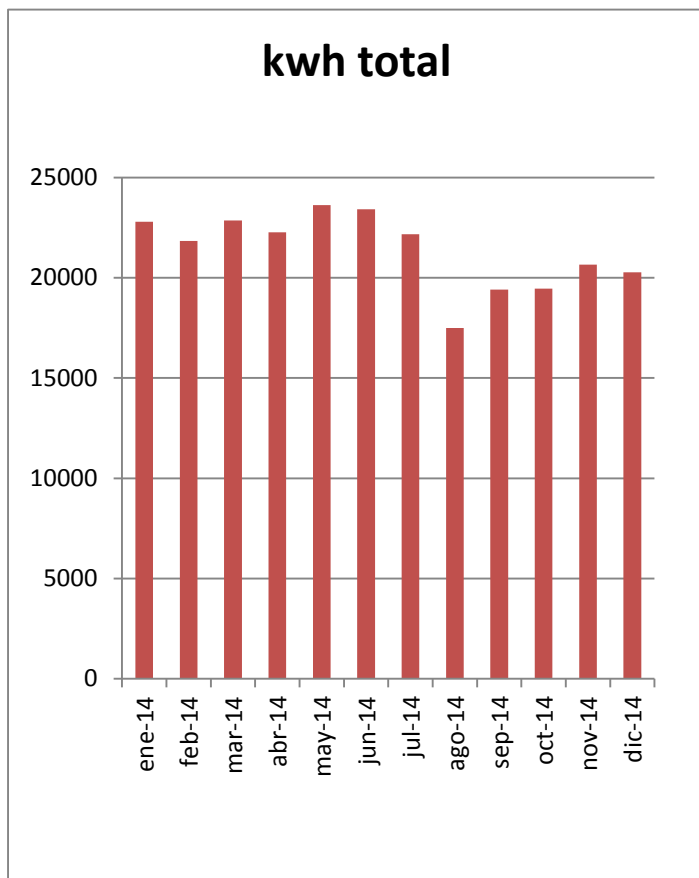


Tabla9. Matriz de consumo energético de la planta.

Una vez determinados los consumos de totales de la instalación industrial, se debe recopilar la información necesaria para su posterior estudio, esta información necesaria serán los inventarios, perfiles de carga, datos de producción y todo lo referente a valores energéticos y de producción.

Con ello se identificarán y sectorizarán las áreas y equipos que más consumo generan, definiéndolos como consumidores significantes, este paso determinará cuáles serán las áreas o sectores en las que deben enfocarse las acciones de mejora energética, llamadas también acciones de eficiencia energética.

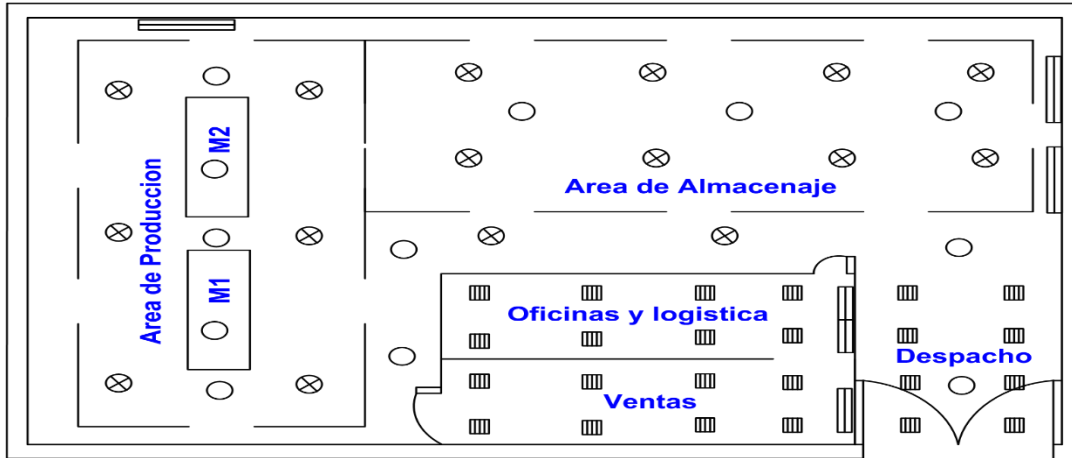


Figura33. Identificación de áreas de la planta.

Al identificar las diferentes áreas, se recopila la información obtenida de los inventarios realizados en cada área.

| producción | | | | |
|--------------|------------|--------------|--------------|---------------|
| Rubro | Nº Equipos | KW Total | horas de uso | Kwh |
| maquina | 1 | 64 | 7 | 448 |
| uso general | 1 | 11,19 | 3 | 33,57 |
| luminaria | 7 | 2,8 | 12 | 33,6 |
| ventilación | 1 | 2,24 | 8 | 17,92 |
| total | | 80,23 | | 533,09 |

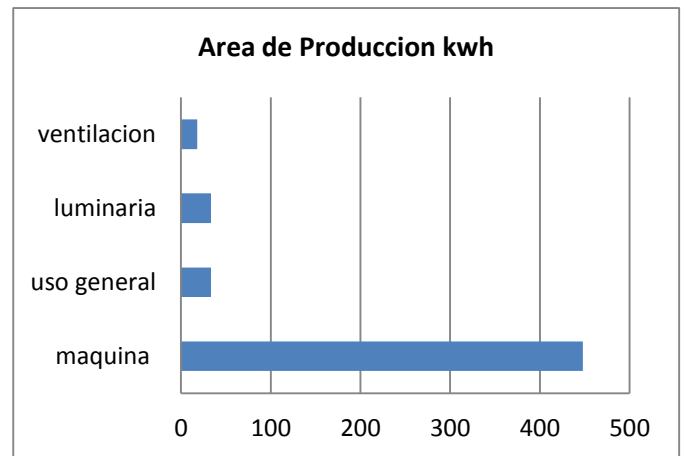


Tabla 10. Información de Área de producción¹.

| almacenaje | | | | |
|--------------|------------|-------------|--------------|--------------|
| Rubro | N° Equipos | KW Total | horas de uso | Kwh |
| iluminación | 9 | 3,6 | 15 | 54 |
| ventilación | 2 | 4,47 | 8 | 35,76 |
| total | | 8,07 | | 89,76 |

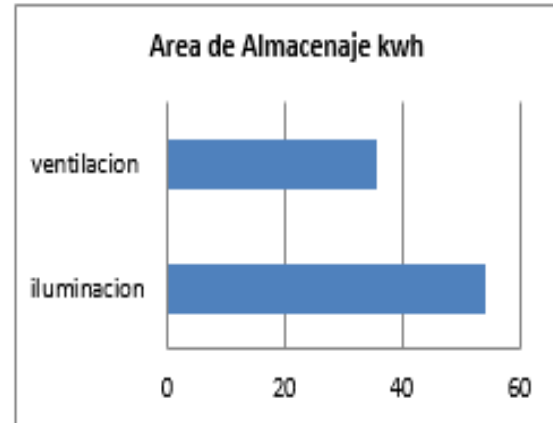


Tabla11. Informacion de Area de Almacenaje.

| Oficina | | | | |
|---------------|------------|--------------|--------------|---------------|
| Rubro | N° Equipos | KW Total | horas de uso | Kwh |
| iluminación | 8 | 0,768 | 12 | 9,216 |
| uso general | 1 | 3 | 9 | 27 |
| refrigeración | 1 | 2,98 | 8 | 23,84 |
| total | | 6,748 | | 60,056 |

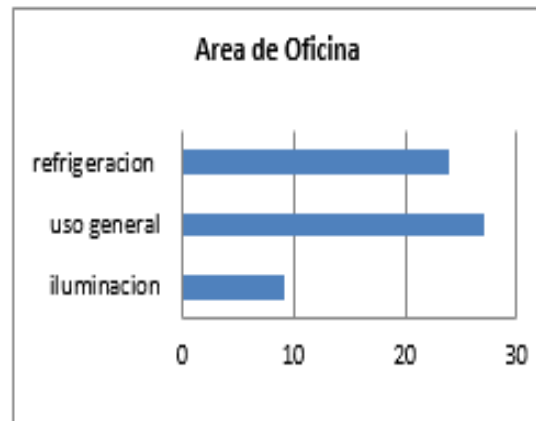


Tabla12. Información de Área de Oficina³.

| Oficina | | | | |
|---------------|------------|--------------|--------------|---------------|
| Rubro | N° Equipos | KW Total | horas de uso | Kwh |
| iluminación | 8 | 0,768 | 12 | 9,216 |
| uso general | 1 | 3 | 9 | 27 |
| refrigeración | 1 | 2,98 | 8 | 23,84 |
| total | | 6,748 | | 60,056 |

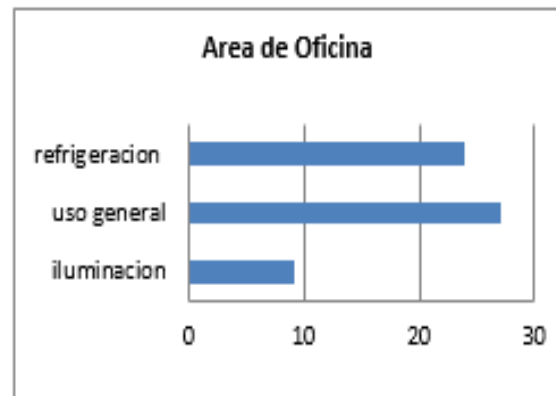


Tabla13. Información de Área de Ventas. Fuente: creación propia^{1, 2,3}

Con los datos obtenidos, se realiza la matriz de consumo energético, por áreas de consumo, como resultado del ejemplo, el consumidor más significativo es la maquina extrusora de plástico.

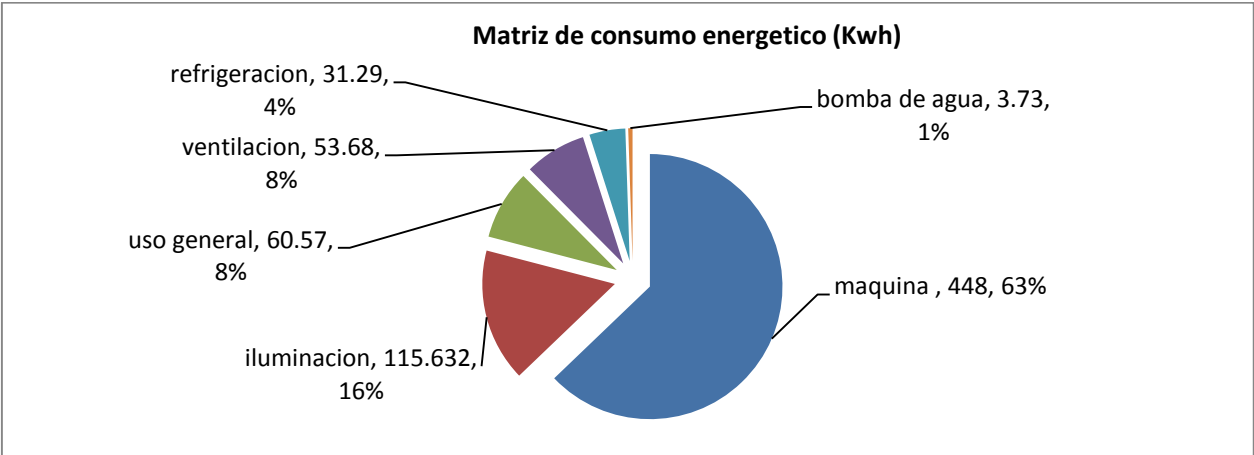


Figura34. Matriz de Consumos de energía conglomerado

Una vez se ha identificado el consumidor más significativo es preciso poder definir un estudio más detallado de dicha área ya que son estas las que demandan mayor atención.

En el ejemplo se presenta que el consumo más relevante se encuentra en el área de producción, esto es debido a la maquinaria instalada y su potencia de operación. Sin embargo, cabe mencionar que el área de logística también cuenta con alto consumo de energía, esto es porque los horarios de operación de la planta son prolongados.

Un estudio detallado de significancias de los consumos energéticos se realiza con un diagrama de Pareto, el cual brindara la identificación de cuál es el grado de importancia según el área en estudio.

En el ejemplo en cuestión los datos a ocupar y el diagrama de Pareto correspondiente, se muestran a continuación:

| Rubro | kW | kwh | % Acumulado |
|---------------|-------|---------|-------------|
| maquina | 64 | 448 | 62,84% |
| iluminación | 9,136 | 115,632 | 79,06% |
| uso general | 14,19 | 60,57 | 87,56% |
| ventilación | 6,71 | 53,68 | 95,09% |
| refrigeración | 4,47 | 31,29 | 99,48% |
| bomba de agua | 0,746 | 3,73 | 100,00% |

Tabla14. Distribución del uso de la energía.

