



Universidad Nacional Autónoma de México

*Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración*

Facultad de Química

# T e s i s

**“Proyecto de inversión para la constitución de una empresa productora de sistemas híbridos de generación de energía eléctrica”.**

**Que para obtener el grado de:**

**Maestro en Administración Industrial**

**Presenta: Carlos Pineda Mosqueda**

**Director de la tesis: Hugo Norberto Ciceri Silvenses**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**Programa de Posgrado en Ciencias de la  
Administración  
Oficio: PPCA/GA/2010**

**Asunto:** Envío oficio de nombramiento de jurado de Maestría.

**Coordinación**

**Dr. Isidro Ávila Martínez  
Director General de Administración Escolar  
de esta Universidad  
Presente**

At'n.: Lic. Balfred Santaella Hinojosa  
Coordinador de la Unidad de Administración del Posgrado

Me permito hacer de su conocimiento, que el alumno **Carlos Pineda Mosqueda**, presentará la tesis dentro del Plan de **Maestría en Administración (Industrial)** toda vez que ha concluido el Plan de Estudios respectivo, por lo que el Subcomité de asuntos académicos y administrativos de Maestrías, tuvo a bien designar el siguiente jurado:

Dr. Ricardo Alfredo Varela Juárez	Presidente
M.B.A. Domingo Alarcón Ortiz	Vocal
M. en C. Hugo Norberto Ciceri Silvenses	Secretario
Dra. Alejandra Cabello Rosales	Suplente
M. en C. Amparo Castillo Corona	Suplente

Por su atención le doy las gracias y aprovecho la oportunidad para enviarle un cordial saludo.

Atentamente  
"Por mi raza hablará el espíritu"  
Ciudad Universitaria, D.F., 1 de octubre de 2010.

**El Coordinador del Programa**

**Dr. Ricardo Alfredo Varela Juárez**

## **Dedicatoria.**

Dedico y agradezco inicialmente este trabajo a Dios por haberme dado la oportunidad de superarme profesionalmente y con esto dotarme de conocimientos y herramientas adicionales para servir mejor.

Dedico esta tesis a toda mi familia y amigos que con su apoyo brindado en todos los aspectos, me motivaron y ayudaron a culminar esta etapa de mi vida.

Asimismo a mis hijas Sophie y Emily, esperando ser una adecuada referencia para su futuro próximo.

## **Agradecimientos.**

Todo mi reconocimiento, agradecimiento y admiración para mi amigo y tutor de tesis el M. en C. Hugo Norberto Ciceri Silvenses quien a lo largo del desarrollo de la maestría y de la tesis, me guió y apoyó en todo momento, situación y lugar. Muchas gracias por el ánimo, la paciencia y sobre todo por el conocimiento y aprecio otorgados a mi persona y a mi familia.

Un agradecimiento muy especial para el Dr. Reynaldo Sandoval González quien tuvo la gentileza de asesorarme en aspectos de gran importancia para el desarrollo de la tesis y por sus puntuales apreciaciones y observaciones.

Muchas gracias a los CC. Dr. Ricardo Alfredo Varela Juárez, Dra. Alejandra Cabello Rosales, M.B.A. Domingo Alarcón Ortiz y M. en C. Amparo Castillo Corona; quienes con sus aportaciones y aceptación para fungir como sinodales, me proporcionaron el apoyo necesario para lograr el objetivo planteado.

Muchas gracias al Prof. Jesús Gumaro Viacobo Flores por sus comentarios, aportaciones y apoyo para culminar la etapa final del desarrollo de tesis y de titulación.

Gracias a mis compañeros de maestría por su apoyo, reconocimiento y amistad.

A todos estos excelentes seres humanos, muchas gracias.

## Índice

Introducción.....	1
Referencias.....	8
Capítulo 1 Metodología.....	9
1.1 Planteamiento del problema.....	10
1.2 Formulación de la hipótesis.....	12
1.3 Objetivos de investigación y alcance del trabajo.....	14
1.4 Instrumentos teórico-prácticos para enfrentar el problema de investigación.....	15
1.5 Conclusiones.....	15
Referencias.....	16
Capítulo 2 Antecedentes y marco de referencia.....	17
2.1 Antecedentes.....	18
2.2 Caso Base y descripción del proceso.....	18
2.3 Marco de referencia.....	20
2.3.1 Elaboración y evaluación de proyectos de inversión.....	21
2.3.2 Clasificación de los proyectos.....	22
2.3.3 Etapas de los proyectos de inversión.....	23
2.3.4 Generación sustentable de energía eléctrica.....	26
2.3.5 Fuentes primarias de energía renovable.....	28
2.3.5.1 Biomasa.....	31
2.3.5.2 Energía eólica.....	32
2.3.5.3 Energía geotérmica.....	34
2.3.5.4 Energía solar.....	36
2.3.6 Tecnologías vinculadas a la generación de energía renovable en el CB.....	40
2.3.6.1 Sistema fotovoltaico.....	40
2.3.6.2 Celdas de combustible.....	44
2.3.6.3 Energía del hidrógeno.....	47
2.4 Conclusiones.....	50
Referencias.....	52

Capítulo 3 Estudio de preinversión (estudio de mercado y técnico).....	54
3.1 Estudio de mercado.....	55
3.1.1 Marco de desarrollo y objetivos del estudio.....	55
3.1.2 Perfil del producto.....	56
3.1.3 Análisis de la demanda.....	57
3.1.4 Análisis de la oferta.....	59
3.1.4.1 Equipos que componen el CB.....	62
3.1.4.2 Análisis de los precios.....	64
3.1.4.3 Análisis de los canales de distribución.....	65
3.1.4.4 Promoción.....	66
3.2 Estudio técnico.....	67
3.2.1 Balance de materia y energía.....	67
3.2.1.1 Planteamiento del balance de materia y energía del CB.....	69
3.2.2 Proceso de integración del sistema.....	81
3.2.3 Localización general y específica del proyecto.....	81
3.2.4 Materias primas e insumos requeridos.....	82
3.2.5 Instalaciones, equipo, maquinaria y mobiliario.....	83
3.2.6 Capacidad de producción.....	83
3.2.7 Tecnología.....	84
3.3 Conclusiones.....	87
Referencias.....	89
Capítulo 4 Estudio de preinversión (estudio administrativo y financiero).....	90
4.1 Estudio Administrativo.....	91
4.1.1 Ciclo Administrativo.....	91
4.1.1.1 Planeación.....	92
4.1.1.2 Organización.....	104
4.1.1.2.1 Definición de la actividad a desarrollarse.....	105
4.1.1.2.2 División de la actividad fundamental.....	105
4.1.1.2.3 Ordenar divisiones e indicar responsables.....	105
4.1.1.2.4 Establecimiento de medios humanos y materiales.....	106
4.1.1.2.5 Sistema de control.....	107

4.1.1.3 Integración.....	107
4.1.1.4 Dirección.....	108
4.1.1.5 Control.....	109
4.1.2 Constitución de la empresa.....	110
4.1.3 Definición del tipo de sociedad a constituirse.....	111
4.1.4 Procedimiento para la apertura y operación de la empresa.....	111
4.2 Estudio Financiero.....	113
4.2.1 Presupuesto de costos de producción.....	113
4.2.2 Presupuesto de gastos de administración.....	118
4.2.3 Presupuesto de gastos de venta.....	119
4.2.4 Costos totales de operación de la empresa.....	119
4.2.5 Inversión inicial en activo fijo y diferido.....	120
4.2.6 Depreciación y amortización.....	122
4.2.7 Determinación del capital de trabajo.....	125
4.2.8 Financiamiento de la inversión.....	126
4.2.9 Determinación del punto de equilibrio producción mínima económica.....	127
4.2.10 Determinación de los ingresos por ventas sin inflación.....	128
4.2.11 Balance general inicial.....	128
4.2.12 Determinación del estado de resultados proyectado.....	129
4.2.13 Estado de resultados con inflación y sin financiamiento.....	131
4.2.14 Estado de resultados con inflación y financiamiento.....	132
4.2.15 Posición financiera inicial de la empresa.....	133
4.3 Conclusiones.....	134
Referencias.....	136
Capítulo 5 Estudio de factibilidad (evaluación económica y administración del riesgo).....	137
5.1 Introducción a la evaluación del proyecto.....	138
5.1.1 Método del valor presente neto (VPN).....	138
5.1.2 Método de la tasa interna de retorno (TIR).....	139
5.1.3 Cálculo del VPN y la TIR sin inflación y sin financiamiento.....	139
5.1.3.1 Variación del VPN sin inflación y sin financiamiento.....	141

5.1.4 Cálculo del VPN y la TIR con inflación y sin financiamiento.....	142
5.1.4.1 Variación del VPN con inflación y sin financiamiento.....	143
5.1.5 Cálculo del VPN y la TIR con inflación y con financiamiento.....	144
5.1.5.1 Variación del VPN con inflación y con financiamiento.....	145
5.2 Análisis y administración del riesgo.....	148
5.2.1 Identificación del riesgo.....	149
5.2.2 Evaluación del riesgo.....	151
5.2.3 Clasificación del riesgo.....	153
5.2.4 Planeación de la respuesta al riesgo.....	153
5.2.5 Seguimiento y control del riesgo.....	155
5.3 Conclusiones.....	155
Referencias.....	157
Capítulo 6 Decisión de la inversión (análisis de sensibilidad y evaluación de los resultados).....	158
6.1 Sensibilidad del proyecto bajo condiciones de inflación cambiante.....	159
6.1.1 Conclusiones del ejercicio.....	162
6.2 Evaluación de los resultados.....	163
6.3 Conclusiones.....	164
Referencias.....	165
Capítulo 7 Conclusiones.....	166
7.1 Conclusiones y recomendaciones.....	167
Bibliografía.....	173
Anexos “A” Carga instalada de la escuela primaria rural.....	181
Anexos “B” Balances de materia y energía.....	183
Anexos “C” Distribución de planta.....	186
Anexos “D” Indicadores estáticos para la evaluación de proyectos.....	187



## Índice de tablas, diagramas y figuras

### Tablas.

Tabla No. 2.1 Proyección del crecimiento de las fuentes renovables de energía en México.....	29
Tabla No. 2.2 Análisis comparativo de las diferentes formas de la biomasa.....	33
Tabla No. 2.3 Análisis de las características de la energía eólica.....	34
Tabla No. 2.4 Análisis de las características de la energía geotérmica.....	35
Tabla No. 2.5 Análisis de las características de la energía solar.....	38
Tabla No. 2.6 Análisis comparativo de las diferentes energías renovables.....	39
Tabla No. 2.7 Clasificación de las pilas de combustible.....	46
Tabla No. 2.8 Tecnologías relacionadas al hidrógeno.....	49
Tabla No. 3.1 Criterios de clasificación de la demanda.....	57
Tabla No. 3.2 Cantidad de escuelas de nivel básico (Escuelas rurales).....	58
Tabla No. 3.3 Sistemas híbridos similares al CB en el mundo.....	61
Tabla No. 3.4 Resumen de la irradiación global media en Cuautla Morelos.....	70
Tabla No. 3.5 Datos de entrada del balance de materia y energía.....	72
Tabla No. 3.6 Datos de salida del balance de materia y energía.....	72
Tabla No. 3.7 Relación costo/potencia de los paneles fotovoltaicos.....	73
Tabla No. 3.8 Valores estimados de utilización de energía eléctrica.....	74
Tabla No. 3.9 Tecnologías de producción de hidrógeno y rendimientos.....	80
Tabla No. 3.10 Costo del sistema CB en moneda nacional.....	82
Tabla No. 4.1 Aprovechamiento de la capacidad instalada a través de los años.....	113
Tabla No. 4.2 Costo de materia prima.....	113
Tabla No. 4.3 Costo de empaque y embalajes.....	114
Tabla No. 4.4 Otros materiales.....	114
Tabla No. 4.5 Consumo de energía eléctrica.....	115
Tabla No. 4.6 Consumo de agua.....	115
Tabla No. 4.7 Consumo de combustible.....	116
Tabla No. 4.8 Costo de mano de obra directa.....	116
Tabla No. 4.9 Costo de mano de obra indirecta.....	116

Tabla No. 4.10 Costo de mantenimiento.....	117
Tabla No. 4.11 Presupuesto de costos de producción.....	117
Tabla No. 4.12 Presupuesto de gastos de administración (sueldos de personal).....	118
Tabla No. 4.13 Gastos de oficina.....	118
Tabla No. 4.14 Comida para empleados.....	118
Tabla No. 4.15 Gastos de administración.....	118
Tabla No. 4.16 Costos de ventas.....	119
Tabla No. 4.17 Costo total de operación de la empresa.....	119
Tabla No. 4.18 Activo fijo de producción.....	120
Tabla No. 4.19 Activo fijo de oficinas y ventas.....	120
Tabla No. 4.20 Costo total de terreno y obra civil.....	121
Tabla No. 4.21 Inversión en activo diferido.....	121
Tabla No. 4.22 Inversión total en activo fijo y diferido.....	122
Tabla No. 4.23 Depreciación y amortización.....	124
Tabla No. 4.24 Valores e inversiones.....	125
Tabla No. 4.25 Costo de inventario de materia prima.....	125
Tabla No. 4.26 Valor del activo circulante.....	126
Tabla No. 4.27 Financiamiento de la inversión.....	127
Tabla No. 4.28 Pago de la deuda en pesos.....	127
Tabla No. 4.29 Clasificación de los costos.....	128
Tabla No. 4.30 Determinación de ingresos sin inflación.....	128
Tabla No. 4.31 Balance general (sin inflación).....	129
Tabla No. 4.32 Estado de resultados (sin inflación, sin financiamiento y producción constante).....	130
Tabla No. 4.33 Estado de resultados (con inflación del 6%, sin financiamiento y producción constante).....	131
Tabla No. 4.34 Estado de resultados (con inflación del 6%, financiamiento y producción constante).....	132
Tabla No. 5.1 Cálculo de VPN y la TIR con producción constante, sin inflación y sin financiamiento.....	141

Tabla No. 5.2 Cálculo de VPN y la TIR con producción constante, con inflación y sin financiamiento.....	143
Tabla No. 5.3 Cálculo de VPN y la TIR con producción constante, con inflación y financiamiento.....	144
Tabla No. 5.4 Matriz de evaluación del riesgo.....	152
Tabla No. 5.5 Clasificación del riesgo.....	153
Tabla No. 5.6 Plan de acción para afrontar el riesgo.....	154
Tabla No. 6.1 Cálculo de VPN, sin inflación.....	159
Tabla No. 6.2 Cálculo de VPN con inflación del 6%.....	160
Tabla No. 6.3 Cálculo de VPN con inflación del 50%.....	161
Tabla No. 6.4 Cálculo de VPN con inflación cambiante.....	161

#### Diagramas.

Diagrama 2.1 Esquema metodológico, secuencia y etapas del proyecto de inversión	23
Diagrama 3.1 Módulos que componen el CB.....	68
Diagrama 3.2 Diseño del CB y balance de materia y energía (promedio).....	71
Diagrama 5.1 Para la evaluación económica sin inflación y sin financiamiento.....	141
Diagrama 5.2 Para la evaluación económica con inflación y sin financiamiento.....	142
Diagrama 5.3 Para la evaluación económica con inflación y con financiamiento.....	144

#### Figuras.

Figura No. 1.1 Potencial de las energías renovables.....	11
Figura No. 2.1 Distribución global del potencial de conversión térmico solar.....	37
Figura No. 2.2 Costos de capital de energías renovables.....	37
Figura No. 2.3 Competitividad en el aprovechamiento de la energía solar.....	38
Figura No. 2.4 Formas de producción y utilización del “hidrógeno solar”.....	48
Figura No. 3.1 Mapa de irradiación solar en la República Mexicana.....	70
Figura No. 3.2 Relación peso capacidad en el almacenaje de hidrógeno.....	78
Figura No. 3.3 Proyecciones del mercado global solar para el año 2020.....	85
Figura No. 4.1 Lista de factores FODA.....	96
Figura No. 4.2 Matriz FODA.....	97

Figura No. 4.3 Matriz de interacciones Debilidades vs Amenazas.....	98
Figura No. 4.4 Matriz de interacciones Debilidades vs Oportunidades.....	99
Figura No. 4.5 Matriz de interacciones Fortalezas vs Amenazas.....	100
Figura No. 4.6 Matriz de interacciones Fortalezas vs Oportunidades.....	100
Figura No. 4.7 Matriz FODA de la empresa considerada para el CB.....	101
Figura No. 4.8 Proceso de constitución de una empresa.....	110
Figura No. 5.1 Gráfica del VPN sin inflación y sin financiamiento.....	141
Figura No. 5.2 Gráfica del VPN con inflación y sin financiamiento.....	143
Figura No. 5.3 Gráfica del VPN con inflación y con financiamiento.....	145
Figura No. 5.4 Proceso de administración del riesgo.....	148

## Símbolos de unidades

<b>kW:</b>	kilowatt
<b>W:</b>	Watt
<b>A:</b>	Ampere
<b>V:</b>	Volt
<b>Ah:</b>	Amper/hora
<b>kWh:</b>	kiloWatt/hora
<b>kVA:</b>	kiloVoltAmpere
<b>Vca:</b>	Volts corriente alterna
<b>Vcd:</b>	Volts corriente directa
<b>Nm<sup>3</sup>:</b>	1 m <sup>3</sup> a 1atm y 0°C
<b>kVAh/día:</b>	kiloVoltAmperehora/día
<b>kWh/día:</b>	kiloWattthora/día
<b>Hz:</b>	Hertzio
<b>MW:</b>	MegaWatt
<b>TIR:</b>	Tasa Interna de Retorno
<b>VPN:</b>	Valor Presente Neto

# **Introducción**

## Introducción

El presente trabajo corresponde a la elaboración de un proyecto de inversión de una empresa productora de sistemas híbridos de generación de energía eléctrica, el cual utiliza como fuente de energía primaria la luz solar. El sistema está orientado para su aplicación en las escuelas rurales de nuestro país puesto que son instalaciones que por lo regular carecen de los servicios básicos para proporcionar un servicio educativo adecuado.<sup>1</sup>

El sistema está conformado tecnológicamente de dos subsistemas:

- a. Un subsistema fotovoltaico que realiza la conversión directa de la energía solar a energía eléctrica.
- b. El otro subsistema contempla la conversión directa de Hidrógeno almacenado en tanques de hidruros metálicos a energía eléctrica mediante un proceso electroquímico de reducción-oxidación del hidrógeno y el oxígeno. En ambos casos la conversión a energía eléctrica es completa y no se obtiene ningún contaminante como producto de la conversión<sup>2</sup>.

El desarrollo del trabajo primeramente se centró en el diseño de una propuesta de carga instalada para una escuela rural primaria<sup>3</sup> en la cual se indican los equipos que se consideran indispensables para la impartición de un servicio educativo adecuado y se toman

---

<sup>1</sup> En México se tiene una cobertura del servicio eléctrico del 96 % lo que representa aproximadamente 5 millones de personas sin una fuente de abastecimiento de energía eléctrica y de las cuales gran parte habitan en localidades aisladas donde la red convencional no representa una solución económicamente viable. Fuente: *Energías renovables para el desarrollo sustentable en México*. SENER, 2006.

<sup>2</sup> Fuente: P. J. Sebastian. "Sistema híbrido fotovoltaica-hidrógeno-celda de combustible para la producción de energía eléctrica". *energia.fi-b.unam.mx/proyecto16/proyecto.pdf*, fecha de consulta Jun. 2009.

<sup>3</sup> Ver anexo "A" Carga instalada de la escuela primaria rural.

en consideración valores estimados de consumo de energía que serán empleados para obtener un prototipo o Caso Base (CB) que será la referencia de cálculo para la realización de este trabajo.

Es importante destacar que el proyecto de inversión se basó en datos teóricos que son calculados para el CB puesto que se carece de valores medidos del consumo eléctrico.

Los elementos del CB contemplan un sistema fotovoltaico que actúa como fuente de suministro de energía a dos subsistemas que finalmente proveerán de energía eléctrica a la instalación de la escuela rural. La preparación y evaluación del CB mediante el desarrollo de un proyecto de inversión, permite considerar los elementos necesarios para una decisión de inversión, no sólo los aspectos técnicos, sino también los aspectos económicos y administrativos decisivos en una inversión.

La metodología de elaboración de la evaluación del proyecto, consistió en el desarrollo de los siguientes estudios: estudio de mercado, estudio técnico, evaluación económica y evaluación financiera; el resultado que se obtenga del análisis sistemático de la información y del marco teórico de referencia, permitirán juzgar cualitativa y cuantitativamente las ventajas y desventajas de asignar recursos a una determinada iniciativa de inversión.

Es importante mencionar que es un proyecto de inversión atípico puesto que contempla riesgos conocidos y no conocidos en virtud de las constantes novedades tecnológicas que se presentan en los distintos elementos que componen el proceso, y por la incertidumbre inherente a las características especiales de los equipos. Durante su realización fue necesario hacer estimaciones de equipos y tecnologías de manera documental y con estudios de campo si fuera necesario.



A continuación se describe de manera sintetizada el contenido de cada uno de los capítulos y el aporte que tiene cada uno de ellos para la conclusión de este trabajo.

El capítulo I “Definición del proyecto”, plantea el problema inicial al que está sujeto el desarrollo de la evaluación del proyecto de inversión y las diversas interrogantes que deben ser resueltas. Se plantea una hipótesis que pretende dar a conocer de que se estima depende la factibilidad de llevar a cabo el proyecto, misma que debe ser probada o disprobada. Con base en la hipótesis, se definen los objetivos de investigación los cuales encaminan la realización del estudio. Se termina con un apartado de conclusiones.

El aporte que tiene este capítulo radica en la importancia de identificar que se pretende lograr con el trabajo, la problemática inherente al mismo, la necesidad a satisfacer y el rumbo que tendrá que seguir el desarrollo de la investigación. Con base en esta definición, fue posible desarrollar los capítulos subsecuentes.

El capítulo II “Antecedentes y marco de referencia”, proporciona el marco teórico que da soporte a la elaboración de los estudios de preinversión y de factibilidad. Se describen las necesidades que dan origen al CB y posteriormente se trata acerca de los fundamentos para la elaboración de proyectos de inversión, la generación sustentable de energía eléctrica, las fuentes primarias de energía renovable y las tecnologías que las utilizan para la obtención de energía. Finalmente se detallan las conclusiones del capítulo.

De acuerdo al problema y a la hipótesis planteada en el capítulo I, el marco de referencia permite soportar y sustentar los capítulos posteriores los cuales van dando consecución a los objetivos de investigación planteados.

El capítulo III “Estudio de preinversión (estudio de mercado y técnico), con base en información obtenida documentalmente a través de búsqueda de datos en bibliografía e internet, desarrolla el estudio de mercado para definir básicamente la oferta y la demanda a que podría estar sujeto el sistema de generación de energía en evaluación y su método de tratamiento. Como segunda parte en el estudio técnico se desarrolla con estimaciones y cálculos matemáticos el balance de materia y energía que es la referencia para definir el CB y gracias al cual se seleccionan los equipos que lo integrarán así como las necesidades de infraestructura, instalaciones, maquinaria, equipo y materiales para materializarlo en un área productiva.

Con la realización de estos estudios junto con el administrativo y financiero se culmina la fase denominada estudio de preinversión la cual da el soporte necesario para continuar con la etapa de determinación de factibilidad del proyecto.

El capítulo IV “Estudio de preinversión (estudio administrativo y financiero), provee del soporte administrativo necesario para poder implementar una empresa que se dedique a la comercialización de los sistemas de generación de energía eléctrica. Con el estudio financiero a través de la información proporcionada por el estudio técnico, se determinan los costos, presupuestos, montos de inversión y de financiamiento que deben contemplarse para la evaluación del proyecto. También se elabora el balance general y el estado de resultados proyectado, así como estados de resultados con variaciones en las consideraciones iniciales para contar con diversos escenarios para el estudio de factibilidad del proyecto.

Con este capítulo se concluye la fase del estudio de preinversión y se está en condiciones de llevar a cabo el estudio de factibilidad del proyecto. Esto, alineado con el problema planteado y los objetivos de investigación previamente fijados.

El capítulo V “Estudio de factibilidad (evaluación económica y administración del riesgo), considera la evaluación numérica del proyecto para determinar su rentabilidad a través del cálculo del valor presente neto y de la tasa interna de retorno aplicando variaciones en el cálculo de los mismos. Respecto al riesgo, se trata la metodología para su administración y se proponen mecanismos para eliminar o minimizar el impacto de los riesgos.

Con este capítulo se determina la factibilidad económica y la rentabilidad de llevar a cabo el proyecto de inversión. Lo cual da al decisor el soporte preliminar necesario para tomar una decisión de inversión, también le provee de un mecanismo para el control de riesgos y es a su vez, la antesala para realizar la decisión de inversión.

El capítulo VI “Decisión de la inversión (análisis de sensibilidad y evaluación de los resultados), con base en el análisis de sensibilidad elaborado expone la decisión de inversión lograda con la información obtenida en el estudio de preinversión y en el de factibilidad. Sin embargo la decisión final se obtiene en el capítulo VII.