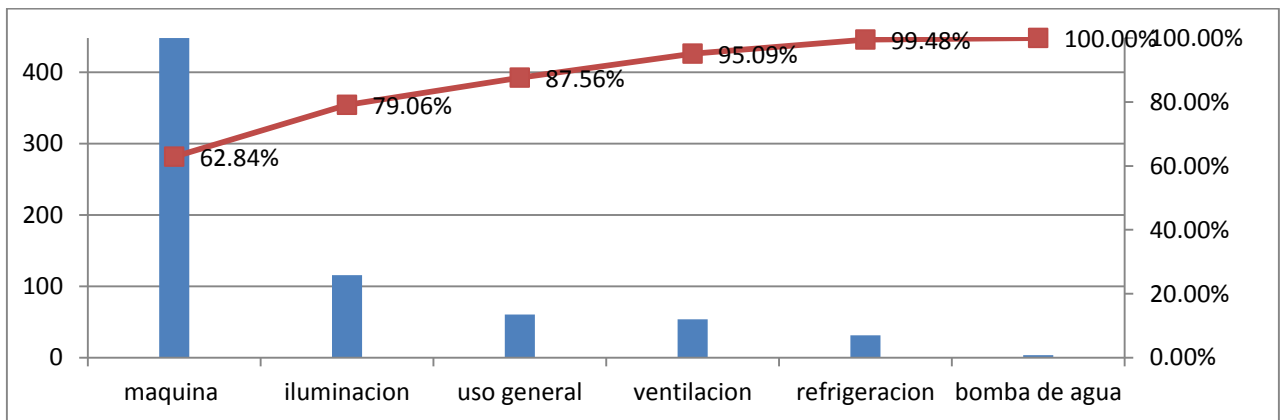


Figura35. Diagrama de Pareto de uso de la energía.

Como se observa en el grafico anterior el Pareto es una herramienta que demuestra que el 80 % de las consecuencias de un fenómeno en este caso el consumo de energía es provocado por el 20 % de las causas.

Para el caso de estudio el diagrama de Pareto muestra que de todas las áreas investigadas, el mayor consumo energético (80%) se da por la maquina extrusora e iluminación, por lo cual el estudio se concentrara específicamente en estos puntos.

A continuación se detallara más a profundidad el comportamiento de esa máquina extrusora, su comportamiento y como detallar la línea base y un indicador de desempeño energético de la misma.

En base a los consumos de energía presentados en la tabla siguiente muestra el consumo total más el consumo de la maquina extrusora para ver los parámetros representativos de esta máquina en la planta industrial

| Año | KG Extrusión | KWH Extrusión | kwh total |
|--------|--------------|---------------|-----------|
| ene-14 | 45222,14 | 16398,93 | 22789 |
| feb-14 | 45145,67 | 16624,35 | 21839 |
| mar-14 | 48420,00 | 18134,18 | 22863 |
| abr-14 | 45570,00 | 17694,80 | 22265 |
| may-14 | 51150,00 | 18814,25 | 23629 |
| jun-14 | 41940,00 | 15847,85 | 23410 |
| jul-14 | 38460,00 | 15049,18 | 22168 |
| ago-14 | 26040,00 | 9622,28 | 17503 |
| sep-14 | 41730,00 | 15559,46 | 19403 |
| oct-14 | 35412,00 | 12853,47 | 19451 |
| nov-14 | 35168,40 | 13434,48 | 20657 |
| dic-14 | 35023,80 | 12656,54 | 20268 |

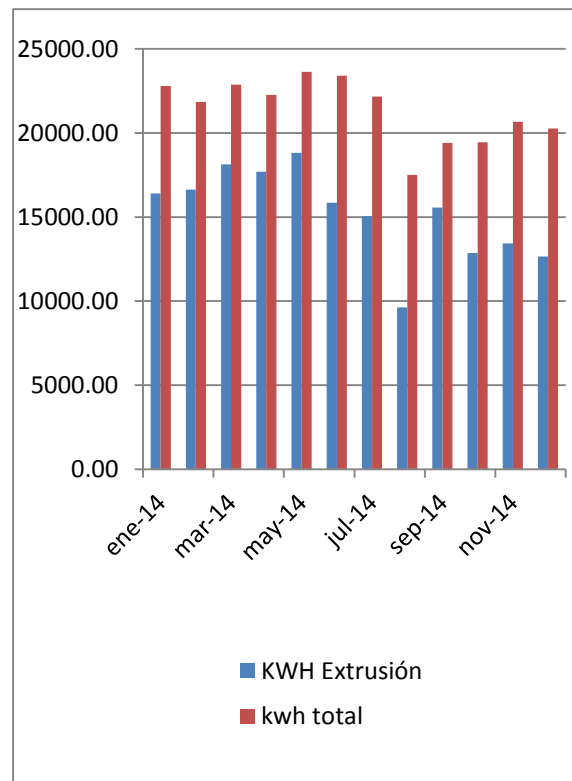


Tabla15. Datos representativos de maquina extrusora de plástico.

Al efectuar el perfil de carga de la planta industrial se determina el consumo total, que viene dado por el consumo de la maquina extrusora más el consumo de las demás cargas, por lo que será este punto donde se concentrara el mayor esfuerzo para mejorar el desempeño de esta máquina con lo que se busca obtener una mejora energética a corto plazo.

Para ello como primer paso, con los datos recopilados de las diferentes auditorias, se tienen los datos de producción y consumo eléctrico de esta máquina, esta información permitirá obtener un modelo estadístico del comportamiento de esta variable en el tiempo, con el objetivo de tener un parámetro de comparación del desempeño y resultados de las mejoras a realizar para dicha máquina.

Se estima el perfil de carga de la máquina para observar el comportamiento de la demanda en el tiempo.

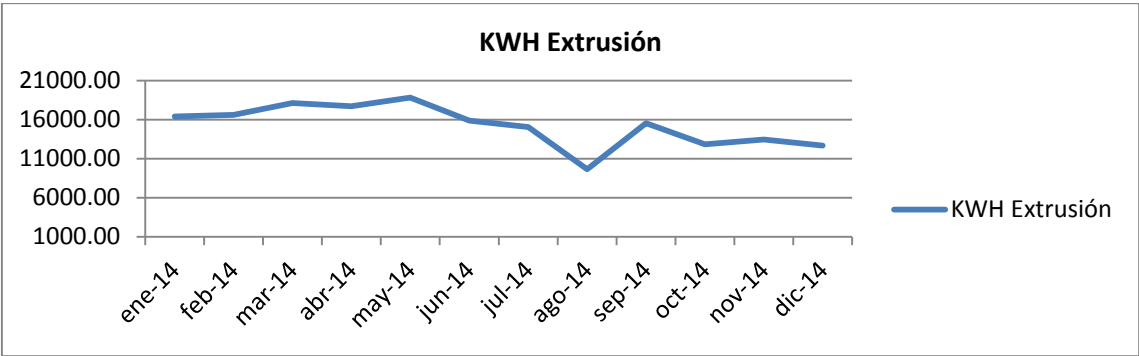


Figura36. Perfil de carga de la máquina de extrusión de plástico.

Una vez estimado el comportamiento de la carga se determina cómo es el comportamiento de la producción y del propio consumo de energía para ver cómo se relacionan estas dos variables.



Figura37 Comportamiento del consumo de energía y producción de la extrusora de plástico. [29]

Con el gráfico anterior se observa una simetría, esto nos indica que para cierto nivel de producción hay cierto consumo de energía requerido. En este caso la dispersión de datos es muy baja con lo cual podemos obtener un coeficiente de determinación en el cual sustentara el modelo estadístico para futuras predicciones de consumo de energía basado en la producción de la máquina.

Para el ejemplo en cuestión se comparan los datos de producción y consumo para el mismo tiempo y realizamos la regresión que más se ajuste a estos datos en cuyo caso de estudio nos da una regresión lineal el cual se presenta a continuación.

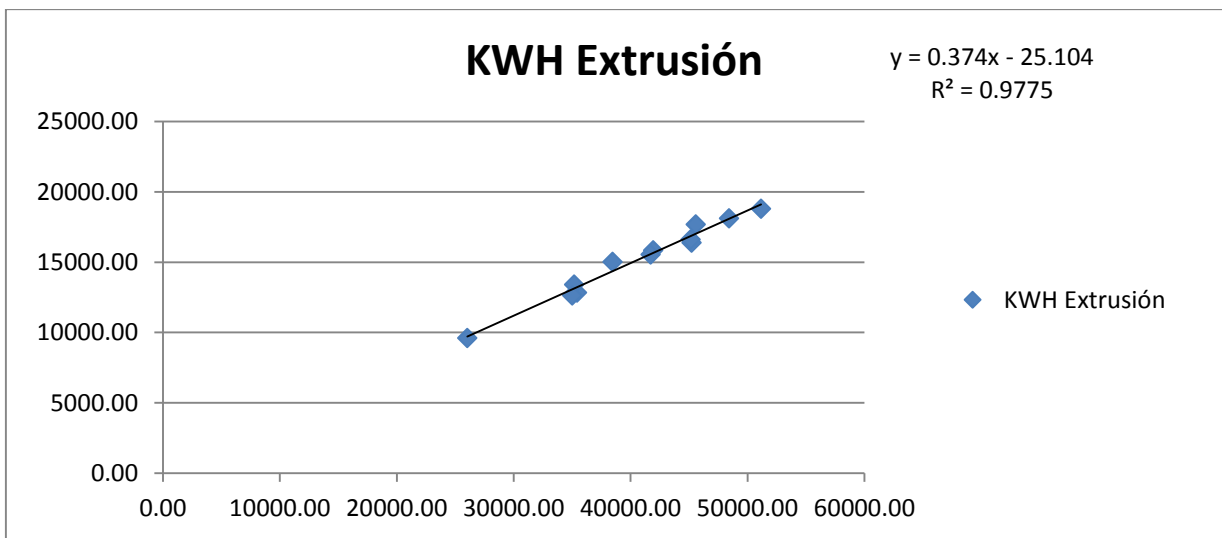


Figura38. Regresión lineal de los datos de producción vs. Energía. [29]

En este caso se define una sola variable como relevante para el consumo de energía, pero podríamos estimar un caso más riguroso en el cual no solo nuestro consumo sea relevante si no también puedan influir otras variables las cuales afecten específicamente el consumo energético.

Para nuestro caso tenemos una ecuación la cual representado por la regresión anterior la cual dicta

Que el consumo: $kwh = 0.374 * producción - 25.104$ el cual tiene un coeficiente de Pearson, $R^2 = 0.9775$

El cual de determina que es de buena calidad el modelo estadístico. Si se estima una producción con un crecimiento del 20% entre esos 3 años:

| | | | |
|-----|-----------|----------|---------------------------------|
| S | 35023,80 | 35023,80 | $C = [(F/S)^{(1/Y)} - 1] * 100$ |
| F | 60372,70 | 60372,70 | |
| Y | 2017-2014 | 3 | |
| 20% | | | |

Tabla16. Ecuación representada por regresión matemática.

Los resultados obtenidos a partir de la siguiente simulación todo a partir de los datos tomados de la información recolectada. Esto lleva a aseverar que con el modelo estadístico se puede determinar cuánto podría ser el ahorro estimado en los 3 años de estudio y también el consumo energético:

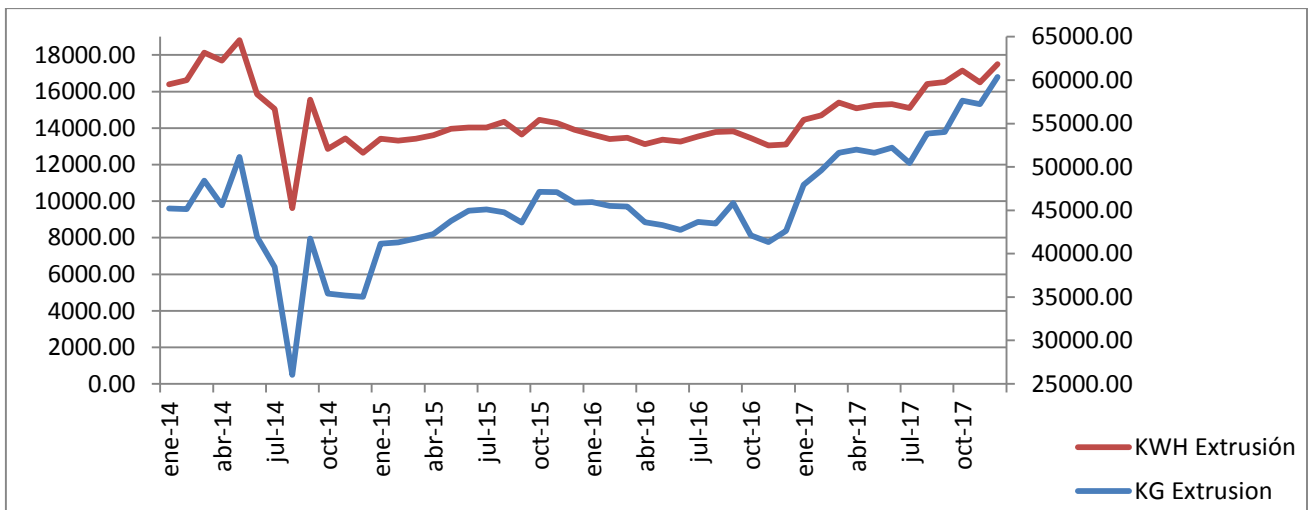


Figura39. Muestra el comportamiento del consumo energético y la producción sin hacer ningún cambio en la máquina. [29]

4.1.2 DISEÑO DE LOS Enpis y Enb

En base a lo anterior se procede a estimar la Línea base energética e indicadores de desempeño energético [6] [9] [13] [29], esto con la finalidad de interpretar el posible panorama de los resultados obtenidos, revisando las variaciones del rendimiento energético.

En el ejemplo en cuestión partiendo de los datos de su perfil de carga, consumos energéticos, datos de producción y la representación de la regresión lineal, se puede estimar la línea base de rendimiento, la cual muestra el desempeño de la maquinaria a partir de las mejoras energéticas aplicadas este análisis será de

suma importancia ya que con esto se especifican valores como el modelo estadístico, el consumo real o actual, el ahorro y el porcentaje de ahorro.

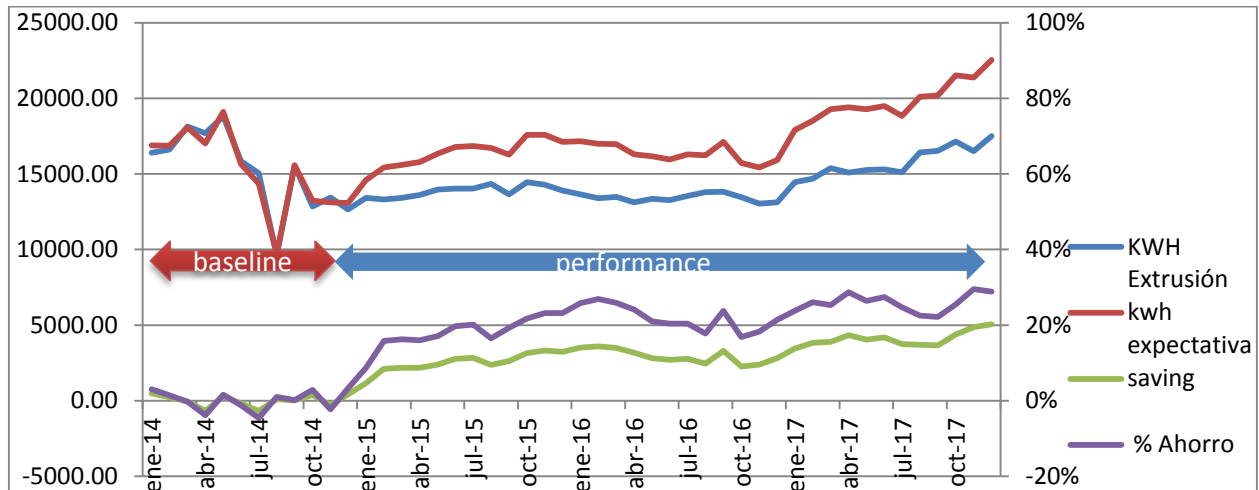


Figura40. Línea base y grafico de ahorro [29]

La explicación del grafico anterior se presenta a continuación:

*La línea de color rojo o línea superior, representa el consumo esperado y es calculado en base al modelo estadístico en este caso en particular solo depende del valor de la producción.

*La línea de color azul representa el consumo actual de la planta industrial aplicando los métodos de eficiencia energética.

*La línea color morado específico el porcentaje de ahorro en el tiempo, en el ejemplo desarrollado se estiman mejoras de ahorro en un total de 29% para el tercer año.

*La línea de color verde o línea inferior representa el ahorro estimado, que es la diferencia entre el consumo esperado y el actual (ahorro = esperado – actual), el cual para el final del tercer año tiene un valor de 5050 kwh.

Una vez determinada la línea base se puede determinar el indicador de desempeño energético, para poder representar nuestro desempeño especificaremos los kwh consumidos vs. Los Kg extruidos por la maquina extrusora.

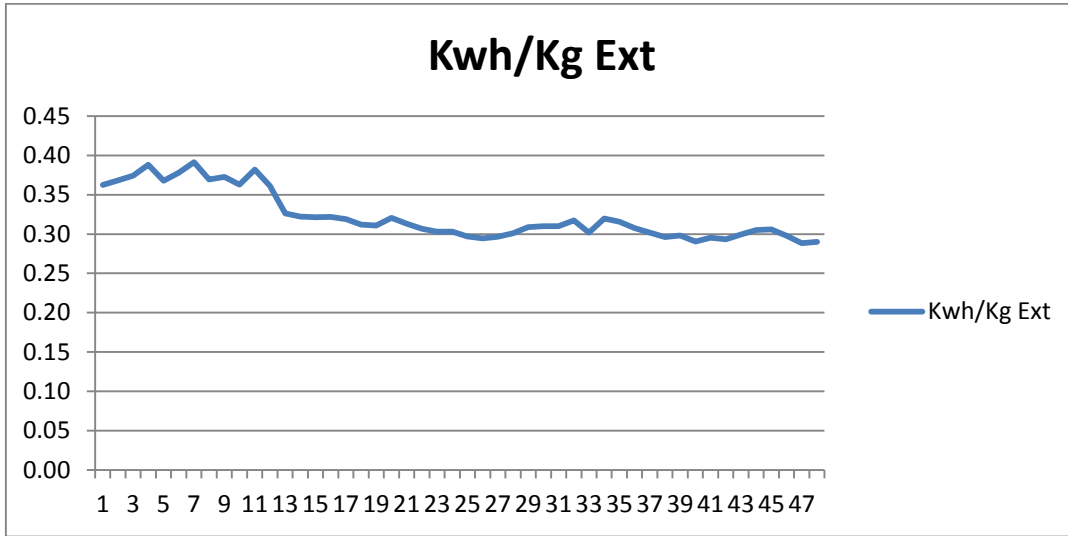


Figura41. La gráfica del indicador de desempeño energético [29]

El Índice de intensidad energética es una relación del consumo real entre el esperado. Este índice especifica en cuanto se está disminuyendo el consumo real de la planta y cuanto sería el consumo que es esperaría sin que se realizara ninguna mejora energética. Con ello se determina la relación consumo-ahorro, es decir, que si el valor obtenido está por encima del índice de intensidad se tiene como resultado un consumo mayor de lo esperado y si el valor obtenido está por debajo del índice esto implicaría un ahorro o una mejora.

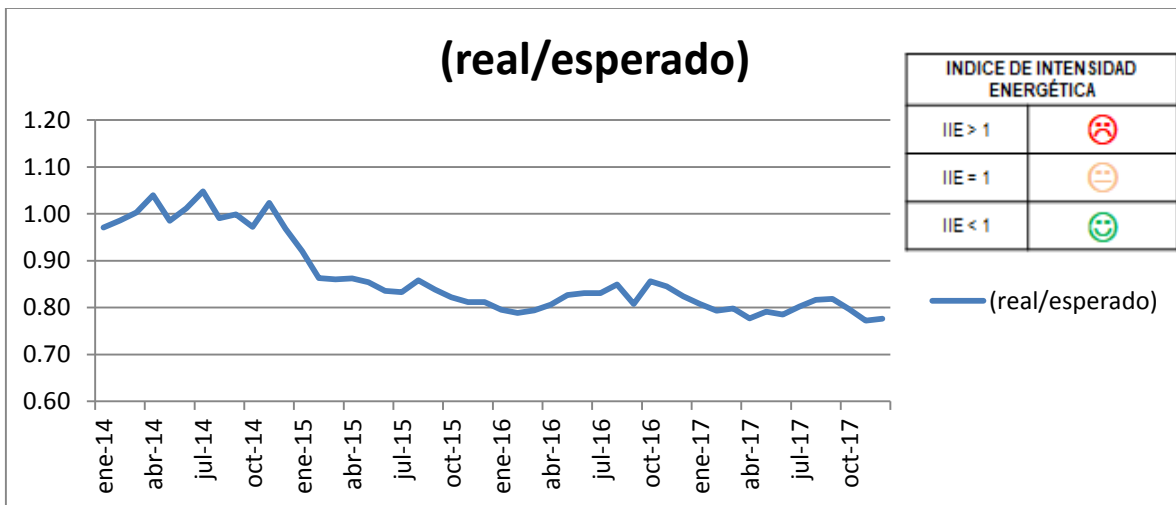


Figura42. Índice de intensidad energética.

4.2 FUENTES DE GENERACION.

Como complemento del proceso de mejora energética, resulta viable estudiar el beneficio recibido por una generación de energía propia, como la investigación presente se enfoca en fuentes de generación de energía por fuentes renovables no convencionales, el ejemplo en cuestión presentara un análisis en función de la instalación de un sistema de generación fotovoltaica, se presentan diferentes tipos de escenarios los cuales brindan un panorama detallado desde los parámetros de inversión hasta los ahorros recibidos.

Como primer paso, se establecen parámetros fundamentales como lo son el área y ubicación de la planta, estos datos resultan relevantes para definir la generación neta del sistema a instalar, siendo los parámetros de ubicación los datos que nos brindan el análisis de irradiación en el año y el área los parámetros de dimensionamiento del sistema.

Los datos de la planta ejemplificada son:

| | |
|------------------|-------------------------------|
| UBICACIÓN | LAT: 13.73 LON: -89.21 |
| AREA | 900 m² |

Con estos parámetros se inicia la investigación referente a las condiciones meteorológicas del lugar, todo esto para prever de la manera más acertada los valores de generación de energía por el sistema en evaluación, esto debido a que la tecnología a aplicar depende totalmente de las condiciones climáticas, para el caso del sistema fotovoltaico datos como la radiación y la temperatura serán los valores principales a indagar, ya que de ellos depende la estimación de la energía a generar.

Los valores meteorológicos anuales del lugar, estos valores se presentan a continuación:

| | Unidad | Ubicación de datos meteorológicos | Localización de la instalación | Fuente |
|--|--------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------|
| Latitud | | 13,7 | 13,7 | |
| Longitud | | -89,2 | -89,1 | |
| Zona climática | | 1A - Muy caliente - Húmedo | | |
| Elevación | m | 698 | 618 | Suelo - NASA |
| Temperatura de diseño de la calefacción | *C | 16,0 | | Suelo - Suelo |
| Temperatura de diseño del aire acondicionado | *C | 32,4 | | Suelo |
| Amplitud de la temperatura del suelo | *C | 6,1 | | NASA |

| Mes | Temperatura del aire *C | Humedad relativa % | Precipitación mm | Radiación solar diaria - horizontal kWh/m ² /d | Presión atmosférica kPa | Velocidad del Viento m/s | Temperatura del suelo *C | Días-grado de calentamiento 18 *C | Días-grado de enfriamiento 10 *C |
|---------------|----------------------------|-----------------------|---------------------|--|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Enero | 23,3 | 65,0% | 20,18 | 4,88 | 94,8 | 4,6 | 26,5 | 0 | 413 |
| Febrero | 23,9 | 64,0% | 15,68 | 5,30 | 94,8 | 4,1 | 27,4 | 0 | 389 |
| Marzo | 25,0 | 68,0% | 17,48 | 5,52 | 94,7 | 4,1 | 28,5 | 0 | 465 |
| Abril | 25,6 | 70,0% | 37,02 | 5,46 | 94,7 | 4,1 | 29,3 | 0 | 467 |
| Mayo | 25,0 | 80,5% | 216,45 | 4,73 | 94,6 | 3,6 | 28,3 | 0 | 465 |
| Junio | 24,4 | 82,5% | 287,32 | 4,80 | 94,7 | 2,1 | 27,3 | 0 | 433 |
| Julio | 24,4 | 79,0% | 312,45 | 5,58 | 94,8 | 2,6 | 27,2 | 0 | 448 |
| Agosto | 24,4 | 81,5% | 337,14 | 5,36 | 94,8 | 2,6 | 27,4 | 0 | 448 |
| Setiembre | 23,9 | 85,0% | 327,30 | 4,70 | 94,7 | 2,1 | 26,9 | 0 | 417 |
| Octubre | 23,9 | 81,0% | 270,00 | 4,73 | 94,7 | 3,1 | 26,6 | 0 | 431 |
| Noviembre | 23,9 | 73,5% | 80,21 | 4,81 | 94,7 | 3,6 | 26,6 | 0 | 417 |
| Diciembre | 23,3 | 69,0% | 21,17 | 4,79 | 94,8 | 4,1 | 26,4 | 0 | 413 |
| Anual | 24,3 | 75,0% | 1.942,41 | 5,05 | 94,7 | 3,4 | 27,4 | 0 | 5.205 |
| Fuente | Suelo | Suelo | NASA | Suelo | Suelo | Suelo | NASA | Suelo | Suelo |
| Medido a | | | | | | m | | | |

Figura43. Valores Meteorológicos anuales por RETScreen | Natural Resources Canada

Al analizar los resultados obtenidos, se identifican los valores de irradiación solar los cuales definen un valor promedio anual de 5.05 horas sol pico (HSP), esto quiere decir que en la ubicación de la planta se tienen alrededor de 5 horas durante el día en los que los valores de irradiación equivalen a 1000 W/m², siendo este valor, el parámetro indispensable para la estimación del sistema fotovoltaico.

El criterio para definir el valor de horas sol pico a usar queda sujeto al diseñador del proyecto, en el ejemplo en estudio los análisis se realizaron utilizando el valor más crítico de irradiación, siendo este valor 4.7 HSP.