A través de este capítulo se cierra el ciclo de estudios necesarios para soportar una decisión de inversión considerando los aspectos técnicos, administrativos, financieros y de impacto social. Los objetivos de investigación se han cumplido y de acuerdo a la decisión que se obtenga en el capítulo VII, se da validez o no a la hipótesis planteada en el capítulo I.

El capítulo VII “Conclusiones y bibliografía” toma los elementos de juicio generados en los capítulos previos y da las conclusiones sobre la decisión de inversión de acuerdo a las interrogantes planteadas en el planteamiento del problema. También emite una serie de recomendaciones para el proyecto de inversión y culmina con la comprobación de la veracidad de la hipótesis planteada.

El desarrollo de dichos capítulos completa la serie de pasos a seguir para determinar la factibilidad del proyecto de inversión, y se considera que los resultados ofrecen una aproximación del empleo de este tipo de tecnologías en el corto plazo en nuestro país.

## Referencias

*Energías renovables para el desarrollo sustentable en México*. SENER, 2006.

P. J. Sebastian. “Sistema híbrido fotovoltaica-hidrógeno-celda de combustible para la producción de energía eléctrica”. *energia.fi-b.unam.mx/proyecto16/proyecto.pdf*, fecha de consulta Jun. 2009.

# **Capítulo 1**

## **Metodología**

## 1.1 Planteamiento del problema

En el marco de la evaluación del proyecto de una empresa productora de sistemas híbridos de generación de energía eléctrica cuyo mercado potencial son las escuelas rurales para proveerlas de energía secundaria;<sup>4</sup> se requiere plantear diversas interrogantes que a continuación se describen.

¿Qué grado de certeza se tendrá en la evaluación del proyecto?, si se partirá fundamentalmente de la elaboración de un balance de materia y energía requerido, para poder realizar la selección de equipos que componen el sistema de generación de energía. Esto, en virtud de que no se cuenta con datos generados por equipos en operación.

La referencia que se tomó para elaborar el balance de materia y energía, fue la definición de un CB calculado con estimaciones teóricas considerando una arquitectura similar a la que tendría un proyecto técnico. Al no contar con la posibilidad de obtener información de un sistema en funcionamiento, los resultados se lograrán mediante cuidadosas estimaciones. Los equipos se estimaron en función de la disponibilidad de información en el mercado y de la posibilidad de conseguir cotizaciones de los mismos.

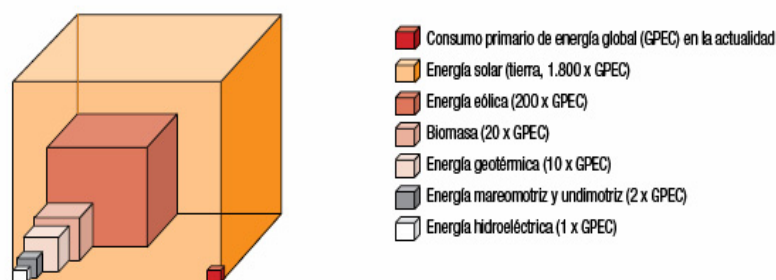
Estos factores hacen que el proyecto de inversión no sea un caso típico sino uno con diversas vertientes dentro del rubro tecnológico que impactan en la configuración adecuada del CB.

---

<sup>4</sup> Energías secundarias: los productos resultantes de las transformaciones o elaboración de recursos energéticos naturales (primarios) o en determinados casos a partir de otra fuente energética ya elaborada (por ej. Alquitrán). El único origen posible de toda energía secundaria es un centro de transformación y, el único destino posible un centro de consumo. Este proceso de transformación puede ser físico, químico o bioquímico modificándose así sus características iniciales. Son fuentes energéticas secundarias la electricidad, toda la amplia gama de derivados del petróleo, el carbón mineral, y el gas manufacturado (o gas de ciudad). Fuente: CNE, <http://www.cne.cl>, fecha de consulta: Jun. 2009.

Las tecnologías de generación de energía fotovoltaica, almacenamiento de energía, producción de hidrógeno y la conversión de éste a energía eléctrica, incorporan innovaciones tecnológicas y de materiales de manera constante debido a los avances científicos que se logran día a día y al potencial de empleo de las energías renovables; ver fig. 1.1, en ella se puede observar que la energía solar tiene el mayor potencial de empleo, sin embargo, pasarán años antes de que las tecnologías en conjunto que hacen empleo de las energías renovables sean económicamente redituables.<sup>5</sup>

Figura 1.1 Potencial de las energías renovables



Fuente: Nitsch F. "Technologische und energiewirtschaftliche Perspektiven erneuerbarer Energien, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)", 2007.

<sup>5</sup> La energía fotovoltaica se puede producir casi en cualquier lugar y, a pequeña escala, fomenta la independencia energética a nivel nacional, regional, local e individual, además de permitir la autosuficiencia de comunidades locales y hogares. La energía fotovoltaica ya ha demostrado ser una inversión rentable para propietarios de viviendas, agricultores y comunidades en Europa. El costo es el único factor importante que, hasta el momento, ha limitado su crecimiento y ha impedido que se una a las energías más utilizadas. No obstante, esta industria ha demostrado repetidas veces una sobrada capacidad para conseguir rápidas reducciones de precios.

Los avances tecnológicos permitirán conseguir sustanciales reducciones en los costes, mientras que está previsto que los precios de la electricidad dependiente de combustibles fósiles sigan incrementándose a largo plazo. Fuente: Set for 2020, Electricidad solar fotovoltaica: una de las principales fuentes de energía en Europa en 2020, Resumen ejecutivo, EPIA. Fecha de consulta marzo de 2010.

Las celdas de combustible ya se consideran como elementos clave para sistemas híbridos que las integran. Pueden integrarse en sistemas híbridos donde celdas fotovoltaicas alimenten un electrolizador para generar hidrógeno y alimentar la celda de combustible. Estos sistemas híbridos mantendrían relaciones costo/beneficio en niveles interesantes gracias a las altas eficiencias de conversión de las celdas de combustible, lo cual significaría otro atractivo para impulsar un mayor desarrollo de tecnologías como la solar, la biomasa, la eólica, entre otras. Fuente: Cano Castillo Ulises, "Las celdas de combustible: verdades sobre la generación de electricidad limpia y eficiente vía electroquímica". *Boletín septiembre/octubre IIE*, 1999.



Ante los factores anteriores, se debieron considerar las limitantes de este proyecto de naturaleza novedoso en nuestro país y los factores que podrían obstaculizar la realización del mismo; en capítulos posteriores fue necesario hacer una adecuada selección de tecnologías y acotar el alcance y la vigencia estimada que tendrá el proyecto de inversión e incluso definir aquellos factores que tendrán que ser reevaluados para poder actualizar o replantear este trabajo cuando se tenga acceso a opciones de tecnologías más eficientes y económicamente viables.

Asimismo, las evaluaciones que se realicen al proyecto de inversión, ¿Deben contemplar el aspecto social que se aporta?, puesto que el sistema híbrido tiene su enfoque de aplicación en poblaciones aisladas en instituciones educativas rurales.

La realización de este trabajo de proyecto de inversión requirió plantear lo siguiente:

¿Será suficiente emplear las metodologías actuales de proyectos de inversión o se tendrá la necesidad de replantear, modificar o sustituir cada etapa para estar en posibilidad de determinar la factibilidad del desarrollo del proyecto de inversión? Definitivamente durante el desarrollo de los capítulos posteriores esta cuestión permaneció latente en cada etapa y la conclusión del trabajo está en función de los resultados que se obtengan y la validez de los mismos.

## **1.2 Formulación de la hipótesis**

Por el tipo de proyecto, es posible identificar diversas variables que impactan en su evaluación, sin embargo, es necesario acotar a las identificadas como de mayor impacto en la factibilidad del mismo.

La variable dependiente determinada en este trabajo es la factibilidad de creación de la empresa. Esta factibilidad está en función de diversas variables independientes que la afectan en cierto grado como lo son también la sustentabilidad ambiental y el impacto social. Sin embargo, solamente se evaluarán dos de ellas, que continuación se plantean:

Variable independiente uno, eficiencia de los equipos; tanto los de generación de energía, como los de almacenamiento y control que contempla el proyecto, emplean tecnologías en proceso de maduración los cuales tienen una eficiencia corta en relación con la que se espera a mediano plazo. A futuro, se estima que las eficiencias sean mayores, sin embargo, es posible que para ello tengan que incorporar nuevas tecnologías reemplazando a las actuales y a las consideradas en este proyecto.

Variable independiente dos, precio de los equipos; los precios están sujetos a la disponibilidad y demanda de los mismos, al ser equipos destinados para el aprovechamiento de las energías renovables, actualmente se están promoviendo con mayor celeridad afectándose sus precios de venta. Esta variación en los precios impacta en la determinación de la factibilidad, puesto que los costos que se obtengan para la evaluación en curso, tienden a ser muy variables en el corto plazo.

La evaluación de las dos variables independientes, se efectuará de manera conjunta, a través de la elaboración y análisis de los estudios de prefactibilidad y factibilidad; ya que dichas variables están presentes e impactan en cada uno de ellos. Por lo tanto, y con base en lo anterior, la hipótesis que se tratará de validar es la siguiente:

Hipótesis:

“La factibilidad de constitución de una empresa productora de sistemas híbridos de generación de energía, está en función del grado de eficiencia de los equipos y de sus precios de venta.”

### **1.3 Objetivos de la investigación y alcance del trabajo**

El objetivo del presente trabajo es “evaluar el proyecto de una empresa productora de sistemas híbridos de generación de energía eléctrica cuyo mercado potencial son las escuelas rurales, para conocer la factibilidad económica de proveer de dichos sistemas a las escuelas rurales. Obteniendo como resultado de la investigación los estudios técnico, administrativo y financiero correspondientes y el estudio de factibilidad del proyecto”.

El alcance que tiene el trabajo es el siguiente:

Obtener los estudios de prefactibilidad y factibilidad con base en el diseño de un balance de materia y energía como referencia. Con base en sus resultados, realizar la evaluación de la inversión. Los estudios tuvieron como datos de entrada, información documental obtenida a través de investigación bibliográfica, en internet y a través de estudios de campo con las aproximaciones pertinentes en cada etapa del estudio.

Los resultados obtenidos dan una idea sobre el posible empleo de sistemas híbridos de generación de energía eléctrica en escuelas rurales y permiten tomar una decisión de inversión exclusivamente para el CB diseñado para el efecto, por lo tanto, cada necesidad de suministro de energía deberá ser evaluada de manera individual ya que los resultados que se obtengan serán de carácter particular.

#### **1.4 Instrumentos teórico-prácticos para enfrentar el problema de investigación.**

El proyecto de inversión no parte de un tratamiento “tradicional” puesto que existen diversos riesgos y características que lo hacen complejo para su análisis. Para hacer frente al problema planteado, es necesario presentar los instrumentos teórico-prácticos que enmarquen el desarrollo del proyecto de inversión. El capítulo siguiente inicia con dicho marco debidamente estructurado y desarrollado el cual permitirá soportar las decisiones que se tomen en capítulos posteriores donde se desarrolla el estudio de preinversión y el de factibilidad.

#### **1.5 Conclusiones**

El manejo de datos y las aproximaciones que se efectuaron para el dimensionamiento del CB, implicaron efectuar un pertinente adecuado manejo de la información y de los valores que se tienen de referencia, para lograr un balance de materia y energía suficientemente soportado como para realizar la selección de los equipos del sistema del CB.

Dicha selección es la base para el desarrollo de la evaluación económica y financiera que soporta la decisión de inversión. Esto implica la aparición progresiva de una gran diversidad de variables que no es posible evaluar en su conjunto en este trabajo por lo que en el planteamiento de la hipótesis, se seleccionaron solo a dos de ellas.

La obtención de una adecuada evaluación del proyecto permitió probar o disprobar la hipótesis planteada y concretar los objetivos fijados en este capítulo.

## Referencias

Cano Castillo Ulises, “Las celdas de combustible: verdades sobre la generación de electricidad limpia y eficiente vía electroquímica”. *Boletín septiembre/octubre IIE*, 1999.

CNE, “Energías secundarias”. <http://www.cne.cl>, fecha de consulta: Jun. 2009.

Set for 2020, “Electricidad solar fotovoltaica: una de las principales fuentes de energía en Europa en 2020, Resumen ejecutivo”, *EPIA*. Fecha de consulta marzo de 2010.

## **Capítulo 2**

### **Antecedentes y marco de referencia**

En este capítulo se elaboró el marco en el cual está inmerso el proyecto<sup>6</sup> de inversión iniciando con la descripción del CB y describiendo la problemática que presenta por las características especiales que posee. Se muestran las generalidades de un proyecto de inversión y el panorama general del campo de las tecnologías relacionadas con la generación sustentable de energía eléctrica. Además se establecen las precisiones respecto a las definiciones y demás elementos técnico-conceptuales.

## **2.1 Antecedentes.**

## **2.2 Caso Base y descripción del proceso.**

El CB corresponde a la integración de un sistema híbrido de generación de energía eléctrica capaz de proveer el requerimiento diario de energía a una escuela primaria rural<sup>7</sup> con capacidad para atender a un total de 30 alumnos. La infraestructura de la escuela rural que sirvió como referencia para la determinación teórica de la carga instalada<sup>8</sup> que será necesario abastecer es la siguiente:

1. Seis aulas para impartición de clases
2. Dos laboratorios, uno de idiomas y otro más de ciencias

---

<sup>6</sup> Se define como proyecto a un plan de acción para la utilización productiva de los recursos económicos de que dispone una empresa, los cuales son sometidos a análisis y evaluación para fundamentar su aceptación o rechazo. Fuente: Ciceri Silvenses Hugo Norberto, *Manual para la selección de tecnologías*. 1ª. ed. México, UNAM, Facultad de Química 2000.

<sup>7</sup> Las comunidades lejanas de los centros urbanos son catalogadas como “rurales aisladas”. En dichas comunidades puede haber servicio eléctrico o no. Los beneficios que provee un sistema sustentable de generación de energía en las mismas son: promoción del uso de energía limpia no contaminante, los precios de electricidad que dejan de pagar los municipios dejan de disponer de la disponibilidad de hidrocarburos y siempre serán inferiores a los de la compañía pública de electricidad, se proporciona energía eléctrica a las comunidades rurales impulsando el desarrollo económico de la región. Fuente: Ramírez, Torres, “Generación limpia de energía eléctrica”, *CINVESTAV*, 2006.

<sup>8</sup> La carga instalada corresponde a la necesidad requerida de energía eléctrica por una instalación para satisfacer sus necesidades diarias.

3. Una biblioteca, una sala de cómputo, comedor, sala de asistencia social, oficinas administrativas, WC y caseta de vigilancia
4. Alumbrado exterior

El consumo de energía estimado para la escuela rural suma un total de 40.55 kWh/día. Dicho valor es la referencia para el desarrollo del balance de materia y energía y para el dimensionamiento de los equipos del sistema.<sup>9</sup>

El proceso en el cual se basa el funcionamiento del CB corresponde a un sistema híbrido de generación de energía eléctrica compuesto por dos subsistemas de conversión de energía; el primero produce energía fotovoltaica mediante la conversión directa de la energía electromagnética proveniente del sol, a energía eléctrica a través del empleo de paneles fotovoltaicos. La corriente eléctrica pasa a través de controladores de carga los cuales realizan el control y la distribución de la energía. Finalmente en el primer subsistema, la energía obtenida es almacenada y estabilizada en un banco de baterías y se utiliza un sistema inversor de corriente previo a la alimentación de la energía eléctrica a la carga eléctrica instalada.

En el segundo subsistema se produce la conversión directa de energía de hidrógeno a energía eléctrica en un equipo electrolizador, mediante un proceso electroquímico de reducción-oxidación entre el hidrógeno y el oxígeno. *La conversión de energía produce como único residuo agua con un alto grado de pureza y calor.*<sup>10</sup>

---

<sup>9</sup> En el anexo 1 se puede ver el equipamiento que se considera para la escuela rural indicándose cantidad, potencia, horas de utilización y un consumo diario determinado.

<sup>10</sup> Cano Castillo Ulises, “Las celdas de combustible: verdades sobre la generación de electricidad limpia y eficiente vía electroquímica”. *Boletín septiembre/octubre IIE*, 1999.



El hidrógeno producido se almacena por medio de un equipo presurizador en tanques de almacenamiento de hidruros metálicos y se mantendrá disponible hasta que surja la necesidad de su utilización para generar energía eléctrica a través de una celda de combustible que empleará también un proceso electroquímico de conversión.

Del análisis de la información anterior, se detectan diversas variables que integran al sistema híbrido respecto a la conversión, producción, almacenamiento y control entre otros. Durante el desarrollo del estudio técnico se describen ampliamente los componentes que integrarán el CB, del proceso empleado para la generación de energía eléctrica y se realizan las evaluaciones necesarias para presentar un sistema teórico representativo de uno en funcionamiento en escuelas rurales donde se requiere permanentemente de una fuente de suministro de energía la cual en muchas ocasiones es difícil de obtener por diversos motivos; Tal sería el caso de una la red eléctrica de la Comisión Federal de Energía la cual, por factores geográficos, técnicos o de factibilidad económica; no puede dotar de energía eléctrica a las poblaciones rurales.

### **2.3 Marco de referencia.**

A continuación se desarrolla el marco de referencia del proyecto de inversión, el cual tiene la finalidad de enmarcar y soportar el desarrollo de cada una de las etapas del proyecto de inversión, así como para sustentar y referir la toma de decisiones que se efectúe durante la elaboración del estudio de prefactibilidad y de factibilidad.

El marco inicia con la parte conceptual de la parte administrativa del proyecto, es decir información correspondiente a la elaboración de proyectos de inversión; posteriormente se trata sobre los medios de generación de energía eléctrica sustentable y de las fuentes

primarias de energía renovable. Se concluye con la descripción de las tecnologías vinculadas a la generación de energía eléctrica y que se contemplan en el CB.

### **2.3.1 Elaboración y evaluación de proyectos de inversión.**

El inversionista para tomar una decisión de inversión, requiere de una guía respecto a la creación de la futura inversión donde se muestre a través de diversos estudios la viabilidad de un proyecto. De esta manera el documento generado es en sí el plan de acción con un análisis y evaluación adecuados de los recursos disponibles para su posible realización. A continuación se define qué es un proyecto y que es un proyecto de inversión:

“Un proyecto es un plan de acción para la “utilización” productiva de los recursos económicos de los que dispone un agente (empresa o inversionista) que es sometido a un análisis y evaluación para fundamentar una decisión de aceptación o rechazo”. A su vez un proyecto de inversión “Es un plan al que se le asigna un determinado monto de capital y se le proporciona insumos de varios tipos (materiales, financieros y técnicos) dentro de un espacio temporal. El proyecto de inversión conlleva análisis profundos y detallados para fundamentar la toma de decisiones ya sea de aceptación o rechazo y su objetivo es obtener un rendimiento en un plazo determinado. Esto tiene como consecuencia que se inmovilicen recursos a largo plazo”.<sup>11</sup>

A fin de evaluar si la hipótesis definida en el primer capítulo es correcta, se debe desarrollar el proyecto de inversión para determinar la factibilidad técnico-económica-social de sistema híbrido de generación de energía eléctrica que se defina en el CB. Para el

---

<sup>11</sup> Ciceri Silvenses Hugo Norberto, *Decisiones de Inversión en Plantas Químicas*. 2ª. ed. México, UNAM, Facultad de Química 2009.

efecto, en los siguientes capítulos se elaboran las etapas que surgen a partir de información confiable o estimada referenciada a diversas fuentes.

Se indican a continuación de manera breve, los criterios de clasificación de los proyectos de inversión.

### **2.3.2 Clasificación de los proyectos.**

La distinción de los proyectos se presenta como una respuesta a la necesidad de desarrollar estimaciones estandarizadas y procedimientos administrativos adecuados. La clasificación es útil ante:

1. Grandes variaciones en la exactitud para estimar costos de rédito
2. Cuando hay diferencias significativas en definiciones y métodos de estimación de flujos de caja futuros.
3. En proyectos con impactos más allá del monetario.

El proyecto en cuestión además del impacto monetario o económico que muestre en el estudio de preinversión, presenta desde su definición un tinte de carácter social puesto que se presenta como una alternativa para suministrar energía en poblaciones aisladas y en instalaciones que proveen de servicios educativos a la comunidad.

Criterios a considerar para realizar la clasificación de los proyectos:

Existen diversos criterios para la clasificación de los proyectos. Por el tamaño del proyecto, por el tipo de beneficio, por el grado de dependencia y por el tipo de flujo de caja.<sup>12</sup>

---

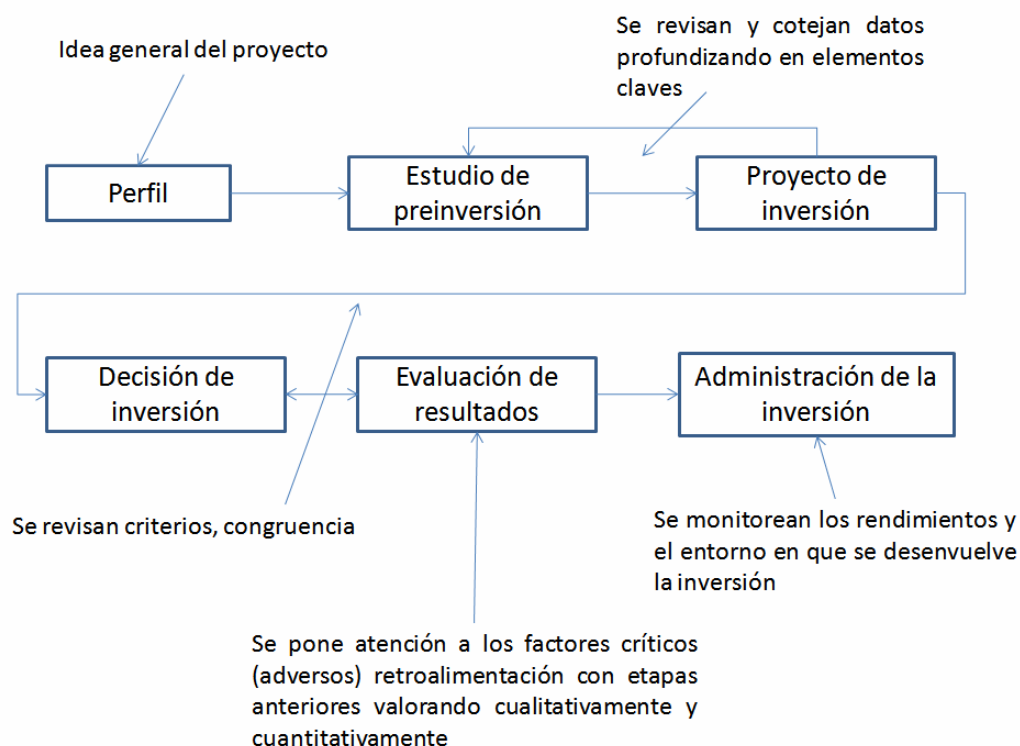
<sup>12</sup> Ciceri Silvenses Hugo Norberto, *Decisiones de Inversión en Plantas Químicas*. 2ª. ed. México, UNAM, Facultad de Química 2009.

Los criterios de clasificación nos ayudan a simplificar la elección de una propuesta de inversión. Este proyecto clasifica dentro del criterio de: tipo de beneficio para el que está destinado y cubre el requisito de abarcar nuevas líneas de actividad cuando menos en México. Además tiene el enfoque social antes mencionado al considerar el empleo de energías renovables y limpias que se traducen en beneficios para comunidades aisladas y en un impacto positivo a la sustentabilidad ambiental.

### 2.3.3 Etapas de los proyectos de inversión.

Todo proyecto tiene un ciclo de evolución que nos permite materializar de manera conjunta el proyecto. En el diagrama 2.1 se presentan la secuencia y etapas de los proyectos de inversión.

Diagrama 2.1 Esquema metodológico, secuencia y etapas del proyecto de inversión



Fuente: Cicero Cíviles Hugo N., 1998.

El inicio de un proyecto principia con una idea general la cual es sometida a un estudio de preinversión. El estudio de preinversión es la etapa en la que se hace una revisión de la información y se cotejan los datos tratando de profundizar en aquellos factores o variables claves para el desarrollo del proyecto de inversión. Concluida esta segunda etapa se inicia formalmente el proyecto de inversión; en caso de detectarse incongruencias o inconsistencias durante esta fase, es necesario regresar a los fundamentales del estudio de preinversión.

Con los resultados obtenidos en el proyecto de inversión y analizando los criterios considerados y su congruencia, es posible tomar una decisión de inversión evaluando los pros y contras, factores críticos, la retroalimentación generada en las etapas anteriores valorándolos cualitativa y cuantitativamente. En la última etapa del proyecto, se administra la inversión monitoreando los rendimientos, resultados y el entorno en que se desenvuelve la inversión realizada.