4.2.1 SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONECTADO A RED COMO FUENTE DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Como se mencionó previamente, en el ejemplo en estudio, se desarrollara el análisis de la instalación de un sistema solar fotovoltaico, esto después de un análisis de pros y contras debidamente realizado. Los factores de mayor incidencia se dan gracias a los valores de alta irradiación con los que cuenta la ubicación geográfica de El Salvador, hacen de la tecnología a aplicar la opción más viable para aplicar.

El esquema básico de un sistema fotovoltaico, se presenta a continuación:

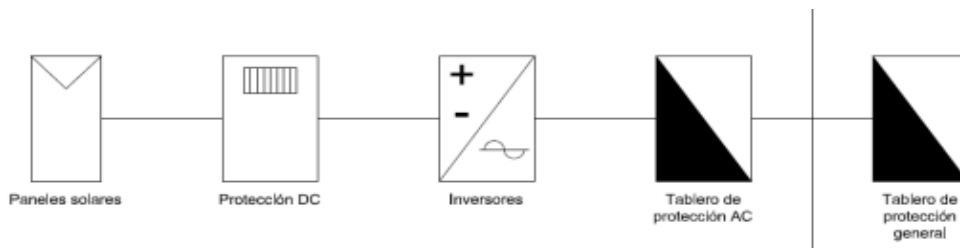


Figura. 44 Esquema básico de un sistema fotovoltaico.

Para llevar a cabo el dimensionamiento del sistema, resulta indispensable, conocer los consumos energéticos de la planta en estudio, esto para definir qué porcentaje de este absorberá el sistema, dicho dimensionamiento se realizara para suplir un 70% del consumo total de la planta.

Partiendo del balance de energía, el tamaño de sistema fotovoltaico para la planta será de una potencia equivalente de 110kw AC o 114.4 kWp. Con estos datos se pueden prever el ahorro obtenido por la reducción de la demanda energética de la red eléctrica de distribución.

El análisis de la relación entre la demanda de energía de la planta en estudio, la producción energética del sistema fotovoltaico, el consumo posterior a la implementación del sistema, el ahorro y excedentes que se podrían generar, se muestran a continuación:

| Mes | Demanda | Generación pv | Consumo posterior | Ahorro | Excedentes |
|--------------|---------------|---------------|-------------------|---------------|--------------|
| Enero | 26.57 | 16.4 | 10.72 | 15.85 | -0.55 |
| Febrero | 21.839 | 16.35 | 7.769 | 14.07 | -2.28 |
| Marzo | 22.863 | 15.53 | 9.243 | 13.62 | -1.91 |
| Abril | 22.265 | 14.64 | 7.645 | 14.62 | -0.02 |
| Mayo | 23.629 | 13.32 | 10.309 | 13.32 | 0 |
| Junio | 23.41 | 12.51 | 10.9 | 12.51 | 0 |
| Julio | 22.168 | 14 | 8.168 | 14 | 0 |
| Agosto | 17.503 | 14.6 | 3.303 | 14.2 | -0.4 |
| Septiembre | 19.403 | 13.63 | 5.863 | 13.54 | -0.09 |
| Octubre | 19.451 | 16.2 | 3.461 | 15.99 | -0.21 |
| Noviembre | 20.657 | 15.87 | 6.357 | 14.3 | -1.57 |
| Diciembre | 20.268 | 14.49 | 7.668 | 12.6 | -1.89 |
| Total | 260.03 | 177.54 | 91.40 | 168.62 | -8.92 |

Tabla17. Relación de resultados obtenidos

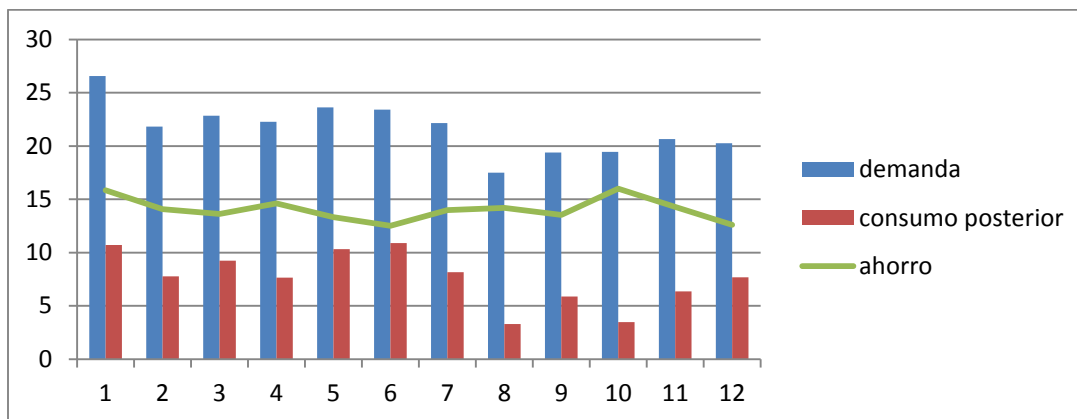


Figura.45 Relación consumo antes y después de instalación del sistema fotovoltaico.

En base a este análisis, los resultados obtenidos reflejan que los ahorros obtenidos en energía son de 168.68 Mwh/año, ahorro energético que se traduce en un valor de \$21920.6 /año.

CAPITULO 5 EVALUACION DE RESULTADOS Y ESTUDIO ECONOMICO

5.1 ASPECTOS LEGALES A TOMAR EN CUENTA PARA LOS PROYECTOS RENOVABLES.

Cuando se realiza el diseño de un proyecto de generación de energía renovable, no solamente se debe tomar en cuenta el aspecto técnico, también son requeridos aspectos legales para su instalación, los requisitos para la certificación del proyecto de generación fotovoltaica se muestran a continuación:

Requisitos para la certificación del proyecto

- Nombre y datos generales del interesado, indicando los beneficios que solicita. En caso de personas jurídicas, anexar la documentación con la que se acredite la existencia de la misma y la representación legal o el poder correspondiente de la persona que suscribe la solicitud
- Copia certificada por notario de la tarjeta de identificación tributaria del solicitante
- Estudio de factibilidad del proyecto que incluirá memoria descriptiva, descripción de las

características del proyecto y los planes correspondientes.

El estudio de factibilidad del proyecto debe contener por lo menos:

1. Introducción
 2. Resumen ejecutivo
 3. Leyes normas y estándares que serán aplicados en el proyecto
 4. Ubicación geográfica del proyecto con mapa de área de influencia
 5. Descripción del proyecto.
 - A. Objetivos
 - B. Fecha de entrada en operación comercial
 - C. Forma proyectada de la operación comercial
 - D. Árbol de decisiones
 - E. Organigrama para las etapas construcción y operación
 - F. Programa de ejecución
 - G. Cronograma gantt del proyecto
 6. Estudio de la fuente de energía renovable; topográfico, geológico, hidrológico, geo científico, mediciones del recurso.
 7. Estudio de mercado con su estrategia de desarrollo
 8. Ingeniería de proyecto
 - a. Diseños conceptuales de las obras
 - b. Descripción de obras principales
 - c. Ejecución de obras
 - d. Equipamiento principal
 - e. Interconexión a líneas de transmisión o distribución
 - f. Descripción de la forma de operación de la planta
 - g. Estrategia de desarrollo, costos y evolución financiera
 - h. Planos y anexos
- Permiso ambiental y copia del estudio de impacto ambiental, previamente aprobado por las autoridades competentes en la materia
 - Listado de maquinaria ,equipos materiales e insumos que se utilizaran en el desarrollo del proyecto
 - Descripción de las actividades de investigación ,exploración y preparación del proyecto
 - Descripción de las características del proyecto
 - Indicación de la capacidad de generación prevista
 - a. menor de 10MW
 - b. entre 10 y 20 MW
 - c. más de 20MW

- Cronograma Gantt del desarrollo del proyecto en todas sus etapas
- Lugar, número de teléfono fax y cualquier otro medio técnico para oír notificaciones

5.2 EVALUACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA FINANCIERA

Para esta etapa de estudio se desarrollaran evaluaciones [26], a algunos posibles escenarios para la aplicación del proyecto, tomando en cuenta las acciones de eficiencia energética y energía renovable anteriormente mencionadas en este documento.

Estos panoramas presentan los resultados generados por cada acción por separado así como en conjunto y la manera como esto influye de manera directa en el flujo de caja (VAN y TIR).

Para plantear esta solución se han tomado los siguientes supuestos comunes:

- Crecimiento económico 1.2%
- El costo de O&M anual de 2% sobre la inversión inicial
- Préstamo por el 80% de la inversión inicial el 9% a 10 años, [7]
- El periodo máximo de depreciación para equipos es de 10 años
- La generación de electricidad disminuye 20% a los 20 años
- El precio de venta de la producción de energía se escala al crecimiento económico anual.

5.3 POSIBLES ESCENARIOS DE INVERSIÓN

En esta parte veremos la proyección económica según diversos escenarios de inversión, asumiendo:

- a) Capital de Inversión propio.
- b) Capital de Inversión con financiamiento.

El análisis de estas proyecciones partirá de escenarios financieros estáticos, para evaluar los beneficios obtenidos si:

- i) Únicamente Implementación de SFV.
- ii) Implementación combinada de Métodos de Mejora Energética e implementación de SFV.
- iii) Implementación combinada con financiamiento bancario.

Partiendo de estos escenarios medulares, se proyectaran diversos panoramas con la ayuda de un software de aplicación, el cual simula un amplio intervalo de sub escenarios que se catalogaran como escenarios dinámicos, los cuales estarán

cimentados en estudios probabilísticos. A partir de esto se realizara un análisis de sensibilidad para identificar las variables más influyentes en el retorno de la inversión, tomando como parámetro principal el valor del VAN obtenido, al igual que el TIR, relación beneficio-costos y el PAYBACK generado. Todo este con el objeto principal de establecer la rentabilidad de un escenario y poder realizar la inversión con una mayor certeza del resultado a obtener.

5.3.1 ESCENARIO 1 INVERSIÓN SOLO IMPLEMENTANDO PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA CUBRIR LA DEMANDA ENERGÉTICA.

En este escenario se muestra un balance financiero únicamente con fondos propios [19], es decir, sin recurrir a ninguna clase de financiamiento, también no se tomara en cuenta ningún método de eficiencia energética, para este caso se tomaran los excedentes generados para inyectarlos a la red.

Tomando como referencia la tabla 20 de costos para la inversión de una planta fotovoltaica montada en techo tenemos los siguientes rubros.

| INVERSIÓN | | | | |
|----------------------------|---------------------------|----------|----------------|----------------------|
| SOLAR FOTOVOLTAICO | Unidad | Cantidad | Costo unitario | Subtotal |
| Ingeniería | sg | 1 | \$ 125,424.98 | 125,424.98 € |
| Paneles solares | sg | 325 | | \$ - |
| Inversores | | 11 | | |
| Otros equipos y materiales | sg | 1 | | |
| Mano de obra | sg | 1 | \$ 33,700.43 | \$ 33,700.43 |
| Total PV | | | | \$ 159,125.41 |
| AJUSTE COSTOS | | | | |
| | Precio unitario (US\$/Wp) | | | |
| PLANTA FOTOVOLTAICA | 1.3910 | | | \$ 159,125.41 |
| TOTAL SIN AJUSTE | | | | \$ 159,125.41 |
| TOTAL | | | | \$ 159,125.41 |

Tabla18. Inversión únicamente con Sistema Fotovoltaico [29].

²⁹ COSTOS FIJOS DE EQUIPOS IRENA_RE_Power_Costs_2014_report

| Horas de sol (kWh/kW) | cap. Plant Kw | capacidad factor (%) | escalada crecimiento | O/M Costo | plan. costo us\$ | | % prestamo | interes bancario | pago period. años | | exencion de impuestos | impuesto | | van tir | 2,334.41 9.21% | |
|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------------------|----------------------|----------------------------|---|------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------|
| 5.6 | 114.4 | 18.28 | 1.2% | 2% | \$ 159,125.41 | | 80% | 6% | 10 | | 10 | 30% | | B/C proyect | 1.5% | |
| (e) costo de capital | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Año | (a) Precio \$/kwh/año | (b) kwh/año Generados | (c) Ingresos de operación | (d) Costos O&M | k propio 20% | k ageno 80% | (f) Amortizacion | (g) Interes Bancario | (h) Depreciacion | (i) Costo Total (d+g+h) | (j) Utilidad antes de impuestos (c- i) | (k) Impuesto 30% | (l) Ingreso Neto (j-k) | (m) Flujo de Caja (h+l) | (m) Flujo de Caja Acumulado | |
| 0 | | | | | | | | | | | | | | | \$ (159,125.41) | \$ (159,125.41) |
| 1 | \$ 0.1200 | 177463.00 | \$ 21,295.56 | \$ 3,182.51 | | | \$ - | \$ - | \$ 15,912.54 | \$ 19,095.05 | \$ 2,200.51 | \$ - | \$ 2,200.51 | \$ 18,113.05 | \$ (141,012.36) | |
| 2 | \$ 0.1214 | 173913.74 | \$ 21,120.08 | \$ 3,246.16 | | | \$ - | \$ - | \$ 15,912.54 | \$ 19,158.70 | \$ 1,961.38 | \$ - | \$ 1,961.38 | \$ 17,873.92 | \$ (123,138.44) | |
| 3 | \$ 0.1229 | 172139.82 | \$ 21,155.52 | \$ 3,311.08 | | | \$ - | \$ - | \$ 15,912.54 | \$ 19,223.62 | \$ 1,931.89 | \$ - | \$ 1,931.89 | \$ 17,844.43 | \$ (105,294.00) | |
| 4 | \$ 0.1244 | 170383.994 | \$ 21,191.01 | \$ 3,377.31 | | | \$ - | \$ - | \$ 15,912.54 | \$ 19,289.85 | \$ 1,901.16 | \$ - | \$ 1,901.16 | \$ 17,813.70 | \$ (87,480.30) | |
| 5 | \$ 0.1259 | 168646.077 | \$ 21,226.56 | \$ 3,444.85 | | | \$ - | \$ - | \$ 15,912.54 | \$ 19,357.39 | \$ 1,869.16 | \$ - | \$ 1,869.16 | \$ 17,781.70 | \$ (69,698.60) | |
| 6 | \$ 0.1274 | 166925.887 | \$ 21,262.17 | \$ 3,513.75 | | | \$ - | \$ - | \$ 15,912.54 | \$ 19,426.29 | \$ 1,835.88 | \$ - | \$ 1,835.88 | \$ 17,748.42 | \$ (51,950.18) | |
| 7 | \$ 0.1289 | 165223.243 | \$ 21,297.84 | \$ 3,584.02 | | | \$ - | \$ - | \$ 15,912.54 | \$ 19,496.56 | \$ 1,801.27 | \$ - | \$ 1,801.27 | \$ 17,713.81 | \$ (34,236.37) | |
| 8 | \$ 0.1305 | 163537.966 | \$ 21,333.56 | \$ 3,655.70 | | | \$ - | \$ - | \$ 15,912.54 | \$ 19,568.24 | \$ 1,765.32 | \$ - | \$ 1,765.32 | \$ 17,677.86 | \$ (16,558.51) | |
| 9 | \$ 0.1320 | 161869.879 | \$ 21,369.35 | \$ 3,728.82 | | | \$ - | \$ - | \$ 15,912.54 | \$ 19,641.36 | \$ 1,728.00 | \$ - | \$ 1,728.00 | \$ 17,640.54 | \$ 1,082.03 | |
| 10 | \$ 0.1336 | 160218.806 | \$ 21,405.20 | \$ 3,803.39 | | | \$ - | \$ - | \$ 15,912.54 | \$ 19,715.93 | \$ 1,689.27 | \$ - | \$ 1,689.27 | \$ 17,601.81 | \$ 18,683.84 | |
| 11 | \$ 0.1352 | 158584.574 | \$ 21,441.11 | \$ 3,879.46 | | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 3,879.46 | \$ 17,561.65 | \$ - | \$ 17,561.65 | \$ 17,561.65 | \$ 36,245.49 | |
| 12 | \$ 0.1368 | 156967.011 | \$ 21,477.08 | \$ 3,957.05 | | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 3,957.05 | \$ 17,520.03 | \$ - | \$ 17,520.03 | \$ 17,520.03 | \$ 53,765.52 | |
| 13 | \$ 0.1385 | 155365.948 | \$ 21,513.11 | \$ 4,036.19 | | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 4,036.19 | \$ 17,476.92 | \$ - | \$ 17,476.92 | \$ 17,476.92 | \$ 71,242.44 | |
| 14 | \$ 0.1401 | 153781.215 | \$ 21,549.20 | \$ 4,116.92 | | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 4,116.92 | \$ 17,432.29 | \$ - | \$ 17,432.29 | \$ 17,432.29 | \$ 88,674.73 | |
| 15 | \$ 0.1418 | 152212.647 | \$ 21,585.35 | \$ 4,199.25 | | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 4,199.25 | \$ 17,386.10 | \$ - | \$ 17,386.10 | \$ 17,386.10 | \$ 106,060.82 | |
| 16 | \$ 0.1435 | 150660.078 | \$ 21,621.56 | \$ 4,283.24 | | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 4,283.24 | \$ 17,338.33 | \$ - | \$ 17,338.33 | \$ 17,338.33 | \$ 123,399.15 | |
| 17 | \$ 0.1452 | 149123.345 | \$ 21,657.84 | \$ 4,368.90 | | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 4,368.90 | \$ 17,288.93 | \$ - | \$ 17,288.93 | \$ 17,288.93 | \$ 140,688.08 | |
| 18 | \$ 0.1470 | 147602.287 | \$ 21,694.17 | \$ 4,456.28 | | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 4,456.28 | \$ 17,237.89 | \$ - | \$ 17,237.89 | \$ 17,237.89 | \$ 157,925.97 | |
| 19 | \$ 0.1487 | 146096.744 | \$ 21,730.56 | \$ 4,545.41 | | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 4,545.41 | \$ 17,185.16 | \$ - | \$ 17,185.16 | \$ 17,185.16 | \$ 175,111.13 | |
| 20 | \$ 0.1505 | 144606.557 | \$ 21,767.02 | \$ 4,636.32 | | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 4,636.32 | \$ 17,130.70 | \$ - | \$ 17,130.70 | \$ 17,130.70 | \$ 192,241.83 | |
| TOTAL | | 3195322.82 | \$ 428,693.86 | \$ 77,326.62 | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 159,125.40 | \$ 236,452.02 | \$ 192,241.84 | \$ - | \$ 192,241.84 | \$ 192,241.83 | | |

Tabla19. Flujo de caja SFV a 20 años. [28]

5.3.2 ESCENARIO 2 INVERSIÓN TANTO EN EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ENERGÍA RENOVABLE SIN FINANCIAMIENTO BANCARIO.

Para este caso el análisis parte del escenario combinado [27], es decir, al panorama anterior se le adiciona el ahorro generado con la aplicación de métodos de mejora energética, se evaluara el comportamiento del VAN para este caso.

| INVERSIÓN | | | | |
|----------------------------|--------|----------|----------------|---------------------|
| Mejora Energética | Unidad | Cantidad | Costo unitario | Subtotal |
| Ingeniería | Sv | 0 | \$ - | - |
| motor de 75hp | Sv | 1 | \$ 9,215.00 | \$ 9,215.00 |
| luminarias led | | 16 | \$ 563.43 | \$ 9,014.88 |
| Otros equipos y materiales | Sv | 0 | | |
| Mano de obra | Sv | 0 | \$ - | \$ - |
| Total EE | | | | \$ 18,229.88 |

Tabla20. Inversión con métodos de mejora energética [30].

³⁰ programa empresa renovable dic 2017 bandesal

| Horas de sol (kWh/kW) | cap. Plant Kw | capacidad factor (%) | escalada crecimiento | O/M Costo | plan. costo us\$ | | % prestamo | interes bancario | pago period. años | | exencion de impuestos | impuesto | | van tir | 18,282.10 10.53% | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|----------------|----------------------|-----------------|---------------------|-------------------------|----------------------|----------------------------|--|---------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------|
| 5.6 | 114 | 18.28 | 1.2% | 2% | \$ 177,355.29 | | 80% | 9% | 10 | | 10 | 30% | | B/C proyect | 10.3% | |
| | | | | | (e) costo de capital | | | | | | | | | B/C Propio | 51.5% | |
| Año | (a) Precio \$/kwh/año | (b) kwh/año Generados | (c) Ingresos de operación | (d) Costos O&M | k propio 20% | k ageno 80% | (f) Amortizacion | (g) Interes Bancario | (h) Depreciacion | (i) Costo Total (d+g+h) | (j) Utilidad antes de impuestos (c- i) | (k) Impuesto 30% | (l) Ingreso Neto (j-k) | (m) Flujo de Caja (h+i) | (n) Flujo de Caja Acumulado | |
| 0 | | | | | \$ (35,471.06) | \$ (141,884.23) | | | | | | | | | \$ (177,355.29) | \$ (177,355.29) |
| 1 | \$ 0.1200 | 177463 | \$ 24,927.09 | \$ 3,364.81 | | | \$ - | \$ - | \$ 17,735.53 | \$ 21,100.34 | \$ 3,826.75 | \$ - | \$ 3,826.75 | \$ 21,562.28 | \$ (155,793.01) | |
| 2 | \$ 0.1214 | 173913.74 | \$ 25,396.97 | \$ 3,432.11 | | | \$ - | \$ - | \$ 17,735.53 | \$ 21,167.64 | \$ 4,229.33 | \$ - | \$ 4,229.33 | \$ 21,964.86 | \$ (133,828.15) | |
| 3 | \$ 0.1229 | 172139.8199 | \$ 27,189.03 | \$ 3,500.75 | | | \$ - | \$ - | \$ 17,735.53 | \$ 21,236.28 | \$ 5,952.75 | \$ - | \$ 5,952.75 | \$ 23,688.28 | \$ (110,139.86) | |
| 4 | \$ 0.1244 | 170383.9937 | \$ 27,296.92 | \$ 3,570.76 | | | \$ - | \$ - | \$ 17,735.53 | \$ 21,306.29 | \$ 5,990.63 | \$ - | \$ 5,990.63 | \$ 23,726.16 | \$ (86,413.70) | |
| 5 | \$ 0.1259 | 168646.077 | \$ 27,405.75 | \$ 3,642.18 | | | \$ - | \$ - | \$ 17,735.53 | \$ 21,377.71 | \$ 6,028.04 | \$ - | \$ 6,028.04 | \$ 23,763.57 | \$ (62,650.14) | |
| 6 | \$ 0.1274 | 166925.887 | \$ 27,515.51 | \$ 3,715.02 | | | \$ - | \$ - | \$ 17,735.53 | \$ 21,450.55 | \$ 6,064.95 | \$ - | \$ 6,064.95 | \$ 23,800.48 | \$ (38,849.65) | |
| 7 | \$ 0.1289 | 165223.2429 | \$ 27,626.22 | \$ 3,789.32 | | | \$ - | \$ - | \$ 17,735.53 | \$ 21,524.85 | \$ 6,101.36 | \$ - | \$ 6,101.36 | \$ 23,836.89 | \$ (15,012.76) | |
| 8 | \$ 0.1305 | 163537.9658 | \$ 27,737.88 | \$ 3,865.11 | | | \$ - | \$ - | \$ 17,735.53 | \$ 21,600.64 | \$ 6,137.25 | \$ - | \$ 6,137.25 | \$ 23,872.78 | \$ 8,860.02 | |
| 9 | \$ 0.1320 | 161869.8786 | \$ 27,850.53 | \$ 3,942.41 | | | \$ - | \$ - | \$ 17,735.53 | \$ 21,677.94 | \$ 6,172.59 | \$ - | \$ 6,172.59 | \$ 23,908.11 | \$ 32,768.13 | |
| 10 | \$ 0.1336 | 160218.8058 | \$ 27,964.15 | \$ 4,021.26 | | | \$ - | \$ - | \$ 17,735.53 | \$ 21,756.79 | \$ 6,207.36 | \$ - | \$ 6,207.36 | \$ 23,942.89 | \$ 56,711.02 | |
| 11 | \$ 0.1352 | 158584.574 | \$ 21,441.11 | \$ 4,101.68 | | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 4,101.68 | \$ 17,339.43 | \$ - | \$ 17,339.43 | \$ 17,339.43 | \$ 74,050.45 | |
| 12 | \$ 0.1368 | 156967.0114 | \$ 21,477.08 | \$ 4,183.72 | | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 4,183.72 | \$ 17,293.36 | \$ - | \$ 17,293.36 | \$ 17,293.36 | \$ 91,343.81 | |
| 13 | \$ 0.1385 | 155365.9478 | \$ 21,513.11 | \$ 4,267.39 | | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 4,267.39 | \$ 17,245.72 | \$ - | \$ 17,245.72 | \$ 17,245.72 | \$ 108,589.53 | |
| 14 | \$ 0.1401 | 153781.2152 | \$ 21,549.20 | \$ 4,352.74 | | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 4,352.74 | \$ 17,196.46 | \$ - | \$ 17,196.46 | \$ 17,196.46 | \$ 125,785.99 | |
| 15 | \$ 0.1418 | 152212.6468 | \$ 21,585.35 | \$ 4,439.80 | | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 4,439.80 | \$ 17,145.56 | \$ - | \$ 17,145.56 | \$ 17,145.56 | \$ 142,931.55 | |
| 16 | \$ 0.1435 | 150660.0778 | \$ 21,621.56 | \$ 4,528.59 | | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 4,528.59 | \$ 17,092.97 | \$ - | \$ 17,092.97 | \$ 17,092.97 | \$ 160,024.52 | |
| 17 | \$ 0.1452 | 149123.345 | \$ 21,657.84 | \$ 4,619.16 | | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 4,619.16 | \$ 17,038.67 | \$ - | \$ 17,038.67 | \$ 17,038.67 | \$ 177,063.20 | |
| 18 | \$ 0.1470 | 147602.2869 | \$ 21,694.17 | \$ 4,711.55 | | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 4,711.55 | \$ 16,982.62 | \$ - | \$ 16,982.62 | \$ 16,982.62 | \$ 194,045.82 | |
| 19 | \$ 0.1487 | 146096.7435 | \$ 21,730.56 | \$ 4,805.78 | | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 4,805.78 | \$ 16,924.79 | \$ - | \$ 16,924.79 | \$ 16,924.79 | \$ 210,970.61 | |
| 20 | \$ 0.1505 | 144606.5568 | \$ 21,767.02 | \$ 4,901.89 | | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 4,901.89 | \$ 16,865.13 | \$ - | \$ 16,865.13 | \$ 16,865.13 | \$ 227,835.74 | |
| TOTAL | | 3195322.816 | \$ 486,947.06 | \$ 81,756.03 | \$ (35,471.06) | \$ (141,884.23) | \$ - | \$ - | \$ 177,355.29 | \$ 259,111.32 | \$ 227,835.74 | \$ - | \$ 227,835.74 | \$ 227,835.74 | | |