Ante las particularidades que presenta el proyecto de inversión del sistema híbrido, es posible que las secuencias y etapas sean ajustadas o alteradas de manera que permitan sustentar adecuadamente su desarrollo. Enseguida se listan las etapas anteriores indicando sus componentes principales:

1. Perfil inicial

Juicios iniciales, experiencia

2. Estudio de prefactibilidad o preinversión (Anteproyecto)

- 2.1 Estudio de mercado

Su fin es determinar si existe la demanda o el mercado potencial que justifique el desarrollo del proyecto de inversión y que las ventas de un producto o servicio son factibles.

- Perfil de los productos o servicios
- Análisis de la demanda
- Análisis de los precios
- Análisis de la oferta
- Análisis de canales de distribución
- Promoción

## 2.2 Estudio técnico

Este estudio provee de información base para la cuantificación posterior de las inversiones y el costo de las operaciones. También permite determinar requerimientos de lo siguiente:

- Procesos de fabricación
- Localización general y específica del proyecto
- Materias primas e insumos requeridos
- Equipo, maquinaria e instalaciones
- Capacidad de producción
- Tecnología

## 2.3 Estudio administrativo

Proporciona las herramientas que servirán de guía para los futuros administradores del proyecto. Ya que en él se definen los fines estratégicos, objetivos, y acciones de una empresa.

- Previsión
- Planeación
- Organización
- Integración
- Dirección y control

## 2.4 Estudio financiero

Determina la inversión total o monto inicial de la inversión, se analiza la viabilidad financiera de un proyecto.

### a. Inversión fija

- Gastos preoperativos (patentes, estudios, organización, permisos)
- Terrenos y edificios
- Maquinaria y equipos
- Equipo mobiliario de oficinas
- Equipo de transporte (ventas)

### b. Capital de trabajo

Inversión que se necesita para pagar la mano de obra directa, créditos, gastos diarios de la empresa  
Vida útil del proyecto  
Valor de rescate al final de la vida útil del proyecto  
Flujos netos de efectivo

### 3. Estudio de factibilidad (Proyecto)

Análisis y revisión de datos obtenidos en el anteproyecto

### 4. Decisión de la inversión

Revisión y aplicación de criterios económicos financieros y aplicación punto de equilibrio

### 5. Evaluación de los resultados

Pruebas financieras y económicas desde distintos ángulos, examen de riesgos

### 6. Administración de la inversión

## **2.3.4 Generación sustentable de energía eléctrica.**

La energía es un elemento indispensable en toda organización social. Su necesidad es permanente y en la actualidad se nos presenta la necesidad de contar con un suministro de energía sustentable<sup>13</sup> y limpia; por ello han aparecido en el mapa energético nuevas formas de aprovechamiento de energías renovables<sup>14</sup> como son: las celdas solares, sistemas eólicos, biocombustibles, entre otras. Estas tecnologías para producción de energía renovable actualmente están en fase de desarrollo ya que aún no se cuenta con los medios

---

<sup>13</sup> Sustentable se define como: satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus necesidades futuras. Def. de Brundtland obtenida de [www.unilever.com.ar](http://www.unilever.com.ar) fecha de consulta: Jun. 2009.

<sup>14</sup> Respecto al desarrollo y evolución de las energías renovables en México, el potencial de energía solar en nuestro país es uno de los más altos del mundo, aproximadamente tres cuartas partes del territorio nacional son zonas con insolación media del orden de los 5 kWh/m<sup>2</sup>. De 1993 al 2001 la capacidad instalada de sistemas fotovoltaicos se incrementó de 7.1 MW a 14.3 MW. Para el año 2011 se espera contar con 28 MW instalados. Fuente: Ramírez, Torres, “Generación limpia de energía eléctrica”, *CINVESTAV*, 2006.

para tener una producción de alta eficiencia y bajo costo.<sup>15</sup> Esta limitante impacta directamente en la evaluación que se tendrá del proyecto de inversión, puesto que podemos intuir que estas tecnologías de producción de energía podrán ser redituables solamente a gran escala, sin embargo esto tiene que evaluarse previamente antes de estar en condiciones de plantear una afirmación. En capítulos posteriores se hace un análisis de las diferentes tecnologías y sus características principales. De manera general a nivel mundial, la transición a este tipo de energías viene impulsada por los siguientes factores:

1. Restricciones ambientales y el mayor conocimiento en esta problemática.
2. Las oportunidades económicas y ambientales que se abrirán durante la transición.
3. Necesidad de reducir riesgos de fallas tecnológicas de las que dependa un alto volumen de la población como instalaciones de generación y distribución de energía eléctrica.

El cambio también viene de la mano de políticas hacia las energías renovables como la “Conferencia de Bonn”; esta conferencia internacional tuvo lugar en la ciudad de Bonn en junio del año 2004, contando con la participación de nuestro país. Los puntos más importantes son los siguientes:

1. Las energías renovables, “[...] junto con una mayor eficiencia energética pueden contribuir significativamente al desarrollo sustentable, a proveer acceso a la energía, especialmente para los pobres, a mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero y a reducir la perjudicial contaminación del aire, creando así nuevas oportunidades económicas y aumentando la seguridad energética a través de la cooperación y la colaboración.
2. El compromiso de los países participantes de aumentar de manera sustancial y con carácter de urgente la participación global de las energías renovables en la oferta energética.

---

<sup>15</sup> El desarrollo y la aplicación de las energías renovables para la generación eléctrica en México en el horizonte de los próximos 10 años dependerán de la evolución de factores críticos que incluyen el desarrollo tecnológico y de mercado en el plano internacional, así como de aspectos ambientales. Fuente: Ramírez, Torres, “Generación limpia de energía eléctrica”, *CINVESTAV*, 2006.



3. La crucial importancia de mejor cooperación internacional para desarrollo de capacidades, desarrollo de tecnología, responsabilidad empresarial, financiamientos, cooperación pública-privada. El apoyo del Banco Mundial y bancos regionales para una significativa expansión de sus inversiones en energías renovables y eficiencia energética.
4. Recalca la necesidad de realizar más investigación y desarrollo de energías renovables, especialmente en países en desarrollo buscando costos reducidos, y la innovación en modelos de negocios y financiamiento”.<sup>16</sup>

Existe ya un gran interés por mitigar el impacto ambiental, propiciar el desarrollo sustentable y reducir los costos en el ámbito energético; esto implica generar a todos los niveles desarrollos tecnológicos a mayor velocidad que permitan iniciar a gran escala este cambio.<sup>17</sup>

### **2.3.5 Fuentes primarias de energía renovable.**

Las fuentes primarias de energía renovable (en función de la escala de tiempo que se utilice y de el ritmo de uso de los recursos) son actualmente una alternativa ambiental factible técnicamente para la provisión de energía eléctrica ya que su utilización permite disminuir la emisión de agentes contaminantes al medio ambiente e incluso nulificarla totalmente según el tipo de tecnología que se utilice. No obstante se tienen todavía gran cantidad de barreras técnicas para el desarrollo y empleo pleno de estas fuentes de energía lo cual impacta directamente en los costos de generación. Para la conversión en energía eléctrica

---

<sup>16</sup> “Nuevas energías renovables: una alternativa energética sustentable para México (Análisis y propuesta)”, *Instituto de Investigaciones Legislativas del Senado de la República*, pp. 17-19 México, 2004.

<sup>17</sup> El plan para las energías renovables en México, auspiciado por la Secretaría de Energía y ejecutado por la Gerencia de Energías No Convencionales del Instituto de Investigaciones Eléctricas, incluye los siguientes objetivos: contribuir al establecimiento de una política nacional de energía sustentable, identificar barreras para la implementación de las energías renovables, crear elementos que faciliten la implantación de las energías renovables en el país, y catalizar el desarrollo industrial de las tecnologías para su aprovechamiento. Este plan cuenta con siete proyectos, de los cuales: tres son de energía solar, uno de energía eólica, uno de generación con biogás de relleno sanitario municipal, uno para el mapeo de los recursos geotérmicos de baja temperatura y uno para el desarrollo de un sistema de información geográfica de fuentes renovables en México. Fuente: Secretaría de Energía, fecha de consulta: Jun. 2009.

de la fuente primaria de energía renovable considerada por el CB, tuvo que hacerse una selección entre los diferentes tipos de tecnologías y tamaños de paneles existentes, y escoger a aquel panel que brinde niveles de eficiencia y costo adecuados. Técnicamente hay mucho por desarrollar en este campo tecnológico y es necesario evaluar la factibilidad de generación de energía eléctrica con estos medios. En la tabla 2.1 se observa la proyección del crecimiento de las fuentes renovables de energía en México donde los factores críticos para su desarrollo son el marco legal, desarrollo de mercado, desarrollo tecnológico y competitividad en costos.

Tabla 2.1 Proyección del crecimiento de las fuentes renovables de energía en México

Recurso	Capacidad probable para el 2011 (MW)	Probabilidad	Factores críticos para su desarrollo
Eólico	2000	Media	Marco legal
Solar-fotovoltaico	10-20	Alta	Desarrollo de mercado
Solar-térmico	30-50	Baja	Desarrollo tecnológico y marco legal
Biomasa	150	Alta	Desarrollo tecnológico y marco legal
Mini-hidráulica	150	Alta	Desarrollo tecnológico y marco legal
Celdas de combustible	10-20	Media	Desarrollo tecnológico y de mercado
Geotermia de alta entalpía (T>180°C)	2400 MWe	Alta	Mejorar competitividad en costos
Geotermia de baja entalpía (T<180°C)	5000 Mwt	Alta	Marco legal

Fuente: Instituto de Investigaciones Eléctricas.

México cuenta con la Ley para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía, donde se establece la creación de un Programa para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía. La meta para el 2012, es tener un porcentaje mínimo de participación de las energías renovables en sus distintas modalidades, respecto a la generación total de electricidad, del 8%, sin incluir a las grandes hidroeléctricas.<sup>18</sup>

<sup>18</sup> *Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México*, SENER, 2006.

Para cumplir las metas planteadas en la ley, se estimó necesario destinar aproximadamente 600 millones de pesos al año para incentivos en la inversión pública y privada para la instalación y operación de proyectos que generen electricidad para el servicio público, utilizando tecnologías competitivas. Para fomentar la investigación y desarrollo tecnológico nacional y el desarrollo social y económico de las regiones y sectores más atrasados de la población, se estimó destinar recursos del orden de 400 millones de pesos al año en promoción de tecnologías menos maduras consideradas como estratégicas para México.

Como incentivo para el aprovechamiento de las energías renovables, en la Ley del Impuesto sobre la Renta se estableció que los contribuyentes pueden depreciar el 100% de la inversión en maquinaria y equipo para la generación de energía proveniente de energías renovables en un solo ejercicio. Teniendo como requisito mantener en operación los equipos por un período mínimo de cinco años con fines productivos.

La utilización de energías renovables en las comunidades rurales en México, donde la red convencional de suministro de energía no es viable económicamente, es incentivada a través del proyecto “Servicios Integrales de Energía para Pequeñas Comunidades Rurales en México (SIEPCRM)” diseñado por el Banco Mundial y la SENER. También gracias a los programas de electrificación rural llevados a cabo por el Instituto de Investigaciones Eléctricas y la Comisión Federal de Energía, se han instalado más de 60,000 sistemas fotovoltaicos en 20 estados del país con recursos del Estado.<sup>19</sup>

---

<sup>19</sup> *Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México*, SENER, 2006.

A manera de referencia, a continuación se describirán brevemente algunas de las fuentes primarias de energía más importantes que se emplean en la actualidad.

### **2.3.5.1 Biomasa.**

Biomasa es toda la materia orgánica que proviene de árboles, plantas y desechos de animales que pueden ser convertidos en energía; o la materia proveniente de la agricultura (residuos de maíz, café, arroz, etc.), aserraderos (podas, ramas, aserrín, cortezas) y de los residuos urbanos (aguas negras, basura orgánica y otros). Esta es la fuente primaria de energía renovable más antigua conocida por el hombre, pues ha sido usada desde que nuestros ancestros descubrieron el secreto del fuego. Actualmente mediante el uso de diversas tecnologías la biomasa se transforma en combustibles líquidos o gaseosos que otorgan una eficiencia superior al empleo tradicional de la biomasa. Ver tabla 2.2

Los procesos modernos de conversión sólo suplen un pequeño porcentaje del consumo de energía primaria que se requiere en los países industrializados. Sin embargo, gran parte de la población rural en los países subdesarrollados que representa cerca del 50% de la población mundial, aún depende de la biomasa tradicional, principalmente de leña, como fuente de energía primaria. Esta sule, aproximadamente, 35% del consumo de energía primaria en países subdesarrollados y representa un porcentaje aún menor del total de la energía consumida en el nivel mundial.<sup>20</sup>

---

<sup>20</sup> Ver: Manuales sobre energía renovable. *Biomasa*. 1ª. ed. San José, Costa Rica, 2002. FOCER Fortalecimiento de la Capacidad en Energía Renovable para América Central.

### **2.3.5.2 Energía eólica.**

La energía eólica (tabla 2.3) tiene sus orígenes en la energía solar que llega a la tierra, a través del calentamiento diferencial de las masas de aire por el sol. Esta energía es la energía cinética que posee una masa de aire que se encuentra en movimiento. La energía cinética del viento está en función de la densidad del aire (su masa por unidad de volumen) y la cantidad de energía que puede obtenerse está en función de las características del viento de cada región.

Para aprovechar ésta energía, se emplean aerogeneradores que captan la energía cinética del viento y la transforman en energía mecánica por medio de turbinas; esta última pasa a un generador eléctrico que transforma la energía mecánica en energía eléctrica. Por los factores antes mencionados, el empleo de este tipo de energía se presenta de manera muy sectorial.

Tabla No. 2.2 Análisis comparativo de las diferentes formas de la biomasa.

<b>Características</b>	<b>Residuos forestales y agrícolas</b>	<b>Residuos biodegradables</b>	<b>Cultivos energéticos</b>
<b>Ventajas</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Favorece la regeneración natural del bosque.</li> <li>2. Facilita la reforestación artificial.</li> <li>3. Posibilita el crecimiento del arbolado.</li> <li>4. Mejora la calidad del arbolado.</li> <li>5. Disminuye el peligro de plagas.</li> <li>6. Facilita movimientos por el monte.</li> <li>7. Incrementa el hábitat de cierta fauna silvestre.</li> <li>8. Mejora estéticamente el monte.</li> <li>9. Dificulta los incendios forestales.</li> <li>10. Crea puestos de trabajo.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sirve para depuración de residuos orgánicos y para depuración de los residuos industriales, al transformar sustancias muy contaminantes en productos libres de microorganismos patógenos.</li> <li>2. Además, la utilización del biogás evita el impacto ambiental que supone obtener esta energía por otros métodos más contaminantes.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se busca cantidad y no calidad, por lo que no requieren cuidados especiales.</li> <li>2. Pueden cultivarse en tierras marginales.</li> </ol>
<b>Inconvenientes</b>	Ninguno.	Ninguno.	Ninguno.
<b>Impacto ambiental</b>	La contaminación producida en la combustión de estos materiales es menos contaminante que el resto de las energías, especialmente, las fósiles.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Para producir o ahorrar energía.</li> <li>2. Reducir la carga orgánica de un residuo, al convertir ciertos compuestos orgánicos (como azúcares) en inorgánicos (CO<sub>2</sub>) u orgánicos pero más sencillos (CH<sub>4</sub>) y con menor impacto medioambiental.</li> <li>3. Eliminar microorganismos patógenos.</li> <li>4. Aumentar el valor de un residuo como fertilizante orgánico.</li> </ol>	Contaminan mucho menos que los combustibles fósiles.
<b>Aplicaciones</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Obtención de varios tipos de combustibles comercializables.</li> <li>2. Utilización energética de los mismos.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Uso térmico (calefacción granjas, invernaderos, etc.).</li> <li>2. Para combustible.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Obtener combustibles, especialmente alcohol etílico, que pueda sustituir a la gasolina.</li> <li>2. Sustituir al plomo de las gasolinas</li> </ol>

Fuente: Cayetano Gutiérrez Pérez, “Análisis comparativo de las diferentes energías renovables”. [www.disfrutalaciencia.es/ecol.doc](http://www.disfrutalaciencia.es/ecol.doc), fecha de consulta: Jun. 2009.

Tabla 2.3 Análisis de las características de la energía eólica.

Características	Eólica
Ventajas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gratuita.</li> <li>2. Inagotable.</li> <li>3. Limpia.</li> </ol>
Inconvenientes	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dispersión (no está concentrada en una zona).</li> <li>2. Aleatoria (cuando las condiciones climatológicas lo permiten).</li> <li>3. Difícil de almacenar.</li> <li>4. Necesita máquinas grandes (caras).</li> </ol>
Impacto ambiental	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ruido del giro del rotor.</li> <li>2. Impacto visual, poco estético.</li> <li>3. Produce interferencias en las transmisiones de TV y radio.</li> </ol>
Aplicaciones	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Producir electricidad, para la red.</li> <li>2. Aerogeneradores para faros, bombeo y electrificación de viviendas.</li> <li>3. Bombeo de agua.</li> </ol>

Fuente: Cayetano Gutiérrez Pérez, “Análisis comparativo de las diferentes energías renovables”. [www.disfrutalaciencia.es/eco1.doc](http://www.disfrutalaciencia.es/eco1.doc), fecha de consulta: Jun. 2009.

### 2.3.5.3 Energía geotérmica.

La energía geotérmica tiene sus orígenes en el interior de la tierra es la energía renovable producida en el interior de ésta, gracias a las reacciones que se desarrollan en la misma. Esta energía emerge hacia la superficie de manera natural a través de: erupciones volcánicas, geisers, lagunas, calientes, etc.

Para hacer uso de esta energía, se perforan pozos para encontrar depósitos de fluido a temperaturas mayores a los 200°C y a una profundidad no mayor a los 3.5 km. El fluido una vez en la superficie, se separa en vapor y salmuera (agua con minerales), el vapor a presión se conduce hacia una turbina a la cual hace girar y esta a su vez mueve a un generador de electricidad. El vapor condensado y la salmuera son reinyectados al subsuelo.

La energía geotérmica se emplea en nuestro país desde el año 1956 con la implementación de la primera planta geotérmica en el estado de Hidalgo sin embargo las

principales plantas geotérmicas de México son las siguientes: Cerro Prieto en Baja California, Los Azufres en Michoacán y Los Humeros en Puebla. Todos los desarrollos geotérmicos en México se encuentran bajo la responsabilidad de la Comisión Federal de Electricidad.

Tabla 2.4 Análisis de las características de la energía geotérmica.

Características	Geotérmica
Ventajas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Supone un ahorro de las energías fósiles, allí donde se pueda usar.</li> <li>2. Inagotable.</li> <li>3. Su impacto ambiental es mucho menor que el de las energías fósiles.</li> </ol>
Inconvenientes	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Es de aplicación local (sólo donde es posible).</li> <li>2. No puede transmitirse a grandes distancias (el agua caliente se enfría y el vapor se condensa).</li> <li>3. La elevada humedad origina una fuerte corrosión en las instalaciones.</li> </ol>
Impacto ambiental	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Requiere grandes extensiones de terreno</li> <li>2. Provoca erosión en el suelo, hundimiento del terreno e inducción a la actividad sísmica.</li> <li>3. Ruido.</li> <li>4. Contaminación ambiental (gases incondensables).</li> <li>5. Modificación de las fuentes de agua.</li> <li>6. Alteración de los ecosistemas.</li> </ol>
Aplicaciones	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Producción de energía eléctrica (yac. alta T).</li> <li>2. Para usos directos del calor y/o vapor de agua [procesos industriales, calefacción viviendas, invernaderos, granjas (yac. baja T)].</li> </ol>

Fuente: Cayetano Gutiérrez Pérez, “Análisis comparativo de las diferentes energías renovables”. [www.disfrutalaciencia.es/eco1.doc](http://www.disfrutalaciencia.es/eco1.doc), fecha de consulta: Jun. 2009

La energía geotérmica actualmente representa un pequeño porcentaje de la producción eléctrica en México; es un recurso energético de bajo costo, y que provee de ventajas ambientales que superan a las formas de producción de energía convencionales. La energía geotérmica contribuye a la generación de energía en dos vertientes: a través de la generación de energía eléctrica y mediante su aprovechamiento como fuente de calor. El empleo de esta fuente renovable, contribuye a la reducción de la demanda de energía producida de manera convencional, impactando en ahorros en electricidad y gas natural gracias al uso de bombas geotérmicas tanto para calentar como para enfriar instalaciones.



#### **2.3.5.4 Energía solar.**

La energía solar que llega a nuestro planeta puede aprovecharse como: calor, electricidad o energía mecánica. Es un recurso intermitente por las condiciones climatológicas de cualquier zona geográfica y por lo tanto es variable la cantidad de radiación que se recibe en diferentes regiones del mundo sin embargo también es un recurso inagotable. Especialmente nuestro país tiene la ventaja de estar ubicado en una zona de alta insolación.

Los sistemas actuales para el uso efectivo de la energía solar y convertirla en electricidad, se dividen en dos grandes grupos: sistemas autónomos sin conexión a la red y sistemas conectados a la red.<sup>20</sup> Una importante ventaja de la energía solar es que permite la generación de energía en el mismo lugar de consumo mediante una integración arquitectónica correcta. Así, se pueden eliminar casi por completo las pérdidas relacionadas con el transporte y la dependencia energética tradicional. Es una fuente idónea de energía para zonas donde no se cuenta con tendido eléctrico por cuestiones de acceso, traslado y de costo.

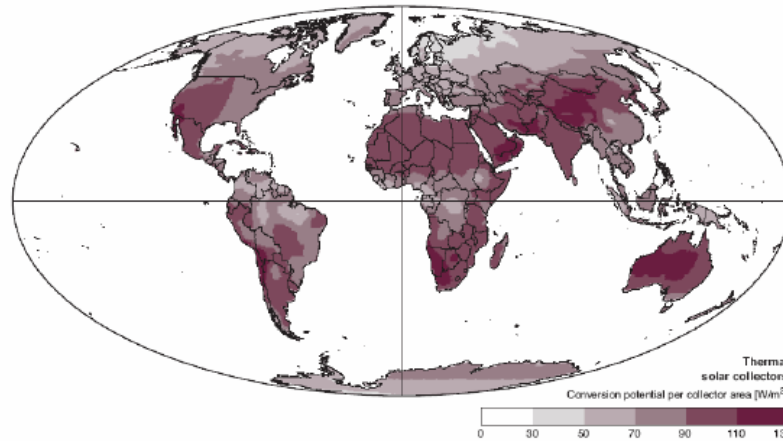
Algunas de las consideraciones que se tomaron en cuenta para emplear esta fuente de energía en el sistema híbrido y para el desarrollo del CB, fueron que es empleada para suministrar energía en zonas rurales, no se requiere de un suministro adicional de combustible, no se generan agentes contaminantes y su uso contribuye a reducir el efecto invernadero producido por las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y el efecto del cambio

---

<sup>20</sup> Los sistemas autónomos constan de un sistema de captación solar, de baterías para almacenar la electricidad generada y el control para asegurar el correcto funcionamiento de carga y descarga. Estos sistemas se utilizan para el suministro de electricidad en lugares donde no existe red eléctrica convencional como las zonas rurales. Respecto a los sistemas conectados a la red, no disponen de ningún medio de almacenamiento; solamente constan de sistemas de captación, de conversión de electricidad y de conexión a la red. Se instalan básicamente en zonas urbanas. Fuente: Fábrega Ramos Marc, "Hidrógeno, aplicación en motores de combustión interna", *Facultad de Náutica de Barcelona*, curso 2008-2009.

climático; la vida útil es larga y el mantenimiento necesario para los sistemas de captación y conversión de energía es mínimo a costos relativamente bajos.

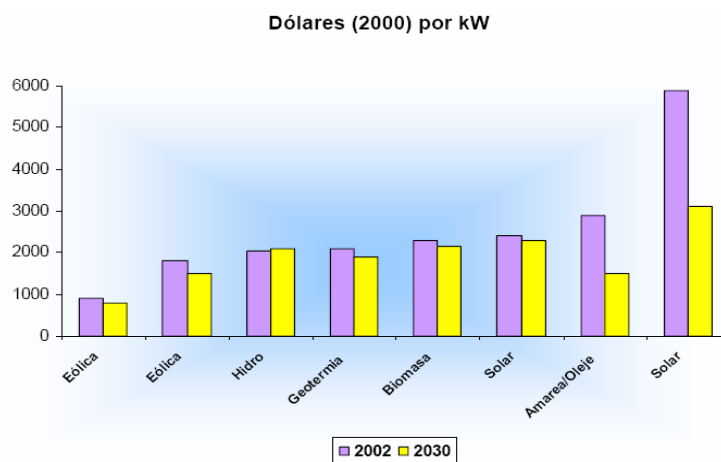
Figura No. 2.1 Distribución global del potencial de conversión térmico solar.