Tabla21. Flujo de caja métodos de mejora energética a 20 años [28]

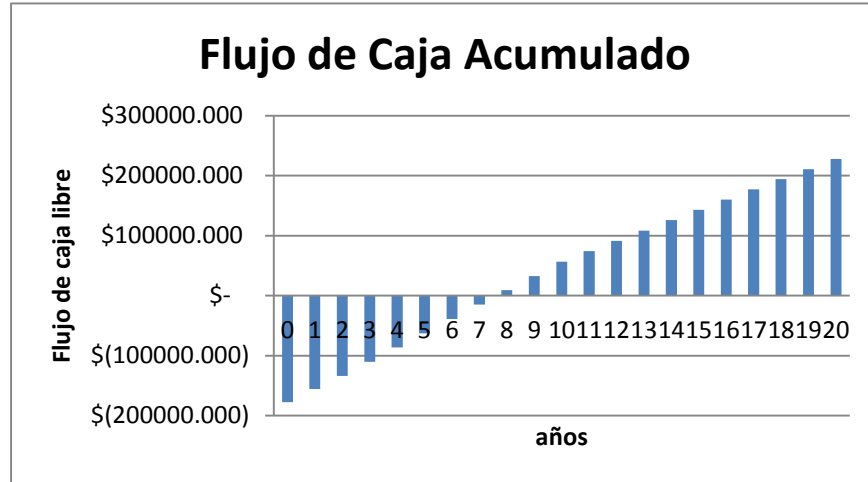


Figura.46 Flujo de caja acumulado de Escenario 2 [28]

5.3.3 ESCENARIO 3 INVERSIÓN TANTO EN EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ENERGÍA RENOVABLE CON FINANCIAMIENTO BANCARIO

A continuación se presentan los resultados del tercer escenario y es con el involucramiento de capital financiado, en este se incluyen las amortizaciones e intereses que se deberán pagar en concepto de préstamo bancario para este proyecto con un horizonte de 10 años para el pago dicho préstamo. Para este proyecto se realiza un financiamiento del 80% del monto total de la inversión a una tasa de interés del 9%.

| CUADRO DE AMORTIZACIONES Y INTERÉS DEL PRÉSTAMO | | | | |
|---|---------------|--------------|--------------|--------------|
| Inversión | \$ 141,884.23 | | | |
| Periodo (años) | 10 | | | |
| tasa interés anual | 9% | | | |
| Cuota | 22108.41379 | | | |
| Año | saldo | cuota | interés | Amortización |
| 0 | \$ 141,884.23 | \$ - | \$ - | \$ - |
| 1 | \$ 141,884.23 | \$ 22,108.41 | \$ 12,769.58 | \$ 9,338.83 |
| 2 | \$ 132,545.40 | \$ 22,108.41 | \$ 11,929.09 | \$ 10,179.33 |
| 3 | \$ 122,366.07 | \$ 22,108.41 | \$ 11,012.95 | \$ 11,095.47 |
| 4 | \$ 111,270.60 | \$ 22,108.41 | \$ 10,014.35 | \$ 12,094.06 |
| 5 | \$ 99,176.54 | \$ 22,108.41 | \$ 8,925.89 | \$ 13,182.52 |
| 6 | \$ 85,994.02 | \$ 22,108.41 | \$ 7,739.46 | \$ 14,368.95 |
| 7 | \$ 71,625.07 | \$ 22,108.41 | \$ 6,446.26 | \$ 15,662.16 |
| 8 | \$ 55,962.91 | \$ 22,108.41 | \$ 5,036.66 | \$ 17,071.75 |
| 9 | \$ 38,891.16 | \$ 22,108.41 | \$ 3,500.20 | \$ 18,608.21 |
| 10 | \$ 20,282.95 | \$ 22,108.41 | \$ 1,825.47 | \$ 20,282.95 |

Tabla22.Cuadro de amortizaciones e interés del préstamo.

| Horas de sol (kWh/kW) | cap. Plant Kw | capacidad factor (%) | escalada crecimiento | O/M Costo | plan. costo us\$ | % prestamo | interes bancario | pago period. años | exencion de impuestos | impuesto | van tir | 103,959.47 35.35% | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|----------------|-----------------------|-----------------|---------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------|---|----------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| 5.6 | 114 | 18.28 | 1.2% | 2% | \$ 177,355.29 | 80% | 9% | 10 | 10 | 30% | B/C proyect | 58.6% | | | |
| | | | | | (e)costo de capital | | | | | | | B/C Propio | 293.1% | | |
| Año | (a) Precio \$/kwh/año | (b) kwh/año Generados | (c) Ingresos de operación | (d) Costos O&M | k propio 20% | k ageno 80% | (f) Amortizacion | (g) Interes Bancario | (h) Depreciacion | (i) Costo Total (d+g+h) | (j) Utilidad antes de impuestos (c i) | (k) Impuesto 30% | (l) Ingreso Neto (j-k) | (m) Flujo de Caja (h+l) | (m) Flujo de Caja Acumulado |
| 0 | | | | | \$ (35,471.06) | \$ (141,884.23) | | | | | | | | \$ (35,471.06) | \$ (35,471.06) |
| 1 | \$ 0.1200 | 177463 | \$ 24,927.09 | \$ 3,364.81 | | | \$ 9,338.83 | \$ 12,769.58 | \$ 17,735.53 | \$ 33,869.92 | \$ (8,942.83) | \$ - | \$ (8,942.83) | \$ 8,792.70 | \$ (26,678.36) |
| 2 | \$ 0.1214 | 173913.74 | \$ 25,396.97 | \$ 3,432.11 | | | \$ 10,179.33 | \$ 11,929.09 | \$ 17,735.53 | \$ 33,096.72 | \$ (7,699.75) | \$ - | \$ (7,699.75) | \$ 10,035.78 | \$ (16,642.58) |
| 3 | \$ 0.1229 | 172139.8199 | \$ 27,189.03 | \$ 3,500.75 | | | \$ 11,095.47 | \$ 11,012.95 | \$ 17,735.53 | \$ 32,249.22 | \$ (5,060.19) | \$ - | \$ (5,060.19) | \$ 12,675.34 | \$ (3,967.24) |
| 4 | \$ 0.1244 | 170383.9937 | \$ 27,296.92 | \$ 3,570.76 | | | \$ 12,094.06 | \$ 10,014.35 | \$ 17,735.53 | \$ 31,320.65 | \$ (4,023.72) | \$ - | \$ (4,023.72) | \$ 13,711.81 | \$ 9,744.56 |
| 5 | \$ 0.1259 | 168646.077 | \$ 27,405.75 | \$ 3,642.18 | | | \$ 13,182.52 | \$ 8,925.89 | \$ 17,735.53 | \$ 30,303.60 | \$ (2,897.85) | \$ - | \$ (2,897.85) | \$ 14,837.68 | \$ 24,582.24 |
| 6 | \$ 0.1274 | 166925.887 | \$ 27,515.51 | \$ 3,715.02 | | | \$ 14,368.95 | \$ 7,739.46 | \$ 17,735.53 | \$ 29,190.01 | \$ (1,674.51) | \$ - | \$ (1,674.51) | \$ 16,061.02 | \$ 40,643.26 |
| 7 | \$ 0.1289 | 165223.2429 | \$ 27,626.22 | \$ 3,789.32 | | | \$ 15,662.16 | \$ 6,446.26 | \$ 17,735.53 | \$ 27,971.11 | \$ (344.89) | \$ - | \$ (344.89) | \$ 17,390.64 | \$ 58,033.90 |
| 8 | \$ 0.1305 | 163537.9658 | \$ 27,737.88 | \$ 3,865.11 | | | \$ 17,071.75 | \$ 5,036.66 | \$ 17,735.53 | \$ 26,637.30 | \$ 1,100.58 | \$ - | \$ 1,100.58 | \$ 18,836.11 | \$ 76,870.01 |
| 9 | \$ 0.1320 | 161869.8786 | \$ 27,850.53 | \$ 3,942.41 | | | \$ 18,608.21 | \$ 3,500.20 | \$ 17,735.53 | \$ 25,178.14 | \$ 2,672.38 | \$ - | \$ 2,672.38 | \$ 20,407.91 | \$ 97,277.92 |
| 10 | \$ 0.1336 | 160218.8058 | \$ 27,964.15 | \$ 4,021.26 | | | \$ 20,282.95 | \$ 1,825.47 | \$ 17,735.53 | \$ 23,582.25 | \$ 4,381.90 | \$ - | \$ 4,381.90 | \$ 22,117.42 | \$ 119,395.35 |
| 11 | \$ 0.1352 | 158584.574 | \$ 21,441.11 | \$ 4,101.68 | | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 4,101.68 | \$ 17,339.43 | \$ - | \$ 17,339.43 | \$ 17,339.43 | \$ 136,734.77 |
| 12 | \$ 0.1368 | 156967.0114 | \$ 21,477.08 | \$ 4,183.72 | | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 4,183.72 | \$ 17,293.36 | \$ - | \$ 17,293.36 | \$ 17,293.36 | \$ 154,028.14 |
| 13 | \$ 0.1385 | 155365.9478 | \$ 21,513.11 | \$ 4,267.39 | | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 4,267.39 | \$ 17,245.72 | \$ - | \$ 17,245.72 | \$ 17,245.72 | \$ 171,273.86 |
| 14 | \$ 0.1401 | 153781.2152 | \$ 21,549.20 | \$ 4,352.74 | | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 4,352.74 | \$ 17,196.46 | \$ - | \$ 17,196.46 | \$ 17,196.46 | \$ 188,470.32 |
| 15 | \$ 0.1418 | 152212.6468 | \$ 21,585.35 | \$ 4,439.80 | | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 4,439.80 | \$ 17,145.56 | \$ - | \$ 17,145.56 | \$ 17,145.56 | \$ 205,615.88 |
| 16 | \$ 0.1435 | 150660.0778 | \$ 21,621.56 | \$ 4,528.59 | | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 4,528.59 | \$ 17,092.97 | \$ - | \$ 17,092.97 | \$ 17,092.97 | \$ 222,708.85 |
| 17 | \$ 0.1452 | 149123.345 | \$ 21,657.84 | \$ 4,619.16 | | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 4,619.16 | \$ 17,038.67 | \$ - | \$ 17,038.67 | \$ 17,038.67 | \$ 239,747.52 |
| 18 | \$ 0.1470 | 147602.2869 | \$ 21,694.17 | \$ 4,711.55 | | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 4,711.55 | \$ 16,982.62 | \$ - | \$ 16,982.62 | \$ 16,982.62 | \$ 256,730.15 |
| 19 | \$ 0.1487 | 146096.7435 | \$ 21,730.56 | \$ 4,805.78 | | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 4,805.78 | \$ 16,924.79 | \$ - | \$ 16,924.79 | \$ 16,924.79 | \$ 273,654.94 |
| 20 | \$ 0.1505 | 144606.5568 | \$ 21,767.02 | \$ 4,901.89 | | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 4,901.89 | \$ 16,865.13 | \$ - | \$ 16,865.13 | \$ 16,865.13 | \$ 290,520.06 |
| TOTAL | | 3195322.816 | \$ 486,947.06 | \$ 81,756.03 | \$ (35,471.06) | \$ (141,884.23) | \$ 141,884.23 | \$ 79,199.91 | \$ 177,355.29 | \$ 338,311.23 | \$ 148,635.83 | \$ - | \$ 148,635.83 | \$ 290,520.06 | |

Tabla23. Flujo de caja inversión con financiamiento a 20 años. [28]

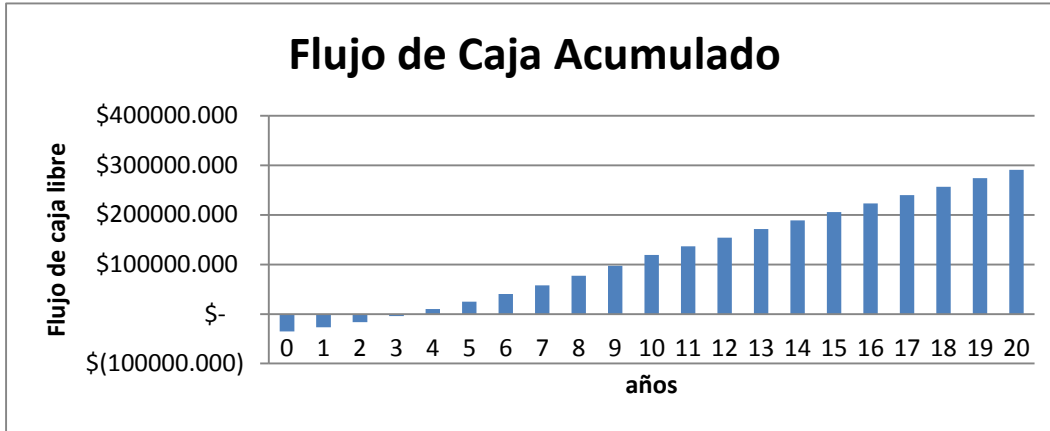


Figura47. Flujo de caja Acumulado de Escenario 3

Para complementar los resultados de los escenarios anteriores, se utilizara otro medio de prueba para dinamizar un porcentaje mayor de escenarios, una herramienta que permite la interacción de un amplio intervalos de variantes es el software CRISTAL BALL, el cual ayuda a una mejor determinación de variables de afectación del VAN para poder identificarlas con mayor precisión y tomar así medidas para mejorar. Se estimara el escenario con la probabilidad de éxito más alta, es decir, el escenario que presente el valor de VAN positivo más alto, que es el que referenciara la factibilidad del proyecto en cuestión.

Se tomara como referencia el ultimo escenario planteado, a partir del cual con ayuda de CRITAL BALL se determinaran las variables más sensibles por medio de un proceso estadístico numérico, dicho proceso planteara los comportamientos de las variable que el diseñador considere medulares e ira modificando los rangos en procesos aleatorios de un numero especificado de 10000 subescenarios posibles, los cuales partirán del escenario de referencia determinado anteriormente.

Para el ejemplo en estudio se tomaran las siguientes variables medulares para su interpretación en el análisis de sensibilidad:

| variables relevantes en el proyecto | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|---------------|
| cantidad | variable | valor |
| 1 | crecimiento económico | 1.20% |
| 2 | costo de la energía | \$ 0.12 |
| 3 | costo de equipo renovable | \$ 125,424.98 |
| 4 | instalación | \$ 33,700.43 |
| 5 | costos de equipo EE | \$ 18,229.88 |
| 6 | costo de O&M | \$ 3,364.81 |
| 7 | Tasa de Financiamiento | 9% |
| 8 | tasa de costos de operación | 2% |

Tabla24. Variables medulares para estudio de subescenarios

Para el uso del software, los parámetros a establecer son los valores en color verde, a partir de esto, se decide el tipo de distribución a aplicar, CRISTAL BALL cuenta con tres tipos de distribución para aplicar, las cuales son: distribución normal, distribución triangular y distribución uniforme.

En el ejemplo de estudio se utilizara la distribución triangular, la cual resulta de más fácil aplicación ya que este tipo de distribución es el que parte de valores máximos, intermedios y mínimos para cada variable medular, estos se introducen en los parámetros del software, caso que se presenta a continuación:

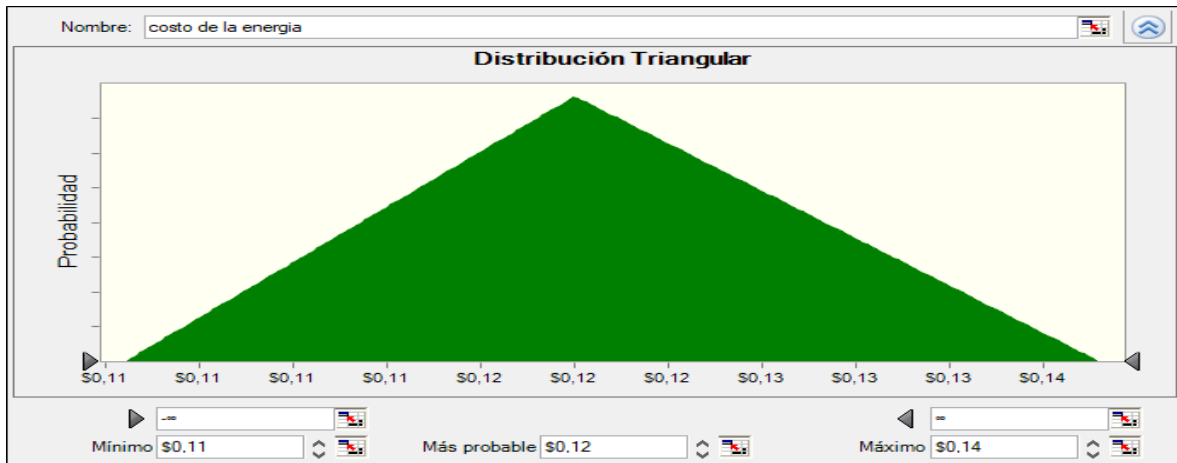


Figura.48 Distribución triangular para valores medulares.

Con los valores medulares introducidos, se selecciona la variable de interés, en el caso de estudio la variable de interés será el VAN, cuyo valor inicial es igual a: \$103,959.47.

Como se mencionó anteriormente el intervalo de variaciones será de 10000 sub escenarios aleatorios, con ello se obtendrá una distribución probabilística con todos los resultados posibles, para el ejemplo en estudio se sesgan todos los resultados entre los percentiles 5% y 95% ya que es en estos puntos donde se encuentran la mayor cantidad de datos de todos los sub escenarios generados.

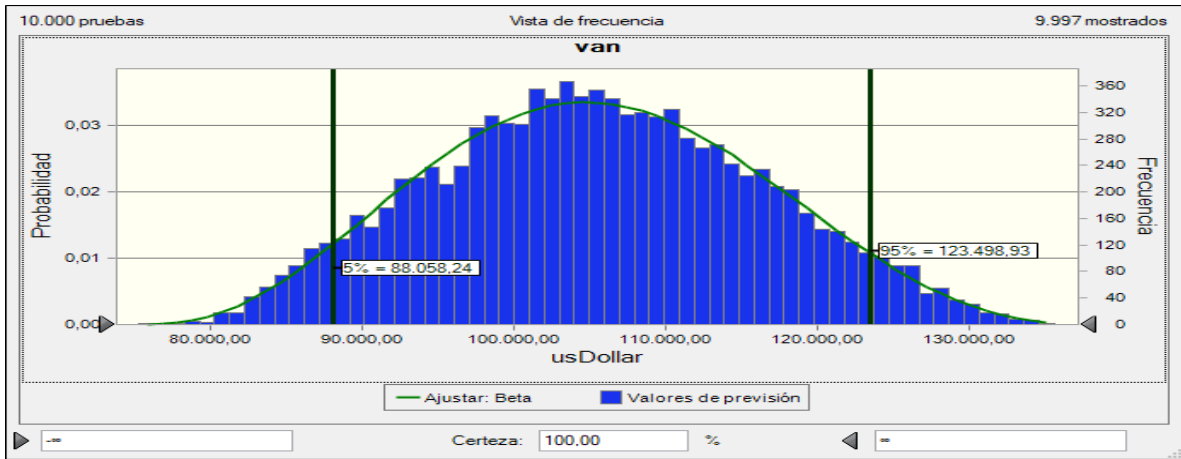


Figura.49 Datos obtenidos de subescenarios generados.

El proceso de análisis para determinar el subescenario en el cual se obtenga el mayor valor del VAN inclusive al valor encontrado con el escenario estático continua. El escenario en cuestión resulta ser el que cuenta con la probabilidad más alta, este valor de probabilidad es de un 48.83%

A partir de este punto, se establece una distribución del tipo beta con el intervalo de valores, dicho intervalo sería:

(\$103.959,52 < VAN < 123498,93). P(X)=48.83%

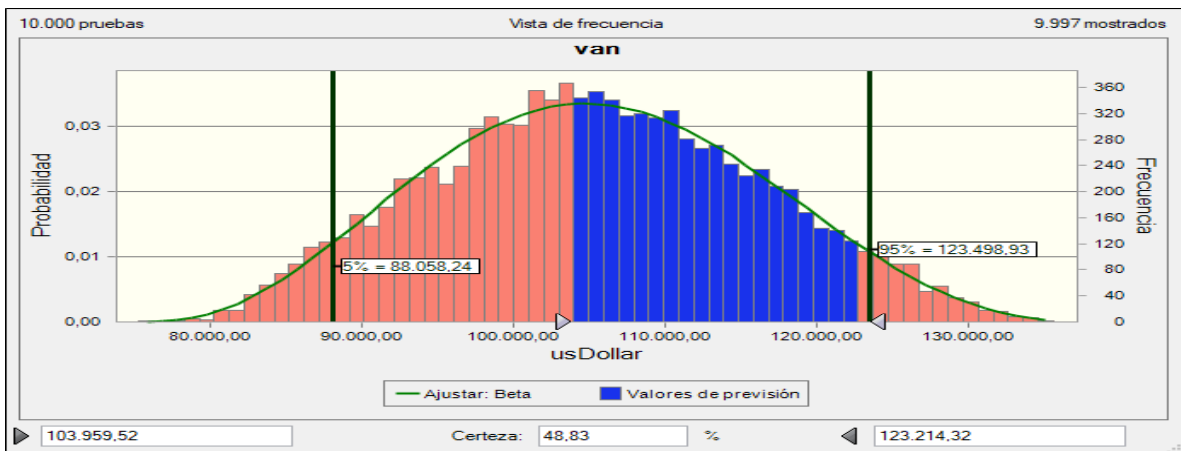


Figura.50 Distribución del tipo beta con el intervalo de valores a 48.83% de probabilidad.

Resulta necesario también analizar el escenario más crítico el cual sería el porcentaje de probabilidad en el cual el valor del VAN resulte ser menor inclusive al calculado en el escenario estático, este valor ronda el 40.34%.

A partir de este punto, se establece una distribución del tipo beta con el intervalo de valores, dicho intervalo sería:

(88058,24 < VAN < 103959,52); P(X) = 40.34%

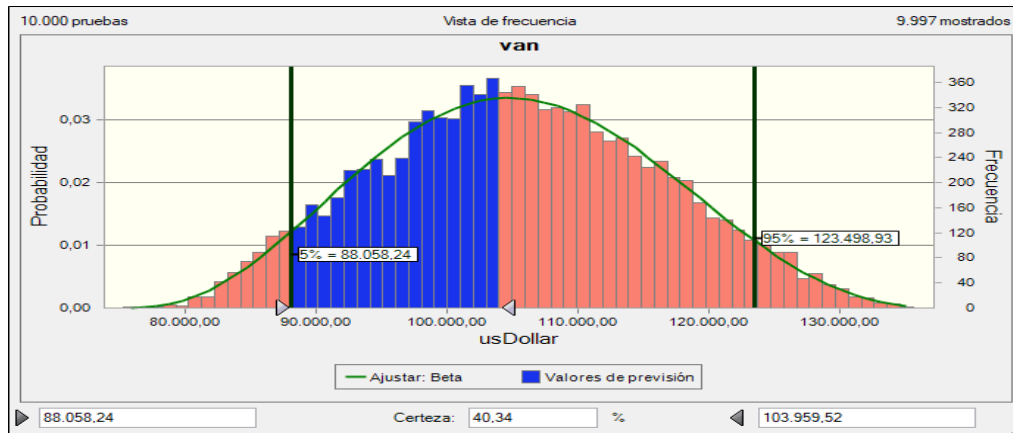


Figura.51 Distribución del tipo beta con el intervalo de valores a 40.34% de probabilidad.

Una vez determinadas las probabilidades óptimas y críticas de los valores del VAN se deben identificar cuáles son las variables que presentaron mayor sensibilidad, ya que son estas las que intervienen directamente en los resultados.

Para determinar la sensibilidad del VAN las variables que presentaron mayor sensibilidad son:

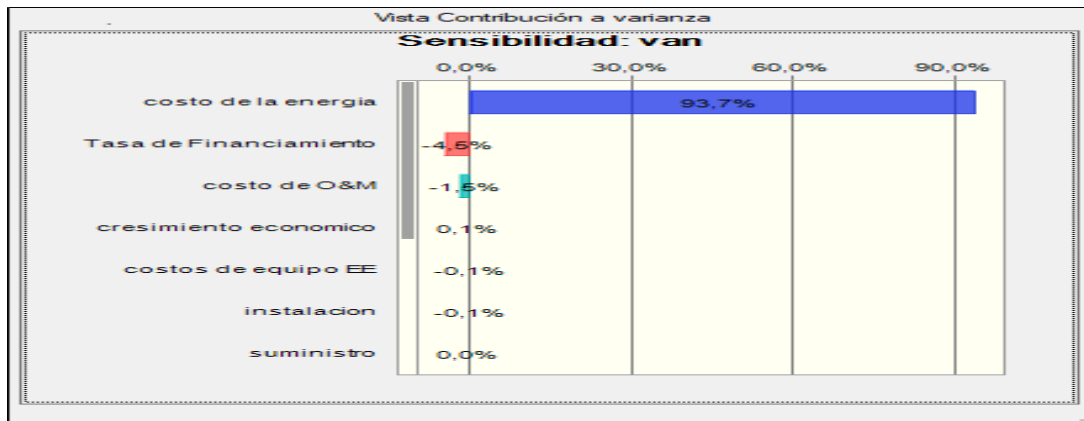


Figura.52 Variables sensibles de afectación del VAN.