FUENTE: Grasi, H. *et al* (2004).

Existen varias ventajas en el empleo de esta fuente energética sin embargo la inversión inicial es alta, ver comparativo en la figura 2.2, y es un punto a evaluar para determinar la viabilidad de su empleo o consideración en el proyecto de inversión.

Figura No. 2.2 Costos de capital de energías renovables.



Fuente: World Energy Outlook 2004, International Energy Agency.

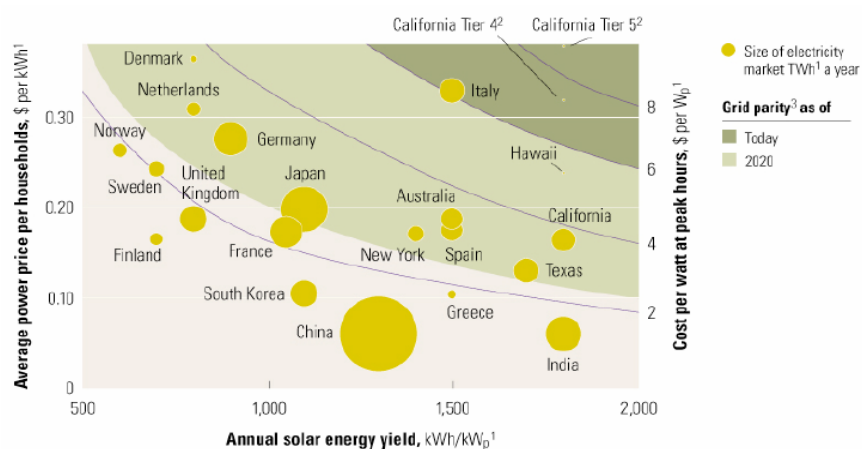
Tabla 2.5 Análisis de las características de la energía solar.

Características	Solar
Ventajas	Gratuita (sólo cuesta la instalación). Inagotable. Limpia. Tiene una elevada calidad energética.
Inconvenientes	Llega a la Tierra de manera dispersa y semialeatoria (depende de algunos factores no previsible como el estado atmosférico y la contaminación). No puede ser almacenada o utilizada directamente, siendo necesario realizar una transformación energética.
Impacto ambiental	Uso térmico: Sólo el uso de media y alta temperatura puede originar algún impacto ambiental, en el suelo y en el paisaje, ya que requieren grandes extensiones de terreno. Uso fotovoltaico: El efecto paisajístico y el uso de grandes extensiones de terreno, en las grandes centrales solares. En las pequeñas instalaciones el único problema es el efecto visual.
Aplicaciones	Para producción de calor. Para producción de electricidad. Para producir biomasa.

Fuente: Cayetano Gutiérrez Pérez, “Análisis comparativo de las diferentes energías renovables”. [www.disfrutalaciencia.es/eco1.doc](http://www.disfrutalaciencia.es/eco1.doc), fecha de consulta: Jun. 2009.

La competitividad en el crecimiento del empleo de la energía solar va en aumento y China es un de los países potenciales cuyo mercado de electricidad abastecido por la energía solar será de los principales más allá del año 2020 ver figura 2.3

Figura No. 2.3 Competitividad en el aprovechamiento de la energía solar



Fuente: CIA country files, “European photovoltaic Policy Group, Eurostat, Pacific Gas & Electric, Public Policy”, *Institute of New York State*, McKinsey Global Institute analysis.

Tabla 2.6 Análisis comparativo de las diferentes energías renovables.

Características	Eólica	Geotérmica	Solar
Ventajas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gratuita.</li> <li>2. Inagotable.</li> <li>3. Limpia.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Supone un ahorro de las energías fósiles, allí donde se pueda usar.</li> <li>2. Inagotable.</li> <li>3. Su impacto ambiental es mucho menor que el de las energías fósiles.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gratuita (sólo cuesta instalación).</li> <li>2. Inagotable.</li> <li>3. Limpia.</li> <li>4. Tiene una elevada calidad energética.</li> </ol>
Inconvenientes	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Dispersión (no está concentrada en una zona).</li> <li>3. Aleatoria (cuando las condiciones climatológicas lo permiten).</li> <li>4. Dificil de almacenar.</li> <li>5. Necesita máquinas grandes (caras).</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Es de aplicación local (sólo donde es posible).</li> <li>2. No puede transmitirse a grandes distancias (el agua caliente se enfría y el vapor condensa).</li> <li>3. La elevada humedad origina una fuerte corrosión en las instalaciones.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Llega a la Tierra de manera dispersa y semialeatoria (depende de algunos factores no previsibles como el estado atmosférico y la contaminación).</li> <li>2. No puede ser almacenada o utilizada directamente, siendo necesario realizar una transformación energética.</li> </ol>
Impacto ambiental	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ruido del giro del rotor.</li> <li>2. Impacto visual, poco estético.</li> <li>3. Produce interferencias en las transmisiones de TV y radio.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Requiere grandes extensiones de terreno</li> <li>2. Provoca erosión en el suelo, hundimiento del terreno e inducción a la actividad sísmica.</li> <li>3. Ruido.</li> <li>4. Contaminación ambiental (gases incondensables).</li> <li>5. Modificación de las fuentes de agua.</li> <li>6. Alteración de los ecosistemas.</li> </ol>	<p><u>Uso térmico:</u> Sólo el uso de media y alta temperatura puede originar algún impacto ambiental, en el suelo y en el paisaje, ya que requieren grandes extensiones de terreno.</p> <p><u>Uso fotovoltaico:</u> El efecto paisajístico y el uso de grandes extensiones de terreno, en las grandes centrales solares. En las pequeñas instalaciones el único problema es el efecto visual.</p>
Aplicaciones	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Producir electricidad, para la red.</li> <li>2. Aerogeneradores para faros, bombeo y electrificación de viviendas.</li> <li>3. Bombeo de agua.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Producción de energía eléctrica. (yac. alta T).</li> <li>2. Para usos directos del calor y/o vapor de agua [procesos industriales, calefacción viviendas, invernaderos, granjas (yac. baja temperatura)].</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Para producción de calor.</li> <li>2. Para producción de electricidad.</li> <li>3. Para producir biomasa.</li> </ol>

Fuente: Cayetano Gutiérrez Pérez, "Análisis comparativo de las diferentes energías renovables". [www.disfrutalaciencia.es/eco1.doc](http://www.disfrutalaciencia.es/eco1.doc), fecha de consulta: Jun. 2009.

Como puede verse en la tabla 2.6, existen diversas opciones de empleo de energías renovables y de opciones técnicas para su aprovechamiento. Es importante considerar sus ventajas y desventajas ya que su empleo esta condicionado por las condiciones geográficas y climatológicas de cada región en específico y a la utilización que quiera dárseles.

### **2.3.6 Tecnologías vinculadas a la generación de energía renovable en el CB.**

#### **2.3.6.1 Sistema fotovoltaico**

Un sistema fotovoltaico es un conjunto de equipos integrados cuyas funciones son las siguientes: transformar directa y eficientemente la energía solar a energía eléctrica, almacenar la energía adicional generada y que no es consumida, proveer eficientemente la energía que se produce y la almacenada emplearla adecuadamente. El módulo o panel fotovoltaico es el principal dispositivo de un sistema fotovoltaico y es el encargado de transformar la energía solar a energía eléctrica en forma de una señal de corriente continua. El tiempo necesario para transformarla es del orden de microsegundos, y en esos mismos tiempos, si se deja de iluminar, se pierde la energía. Por lo tanto, un sistema fotovoltaico, en la mayor parte de las aplicaciones, debe de incluir un subsistema de acondicionamiento eléctrico y almacenamiento de energía.

Comúnmente, el acondicionamiento eléctrico se realiza por medio de dispositivos electrónicos (seguidores de máxima potencia, controladores de carga e inversores CD/CA), cuya función es acoplar el generador fotovoltaico con las cargas eléctricas a alimentar. Por otra parte, el almacenamiento de energía se realiza con acumuladores electroquímicos del tipo de la celda plomo-ácido, ó níquel-cadmio. Sin embargo, hay sistemas de almacenamiento y manejo de energía más sofisticados como lo es la producción de

hidrógeno a partir de agua mediante electrólisis y su posterior conversión a energía eléctrica mediante celdas de combustible. Ya que la producción y almacenamiento de energía es en corriente continua, también se necesita de un inversor para transformar la corriente continua a corriente alterna, para ser compatible con los dispositivos de uso final, que son conectados a la red eléctrica.<sup>21</sup>

El potencial de la radiación solar para el empleo de tecnología fotovoltaica, se refleja claramente con el siguiente ejemplo: para generar mediante sistemas solares fotovoltaicos toda la electricidad que la humanidad consumió en el año 2007 (unos 18 billones de kWh), se necesitaría una superficie de 180,000 km<sup>2</sup> (suponiendo un promedio de generación solar de 100 kWh/m<sup>2</sup>·año), que comparada con la superficie terrestre de nuestro planeta, 132 millones de km<sup>2</sup>, representa solamente un 0.14% de ella.<sup>22</sup>

Los principales beneficios de los sistemas fotovoltaicos son:

- No emiten ruidos ni contaminantes.
- No contienen partes móviles que requieran mantenimiento.
- Los paneles fotovoltaicos, en condiciones normales de operación, no sufren desgaste de ningún tipo, prácticamente, su tiempo de vida es infinito, aunque se garantizan generalmente por 20 años.
- La fuente de energía, el sol, es gratuita y favorecida en la mayor parte de este país.
- Su configuración es modular y fácilmente adaptable a cualquier tipo de necesidad.<sup>23</sup>

---

<sup>21</sup> Ver: P. J. Sebastian. “Sistema híbrido fotovoltaica-hidrógeno-celda de combustible para la producción de energía eléctrica”. *energia.fi-b.unam.mx/proyecto16/proyecto.pdf*, fecha de consulta Jun. 2009.

<sup>22</sup> Fábrega Ramos Marc, “Hidrógeno, aplicación en motores de combustión interna”, *Facultad de Náutica de Barcelona*, curso 2008-2009.

<sup>23</sup> Ver: P. J. Sebastian. “Sistema híbrido fotovoltaica-hidrógeno-celda de combustible para la producción de energía eléctrica”. *energia.fi-b.unam.mx/proyecto16/proyecto.pdf*, fecha de consulta Jun. 2009.

- Se evitan costos de mantenimiento y transporte de las líneas eléctricas ya que una vez instalada, el costo de mantenimiento es nulo.
- Se contribuye a la sostenibilidad del sistema energético a través de la contribución a la reducción en la emisión de gases contaminantes.
- Permite reducir la tasa de dependencia exterior para el abastecimiento de combustibles.<sup>24</sup>

Las principales desventajas son:

- La fuente de energía es intermitente y está sujeta a la variabilidad de las condiciones climáticas en cada región.
- Respecto a otros sistemas de generación de energía, el monto de inversión inicial es elevado.

Sin embargo, actualmente los sistemas fotovoltaicos representan la tecnología más confiable, ecológica y sustentable para aplicaciones de baja potencia (< 1 MW) que se encuentran situadas a tres o más kilómetros de la red eléctrica. Actualmente la mayor parte de los sistemas fotovoltaicos son aplicados en:

- Bombeo de agua en lugares remotos
- Pequeños sistemas (< 1 MW) autónomos o interconectados a la red
- Sistemas de iluminación
- Sistemas de enfriamiento de leche o vacunas
- Sistemas de comunicación
- Sistemas de señalización, entre otros.

---

<sup>24</sup> Fábrega Ramos Marc, "Hidrógeno, aplicación en motores de combustión interna", *Facultad de Náutica de Barcelona*, curso 2008-2009.

Recientemente, la energía fotovoltaica también se está utilizando para la generación limpia de hidrógeno mediante la electrolisis del agua. Esta tecnología se puede considerar como renovable y sustentable debido a la utilización de hidrógeno para generar electricidad, agua y calor en la celda de combustible.<sup>25</sup>

Respecto a la tecnología de paneles fotovoltaicos desde 1975, la investigación y el desarrollo de la energía solar fotovoltaica han estado concentrados en el aumento de la eficiencia de conversión de la radiación solar en eléctrica, el aumento de la estabilidad de las celdas solares para varios tipos de tecnologías y la reducción de sus costos de fabricación y de los módulos solares fotovoltaicos.

En la actualidad están en desarrollo celdas de silicio monocristalino, silicio policristalino moldeado en lingote, silicio en cinta, silicio amorfo (simple, doble y triple unión), película de silicio sobre sustrato de bajo costo, silicio amorfo sobre una lámina de cristal y celdas monocristalinas para concentradores. Todos estos tipos de celdas están en líneas de producción piloto establecidas o en nuevas plantas que en la actualidad se están montando en diferentes países, que incluyen celdas de silicio en cinta sin fin, silicio EFG en cinta, telurio de cadmio, diselenuro de indio-cobre y arseniuro de galio para concentradores. En el prototipo se utilizan paneles policristalinos con una eficiencia promedio del 12.5%; se emplean éstos por su relación potencia/costo respecto a los paneles monocristalinos con eficiencia promedio del 30% (los paneles monocristalinos se emplean para necesidades muy particulares como es el caso de tecnología espacial).<sup>26</sup>

---

<sup>25</sup> Ver: P. J. Sebastian. "Sistema híbrido fotovoltaica-hidrógeno-celda de combustible para la producción de energía eléctrica". *energia.fi-b.unam.mx/proyecto16/proyecto.pdf*, fecha de consulta Jun. 2009.

<sup>26</sup> Chávez Idalberto. "Desarrollo Mundial de la Energía solar fotovoltaica". Energía y tú, conciencia energética respeto ambiental XIII, Cubasolar, 2001.



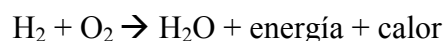
Existe ya en México, un número significativo de proveedores de paneles solares, y se tiene el potencial para expandir en México este rubro y convertirse en el mayor manufacturero de sistemas fotovoltaicos.

*“Los bajos costos laborales y la gran cantidad de mano de obra requerida por unidad podría proporcionar a México una ventaja significativa en la competencia. Trabajar en estrecha cooperación con los principales fabricantes de estas tecnologías en Estados Unidos y usar las oportunidades que ofrece el TLCAN podría proveer beneficios importantes a ambos países y para la industria de energía renovable. La tecnología solar podría ser fabricada para los dos mercados, el nacional y el de exportación, a Europa, Asia, África y al resto de América Latina.”<sup>27</sup>*

Es importante destacar que las opciones tecnológicas que integran los sistemas fotovoltaicos, aumentan y *son cada vez más eficientes*. Por esta situación existe la posibilidad de que la información que se tomó de referencia para este proyecto de inversión pudiera no ser la más adecuada una vez se concluya el mismo o incluso quedar obsoleta.

#### **2.3.6.2 Celdas de combustible.**

La tecnología de celda de combustible es una de las más novedosas y limpias que está en desarrollo en este momento para la generación de energía eléctrica, aplicaciones en transporte y otras aplicaciones estacionarias. Por su naturaleza la celda de combustible normalmente funciona con el combustible hidrógeno y el oxidante oxígeno mediante la reacción electroquímica:



---

<sup>27</sup> R. Moomaw William, “Evaluación de obstáculos y oportunidades para la energía renovable en América del Norte”, *Escuela Fletcher*, Universidad de Tufts, 2002.

Estas celdas son dispositivos electroquímicos que convierten energía química de un combustible (en este caso el hidrógeno) directamente en energía eléctrica. Podríamos decir que son baterías continuas que tienen el suministro del combustible hacia el ánodo (electrodo negativo) y un oxidante comúnmente el aire, hacia el cátodo (electrodo positivo). La combinación de las moléculas del combustible y del oxidante, se realiza sin un proceso de combustión.

Las celdas tradicionalmente funcionan con hidrógeno, el cual reacciona con el oxígeno del aire de forma tal que se forma un voltaje entre los electrodos y existe la participación de un electrolito. Los desechos de esta reacción son solamente vapor de agua y calor.<sup>28</sup>

El proceso que se desarrolla en la celda es el siguiente: del lado del ánodo entra el hidrógeno y reacciona con una membrana catalizadora, lo que origina electrones libres e iones de hidrógeno; estos últimos pasan a través del electrolito hacia el cátodo. Del lado del cátodo entra el oxígeno reaccionado con otra membrana catalizadora para formar iones de oxígeno y estos se combinan con los iones de hidrógeno que llegaron hacia el cátodo. Esta reacción produce agua y calor. Mientras tanto los electrones libres originados en el ánodo forman una corriente eléctrica al cerrarse el circuito entre el ánodo y el cátodo. En la tabla 2.7 se observan la clasificación, aplicaciones, ventajas e inconvenientes de las diferentes celdas o pilas de combustible.

---

<sup>28</sup> Una diferencia fundamental es la alta flexibilidad que tienen las celdas para aceptar una gran diversidad de combustibles, lo cual las ubica como una tecnología que permite una transición hacia tecnologías limpias y el uso de fuentes de energía renovables. Las celdas de combustible ya se consideran como elementos clave para sistemas híbridos que las integran. Fuente: Cano Castillo Ulises, "Las celdas de combustible: verdades sobre la generación de electricidad limpia y eficiente vía electroquímica". *Boletín septiembre/octubre IIE*, 1999.

Tabla 2.7 Clasificación de las pilas de combustible.

Pila		T (°C) de operac.	Aplicaciones	Ventajas	Inconvenientes
PEM	Poliméricas	60 - 100	Transporte, electrónica, electricidad	Menor temperatura, menor corrosión, fácil arranque	Catalizadores caros Sensible a impurezas
DMFC	de metanol directo	60 - 100	Electrónica, transporte	Combustible líquido (metanol)	Bajo rendimiento Duración poco (crossover)
AFC	Alcalinas	90-100	Espacio y militar	Buen comportamiento Fiabilidad	Eliminar CO <sub>2</sub> de fuel y aire es caro
PAFC	Ácido fosfórico	175-200	Transporte y electricidad	probada	Platino Bajas prestaciones
MCFC	Carbonatos fundidos	600-1000	Electricidad	Las de alta T	Corrosión. Tecnología alta T
SOFC	Óxidos sólidos	600-1000	Electricidad	Las de alta T, las de polímero sólido	Tecnología alta T

Fuente: Ariema

La diversidad de tecnologías existentes proveen mayor complejidad a la elaboración del proyecto de inversión en relación a los criterios de selección de celdas de combustible, puesto que las metas actuales para que la comercialización sea viable, son la reducción de costos de producción y proveer de mayor eficiencia y durabilidad a los equipos puesto que las celdas de combustible deben ser competitivas en relación al costo con las fuentes tradicionales de generación de energía. En los capítulos posteriores se considera la afectación de los cambios tecnológicos en la evaluación del proyecto de inversión.

Las celdas además de ser libres de contaminantes llegan a tener más de dos veces la eficiencia de las tecnologías de combustión tradicionales. Una planta de combustión que

genera electricidad tiene una eficiencia del 33 al 35%, mientras que las celdas de combustible alcanzarán para el año 2010 una eficiencia promedio del 80%.<sup>29</sup>

### **2.3.6.3 Energía del hidrógeno.**

El hidrógeno es un energético no contaminante y sustentable, que puede obtenerse a partir de fuentes de energías fósiles o renovables y destinarse a la generación de electricidad, al transporte vehicular y a otros usos industriales y domésticos. El hidrógeno es sin duda el combustible del futuro; produce una contaminación mínima o nula, dependiendo del proceso por el cual se obtiene y genera más trabajo por unidad de masa que cualquier otro combustible, incluyendo al gas natural. Puede además emplearse en celdas de combustible que generan electricidad y calor mediante una reacción de oxidación sin combustión cuyo producto es el agua. Se tiene la siguiente equivalencia determinada en laboratorio para una cantidad específica de hidrógeno: 1 kg H<sub>2</sub> → 33 kWh ó 118 MJ.

En términos generales la producción de H<sub>2</sub> es un tema de gran interés ya que la investigación que se puede desarrollar en su entorno es amplia y duradera. Sin embargo, hay retos tecnológicos importantes, entre estos las tecnologías de las máquinas operadas por hidrógeno requieren mejorar su costo y rendimiento hasta un factor de 100 para ser competitivas. Por otro lado, no hay un material para el tanque de combustible de hidrógeno que satisfaga los requerimientos del consumidor en cuanto a volumen, peso y seguridad.<sup>30</sup>

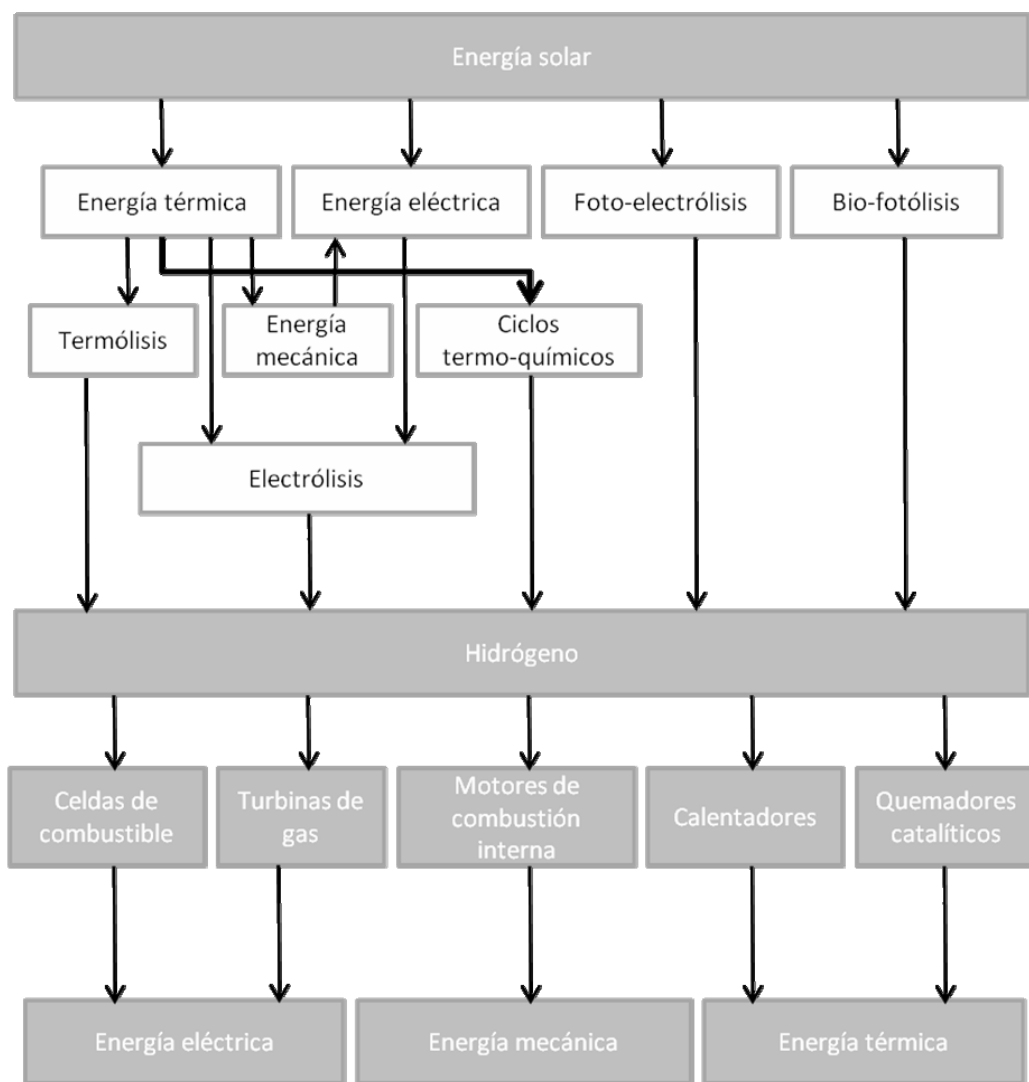
---

<sup>29</sup> Cano Castillo Ulises, "Las celdas de combustible: verdades sobre la generación de electricidad limpia y eficiente vía electroquímica". *Boletín septiembre/octubre IIE*, 1999.

<sup>30</sup> Un procedimiento sumamente efectivo y promisorio para almacenarlo se basa en su combinación, en forma reversible, con otros elementos químicos en fase sólida. El almacenamiento de energía en ambos casos, sea eléctrica o directamente como hidrógeno, involucra la utilización de hidruros metálicos. Fuente: Visintín Arnaldo, "Conversión y almacenamiento de energía en base a hidrógeno". *Estrategias en el Mercosur*, INIFTA, Facultad de Ciencias exactas, Universidad Nacional de la Plata. Fecha de consulta abril del 2010.

Ante este entorno, se puede observar que a nivel internacional se mantiene constante la búsqueda de tecnologías eficientes para su producción, almacenamiento y uso en celdas de combustible de sistemas móviles (vehículos automotores) o estacionarios (plantas de generación). El desarrollo de estas tecnologías es un nicho de investigación que a nivel nacional constituye una necesidad inminente. En la figura 2.4 se observan los caminos de producción y utilización del hidrógeno generado con energía solar.

Figura No. 2.4 Formas de producción y utilización del “hidrógeno solar”



Fuente: Friedemann Alice, “The Hydrogen Economy – Energy and Economic Black Hole”, *Energy Bulletin*, 2004.

Aunque la economía basada en hidrógeno<sup>31</sup> puede asistir el desarrollo de fuentes limpias de energías convencionales y no-convencionales mediante su eficiente generación, almacenamiento, distribución y conversión, la situación ideal es aquella en donde se elimine la dependencia de combustibles fósiles para la producción de hidrógeno.<sup>32</sup>

Tabla No. 2.8 Tecnologías relacionadas al hidrógeno.

Tecnología necesaria	Técnica
Producción de hidrógeno	Vapor de metano reformado Oxidación parcial no catalítica Gasificación de carbón Gasificación de biomasa Pirolisis de biomasa Electrólisis
Almacenamiento de hidrógeno	Gas comprimido Gas licuado Hidruros metálicos Base carbón Químicos híbridos
Transporte de hidrógeno	Tuberías Transporte en trailers Transporte por riel Transporte en embarcaciones
Energía estacionaria	Celdas de combustible tipo PEM Celdas de combustible de ácido fosfórico (PAFC) Celdas de combustible de óxidos sólidos (SOFC) Celdas de combustible de carbonatos fundidos (MCFC) Celdas de combustible alcalinas (AFC) Turbinas de gas Motores estacionarios de combustión interna
Aplicaciones en el transporte	Vehículos con celdas de combustible de hidrógeno Motores de combustión interna de hidrógeno Vehículos híbridos Almacenamiento Onboard Reformado onboard Opciones de recarga

Fuente: C.E.G. Padró and V. Putsche, *Survey of the Economics of the Hydrogen Technologie*. Fecha de consulta: Jun. 2009

<sup>31</sup> El concepto de economía del hidrógeno (un sistema de energía basado en el uso extensivo del hidrógeno como un medio de almacenamiento de energía y de transporte) nació en los años de lo 70's como resultado de la investigación y desarrollo de proyectos realizados en los últimos 35 años en las Universidades, Institutos y laboratorios en gran parte del mundo. Fuente: Dincer, Yilanci, Ozturk, "A review on solar-hydrogen/fuel cell hybrid energy systems for stationary applications". *Progress in Energy and Combustion Science* 35, 231–244, 2009.

<sup>32</sup> Ver: P. J. Sebastian. "Sistema híbrido fotovoltaica-hidrógeno-celda de combustible para la producción de energía eléctrica". [energia.fi-b.unam.mx/proyecto16/proyecto.pdf](http://energia.fi-b.unam.mx/proyecto16/proyecto.pdf), fecha de consulta Jun. 2009.

Como toda tecnología (ver tabla 2.8), la producción, almacenaje, transporte y aplicación del hidrógeno son puntos críticos que impactan en el desarrollo del estudio técnico. Esta situación añade un grado mayor de complejidad al proyecto de inversión puesto que existen muchas opciones tecnológicas. Para la producción, se tiene que evaluar qué tan viable resulta obtenerlo por vía de electrólisis; el almacenaje actualmente tiene abiertas muchas líneas de investigación que podrían dejar obsoletas las técnicas actuales, situación que impactaría en el desarrollo de este trabajo.

Como medio de almacenamiento de energía renovable, el almacenamiento vía hidrógeno es un método novedoso y confiable. La ventaja de esta forma de almacenamiento es la nula pérdida ni deterioro, largo ciclo de vida, disponibilidad en cualquier momento y en diversas formas de almacenamiento. Sin embargo ¿Cómo almacenar al hidrógeno adecuadamente?. Esta es sólo una de las interrogantes de origen tecnológico a considerar para seleccionar el medio más idóneo en el proyecto de inversión.<sup>33</sup>

## 2.4 Conclusiones.

De acuerdo al marco teórico que se acaba de presentar, la evaluación del proyecto de inversión está sujeta a diversas variables de carácter tecnológico que impactan sobremanera al momento de realizar la selección de tecnología que utilizará el CB. No obstante de

---

<sup>33</sup> La principal ventaja de los metales como contenedores de hidrógeno se encuentra en el hecho de que se pueden conseguir densidades de hidrógeno dentro del metal mayores que la del hidrógeno líquido, o sea, que para un volumen dado tendremos más hidrógeno en forma de hidruro que en fase líquida. Otra ventaja de esta forma de almacenar hidrógeno es su seguridad, ya que resultan más seguros que un depósito convencional de gasolina. Por otra parte, el mayor problema que presentan los hidruros metálicos como sistema de almacenaje de hidrógeno es su elevado peso, este problema surge al emplear aleaciones de hierro y titanio, y podría solventarse con aleaciones de magnesio y níquel, más ligeras, pero que requieren una mayor temperatura para liberar el hidrógeno. Otra desventaja de la utilización de hidruros la encontramos en el tiempo que tarda un depósito de este tipo en rellenarse (cerca de 15 minutos), cuando el tiempo al que estamos acostumbrados suele ser de unos 3 minutos. Fuente: Fábrega Ramos Marc, "Hidrógeno, aplicación en motores de combustión interna", *Facultad de Náutica de Barcelona*, curso 2008-2009.

acuerdo a la literatura consultada, gran parte de los desafíos tecnológicos se están resolviendo de manera muy rápida, debido a la necesidad e interés de diversos países que apuestan en el mediano plazo al empleo de las energías sustentables y limpias.

Hay que hacer mención de que este proyecto está sujeto a variaciones muy rápidas del entorno tecnológico que impactan en la viabilidad del proyecto y en el costo por kWh de energía eléctrica para el usuario. Es conveniente anticipar que los resultados que se obtengan de factibilidad podrán ser cambiantes de acuerdo a la reducción en los costos de los equipos que se tenga a futuro y por lo tanto la vigencia de los resultados de este trabajo se considera de corto plazo y para condiciones muy específicas como las que serán posteriormente planteadas.



## Referencias

Cano Castillo Ulises, “Las celdas de combustible: verdades sobre la generación de electricidad limpia y eficiente vía electroquímica”. *Boletín septiembre/octubre IIE*, 1999.

Cayetano Gutiérrez Pérez, “Análisis comparativo de las diferentes energías renovables”. *www.disfrutalaciencia.es/ecoI.doc*, Abr. 09.

Chávez Idalberto. “Desarrollo Mundial de la Energía solar fotovoltaica”. *Energía y tú, conciencia energética respeto ambiental XIII*, 2001.

Ciceri Silvenses Hugo Norberto, *Decisiones de inversión en Plantas Químicas*. 2ª. ed. México, UNAM, Facultad de Química 2009.

Ciceri Silvenses Hugo Norberto, *Manual para la selección de tecnologías*. 1ª. ed. México, UNAM, Facultad de Química 2000.

*Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México*, SENER, 2006.

Fábrega Ramos Marc, “Hidrógeno, aplicación en motores de combustión interna”, *Facultad de Náutica de Barcelona*, curso 2008-2009.

Friedemann Alice, “The Hydrogen Economy – Energy and Economic Black Hole”, *Energy Bulletin*, 2004.

Dincer, Yilanci, Ozturk, “A review on solar-hydrogen/fuel cell hybrid energy systems for stationary applications”. *Progress in Energy and Combustion Science* 35, 231–244, 2009.

Manuales sobre energía renovable. *Biomasa*. 1ª. ed. San José, Costa Rica, 2002. FOCER Fortalecimiento de la Capacidad en Energía Renovable para América Central.

“Nuevas energías renovables: una alternativa energética sustentable para México (Análisis y propuesta)”. *Instituto de Investigaciones Legislativas del Senado de la República*, México, 2004.

R. Moomaw William, “Evaluación de obstáculos y oportunidades para la energía renovable en América del Norte”, *Escuela Fletcher*, Universidad de Tufts, 2002.

Ramírez, Torres, “Generación limpia de energía eléctrica”, *CINVESTAV*, 2006.

Secretaría de Energía, fecha de consulta: Jun. 2009.

Visintín Arnaldo, “Conversión y almacenamiento de energía en base a hidrógeno”. *Estrategias en el Mercosur*, INIFTA, Facultad de Ciencias exactas, Universidad Nacional de la Plata. Fecha de consulta abril del 2010.

World Energy Outlook 2004, International Energy Agency

Sustentabilidad: [www.unilever.com.ar](http://www.unilever.com.ar) fecha de consulta: Jun. 2009.

**Capítulo 3**  
**Estudio de preinversión**  
**(Estudios de mercado y técnico)**

En este capítulo se elaboran los estudios de preinversión de mercado y técnico correspondientes a la siguiente etapa metodológica descrita en el capítulo anterior para la elaboración del proyecto de inversión. Con estos estudios se ahonda en la información necesaria que sirve de base para la elaboración de los estudios administrativo y financiero.

### **3.1 Estudio de mercado**

#### **3.1.1 Marco de desarrollo y objetivos del estudio**

El presente estudio está encaminado a determinar la demanda potencial de la empresa productora de sistemas híbridos. A través de la búsqueda del mercado potencial, se plantean las posibilidades que se consideran factibles de acuerdo al enfoque del capítulo anterior, que es el empleo del sistema híbrido de generación de energía en escuelas rurales ubicadas en poblaciones con escaso acceso a la red eléctrica. El sistema híbrido que se define en el CB, no se comercializa como tal en México y muchas de las etapas que se realizan en un estudio de mercado convencional no son aplicables puesto que el producto no está disponible en nuestro país; por lo tanto, la investigación se realizó considerando las siguientes etapas que por lo general abarca un estudio de mercado:

Etapas que abarcará el estudio de mercado:

1. Perfil del producto
2. Análisis de la demanda
3. Análisis de los precios
4. Análisis de la oferta
5. Análisis de los canales de distribución
6. Promoción

### 3.1.2 Perfil del producto

El producto corresponde a un sistema híbrido que asocia dos fuentes de energía renovable cuyo fin es generar energía eléctrica y garantizar la continuidad en el suministro a una demanda de energía previamente definida. La venta del sistema incluye el servicio de instalación del sistema y su mantenimiento.

El CB se encuentra compuesto de manera general de los siguientes elementos:

- ✓ Paneles fotovoltaicos
- ✓ Estructura de montaje
- ✓ Controladores de carga
- ✓ Baterías
- ✓ Inversor de corriente
- ✓ Equipo desionizador con filtro de agua
- ✓ Equipo electrolizador
- ✓ Tanques de almacenamiento de hidrógeno a base de hidruros metálicos con equipo de presurización
- ✓ Celda de combustible
- ✓ Cableado y accesorios diversos

Las características técnicas específicas del sistema son definidas en el estudio técnico.

El sistema a ofertarse, como se mencionó anteriormente consiste en una serie de equipos y accesorios que serán entregados al cliente *in situ* y que serán instalados en su totalidad, de manera que el servicio concluye parcialmente al momento de quedar en funcionamiento en el lugar que sea especificado. Se menciona que el servicio concluye parcialmente ya que también se ofrecerá el servicio de mantenimiento preventivo y correctivo al cliente.

### 3.1.3 Análisis de la demanda

Previo a la identificación de la demanda, es necesario aclarar que el enfoque del presente trabajo es respecto a un CB delimitado en capacidad por el balance de materia y energía que se desarrolla en el estudio técnico. En la práctica el sistema CB deberá escalarse según los diversos requerimientos de energía de cada cliente, sin embargo la intención de esta evaluación tiene como enfoque el análisis solamente de la factibilidad técnico-económica del CB planteado.

Tabla 3.1 Criterios de clasificación de la demanda.

Clasificación de la demanda en relación a:	Tipos de demanda	Subtipos
La oportunidad	Insatisfecha Satisfecha	Satisfecha saturada Satisfecha no saturada
Su necesidad	Bienes social y nacionalmente necesarios De bienes no necesarios o de gusto	
Su temporalidad	Continua Cíclica o estacional	
Su destino	De bienes finales De bienes intermedios o industriales	

Fuente: Abreu Beristain Martín, "Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión en México", *U.A.M.* fecha de consulta Jun. 2009

La demanda del sistema en cuestión por ser un producto nuevo, se clasifica en relación a la oportunidad que existe de posicionarlo a futuro en el mercado, es decir se tiene una demanda insatisfecha de la que no se tiene vastedad de datos estadísticos, sin embargo el potencial existe.<sup>34</sup> Para ello se define a continuación cuál es la demanda potencial a satisfacerse.

<sup>34</sup> Abreu, Beristain Martín. "Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión en México". *U.A.M.*, 2006.

En el mundo alrededor de 2 billones de personas en el mundo viven sin energía eléctrica debido al alto costo de abastecerlos mediante un sistema común.<sup>35</sup> Considerando a la comunidad rural parte de la estadística anterior, para este estudio, la demanda potencial son las escuelas rurales de nivel básico que se encuentran en nuestro país y que dado el servicio que prestan a la comunidad, requieren de equipamiento autónomo que garantice el suministro de energía indispensable para el desempeño de sus funciones educativas. Este enfoque en escuelas rurales, es el principal criterio para la estimación de la demanda, como se indica a continuación:

Tabla 3.2 Cantidad de escuelas de nivel básico (Escuelas rurales)

Resumen de Escuelas por tipo, sostenimiento y servicio de 2000 a 2007								
SOSTENIMIENTO Y SERVICIO	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008
<b>RESUMEN</b>	<b>218,080</b>	<b>221,682</b>	<b>225,210</b>	<b>227,327</b>	<b>231,324</b>	<b>238,003</b>	<b>241,526</b>	<b>245,533</b>
FEDERAL	36,066	36,700	37,386	36,686	36,106	36,491	37,013	37,763
ESTATAL	154,684	156,667	158,074	159,417	160,444	162,672	164,233	166,043
AUTÓNOMO	1,786	1,807	1,883	1,917	1,931	2,041	2,057	2,016
PARTICULAR	25,544	26,508	27,867	29,307	32,843	36,799	38,223	39,711
<b>BÁSICA TOTAL</b>	<b>199,201</b>	<b>201,718</b>	<b>203,970</b>	<b>205,479</b>	<b>208,830</b>	<b>214,394</b>	<b>217,561</b>	<b>220,348</b>
MEDIA SUPERIOR	9,761	10,587	11,327	11,938	12,382	12,841	13,194	13,493
SUPERIOR	4,049	4,196	4,486	4,585	4,719	5,116	5,239	5,309
<b>CAPACITACIÓN TOTAL</b>	<b>5,069</b>	<b>5,181</b>	<b>5,427</b>	<b>5,325</b>	<b>5,393</b>	<b>5,652</b>	<b>5,532</b>	<b>6,383</b>
<b>INDÍGENA</b>	<b>17,552</b>	<b>18,012</b>	<b>18,326</b>	<b>18,612</b>	<b>18,787</b>	<b>18,872</b>	<b>19,062</b>	<b>19,289</b>
INDÍGENA PREESCOLAR	8,487	8,705	8,856	8,992	9,096	9,146	9,267	9,408
INDÍGENA PRIMARIA	9,065	9,307	9,470	9,620	9,691	9,726	9,795	9,881
<b>CONAFE</b>	<b>29,092</b>	<b>29,730</b>	<b>30,393</b>	<b>29,635</b>	<b>28,696</b>	<b>28,889</b>	<b>29,234</b>	<b>29,706</b>
CONAFE PREESCOLAR	14,421	15,330	16,062	16,079	16,276	16,998	17,808	18,472
CONAFE PRIMARIA	14,671	14,400	14,331	13,556	12,420	11,891	11,426	11,234

Fuente: Estadística Histórica del Sistema Educativo Nacional, [www.dgpp.sep.gob.mx/Estadi/NACIONAL](http://www.dgpp.sep.gob.mx/Estadi/NACIONAL), 12 May. 2009.

De la tabla 3.2 se puede ver que en el sistema educativo básico al año 2007 se tenía un total de 220,348 planteles; la cantidad total de escuelas indígenas en el período del año 2000 al año 2007 fue de 19,289 planteles lo que representa el 8.8% de la cantidad total de escuelas a nivel básico en el país.

<sup>35</sup> El hecho de que el costo de las líneas de transmisión varíen entre los 200,000 a 300,000 pesos por kilómetro es una de las principales causas, esto también tomando en cuenta que el costo de la electrificación rural aumenta costos en un 80 por ciento. Por estos motivos, los sistemas de energía fotovoltaicos son un atractivo económico para lugares lejanos debido a que estos sistemas pueden establecerse en cualquier parte del mundo. Fuente: *Guía básica para el desarrollo de tecnología fotovoltaica*. Unidad Politécnica para el Desarrollo y la Competitividad Empresarial, I.P.N., 2006.

Para fines de este trabajo, los planteles de educación indígena se consideran como el equivalente de escuela rural. Este porcentaje de planteles es la demanda estimada de escuelas por abastecer con sistemas híbridos, es decir la demanda potencial insatisfecha.

Es importante mencionar que en gran parte de las escuelas rurales las condiciones actuales de funcionamiento corresponden a la utilización de la luz de día para la impartición de clases en las aulas e incluso la utilización de velas para las actividades nocturnas. Estas escuelas si tuvieran la posibilidad de contar con energía eléctrica para su funcionamiento y operación cambiarían no sólo la calidad de vida escolar de los estudiantes sino también de los docentes puesto que podrían emplear nuevos medios para impartir la enseñanza en las aulas (computadoras, internet, televisión, equipos de música, DVD, etc.).

El mercado objetivo al que el producto se podría enfocar adicionalmente, son las instalaciones remotas que requieren de un suministro constante y seguro de energía como pueden ser laboratorios, enfermerías, estaciones de transmisión de datos, electrificación rural en casas relativamente próximas entre sí, etc. Sin embargo, esto no es evaluado en este trabajo.

#### **3.1.4 Análisis de la oferta**

La oferta es la cantidad de bienes que un cierto número de empresas determinan poner a disposición del mercado a un precio determinado. Actualmente la integración de sistemas híbridos fotovoltaica-hidrógeno-celda de combustible para la generación de energía eléctrica, a nivel mundial es escasa; existen sistemas híbridos de fotovoltaicos-eólicos en funcionamiento en diversas partes del mundo y que continúan desarrollándose, hay también sistemas no híbridos como los fotovoltaicos y de los cuales está muy generalizada su



aplicación en diversas instalaciones donde no se tiene la posibilidad de un suministro de energía convencional; sin embargo estos equipos solamente operan cuando hay radiación solar suficiente. En España se encontró un proveedor que ofrece paquetes de equipos para conformar un sistema híbrido fotovoltaico-hidrógeno-celda de combustible, sin embargo solamente ofrecen el servicio de venta de los equipos a baja escala de energía.

Por lo anterior, en el caso de nuestro país, tenemos una oferta de especialización ya que no hay más oferentes nacionales de un producto similar. La oferta actual que existe en México de productos destinados a proveer de energía eléctrica de manera sustentable, son los sistemas fotovoltaicos que se comercializan actualmente en diversos países.

Es importante mencionar que en diferentes regiones se realizan inversiones y proyectos de investigación de sistemas híbridos de generación de energía eléctrica fotovoltaica-hidrógeno celda de combustible, destacando U.S., Japón, Canadá y la unión europea. En la tabla 3.3 podremos observar los principales sistemas híbridos instalados y que han sido financiados en su mayoría por el gobierno, universidades, institutos y escasamente por la iniciativa privada.

De acuerdo a la búsqueda realizada de equipos similares al propuesto para el CB en diferentes medios de información, y con la información mostrada en la tabla 3.3, se puede observar que actualmente se han desarrollado escasos sistemas como el que compete a este proyecto de inversión. Son pocas las referencias comerciales de venta de estos sistemas híbridos de generación de energía, y solamente se encontró una empresa española que oferta equipos para formar sistemas equivalentes al del CB.

Tabla 3.3 Sistemas híbridos similares al CB en el mundo.

Nombre del proyecto y fecha	Fuente		Electrolizador		Batería		Almacenamiento de hidrógeno			Celda de combustible	
	Tipo <sup>a</sup>	Poder instalado (kWp)	Tipo <sup>a</sup>	Poder (kW)	Tipo	Capacidad de energía (kW h)	Tipo	Capacidad en volumen (Nm <sup>3</sup> H <sub>2</sub> )	Capacidad de energía (kW h)	Tipo <sup>a</sup>	Poder (kW)
FIRST (2000-2004)	FV	1.4	PEM	1	Pb-ácido	20	Hidruros metálicos 30 bar	70	248	PEM	0.42
HARI (2002-)	FV-	13-50-3.2	alcalina	36		120	Tanque presurizado 137 bar	2856	10,127	PEM	7
HRI (2001-)	viento	1-10		5		42	Tanque presurizado 10 bar	40	142	PEM	5
INTA (1989-1997)	FV	8.5	alcalina	5	---	---	Hidruros metálicos y Tanque presurizado 200 bar	24-9	85-32	PAFC PEM	10-7.5
PHOEBUS (1993-2003)	FV	4.3		26	Pb-ácido	304	Tanque presurizado 120 bar	3000	10,638	PEM	5.6
SAPHYS (1994-1997)	FV	5.6		5		51	Tanque presurizado 200 bar	120	426	PEM	3
SCHATZ (1989-1996)	FV	9.2		6		5.28	Tanque presurizado 8 bar	60	213	PEM	1.5
Solar House (1992-1995)	FV	4.2	2	20		Tanque presurizado 28 bar	400	1418	PEM	3.5	
Solar hydrogen pilot plant	FV	1.3	alcalina	0.8	12	Tanque presurizado 25 bar	200	709	PAFC	0.5	
SWB (1989-1996)	FV	370		100	---	---	Tanque presurizado 30 bar	5000	17,730	PAFC	80
CEC (2007-)	FV	5	PEM	3.35	Pb-ác	28	Hidruros metálicos 14 bar	5.4	19	PEM	2.4

<sup>a</sup> FV: fotovoltaica; PAFC: celda de combustible de ácido fosfórico, PEM: celda de combustible con membrana de intercambio protónico

Fuente: Dincer, Yilanci, Ozturk, "A review on solar-hydrogen/fuel cell hybrid energy systems for stationary applications". *Progress in Energy and Combustion Science* 35, 231–244, 2009.

### 3.1.4.1 Equipos que componen el CB

En este punto se muestran algunos de los diferentes equipos disponibles en el mercado y que fueron susceptibles de considerarse en el CB. Adicionalmente estos equipos podrán emplearse cuando se configuren los equipos que solicite cada cliente.

#### Paneles solares

Proveedor	Artículo	Precio
Energía solar	Panel solar 125 W / p 12 V	\$ 8,105.56 + I.V.A.
Kyocera	KC130 TM 130W 12 V solar panel w J-Box, 7.39 A policristalino	\$ 559 USD, \$/ Watt: 4.3
Kyocera	KD135 GX-LP 135W 12 V, multicristalino	\$ 499 USD, \$/ Watt: 3.7
Inovatek	Módulo Conergy de 125 Watts de potencia y un voltaje nominal de 12 volts. 36 celdas de silicio policristalino encapsuladas en Etileno de Vinil-Acetato (EVA). Tensión MPP: 17.2 volts. Corriente MPP: 7.3 A.	\$ 780.8 USD + IVA
Cryplant	panel solar Kyocera de silicio policristalino de 130 W	\$ 657 USD + I.V.A.

Fuente: Esta investigación con cotización realizada en fecha: Jun. 2009.

#### Controladores de carga

Proveedor	Artículo	Precio
Outback	MX 60 Corriente: 60 A, temperatura -40°C a 45°C, voltaje del sistema: (12-24-48) V, Voltaje mínimo: 9 VCD, voltaje solar máximo: (VOC): 125 V	\$ 8,276.07 + I.V.A.
Blue Sky	SOLAR BOOST 6024HL 60A, No Display	\$ 545.71 USD + I.V.A.
Outback Power systems	MX60 60A,12-48V MPPT Charge Controller, Returned to Stock.	\$ 529 USD
Solar Converters Inc	PT 12/24-60, 60 Amp Charge Controller 12V or 24V Configurable.	\$ 581.45 USD
Xantrex	XW Solar Charge Controller MPPT 865-1030	\$ 537 USD
Cryplant	Controlador de carga Xantrex C-60, de 60 A. 12/24 VCD.	\$ 260 USD + I.V.A.

Fuente: Esta investigación con cotización realizada en fecha: Jun. 2009.

## Baterías

Proveedor	Artículo	Precio
Energía solar	Batería Trojan 6V/220 AH	\$ 1,809.98 + I.V.A.
US Battery	Us2200 6V, 225 Ah (20hr) Lead Acid, Voltaje: 6, capacidad: 75 A en 115 min = 75 A en 1.916 hr, energía 225 Ah (1 kWh aproximadamente)	\$ 135.77 USD
MK Powered	8G8D 225 Ah	\$ 576.11 USD + I.V.A.
Cryplant	Batería de ciclo profundo, 225 A	\$ 139 USD + I.V.A.

Fuente: Esta investigación con cotización realizada en fecha: Jun. 2009.