Para el caso de ejemplo en estudio tenemos que el efecto del costo de la energía afecta el resultado del VAN en un 93.7% de este proyecto.

CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- La mayoría de los beneficios que se obtienen con los métodos de gestión energética se determinan a partir de una auditoría energética, con ello se identifican los puntos claves para la determinación de los elementos más significativos para la inversión.
- El efecto del financiamiento en una inversión económica beneficia ya que provee un escudo fiscal el cual reduce costos de las inversiones mejorando las utilidades de dichas inversiones.
- El nivel de impacto ambiental producido por el proyecto se puede separar en grupos según la escala del proyecto, de esto depende el requerimiento o no de un estudio de impacto ambiental.
- El tamaño del proyecto puede incluir beneficios económicos por la parte de economía de escala, esto es abaratando los costos de los equipos.
- Un precio adecuado de la energía produce valores de VAN y TIR más atractivos, se deben tener en cuenta factores que pueden incidir en los precios para la adecuada determinación de un proyecto de generación energética por medios renovables no convencionales.
- La aplicación de los sistemas de gestión de la energía permiten reducir costos energéticos, esto se logra con la reducción de desperdicios energéticos.
- El ahorro generado puede utilizarse para mejorar el desempeño energético progresivo por áreas ordenadas de mayor a menor incidencia en consumo energético.
- La utilización de herramientas como EnPi y Crystal Ball permiten obtener datos que muestran el comportamiento de variables que afectan directamente los escenarios que se buscan evaluar.
- Los resultados obtenidos son necesarios para la determinación de procesos matemáticos que permiten la creación de modelos estadísticos predictivos basados en datos históricos.

6.2 RECOMENDACIONES

- Generar un modelo predictivo el cual cuantifique el precio del pliego tarifario a partir del valor de referencia del barril de crudo ya que este ultima afecta de manera circunstancial el precio de la tarifa eléctrica, esto con la finalidad poder determinar para una mejor aproximación a la hora de poder evaluar proyectos ya que el ingreso de estos es por vía de venta de energía y ahorro energético del cual ambas partes dependen del precio de la tarifa eléctrica.
- Realizar un estudio del impacto que se podría producir el almacenamiento de energía en base al costo de las baterías y desarrollar un estudio que permita determinar cuándo sería el momento más propicio para incursionar en invertir en tipo de alternativas energéticas.
- Siempre que se realice una inversión de gran magnitud determinar el análisis de riesgo el cual puede incurrir una organización para poder saber cuáles son muestras variables más vulnerables en dichos proyectos que se planeen ejecutar

CAPÍTULO 7 NOMENCLATURA Y GLOSARIO DE TÉRMINOS

7.1 NOMENCLATURA

\$/bb: Dolares por barril de petróleo

\$/MWh: Dolares por Mega Watt hora

°C: Grados Centígrados

ARECA: Proyecto Acelerando las Inversiones en Energía Renovable en Centroamérica.

CAESS: Compañía de Alumbrado Eléctrico de San Salvador

CNE: Consejo Nacional de Energía

EsIA: Estudio de Impacto Ambiental

GiZ: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH,

GWh: Gigawatt hora

IRENA: International Renewable Energy Agency

ISR: Impuesto Sobre la Renta

IVA: Impuesto al Valor Agregado

kWh/kW: kilo Watt hora por kilo Watt

kWh/m²/día: kilo Watt hora por metro cuadrado por día

m/s: metro por segundo

m²: metro cuadrado

MC: Mercado de Contratos

MRS: Mercado Regulador del Sistema

ONU: Organización de las Naciones Unidas

TIR: Tasa Interna de Retorno

US\$/kW: Dolares por kilo Watt

VAN: Valor Actual Neto o Valor Presente Neto

UPR: Usuario Final Productor Renovable

IEEE: Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos.

IEC: Comisión Electrotécnica Internacional.

7.2 GLOSARIO DE TERMINOS.

Almacenamiento de energía: Comprende los métodos para conservar una cierta cantidad de

Energía y liberarla cuando se requiera en la misma forma en que se recolectó o en otra diferente.

Biomasa: Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía.

Centrales hidroeléctricas: Es una instalación que permite aprovechar la energía potencial gravitatoria contenida en las masas de agua en movimiento que circulan por los ríos para transformarlas en energía eléctrica.

Contrato de largo plazo: Son contratos financieros con una duración de entre 15 y 20 años, adjudicados en el marco de un proceso de libre competencia.

Costo Marginal de Operación del Sistema: Es el costo de producir una unidad adicional de energía eléctrica. Desde la perspectiva de una compañía generadora, indica el precio marginal que una central debería recibir por cada MWh de energía producida.

Costos de instalación: Gastos que realiza la empresa u organización en plazo previo a la apertura y operación de la misma.

Despacho económico de carga: El despacho económico de carga busca minimizar el costo de operación del sistema al suplir una demanda en un período de tiempo determinado (por ejemplo una hora, un día, una semana, etc.) Satisfaciendo en forma simultánea un amplio y variado conjunto de restricciones de operación y cumpliendo además con los criterios que se deriven de las programaciones de corto, mediano y largo plazo.

Energía Eólica: Proviene de la conversión de la energía cinética de las masas de aire en movimiento hacia energía mecánica.

Externalidades: Beneficios o costes sociales que se derivan de la realización de una actividad privada y no son contabilizados en ésta. Por ejemplo, la contaminación es un daño que sufre la sociedad, pero no un gasto que el productor privado pague en consonancia.

Gases de Efecto Invernadero: son aquellos gases presentes en la atmosfera que interfieren en la energía que es irradiada por la Tierra. Algunos de estos gases son; El vapor de agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄), y ozono (O₃).

Generador distribuido renovable: Productor de energía eléctrica conectado a la red de distribución que utiliza alguna fuente de energía renovable, con una capacidad máxima de 20

MW.

Impacto Ambiental: Es todo aquel causado por la ejecución de una determinada obra, actividad o proyecto a su entorno.

Incentivos fiscales: Aliciente o estímulo en forma de reducciones o exenciones en el pago de ciertos tributos que se concede a los sujetos pasivos de dichos tributos para promover la realización de determinadas actividades consideradas de interés público por el Estado.

Irradiancia solar: Representa la potencia que se recibe de la radiación del sol sobre la Tierra por unidad de superficie en cualquiera de sus puntos y a cualquier altitud, sus unidades en el

Sistema Internacional de Unidades son [W/m²].

Mantenimiento: Todas las actividades que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida. Estas acciones incluyen la combinación de las acciones técnicas y administrativas correspondientes.

Matriz Energética: Es la representación porcentual de la participación de las distintas fuentes primarias de energía, en el total de la producción energética.

Mercado eléctrico: Es un sistema que permite equilibrar la oferta de producción de energía eléctrica y la demanda de energía eléctrica, generalmente al mínimo costo.

Política Energética: Es la forma en la que una entidad del gobierno aborda el desarrollo del sector energético, incluyendo la producción, distribución y consumo.

Usuario auto-productor: Es todo aquel usuario final que con la finalidad de comercializar los excedentes de la producción de su energía eléctrica instala un generador, por ejemplo fotovoltaico en el techo de su vivienda.

Acometida de servicio eléctrico: Conjunto de conductores y accesorios utilizados para transportar la energía eléctrica, desde la red de distribución, hasta el punto de recibo de las instalaciones eléctricas del usuario. Las acometidas pueden ser aéreas o subterráneas.

Baja tensión: Es el nivel de tensión menor o igual a seiscientos (600) voltios.

Conexión: Es el enlace que permite a un usuario final recibir energía eléctrica de una red de transmisión o distribución.

Medidor Bidireccional: Aparato que como mínimo registra el flujo de energía eléctrica en ambas direcciones, consumo e inyección y es capaz de registrar las diferencias entre consumo e inyección del sistema que está monitoreando.

Medidores de energía: Aparatos que registran el flujo de energía eléctrica y además en algunos casos, la demanda de potencia y el factor de potencia

Nodo: Es el punto donde se unen varios elementos de un sistema eléctrico.

Operador(es): Entidad generadora, transmisora, distribuidora o comercializadora de energía eléctrica.

Pequeño generador: Se considerará como pequeño generador, a todos los productores de energía eléctrica a partir de fuentes renovables de energía, cuya capacidad instalada según datos del fabricante del generador, sea menor o igual a veinte (20) Megavatios y cuya finalidad sea comercializar parte o la totalidad de su producción.

Persona Calificada: Técnico o profesional debidamente acreditado para el manejo de equipo eléctrico en el tipo de obras contempladas en esta norma, así como de los riesgos inherentes a tal actividad

Unidad de generación: Planta de producción de energía eléctrica con todos sus equipos auxiliares necesarios para proporcionar, los niveles y forma de onda de frecuencia y voltaje para su uso, así como los equipos necesarios para garantizar la calidad de la energía producida

Usuario Final: Es quien compra la energía eléctrica para su uso propio.

CAPÍTULO 8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Annual Energy Outlook 2017 with projections to 2050
<http://www.eai.gov/aeo>
january 5,2017
- [2] Auditorías energéticas [En Línea]
<http://www.energy.imdea.org/Portals/9/Descargas/Actualidad/noticias/J-Dufour- Auditorias-Energeticas.pdf>
- [3] AUDITORÍAS ENERGÉTICAS - REQUISITOS CON GUÍA PARA SU USO (ISO 50002:2014, IDT), [En Línea]
http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/02/nte_inen_iso_50002.pdf
- [4] NORMA TÉCNICA DE INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA Y ACCESO DE USUARIOS FINALES A LA RED DE TRANSMISIÓN.
<http://energiasrenovables.cne.gob.sv/downloads/ACUERDONo30E2011.pdf>
- [5] (UPR) Acuerdo SIGET #367-E-2017
<https://www.siget.gob.sv/?wpdmact=process&did=NDAwLmhvdGxpbnms>
- [6] 03-HERRAMIENTAS-DE-GESTION-DE-LA-ENERGIA-NORMAS-RELACIONADAS-fenercom- 2014
https://www.fenercom.com/pages/pdf/formacion/14-10-08_Jornada%20sobre%20HERRAMIENTAS%20DE%20GESTION%20DE%20LA%20ENERGIA/03-HERRAMIENTAS-DE-GESTION-DE-LA-ENERGIA-NORMAS-RELACIONADAS-fenercom-2014
- [7] Emp-Renovable-Linea-de-credito-para-eficiencia-energetica-y-energia-renovable
https://www.bfa.gob.sv/?page_id=3655
- [8] ROBCP – UT
http://www.ut.com.sv/reglamento/-/document_library_display/ZCmM1VAbicD3/view/279093
- [9] iso-50001-energy-management
<https://www.iso.org/iso-50001-energy-management.html>
- [10] A.Legislativa , Constitucion de la Republica de El Salvador ,San Salvador, 1983

[11] Organo Ejecutivo (Consejo de Ministros), Reglamento interno Interno del órgano ejecutivo, San Salvador, 1989.

[12] Curvas-de-Carga-y-Generación

<https://catedras.facet.unt.edu.ar/centraleselectricas/wp-content/uploads/sites/19/2014/10/Curvas-de-Carga-y-Generación.pdf>

[13] iso – 50006

<https://www.iso.org/standard/51869.html>

[14] M.d.M.A.y.R.N . MARN ley de Medio Ambiente, San Salvador Decreto 233 1998

[15] Normas sobre procesos de libre competencia para CLP con GDR

[16] Jose Luis Regalado -SIGET

[17] electricity_generation

[18] Hugo Ventura - LEAP como herramienta de simulación de políticas de. Eficiencia Energética

<http://www.cnee.gob.gt/xhtml/prensa/Presentaciones/PRESENTACIONES%20PIEE%20OCTUBRE%202010/Hugo%20Ventura%20-%20LEAP%20como%20herramienta.pdf>

[19] IRENA_RE_Power_Costs_2014_report

https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Power_Costs_2014_report.pdf

[20] delsur-procedimiento-adjudicacion

<http://www.delsur.com.sv/images/licitaciones/caess-clp-rnv-001-2013/delsur-procedimiento-adjudicacion.pdf>

[21] Estadístico Anual Ene-Dic 2016 UT

[22] seminario venta de energía año 2017

[23] diplomado en eficiencia energética y energía renovable 2016

[24] Diplomado Internacional ISO 50001 - El salvador - 2017 - C2

[25] P1 Ingeniería del Proyecto categorización marn e incentivos v2

Diplomado bandesal

[26] P2 Evaluación Económica y financiera de proyectos de EE y ER v2

Diplomado bandesal

[27] metodologia_calculo_wacc

https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/68039/1/metodologia_calculo_wacc.pdf

[28] analisis-financiero-a

<https://es.slideshare.net/eligosan/anlisis-financiero-5457008>

[29] e EnPI V4.0

https://energy.gov/sites/prod/files/2016/05/f31/EnPI-Tool-User-Manual-v4.0_1.pdf

[30] UTILIZACIÓN DEL CRYSTAL BALL PARA APLICAR EL MODELO DE SIMULACIÓN MONTE CARLO

https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/7/29837/INSTRUCCIONES_CRYSTAL_BALL.pdf