## Inversores de corriente

Proveedor	Artículo	Precio
---	Inversor FX3048T	\$ 27,936.65 + I.V.A.
---	Outback 2300W FX2348ET 48V Inverter	\$ 2 469 USD
---	Inversor/Cargador OutBack GVFX3648, 3.6 kW, ventilado, 48VCD/120 VCA	\$ 2670 USD + I.V.A.

Fuente: Esta investigación con cotización realizada en fecha: Jun. 2009.

## Equipos electrolizadores

Proveedor	Artículo	Precio
Idatech	ElectraGen 5, 5 Kw, voltaje entrada 200-240 VAC, voltaje salida 48 VDC, consumo de combustible 75 slpm de hidrógeno	---
Ariema	Nitidor de 5.5 Kw, consumo de combustible 0.9 l/hr	---
Hidro	electrolizadores atmosféricos, salida de hidrógeno para Nm <sup>3</sup> H <sub>2</sub> /Hr de 0-50, consumo de combustible de 1 lt / Nm <sup>3</sup>	---
---	Electrolizador con aditamentos 10 kW	\$ 550 000

Fuente: Esta investigación con cotización realizada en fecha: Jun. 2009.

## Tanques de almacenamiento de hidrógeno a base de hidruros metálicos

Proveedor	Artículo	Precio
---	Contenedor de hidrógeno basado en hidruros metálicos, capacidad 3750 lt/H <sub>2</sub>	\$ 165000

Fuente: Esta investigación con cotización realizada en fecha: Jun. 2009.

## Celdas de combustible

Proveedor	Artículo	Precio
Hidrogenics	HyPM XR 4 de hasta 4.5 Kw	---
Hidrogenics	HyPM HD 4 de hasta 4.5 Kw	---
---	Celda de combustible PEM con aditamentos 8 kW	\$ 550 000

Fuente: Esta investigación con cotización realizada en fecha: Jun. 2009.

### 3.1.4.2 Análisis de los precios

La determinación del precio es una decisión que debe ser analizada en extremo, ya que influye directamente en la percepción que tiene el consumidor sobre el producto que se desea comercializar. Con base en el estudio de la demanda se determinó el mercado potencial hacia quien se dirigirá el sistema híbrido de generación de energía, lo que representa el segmento de mercado al que se enfoca el producto.

Con el sistema de generación de energía como producto, se busca satisfacer una demanda específica donde es fundamental el suministro de energía eléctrica, cabe considerar que probablemente adicional al precio del producto, el factor fundamental de decisión de adquisición de los equipos dependerá del nivel de necesidad que se tenga y el aporte social que se brinde a la comunidad. Sin embargo es importante indicar que una fijación de precio errónea, podrá afectar la demanda del mercado en forma sustancial.

Existen factores a considerarse en la fijación del precio como son: el precio de introducción, descuentos por pronto pago, promociones, etc. para el sistema de generación de energía CB con base en los resultados que se obtengan en el estudio financiero, se definirá el precio de venta, alineado a los criterios de fijación de precios que existen en el

mercado y que se toman como referencia en la realización de evaluaciones de proyectos de inversión. En la decisión intervienen los costos en que incurrirá la empresa y el margen de utilidad que se esperaría obtener por la empresa.

De los mecanismos para fijación de precios, tenemos lo siguiente:

1. Mecanismo de formación:

- ✓ Precio dado por el mercado interno
- ✓ Precio dado por similares importados
- ✓ Precios fijados por el gobierno
- ✓ Precio estimado en función del costo de producción
- ✓ Precio estimado en función de la demanda
- ✓ Precios del mercado internacional para productos de exportación

2. En la fijación del precio se debe señalar el rango en que pudiera oscilar el precio de venta y las repercusiones en la demanda.<sup>36</sup>

Con base en lo anterior el precio está determinado por el costo de producción como mecanismo de fijación de precios.

### **3.1.4.3 Análisis de los canales de distribución**

El análisis de los canales de distribución corresponde al estudio de la forma en que se distribuirá el producto.

Las posibles formas de llegar al consumidor final pueden ser a través de ventas directas, a través de mayoristas o compradores especializados o bien, sus combinaciones; según el segmento del mercado.

---

<sup>36</sup> <http://www.mitecnologico.com/Main/AnalisisDePrecios>, 1 fecha de consulta: Jun. 2009.

Sin embargo para este caso, la distribución del producto se realizará de manera directa al cliente a través de un sistema de distribución propio que efectuará el servicio de entrega, instalación y mantenimiento de los equipos; puesto que el enfoque administrativo que tendrá la empresa es de Pyme, su sistema de distribución se ajustará a este nivel de organización.

#### **3.1.4.4 Promoción**

La promoción del producto de esta investigación, se realizará básicamente en páginas web, y en medios impresos especializados en temas de generación de energía sustentable. En el desarrollo del estudio financiero, se destina una cantidad mensual para la promoción del producto.

## **3.2 Estudio técnico**

Para la elaboración de este estudio se trataron implícitamente preguntas respecto a: ¿Dónde?, ¿Cómo? y ¿Con qué? configurar y producir el sistema del CB. Asimismo, el estudio permitió definir las características técnicas de la fabricación del sistema a través de la elaboración de un balance de materia y energía que sirvió de base para la determinación de los equipos que integran al sistema.

### **3.2.1 Balance de materia y energía**

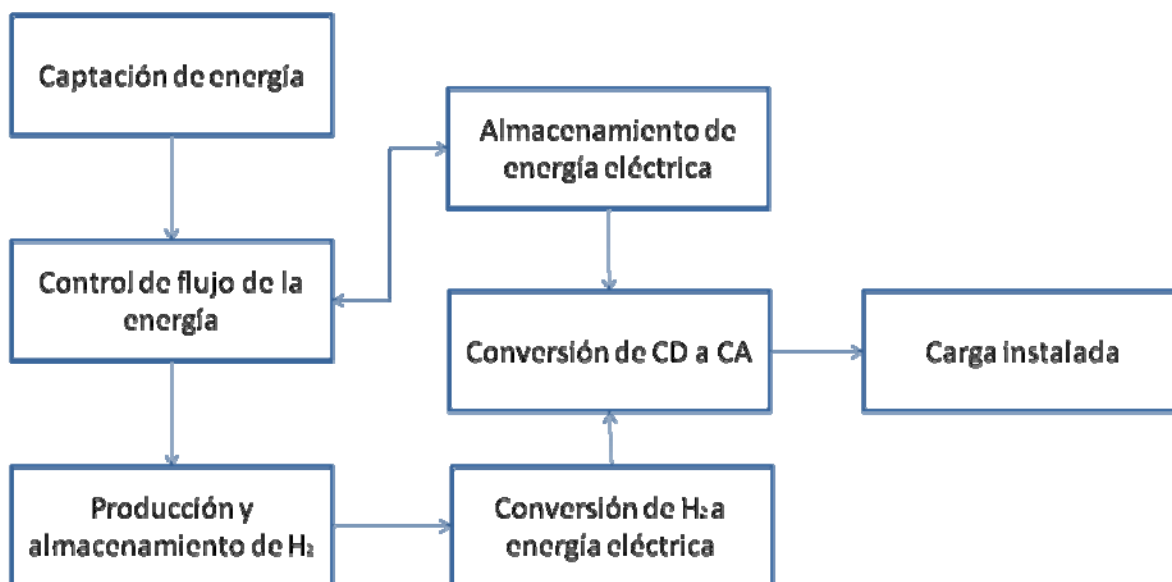
Para la realización del diseño del CB, se diseñó teóricamente la parte de datos de entrada y salida de cada uno de los componentes del sistema, realizándose el balance de materia y energía con investigación particular, para determinar las cantidades necesarias de materia y energía en las etapas que conforman al CB partiendo del valor determinado previamente de la carga que se tendría que suministrar en una escuela primaria rural y recalculando hacia atrás.

Antes de describir el diseño y conceptualización del balance de materia y energía, se hace una descripción general del funcionamiento del CB que se muestra en el diagrama 3.1.

Para efectos de comprensión, en el diagrama se consideran siete módulos que están interrelacionados y que representan las actividades principales que se llevan a cabo. Estas actividades se describen a continuación de manera resumida.



Diagrama 3.1 Módulos que componen el CB



Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

El módulo de captación de energía basa su funcionamiento en la generación de energía eléctrica a través de un conjunto de paneles fotovoltaicos; la energía obtenida es regulada electrónicamente por el controlador de flujo de energía. En este módulo se controla el flujo de la energía generada por el panel, hacia los módulos de almacenamiento de energía eléctrica y al de producción y almacenamiento de hidrógeno. En el módulo de almacenamiento de energía eléctrica, se almacena y estabiliza la energía proveniente del módulo de control; su función es proveer de la energía almacenada cuando el panel está impedido para generarla y también entregar un flujo de energía estable. Asimismo, antes de entregar la energía a la carga instalada, es necesario convertirla de CD a CA para que pueda ser empleada.

El porcentaje de energía generado con los paneles fotovoltaicos que no sea entregado a la carga instalada, es empleado por el módulo de producción y almacenamiento de

hidrógeno para electrolizar agua y producir hidrógeno que es almacenado para su futuro empleo en las horas de ausencia de luz y de ausencia de carga en las baterías. Cuando se requiere obtener energía eléctrica del hidrógeno previamente almacenado, en el módulo de conversión de hidrógeno a energía eléctrica, se emplea una celda de combustible que por medio de reacciones electroquímicas produce energía eléctrica y genera como residuo agua de alta pureza.

Finalmente la energía producida por el módulo anterior, pasa también al convertidor de CD a CA para que pueda ser entregada a la carga instalada.

### **3.2.1.1 Planteamiento del Balance de materia y energía del CB**

Para la construcción del balance de materia y energía del CB, inicialmente se obtuvieron datos de insolación promedio de la ciudad de Cuautla Morelos en la página web de la Comisión Nacional para el uso Eficiente de la Energía.<sup>37</sup> Con esta información se fijan para este trabajo los valores mínimos, medio y máximo de irradiación global promedio en kWh / m<sup>2</sup> - día que se obtienen en dicha ciudad y con estos datos se plantearon tres escenarios de disponibilidad de energía solar que se denominaron: escenario de carga mínimo, escenario normal o promedio y escenario máximo.<sup>38</sup>

La elaboración del balance de materia y energía en los *diferentes escenarios* tiene como función el proporcionar información respecto a las cantidades mínima, promedio y máxima que es posible obtener de energía en cada una de las etapas del sistema. Sin embargo para efectos de conceptualización, el CB utilizó como fuente de información únicamente los

---

<sup>37</sup> Comisión Nacional para el uso Eficiente de la Energía.  
[http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA\\_1433\\_irradiacion\\_en\\_la\\_re](http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_1433_irradiacion_en_la_re). 30 Jun. 2009.

<sup>38</sup> Ver balances de materia y energía en el anexo 2.

valores del balance de materia y energía correspondientes al valor promedio de irradiación de energía de la ciudad de Cuautla, Morelos. Este criterio permitió también obtener un punto de referencia para definir las capacidades y seleccionar los equipos que integran el CB.

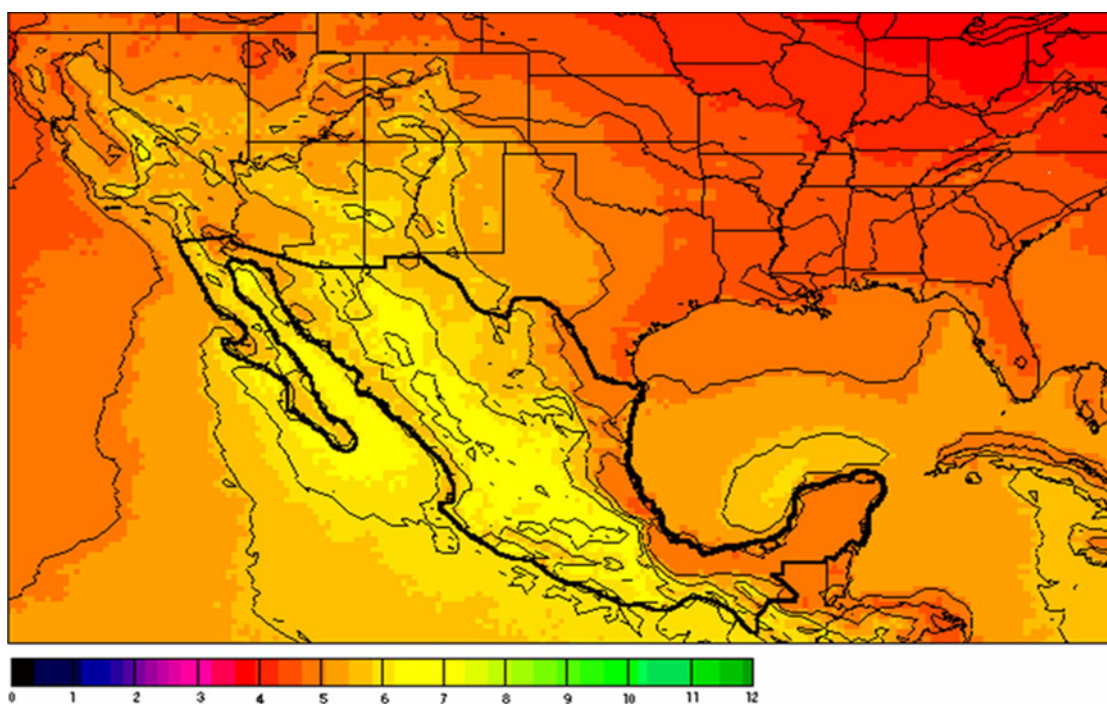
Tabla 3.4 Resumen de la irradiación global media en Cuautla Morelos.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Mín	Máx	Prom
3.2	3.9	4.7	5.5	5.7	5.4	5.4	5.3	4.6	4.4	3.7	3.1	3.1	5.7	4.6

Datos en kWh / m<sup>2</sup> -día

Fuente: Comisión Nacional para el uso Eficiente de la Energía, [http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA\\_1433\\_irradiacion\\_en\\_la\\_re](http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_1433_irradiacion_en_la_re). 30 Jun. 2009.

Figura No. 3.1 Mapa de irradiación solar en la República Mexicana.



Fuente: Raymon J. Bahm and Associates, Albuquerque, NM. 30 Jun. 2009.

Datos en kWh / m<sup>2</sup> - día

Diagrama 3.2 Diseño del CB y balance de materia y energía (promedio)

Horas de sol máximo =  $0.2705 (H_T) + 0.3908$  en invierno  
 Horas de sol máximo =  $0.2705 (H_T) + 0.4690$  en verano  
 con  $H_T$  en MJ/m<sup>2</sup> por día.

Captación solar promedio obtenida de la Comisión Nacional para el uso Eficiente de la Energía.

**Med.** 4.6 kWh / m<sup>2</sup> por día = 16.6 Mj / m<sup>2</sup> por día

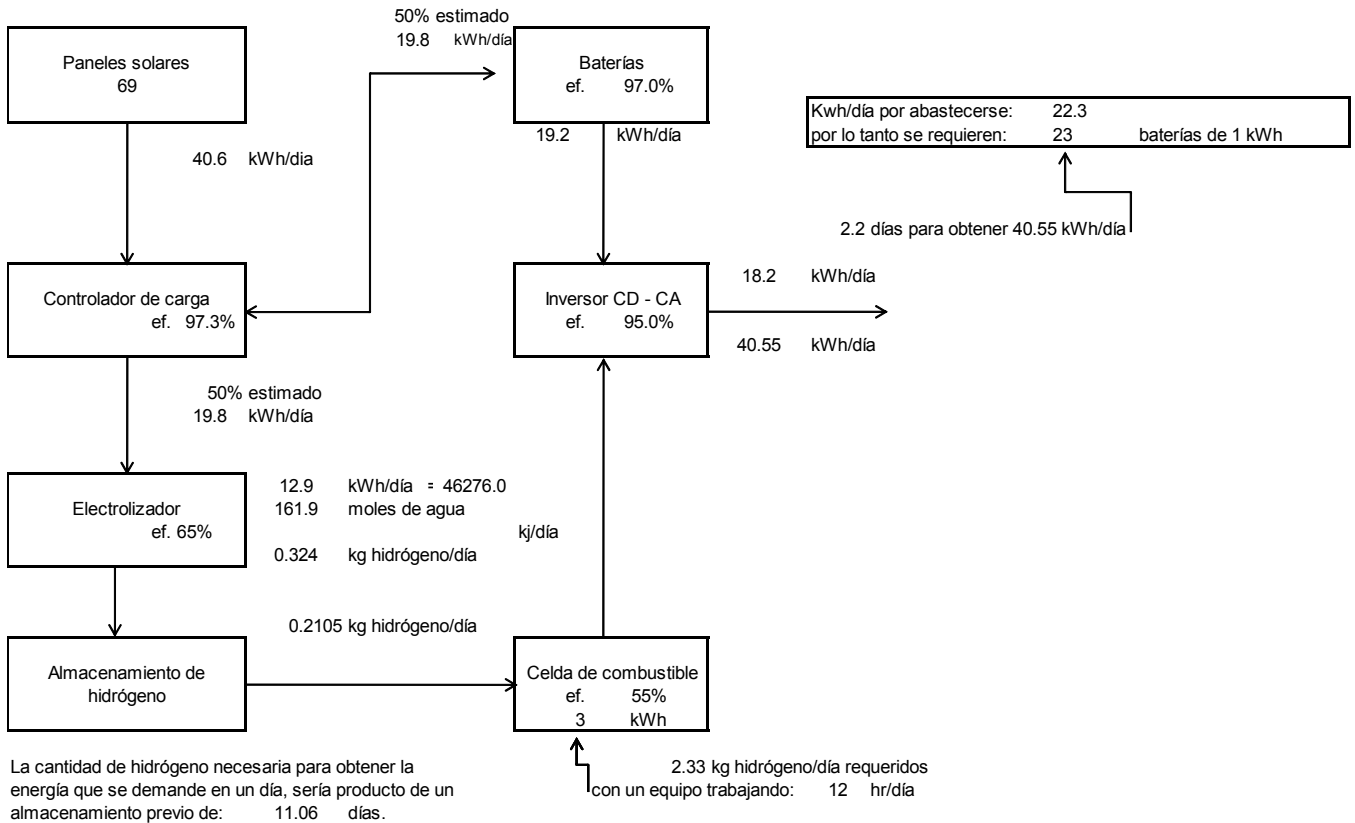
- 4.87 hr de sol en invierno
- 4.95 hr de sol en verano
- 4.91 hr de sol en promedio

Panel propuesto de: 120 W ó 0.12 kWh

Demanda calculada: 40.55 kWh / día

Determinación de paneles necesarios: capacidad panel por el promedio hr sol máx = 0.59 kWh / día  
 cantidad de paneles que se requieren: 68.82 = 69

**40.6** kWh / día que se obtendrían con los 67 paneles.



Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

En el balance de materia y energía obtenido anteriormente y que se muestra en el diagrama

3.2, se tomaron como datos de referencia para los cálculos, lo siguiente:

Tabla 3.5 Datos de entrada del balance de materia y energía

Dato	Valor
Eficiencia del panel fotovoltaico	17.7 %
Eficiencia del controlador de carga	97.3 %
Eficiencia de las baterías	97 %
Eficiencia del inversor	95 %
Eficiencia del electrolizador	65 %
Eficiencia del compresor	65%
Eficiencia de la celda de combustible	55 %
Potencia de la celda de combustible	3 kWh
Energía requerida por el CB	40.55 kWh/día
1 Kwh	3600 Kj
Energía de formación de agua líquida	285.8 Kj/mol (a partir de H <sub>2</sub> y O <sub>2</sub> moleculares)
Energía almacenada por unidad de peso de H <sub>2</sub>	33.33 kWh/kg
Energía de entrada escenario promedio	39.8 kWh/día

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

Los cálculos fueron desarrollados a través de una simulación matemática en hoja de cálculo de Excel obteniéndose de manera teórica en resumen, los requerimientos para el CB en sus tres modalidades como se indica a continuación:

Tabla 3.6 Datos de salida del balance de materia y energía

Datos	Escenario		
	Mínimo	Medio	Máximo
Salida de los paneles	40.55 kWh/día	40.55 kWh/día	40.55 kWh/día
Salida del controlador de carga, hacia las baterías: hacia el electrolizador:	19.7 kWh/día	19.8 kWh/día	19.9 kWh/día
	19.7 kWh/día	19.8 kWh/día	19.9 kWh/día
Salida de las baterías	19.1 kWh/día	19.3 kWh/día	19.3 kWh/día
Entrega a la carga instalada	18.2 kWh/día	18.2 kWh/día	18.3 kWh/día
Hidrógeno obtenido en la electrolización	0.323 kg H <sub>2</sub> /día	0.324 kg H <sub>2</sub> /día	0.326 kg H <sub>2</sub> /día
Hidrógeno obtenido posterior a la compresión	0.21 kg H <sub>2</sub> /día	0.2105 kg H <sub>2</sub> /día	0.212 kg H <sub>2</sub> /día
Entrada de hidrógeno a la celda de combustible	2.33 kg H <sub>2</sub> /día	2.33 kg H <sub>2</sub> /día	2.33 kg H <sub>2</sub> /día
Salida del inversor y entrega neta a la carga	40.55 kWh/día	40.55 kWh/día	40.55 kWh/día

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

Con la información obtenida en los tres escenarios de cálculo, se tomó como base de referencia el escenario de carga promedio, para la estimación de las características de los equipos necesarios para el CB puesto que representa el valor promedio a que estaría

trabajando el sistema. Cabe mencionar que los valores de radiación son variables según la zona donde el cliente solicite la instalación de los equipos, y que para cada ubicación será necesario realizar la evaluación correspondiente a fin de dimensionar correctamente los equipos.

El valor de captación solar promedio que se tiene para el escenario de carga media es de 4.6 kWh / m<sup>2</sup> día, con este valor se determinó el número de horas promedio que se tienen de sol máximo que da de 4.91 hr. Para efectuar la selección de los paneles se toman como referencia los datos de la tabla 3.7 en la que se muestra la relación costo / potencia de los diferentes paneles fotovoltaicos. En la tabla se puede ver que el panel que ofrece la mejor relación es el de 120 W. Por lo tanto, éste es la referencia para el cálculo de los paneles necesarios para el CB.

Tabla 3.7 Relación costo/potencia de los paneles fotovoltaicos

Potencia W	Precio USD	Relación \$ * W
120	376.56	3.138
200	688.4	3.442
160	550.72	3.442
170	585.16	3.442
130	447.48	3.442
180	619.6	3.442
205	705.66	3.442
140	481.92	3.442
190	654.04	3.442
175	602.42	3.442
150	516.36	3.442
125	430.3	3.442
100	344.24	3.442
110	378.68	3.443

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

La determinación de la cantidad de paneles se muestra a continuación:

Un panel de 120 W ó 0.12 kW en un día con 4.91 hr promedio de sol máximo, genera 0.59 kWh/día. Si la carga instalada esta referenciada a un valor de 40.55 kWh / día entonces al dividir este valor entre la cantidad de kWh que generará un panel en un día se obtiene que son requeridos 69 paneles fotovoltaicos de 120 W. Ahora durante el funcionamiento del CB en el día, la energía obtenida por los paneles fotovoltaicos será entregada total o parcialmente ya sea a las baterías o al electrolizador según sea la demanda de energía de la carga instalada. Para determinar los valores estimados de entrega de energía a la carga instalada y al electrolizador; de la escuela rural base que se diseñó, se determinó un consumo supuesto según la cantidad de horas sol promedio disponibles en un día y sumando los consumos que se podrían tener en ese período de tiempo<sup>39</sup>.

Tabla 3.8 Valores estimados de utilización de energía eléctrica

Hr.	En uso
11	10810
12	2465
13	2665
14	2005
15	2155

Hr 20100  
 porcentaje 0.50 de utilización

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

Con base en lo anterior, en el balance se fija un 50% de entrega de energía a las baterías que será empleada por la carga instalada y un 50% como remanente que es empleado por el electrolizador para lo producción de hidrógeno.

<sup>39</sup> El rango de horas donde se considera que se tienen las casi 5 horas de sol es de las 11 a las 15 hrs.

Así tenemos que los paneles solares entregarán 40.6 kWh/día de los cuales el controlador de carga provee 19.8 kWh/día a las baterías y 19.8 kWh/día al electrolizador. Al considerar que las baterías funcionan con una eficiencia del 97%, por cada 19.8 kWh/día que reciban, entregarán al inversor 19.2 kWh/día; de estos al tener el inversor una eficiencia del 95%, la entrega neta a la carga instalada será de: 18.2 kWh/día.

Como se mencionó con anterioridad las horas promedio de sol máximo son 4.91 hr y el tiempo que se requiere funcionen los paneles para obtener 40.55 kWh/día es de 2.2 días; por lo tanto, para la determinación de la cantidad de baterías necesarias, se tomó el criterio de que para cubrir el 1.2 de día adicional requerido para alcanzar la carga instalada, se requiere contar con una fuente de respaldo de 22.3 kWh o en términos de baterías un total de 23 con una capacidad individual de 1 kWh. Asimismo estas baterías proporcionarán energía cuando no haya radiación solar con una capacidad de 23 kWh. Finalmente en ausencia de carga en las baterías, se hará empleo del hidrógeno almacenado para la producción de energía eléctrica.

Con 19.8 kWh/día que representa el 50% de energía promedio canalizada por el inversor al electrolizador, se obtendrían 0.21 kg H<sub>2</sub> / día que sería almacenado para su uso posterior. Sin embargo, para emplear la celda de combustible de 3 kWh es necesario disponer de un suministro de 2.3285 kg H<sub>2</sub>/día con esto, se producirían 3 kWh que el inversor con una eficiencia del 95% entregaría a la carga instalada un total de 40.55 kWh/día y se requeriría de un tiempo de empleo de la celda de combustible de 12 hr para obtener los 40.55 kWh / día requeridos por la carga instalada.



De la información anterior se puede vislumbrar que es necesario obtener en el mercado, equipos que tengan la capacidad tecnológica que se requiere en la fase de entrada y esto da un panorama de la problemática presentada puesto que técnicamente aún existen barreras o restricciones que limitan a los equipos para que rindan a un alto nivel de eficiencia de operación lo que implica costos de adquisición altos.<sup>40</sup>

Principalmente se detectaron 4 puntos críticos desde el punto de vista tecnológico:

#### 1. Paneles solares

Se necesita desarrollar nuevas tecnologías que aumenten la eficiencia de producción de los paneles y también en lo que concierne a los métodos de producción puesto que los costos son altos.<sup>41</sup> Al final de su vida útil, los paneles deben tener un adecuado método de disposición principalmente aquellos fabricados con materiales tóxicos como es el caso del telurio de cadmio. Finalmente a mayor necesidad de captación de energía, el volumen se incrementa de manera notoria. La reducción de tamaño de los paneles con la misma capacidad de captación o mayor, es también una necesidad tecnológica a ser solventada.

#### 2. Almacenamiento de energía en baterías

Como restricciones tenemos que la capacidad de las baterías debe ser un poco mayor a las cargas puesto que perderán capacidad de almacenaje a través del tiempo, sin embargo si se sobredimensionan, pueden emplearse de manera parcial en períodos de reducida insolación acortándose también la vida de las baterías.

---

<sup>40</sup> Botas, Calles, Dufour, San Miguel. “La Economía del hidrógeno-una visión global sobre la revolución energética del siglo XXI”, *ESCET*, año 2004.

<sup>41</sup> El sistema fotovoltaico y sus componentes dependen de la tecnología, por lo que sus precios se reducirán rápidamente gracias a la rapidez del desarrollo tecnológico. Con los avances tecnológicos y volumen de instalaciones actuales, se puede prever una disminución del precio del 8% de año en año. Esta progresión en la reducción de precios no se prevé en ninguna otra fuente de energía eléctrica. Fuente: Set for 2020, “Electricidad solar fotovoltaica: una de las principales fuentes de energía en Europa en 2020, Resumen ejecutivo”, *EPIA*. Fecha de consulta marzo de 2010.

El volumen que ocupan las baterías se incrementa notablemente ante un requerimiento mayor de almacenaje de energía; obtener baterías con una relación de rendimiento y volumen óptimo está todavía desarrollo.<sup>42</sup>

### 3. Producción de hidrógeno

Se requiere de mayores avances tecnológicos en materia de eficiencia de producción puesto que se invierten cantidades altas de energía para su producción, y ésta es comparativamente menor respecto a la obtención de hidrógeno utilizando fuentes de energía diferentes como se mostró en la tabla 2.4<sup>43</sup>

### 4. Almacenamiento de hidrógeno

Por la baja densidad del hidrógeno se requiere de volúmenes altos de almacenamiento. Debe aplicarse una normatividad específica para el manejo del hidrógeno por sus características inflamables y potencialmente explosivas. Para su almacenaje en estado gaseoso se requiere la aplicación de energía para la compresión del hidrógeno igualmente para su enfriamiento si el almacenaje es en fase líquida a través de métodos criogénicos; lo que representa pérdidas debidas a la volatilización del gas.

---

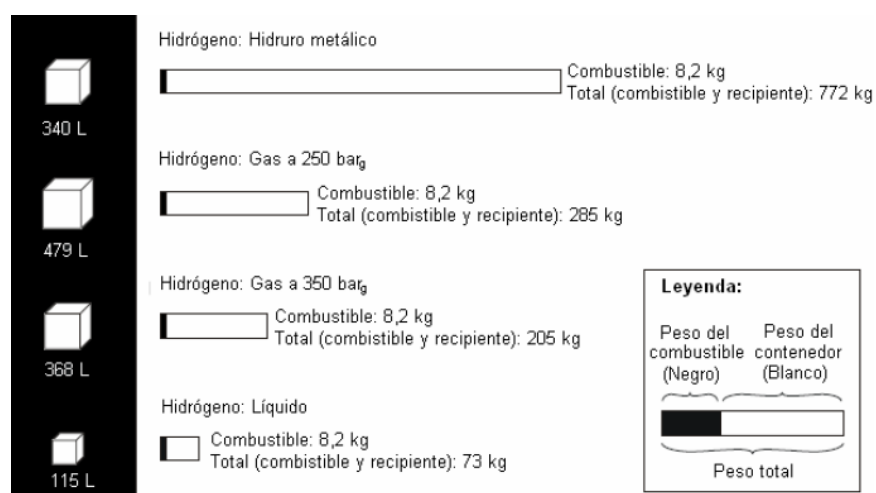
<sup>42</sup> Diferentes tipos y modelos de baterías requieren diferentes medidas de mantenimiento. Algunas requieren la adición de agua destilada o electrolito, mientras que otras, llamadas ‘baterías libre de mantenimiento’, no lo necesitan. Generalmente, la vida útil de una batería de ciclo profundo es entre 3 y 5 años, pero esto depende en buena medida del mantenimiento y de los ciclos de carga/descarga a los que fue sometida. Debido a que el buen estado de la batería es fundamental para el funcionamiento correcto de todo el sistema y a que el costo de la batería puede representar hasta un 15-30 % del costo total, es necesario disponer de un elemento adicional que proteja la batería de procesos inadecuados de carga y descarga, conocido como regulador o controlador de carga. Fuente: Manuales sobre energía renovable: Solar Fotovoltaica/Biomass Users Network (BUN-CA). 1 ed., San José Costa Rica, 2002.

<sup>43</sup> Aproximadamente 99% del hidrógeno, se produce de combustibles fósiles (principalmente del reformado de gas natural). La tasa anual de producción de hidrógeno es de aproximadamente 50 millones de toneladas que representan el 2% de la demanda mundial de energía. Los costos de producción del hidrógeno son los siguientes: 2 US\$/kgH<sup>2</sup> por gasificación de carbón, 7 US\$/kgH<sup>2</sup> por producción con energía solar empleando paneles fotovoltaicos y electrólisis de agua. El Departamento de Energía de Estados Unidos, estima que para el 2015 los costos de producción tiendan a 1.4 US\$/kgH<sup>2</sup> por gasificación de carbón y a 4 US\$/kgH<sup>2</sup> para la generación empleando paneles fotovoltaicos y electrólisis del agua. Fuente: Dincer, Yilanci, Ozturk, “A review on solar-hydrogen/fuel cell hybrid energy systems for stationary applications”. *Progress in Energy and Combustion Science* 35, 231–244, 2009.

Respecto a los métodos de combinación química y adsorción para su almacenaje, en el caso de la primera es necesaria gran cantidad de energía para reducir la temperatura y presión del gas y en el caso del segundo método aún esta en desarrollo investigación relacionada con adsorción del gas en medios porosos como es el caso del carbono; esto a futuro permitirá obtener gran capacidad de almacenamiento a menores costos.<sup>44</sup>

Otra alternativa de almacenamiento por compresión es empleando hidruros metálicos para un uso estacionario. En la figura 3.2 se observan las relaciones de almacenaje en los diferentes tipos de contenedores y el peso del contenedor.

Figura No. 3.2 Relación peso capacidad en el almacenaje de hidrógeno.



Fuente: Visintín Arnaldo, “Conversión y almacenamiento de energía en base a hidrógeno”. *Estrategias en el Mercosur*, INIFTA, Facultad de Ciencias exactas, Universidad Nacional de la Plata. Fecha de consulta abril del 2010.

<sup>44</sup> El almacenamiento de hidrógeno gaseoso comprimido necesita de elevadas presiones en los depósitos, mientras que el almacenamiento líquido necesita de depósitos criogénicos. Ambos sistemas presentan dificultades: el almacenamiento gaseoso es demasiado voluminoso y el almacenamiento líquido resulta poco práctico en aplicaciones no industriales, además de caro. Ante esta situación aparece el almacenaje por hidruros metálicos, que solventa algunos de los inconvenientes anteriores y presenta un modo compacto e intermedio en peso para el almacenaje. Fuente: Fábrega Ramos Marc, “Hidrógeno, aplicación en motores de combustión interna”, *Facultad de Náutica de Barcelona*, curso 2008-2009.

## 5. Celda de combustible

Se requieren innovaciones tecnológicas que reduzcan el precio de producción por kW. Es necesario desarrollar nuevos materiales que limiten o reduzcan la corrosión o degradación de los materiales actuales.<sup>45</sup>

---

<sup>45</sup> Desde la perspectiva de gases de efecto invernadero, las celdas de combustible representan un desarrollo potencialmente revolucionario, ya que en lugar de utilizar combustión para generar electricidad utilizan la reacción electroquímica entre el hidrógeno del combustible y el oxígeno del aire para producir electricidad, agua y calor. Es también cierto que cuando una celda de combustible utiliza hidrocarburos como fuente de hidrógeno (gas natural, metanol, etcétera) generalmente requerirá una etapa de reformación para extraer el hidrógeno, lapso durante el cual producirá CO<sup>2</sup>. No obstante, gracias a su capacidad de obtener altas eficiencias de conversión combustible/ electricidad, las celdas de combustible producen la menor cantidad de CO<sup>2</sup> de cualquier tecnología actual que utilice combustibles fósiles para generar electricidad, por lo que las emisiones de este gas por kWh producido son mucho menores en las celdas de combustible. Fuente: Cano Castillo Ulises, "Las celdas de combustible: verdades sobre la generación de electricidad limpia y eficiente vía electroquímica". *Boletín septiembre/octubre IIE*, 1999.

Tabla 3.9 Tecnologías de producción de hidrógeno y rendimientos.

Fuente de energía	Tipo de proceso	T requerida °C	Rendimiento	Rendimiento después de la reconversión con pila*	Para que llegue un J, hacen falta
Gas natural	Reformado con vapor (SMR)	750 < T < 900	75 %	45 %	2.22
	Oxidación parcial (POX)	1300 < T < 1400	75 %	45 %	2.22
	Reformado autotérmico (ATR)	1100 < T < 1400	70 %	42 %	2.38
Carbón	Gasificación	400 < T < 1600	60 %	36 %	2.78
Nuclear	Electrólisis de agua en fase vapor	1000 < T < 2500	60 %	36 %	2.78
	Ciclos termoquímicos	450 < T < 900	60 %	36 %	2.78
Hidroeléctrica Eólica Geotérmica Mareomotriz	Electrólisis convencional de agua		50 %	30 %	3.33
Solar	Electrólisis fotovoltaica		16 %	10 %	10.42
	Ciclos termoquímicos	450 < T < 900	60 %	36 %	2.78

\*Considerando una pila de combustible con rendimiento del 60%

Fuente: International Energy Agency, fecha de consulta Jun. 2009.

### **3.2.2 Proceso de integración del sistema**

Como se definió anteriormente en el perfil del producto, el sistema se encuentra conformado por una serie de equipos que son ensamblados *in situ* donde lo solicite el comprador. El proceso para cumplir lo anterior, es el siguiente:

1. Adquisición de los equipos y materiales que integran el sistema
2. Integración y pre ensamblado (sólo algunas partes que conforman al sistema)
3. Pruebas de funcionamiento de los equipos
4. Embarque al área de destino
5. Instalación del sistema
6. Realización de pruebas de funcionamiento y calibración de los equipos
7. Puesta en marcha
8. Servicio de mantenimiento periódico a los equipos

### **3.2.3 Localización general y específica del proyecto**

La localización que tendrá la empresa que potencialmente comercialice los sistemas de generación de energía, será en la población de San Pedro Apatlaco, Ayala Estado de Morelos. Puesto que se supone un terreno de aproximadamente 500 m<sup>2</sup> y un área construida de alrededor de 90 m<sup>2</sup> que puede ser acondicionada como área de oficinas y almacenamiento. Sin embargo es importante considerar la construcción de una pequeña planta de ensamble que permitirá desarrollar los trabajos de ensamble, prueba de equipos e investigación.

La selección de esta zona, independientemente de la disponibilidad que se tiene actualmente de las instalaciones, se realizó considerando también que se cuenta con vías de acceso a diversas poblaciones del estado de Morelos y una cercanía relativa con la Ciudad

de México que le permitirían a la empresa solventar adecuadamente sus necesidades de adquisición de equipos, distribución e instalación en la zona centro, y consecuentemente hacia otras ubicaciones geográficas de nuestro país. Adicionalmente el estado de Morelos se caracteriza por sus altos niveles de insolación y de aprovechamiento de la energía solar en sus diferentes modalidades, factores que permitirán promover el sistema de generación del proyecto con mayores ventajas comparativas.

En el plano de distribución del anexo “C”, se define la nave industrial y la distribución de los equipos, maquinaria y mobiliario.

### 3.2.4 Materias primas e insumos requeridos

Para poder integrar el sistema del CB, se requiere contar con los equipos que se indican en la tabla 3.10 y que en su conjunto representan un costo total de adquisición al 2 de marzo del año 2010 de: \$ \$1,427,840.11 M.N. con I.V.A.

Tabla 3.10 Costo del sistema CB en moneda nacional.

Tabla 3.2 Costo de materia prima

Equipo	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Panel solar de 120 W	69	\$ 4,846.30	\$ 334,394.70
Estructura de montaje	1	\$ 30,000.00	\$ 30,000.00
Controlador de carga de 60 A. 12/24 VCD.	3	\$ 2,895.75	\$ 8,687.25
Batería de ciclo profundo, 1 kWh	23	\$ 1,608.80	\$ 37,002.40
Inversor/Cargador 3.6 kW, 48VCD/120 VCA,	1	\$ 24,774.80	\$ 24,774.80
Equipo desionizador con filtro de agua	1	\$ 5,865.00	\$ 5,865.00
Electrolizador con aditamentos	1	\$ 168,472.50	\$ 168,472.50
Contenedor de hidrógeno basado en hidruros metálicos, capacidad 4500 NI H2	3	\$ 87,500.00	\$ 262,500.00
Celda de combustible PEM con aditamentos 3 kWh	1	\$ 301,700.00	\$ 301,700.00
Cableado y accesorios diversos	1	\$ 57,500.00	\$ 57,500.00
Costo total:			<b>\$ 1,427,840.11</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

### **3.2.5 Instalaciones, equipo, maquinaria y mobiliario**

Para materializar el proyecto de inversión, es necesario contar con un área determinada con las instalaciones, maquinaria y equipo adecuados para el desarrollo de las actividades productivas y comerciales.

El tipo de instalación que se proyecta corresponde a un terreno de aproximadamente 500 m<sup>2</sup> y una construcción de alrededor de 90 m<sup>2</sup> que serán acondicionados para las actividades de la empresa. Se requerirá de un acondicionamiento del área exterior y control de acceso a las instalaciones.

Se construirá una planta de ensamble de 200 m<sup>2</sup> que contará con un área de almacenaje y embarque. Al interior se tendrá la maquinaria y equipos básicos como son: un montacargas para la manipulación de los equipos pesados, herramienta básica, equipo de seguridad industrial, y el mobiliario básico para la totalidad de las instalaciones. En el apartado de anexos, se describen a detalle todos los componentes descritos anteriormente.

### **3.2.6 Capacidad de producción**

La capacidad de producción de ensamble de sistemas de generación de energía estará en función de la cantidad de solicitudes que se registren y la distancia a que se instalará cada una de ellas, sin embargo se considera para el CB, que se tendrá la capacidad de instalación de siete sistemas por mes.



### 3.2.7 Tecnología

En este punto se toca el aspecto tecnológico del CB donde se comenta respecto de los equipos clave del sistema y el escenario tecnológico que se vislumbra para cada uno de ellos.

#### 1. Paneles solares

De los procesos de conversión de energía solar a eléctrica, la conversión a través de celdas solares es la más eficiente. La base de esta afirmación es que es posible convertir radiación difusa en energía eléctrica tan eficientemente como empleando radiación directa, y además el empleo de paneles permite dar modularidad a las instalaciones y contemplar su escalabilidad.<sup>46</sup> Además la disponibilidad de energía solar es mucho mayor comparada con la disponibilidad que se obtiene a través de otros sistemas como los eólicos por ejemplo.

Los paneles no contienen partes móviles que requieran mantenimiento especializado y el desgaste que sufren al paso de los años es mínimo. Su tiempo de garantía promedio es de 20 años.<sup>47</sup> Adicionalmente la de energía del sol, es gratuita y favorecida en la mayor parte de este país.

Los paneles fotovoltaicos son equipos fundamentales que requiere el CB y con el desarrollo constante de la tecnología y los continuos descubrimientos de nuevos materiales, en el mediano plazo la eficiencia se incrementará y los costos tenderán a

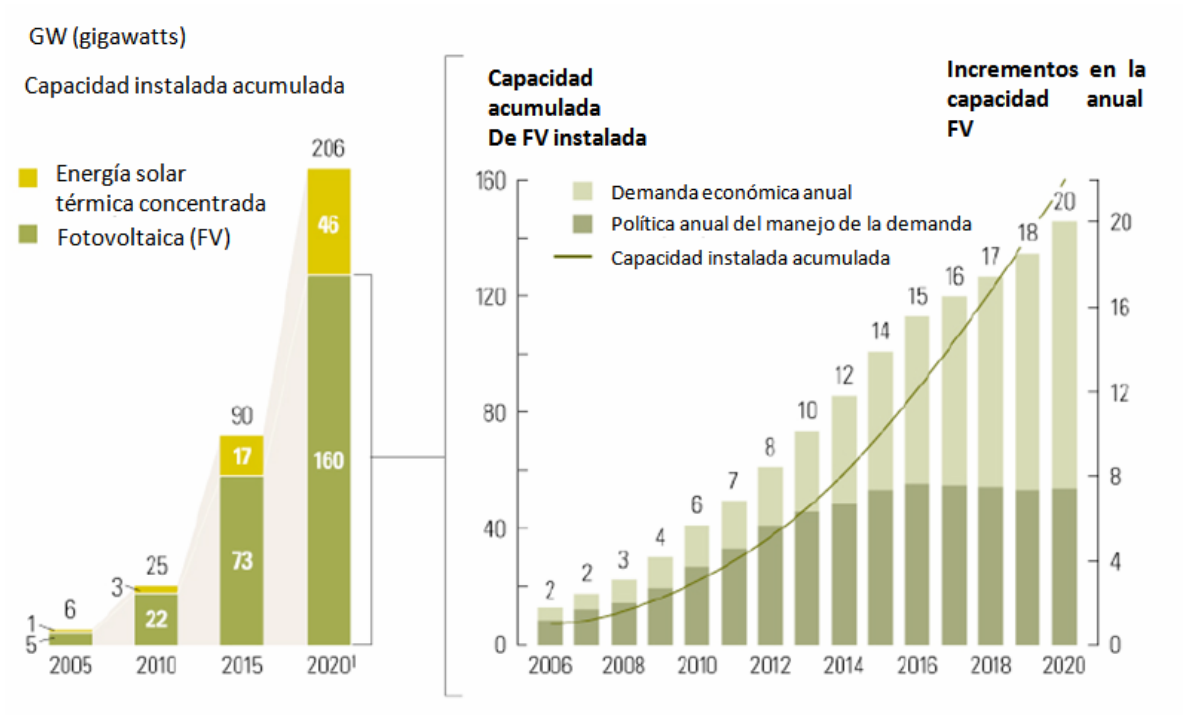
---

<sup>46</sup> Gordillo Gordillo Gerardo, “Conversión fotovoltaica de la energía solar”, *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 22(83): 203-211, 1998.

<sup>47</sup> La vida útil de un panel fotovoltaico puede llegar hasta 30 años, y los fabricantes generalmente otorgan garantías de 20 o más años. El mantenimiento del panel solamente consiste de una limpieza del vidrio para prevenir que las celdas fotovoltaicas no puedan capturar la radiación solar. La elección apropiada del tipo y capacidad del módulo fotovoltaico depende de las características propias de la instalación fotovoltaica, tales como radiación solar existente y consumo energético requerido. Fuente: Manuales sobre energía renovable: Solar Fotovoltaica/Biomass Users Network (BUN-CA). 1 ed., San José Costa Rica, 2002.

disminuir propiciando que el empleo de estas tecnologías se masifique y que los proyectos que utilicen energía fotovoltaica se vuelvan día a día más rentables.

Figura 3.3 Proyecciones del mercado global solar para el año 2020.



<sup>1</sup> Escenario de uso estimado de caso-base. Un escenario agresivo predice 400 GW en el 2020.

Fuente: Lorenz, Pinner y Seltz, “The Economics of Solar Power”, *The McKinsey Quarterly*, Energy, resources and materials, junio 2008.

## 2. Almacenamiento de energía en baterías convencionales.

El empleo de baterías convencionales para el almacenamiento de energía eléctrica implica que aunque cada día sean más eficientes, es necesario disponer de un área suficiente para su colocación y conexión ya que poseen un volumen considerable y alto peso. Esto se convierte en un problema potencial puesto que si se quisiera aumentar la cantidad de energía almacenada, aumentaría también la necesidad de incrementar la cantidad de baterías y con ello el área de su colocación. Sin embargo se prevé el empleo de almacenamiento de energía como hidrógeno en tanques de almacenamiento de hidruros metálicos lo cual reduce al mínimo la dependencia de empleo de baterías convencionales.

### 3. Electrolizadores

Estos equipos tienen una capacidad típica de 1 a 100 Nm<sup>3</sup>/Hr de H<sub>2</sub>. Las presiones de suministro varían de 20 a 30 bar, el suministro de hidrógeno tiene una pureza del 99.9%, son equipos compactos con sistemas de seguridad integrados. La eficiencia es del orden del 80%. Nuevamente estos equipos van incrementando con el tiempo su capacidad de producción y los costos también tienden a ser más competitivos.

Estos factores influyen en la evaluación del proyecto de inversión ya que posiblemente posterior a la conclusión de este trabajo, las eficiencias y costos de los equipos en general serán mejores y posiblemente la rentabilidad del proyecto llegue a ser viable para los clientes privados y que la rentabilidad de la empresa se incremente notablemente.

### 4. Almacenamiento de hidrógeno

Actualmente los métodos más practicados para el almacenamiento de hidrógeno son gas comprimido, líquido criogénico y absorbido en un sólido como hidruro.<sup>48</sup>

#### ✓ Gas comprimido.

El contenido de hidrógeno en recipientes a presión es del orden del 1.2% de la masa del cilindro. Para el control del flujo de salida es necesario el empleo de un regulador de presión (las altas presiones son un riesgo latente). Para la compresión del gas se requiere aproximadamente del 12% de la energía contenida en el hidrógeno. El empleo de esta técnica de almacenaje muestra que se necesitan altas presiones para una cantidad de hidrógeno a una densidad relativamente baja.

#### ✓ Hidrógeno líquido

Mediante este método se incrementa la masa del hidrógeno respecto al volumen del contenedor. Su almacenaje es en tanques criogénicos a -252 °C en sistemas abiertos

---

<sup>48</sup> Visintín Arnaldo, “Conversión y almacenamiento de energía en base a hidrógeno”. *Estrategias en el Mercosur*, INIFTA, Facultad de Ciencias exactas, Universidad Nacional de la Plata. Fecha de consulta abril del 2010.

para evitar sobrepresión; hay pérdidas de hidrógeno por evaporación y ocurre en función de las características de forma, tamaño y presión del contenedor. Idealmente el hidrógeno se licua a temperatura ambiente con 3.23 kWh/Kg pero en condiciones reales se requieren aproximadamente 15.2 kWh/Kg. Estos factores de pérdida por evaporación y energía requerida para su licuefacción limitan su potencialidad de almacenamiento.

#### ✓ Hidruros metálicos

En ciertos hidruros se absorbe el hidrógeno a baja temperatura y presión adecuada y se libera calentando el hidruro para elevar la presión, regularmente la presión no debe superar los 27 bar y 2 bar; y la temperatura no debe ser mayor a los 100 °C y no menores a los 10 °C para la carga y descarga respectivamente.

Para este proceso de carga y descarga se emplea alrededor del 12% del calor de combustión del hidrógeno. De manera general la capacidad de almacenamiento a través de hidruros metálicos es del 3% en masa.<sup>49</sup>

### 3.3 Conclusiones

En este capítulo se prosigue con la determinación del fundamento y las bases que soportan la evaluación del proyecto de inversión. En el estudio administrativo se fija el tipo de demanda potencial hacia quien va a dirigirse el producto generado. Sin embargo cada instalación, edificio, escuela rural o cliente final, cuenta con requerimientos diferentes de energía. En la medida que los sistemas puedan contribuir en la mejora en la educación y la cantidad de alumnos que sean beneficiados por la energía proporcionada por el sistema

---

<sup>49</sup> El empleo de hidruros metálicos para el almacenamiento de hidrógeno es viable para aplicaciones de almacenamiento estacionario y donde la presión del material y el peso del contenedor no son de vital importancia. Fuente: Dincer, Yilanci, Ozturk, "A review on solar-hydrogen/fuel cell hybrid energy systems for stationary applications". *Progress in Energy and Combustion Science* 35, 231–244, 2009.

híbrido será un factor que impactará directamente en la decisión de adquisición de los mismos.

En el estudio técnico la definición del CB se enfrenta a una gran cantidad de variables puesto que el dimensionamiento de los equipos para cada cliente estará en función de la cantidad de insolación que se tenga geográficamente, el tipo de instalación y la cantidad de energía que será demandada. En cada diferente evaluación la determinación de los equipos se realizará considerando los factores anteriormente mencionados y por lo tanto la rentabilidad y la relación costo-beneficio se obtendrán específicamente para cada cliente.

Las eficiencias que presentan actualmente los diversos equipos se considera que en el futuro próximo aumentarán cuando las tecnologías maduren provocando que los costos bajen. Esto implica que se requerirá una vigilancia tecnológica constante que permita mantener la oferta de sistemas híbridos a la vanguardia tecnológica y a precios cada vez más reducidos.<sup>50</sup>

Es importante recordar que la posibilidad de suministrar energía sustentable a poblaciones que no tienen acceso a instalaciones eléctricas convencionales, conlleva un alto valor social puesto que impacta en la calidad de vida de la gente de la población rural, provee del medio necesario para poder acceder a equipamiento que incremente el nivel de servicio y educativo. El sistema en evaluación brinda una posibilidad innovadora, limpia, sustentable de obtención y aprovechamiento de energía eléctrica.

---

<sup>50</sup> Los progresos tecnológicos permitirán una sustancial reducción de los precios. Esta reducción requiere una amplia inversión en I+D, así como un respaldo continuado del desarrollo del mercado de la energía fotovoltaica que permita garantizar las economías de escala. Fuente: Set for 2020, “Electricidad solar fotovoltaica: una de las principales fuentes de energía en Europa en 2020, Resumen ejecutivo”, *EPIA*. Fecha de consulta marzo de 2010.

## Referencias

Abreu Beristain Martín, “Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión en México”, *U.A.M.* fecha de consulta Jun. 2009

Botas, Calles, Dufour, San Miguel. “La Economía del hidrógeno-una visión global sobre la revolución energética del siglo XXI”, *ESCET*, año 2004.

Cano Castillo Ulises, “Las celdas de combustible: verdades sobre la generación de electricidad limpia y eficiente vía electroquímica”. *Boletín septiembre/octubre IIE*, 1999.

Comisión Nacional para el uso Eficiente de la Energía, resumen de la irradiación global media en Cuautla Morelos. [http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA\\_1433\\_irradiacion\\_en\\_la\\_re](http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_1433_irradiacion_en_la_re). 30 Jun. 2009.

Dincer, Yilanci, Ozturk, “A review on solar-hydrogen/fuel cell hybrid energy systems for stationary applications”. *Progress in Energy and Combustion Science* 35, 231–244, 2009.  
Estadística Histórica del Sistema Educativo Nacional, [www.dgpp.sep.gob.mx/Estadi/NACIONAL](http://www.dgpp.sep.gob.mx/Estadi/NACIONAL), 12 May. 2009.

Fábrega Ramos Marc, “Hidrógeno, aplicación en motores de combustión interna”, *Facultad de Náutica de Barcelona*, curso 2008-2009.

Gordillo Gordillo Gerardo, “Conversión fotovoltaica de la energía solar”, *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 22(83): 203-211, 1998.

*Guía básica para el desarrollo de tecnología fotovoltaica.* Unidad Politécnica para el Desarrollo y la Competitividad Empresarial, I.P.N., 2006.

*Tecnologías de producción de hidrógeno y rendimientos.* International Energy Agency, fecha de consulta Jun. 2009.

Lorenz, Pinner y Seltz, “The Economics of Solar Power”, *The McKinsey Quarterly*, Energy, resources and materials, junio 2008.

Manuales sobre energía renovable: Solar Fotovoltaica/Biomass Users Network (BUN-CA). 1 ed., San José Costa Rica, 2002.

Raymon J. Bahm and Associates, Albuquerque, NM. 30 Jun. 2009.

Set for 2020, “Electricidad solar fotovoltaica: una de las principales fuentes de energía en Europa en 2020, Resumen ejecutivo”, *EPIA*. Fecha de consulta marzo de 2010.

Visintín Arnaldo, “Conversión y almacenamiento de energía en base a hidrógeno”. *Estrategias en el Mercosur*, INIFTA, Facultad de Ciencias exactas, Universidad Nacional de la Plata. Fecha de consulta abril del 2010.

**Capítulo 4**  
**Estudio de preinversión**  
**(Estudios administrativo y financiero)**

## **4.1 Estudio administrativo**

La comercialización de sistemas de generación de energía, requiere para el desarrollo de las actividades, de un ente organizacional que provea del soporte administrativo, normativo y operativo necesarios para cumplir exitosamente los objetivos y metas que sean planteados. Para la evaluación en curso, el fundamento administrativo está soportado en la plataforma de una Pyme, puesto que el giro de la empresa se encuentra dentro del rubro de producción de equipos para generación de energía sustentable.

Se considera que a futuro, la empresa como organización formará parte e interaccionará con sistemas mayores como: el giro a la que pertenecerá la empresa, el sistema económico y la sociedad, puesto que recibirá insumos de su entorno que serán incorporados a un equipamiento que cumplirá una función específica de proveer energía eléctrica de manera sustentable.<sup>51</sup> Todo lo anterior estará soportado en el adecuado empleo de las funciones administrativas de planeación, organización, integración de personal, Dirección y control de la empresa.

Finalmente en este estudio se definen las herramientas guía para los futuros administradores del proyecto, para que logren el cumplimiento de las metas y objetivos de manera eficaz y eficiente.

### **4.1.1 Ciclo administrativo**

La correcta administración de la empresa se basa en cinco actividades fundamentales que son: planeación, organización, integración de personal, dirección y control. Éstas se pueden

---

<sup>51</sup> Koontz, Weihich, *Administración una perspectiva global*. 12ª ed. México, Ed. Mc Graw Hill, 2007.



organizar en dos fases, una mecánica en la cual se estructura a la empresa y contempla a las funciones de planeación, organización e integración de personal; y la fase dinámica en la que se tiene propiamente la ejecución de las actividades de la empresa a través de las funciones de dirección y control.<sup>52</sup> Para este trabajo únicamente se dan los fundamentos para la fase mecánica.

#### **4.1.1.1 Planeación**

Esta fase del estudio administrativo, corresponde a la definición estratégica que seguirá la empresa, es decir el rumbo que tendrá durante su ciclo de vida, la definición de metas y objetivos y las acciones para cumplirlos. Para ello se debe determinar: ¿Qué debe hacerse? y ¿Cómo debe hacerse?

En el entorno de la empresa para que el desempeño del personal sea eficaz, es indispensable que todos conozcan los propósitos y objetivos, y los métodos para alcanzarlos,<sup>53</sup> y para ello la gente debe conocer que se espera de ella.

La importancia de la planeación radica en que:

- ✓ Otorga sentido a la Dirección de la empresa  
Permite el logro de la misión de la empresa así como de las metas y objetivos.
- ✓ Facilita el control  
Con la planeación se establecen objetivos y a través del control se evalúa su cumplimiento real contra lo planeado.

---

<sup>52</sup> “Guía básica para el desarrollo de tecnología fotovoltaica”. *Unidad Politécnica para el Desarrollo y la Competitividad Empresarial*, I.P.N., 2006.

<sup>53</sup> Koontz, Weihich, *Administración una perspectiva global*. 12ª ed. México, Ed. Mc Graw Hill, 2007.

✓ Reduce la incertidumbre

Contar con información derivada del seguimiento de la planeación, permite anticipar cambios en el futuro y por lo tanto disminuir la incertidumbre respecto a lo que podría suceder.

✓ Permite visualizar los cambios.

Contar con planeación adecuada permite anticipar cambios en el futuro, prever su impacto y desarrollar respuestas oportunas.<sup>54</sup>

Por el tipo de influencia que ejerce la planeación, esta se divide en estratégica y operacional. La primera tiene como fin el cumplimiento de las metas y objetivos de la organización; y la segunda se refiere a la forma en que se cumplirán, es decir el ¿Cómo? alcanzar los objetivos de la organización. La planeación operacional se deriva de la planeación estratégica.

En la escala temporal la planeación se divide en corto, mediano y largo plazo. La planeación estratégica se concibe a largo plazo y la operacional a mediano y largo plazo.

A continuación se describen los planes que soportarán inicialmente a la empresa:

1. Misión, identifica la función básica de la empresa; para este proyecto queda definida de la siguiente manera:

Proveer equipos híbridos que generen energía eléctrica de manera sustentable y con un enfoque social.

2. Visión, es la orientación de la alta dirección a la empresa corresponde al ideal futuro del negocio. La visión que se tiene es:

---

<sup>54</sup>Herrera, Leandro. "Planeación y administración estratégica". *www.auladeeconomia.com*, 13 Jun. 2009.

“Abastecer de equipos híbridos a escuelas rurales y posteriormente a toda instalación remota que requiera de una fuente de suministro de energía permanente y sustentable”.

3. Premisas, condiciones previstas en que operarán los planes. Se debe realizar un supuesto o pronóstico de las situaciones que afectarán el cumplimiento de los planes a futuro, para ello, se desarrolla la técnica FODA para obtener información necesaria para poder plantear escenarios anticipados de la empresa.

El proceso de análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, en el análisis FODA se consideran los factores económicos, políticos, sociales culturales que impactan directamente en la empresa. Las oportunidades y amenazas son externas a la organización de las cuales la organización no puede tener control directo, y las fortalezas y debilidades son de carácter interno.<sup>55</sup> Las ventajas del análisis FODA son las siguientes:

- Facilita el análisis del futuro cumplimiento de las metas y objetivos de la empresa
- Permite identificar la situación en que se situará la empresa
- Es parte del proceso de planeación estratégica

Medio ambiente externo. Oportunidades y Amenazas.

Oportunidades:

Las oportunidades son eventos que pueden afectar positivamente directa o indirectamente a la empresa.

- Disponibilidad de los recursos naturales en nuestro país (radiación solar)
- Tecnologías de energías renovables disponibles en el mercado
- Políticas gubernamentales tendientes al apoyo de las energías renovables y sustentables
- Se puede favorecer la creación de condiciones favorables para las comunidades rurales

---

<sup>55</sup> “Metodología para el análisis FODA”. *Dirección de Planeación y Organización*, Secretaría Técnica, I.P.N., 2002.

- Amplio mercado por abastecer
- Tendencias mundiales hacia la investigación y desarrollo en el desarrollo de energías renovables

Amenazas:

Las amenazas son eventos que pueden afectar negativamente directa o indirectamente a la empresa y para las cuales se tienen que tomar las previsiones necesarias para evitar su impacto negativo. Para ser reducida una amenaza solamente se pueden realizar acciones preventivas.

- Intereses empresariales o políticos que afecten el desarrollo de las energías renovables en nuestro país
- Tecnologías cambiantes y en proceso de maduración
- Alto costo de las tecnologías
- Resistencia cultural a la aceptación de energías renovables
- Crisis económica aguda en México
- Incremento constante de la inflación

Al interior de la organización se tienen:

Fortalezas:

Es la parte positiva de la futura empresa en relación a los productos y servicios sobre los cuales se tendrá control al interior de la organización.

- Empresa pionera en la aplicación de sistemas híbridos que define el CB en nuestro país
- Disponibilidad de capital humano con el perfil para la investigación, aplicación y desarrollo de las tecnologías para el manejo de energías renovables
- Empresa con características de alta flexibilidad en su administración

Debilidades:

Estas afectan directamente al interior de la organización y requieren del empleo de acciones correctivas.

- Falta de experiencia en el rubro
- No se cuenta con una red de distribución a nivel nacional

Figura No. 4.1 Lista de factores FODA

<p>Fortalezas:</p> <p>F1 Empresa pionera en el ensamble de sistemas híbridos en nuestro país</p> <p>F2 Disponibilidad de capital humano con el perfil para la investigación, aplicación y desarrollo de las tecnologías para el manejo de energías renovables</p> <p>F3 Empresa con características de alta flexibilidad en su administración</p>	<p>Debilidades:</p> <p>D1 Falta de experiencia en el rubro</p> <p>D2 No se cuenta con una red de promoción y distribución a nivel nacional</p> <p>D3 Capital financiero limitado para realizar investigación y desarrollo</p>
<p>Oportunidades:</p> <p>O1 Alta disponibilidad de energía primaria en nuestro país (radiación solar)</p> <p>O2 Migración a las tecnologías de energías renovables sustentables.</p> <p>O3 Políticas gubernamentales tendientes al apoyo de las energías renovables y sustentables</p> <p>O4 Se puede favorecer la creación de condiciones favorables para las comunidades rurales</p> <p>O5 Amplio mercado por abastecer</p> <p>O6 Tendencias mundiales hacia la investigación y desarrollo en el desarrollo de energías renovables</p>	<p>Amenazas:</p> <p>A1 Intereses empresariales o políticos que afecten el desarrollo de las energías renovables en nuestro país</p> <p>A2 Tecnologías cambiantes y en proceso de maduración</p> <p>A3 Alto costo de las tecnologías</p> <p>A4 Resistencia cultural a la aceptación de energías renovables</p> <p>A5 Situación económica precaria en México</p> <p>A6 Incremento constante de la inflación</p>

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

## Estrategias para el análisis FODA.

La matriz FODA, ver fig. 4.1, muestra cuatro estrategias distintas conceptualmente. Estas estrategias pueden desarrollarse concurrentemente o traslaparse durante la práctica.<sup>56</sup> Los factores que incorpora el análisis FODA se centran en un punto particular en el tiempo. Sin embargo, el medio ambiente es dinámico, por ello el análisis debe efectuarse en diversos puntos del tiempo.<sup>57</sup>

Figura No. 4.2 Matriz FODA

Factores internos	Lista de fortalezas	Lista de debilidades
	F1 F2 ... Fn	D1 D2 ... Dn
Factores externos		
Lista de oportunidades	FO (maxi-maxi)	DO (mini-maxi)
O1	Estrategia para maximizar tanto las fortalezas como las debilidades.	Estrategia para minimizar debilidades y maximizar las oportunidades.
O2		
...		
On	(O1,O2,F1,F2...)	(D1,D2,O1,O2...)
Lista de amenazas	FA (maxi-mini)	DA (mini-mini)
A1	Estrategia para maximizar fortalezas y minimizar las amenazas.	Estrategia para maximizar tanto las fortalezas como las debilidades.
A2		
...		
An	(F1,F2,A1,A2...)	(D1,D2,A1,A2...)

Fuente: *Metodología para el análisis FODA*. Dirección de Planeación y Organización, Secretaría Técnica, I.P.N., 2002.

### A. Estrategia: Debilidades vs Amenazas (mini-mini)

Su objetivo es minimizar ambas. Puesto la organización estaría vulnerable ante una situación de debilidad interna y amenazas externas. Esta posición debe ser evitada al máximo por la empresa.

<sup>56</sup> “Metodología para el análisis FODA”. *Dirección de Planeación y Organización*, Secretaría Técnica, I.P.N., 2002.

<sup>57</sup> Koontz, Weihsich, *Administración una perspectiva global*. 12ª ed. México, Ed. Mc Graw Hill, 2007.

- a. Desarrollar la experiencia de la empresa a través de la implementación de los mejores métodos, estrategias y equipos con tecnologías de punta con la mejor relación costo-beneficio que emplean empresas líderes en el rubro (D1, D2, A2, A3).
- b. Generar una campaña de promoción para el producto empleando los medios electrónicos que sirva para detectar el medio más eficaz de atracción de clientes y con la información que proporcionen los clientes potenciales, establecer también el medio de distribución más eficiente (D2, A4).
- c. Establecer coordinación y convenios con instituciones educativas y de investigación para tender lazos de apoyo mutuos tendientes a la realización de investigación y desarrollo que pueda ser aplicada comercialmente a través de la empresa. Asimismo vínculos para capacitar a la gente de la empresa de manera permanente (D3, A2, A5).

Figura No. 4.3 Matriz de interacciones Debilidades vs Amenazas

Debilidades	Amenazas					
		A1	A2	A3	A4	A5
D1	0	+	+	0	0	0
D2	0	+	+	+	0	0
D3	0	+	0	0	+	0

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

#### B. Estrategia: Debilidades vs Oportunidades (mini-maxi)

El objetivo es minimizar las debilidades y maximizar las oportunidades que se presenten externamente a la organización. La empresa podría detectar diversas oportunidades, sin embargo, aprovecharlas en condiciones de debilidad organizacional no sería una opción viable para la empresa. Esto implicaría pérdida de oportunidades para la empresa y una ventaja competitiva para la competencia.

- a. Fomentar la vigilancia tecnológica para detectar las tecnologías disponibles en el mercado, las tendencias en la investigación, prospectivas y también las políticas mundiales en materia de energía renovable a fin de alinear constantemente el rumbo de la empresa hacia el futuro (D1, D3, O2, O3, O6).

- b. Crear una red de distribución que permita llegar a las poblaciones rurales más remotas con costos aceptables de operación, para realizar la distribución del producto y contar con acceso para proveer los servicios de mantenimiento y garantía (D2, O4, O5).
- c. Mantener una actualización constante de la disponibilidad de los recursos de energía renovable de nuestro país para entregar al cliente los sistemas que provean de la mejor relación de entrega de energía y precio del producto (D3, O1).

Figura No. 4.4 Matriz de interacciones Debilidades vs Oportunidades

Debilidades	Oportunidades					
	O1	O2	O3	O4	O5	O6
D1	0	+	+	0	0	+
D2	0	0	0	+	+	0
D3	+	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

#### C. Estrategia: Fortalezas vs Amenazas (maxi-mini)

Básicamente el objetivo es maximizar las fortalezas y minimizar las amenazas. Es importante aclarar que la estrategia no se basa en la búsqueda de amenazas para estarlas enfrentando constantemente. Las fortalezas de la empresa u organización deben ser empleadas estratégicamente en el medio ambiente externo.

- a. Aprovechar las fortalezas de la empresa para brindarle una estructura sólida que le permita reaccionar adecuadamente a la falta de apoyo gubernamental o privado y que pueda resistir ambientes de crisis y de incrementos en los valores de la inflación (F1, F2, F3, A1, A5, A6).
- b. Mantener una estructura financiera sana para poder afrontar variaciones en los precios de los equipos y variaciones en la inflación (F3, A2, A3, A6).



Figura No. 4.5 Matriz de interacciones Fortalezas vs Amenazas

Fortalezas	Amenazas						
		A1	A2	A3	A4	A5	A6
F1		+	0	0	0	+	+
F2		+	0	0	0	+	+
F3		+	+	+	0	+	+

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

D. Estrategia: Fortalezas vs Oportunidades (maxi-maxi)

Idealmente se buscaría mantener siempre este tipo de estrategia donde se maximicen tanto las fortalezas como las oportunidades. Esto, a través del empleo de las fortalezas de la organización para aprovechar las oportunidades que presente el mercado.

- a. Adoptar una posición de asimilación de información de disponibilidad de recursos de nuestro país, de tecnologías de diferentes países a través de alianzas estratégicas y sus costos de introducción al mercado mexicano, de tendencias en el uso y distribución de energías renovables para aprovechar las políticas mundiales y nacionales en materia de empleo de este tipo de energías para posicionar a la empresa satisfacer la demanda potencial (F1, O1, O2, O3, O5, O6).
- b. Aprovechar el capital humano de la empresa para que la selección y empleo de los equipos que funcionan como materia prima para la empresa, sean de alto valor agregado, tecnología de punta y precios coherentes (F2, O2, O6).
- c. A través de la amplia flexibilidad de la empresa, administrar efectivamente los recursos humanos, tecnológicos y financieros de la empresa para asimilar conocimientos y tecnologías, aprovechar políticas que ayuden en la apertura del mercado potencial para satisfacer las necesidades de las comunidades rurales (F1, F2, F3, O2, O3, O4, O5, O6).

Figura No. 4.6 Matriz de interacciones Fortalezas vs Oportunidades

Fortalezas	Oportunidades						
		O1	O2	O3	O4	O5	O6
F1		+	+	+	+	+	+
F2		0	+	+	+	+	+
F3		0	+	+	+	+	+

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

Figura No. 4.7 Matriz FODA de la empresa considerada para el CB.

<p style="text-align: center;"><b>Factores internos</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Factores externos</b></p>	<p>Lista de Fortalezas:</p> <p><b>F1</b> Empresa pionera en el ensamble de sistemas híbridos en nuestro país.</p> <p><b>F2</b> Disponibilidad de capital humano con el perfil para la investigación, aplicación y desarrollo de las tecnologías para el manejo de energías renovables</p> <p><b>F3</b> Empresa con características de alta flexibilidad en su administración</p>	<p>Lista de Debilidades:</p> <p><b>D1</b> Falta de experiencia en el rubro</p> <p><b>D2</b> No se cuenta con una red de promoción y distribución a nivel nacional</p> <p><b>D3</b> Capital financiero limitado para realizar investigación y desarrollo</p>
<p>Lista de Oportunidades:</p> <p><b>O1</b> Alta disponibilidad de energía primaria en nuestro país (radiación solar)</p> <p><b>O2</b> Migración a las tecnologías de energías renovables sustentables</p> <p><b>O3</b> Políticas gubernamentales tendientes al apoyo de las energías renovables y sustentables</p> <p><b>O4</b> Se puede favorecer la creación de condiciones favorables para las comunidades rurales</p> <p><b>O5</b> Amplio mercado por abastecer</p> <p><b>O6</b> Tendencias mundiales hacia la investigación y desarrollo en el desarrollo de energías renovables</p>	<p><b>FO (maxi-maxi)</b></p> <p>a. Adoptar una posición de asimilación de información de disponibilidad de recursos de nuestro país, de tecnologías de diferentes países y sus costos de introducción al mercado mexicano, de tendencias en el uso y distribución de energías renovables para aprovechar las políticas mundiales y nacionales en materia de empleo de este tipo de energías para posicionar a la empresa satisfacer la demanda potencial (F1, O1, O2, O3, O5, O6).</p> <p>b. Aprovechar el capital humano de la empresa para que la selección y empleo de los equipos que funcionan como materia prima para la empresa, sean de alto valor agregado, tecnología de punta y precios coherentes (F2, O2, O6).</p> <p>c. A través de la amplia flexibilidad de la empresa, administrar efectivamente los recursos humanos, tecnológicos y financieros de la empresa para asimilar conocimientos y tecnologías, aprovechar políticas que ayuden en la apertura del mercado potencial para satisfacer las necesidades de las comunidades rurales (F1, F2, F3, O2, O3, O4, O5, O6).</p>	<p><b>DO (mini-maxi)</b></p> <p>a. Fomentar la vigilancia tecnológica para detectar las tecnologías disponibles en el mercado, las tendencias en la investigación, prospectivas y también las políticas mundiales en materia de energía renovable a fin de alinear constantemente el rumbo de la empresa hacia el futuro (D1, D3, O2, O3, O6).</p> <p>b. Crear una red de distribución que permita llegar a las poblaciones rurales más remotas con costos aceptables de operación, para realizar la distribución del producto y contar con acceso para proveer los servicios de mantenimiento y garantía (D2, O4, O5).</p> <p>c. Mantener una actualización constante de la disponibilidad de los recursos de energía renovable de nuestro país para entregar al cliente los sistemas que provean de la mejor relación de entrega de energía y precio del producto (D3, O1).</p>

<p style="text-align: center;"><b>Factores internos</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Factores externos</b></p>	<p>Lista de Fortalezas:</p> <p><b>F1</b> Empresa pionera en la aplicación de sistemas híbridos que define el CB en nuestro país</p> <p><b>F2</b> Disponibilidad de capital humano con el perfil para la investigación, aplicación y desarrollo de las tecnologías para el manejo de energías renovables</p> <p><b>F3</b> Empresa con características de alta flexibilidad en su administración</p>	<p>Lista de Debilidades:</p> <p><b>D1</b> Falta de experiencia en el rubro</p> <p><b>D2</b> No se cuenta con una red de promoción y distribución a nivel nacional</p> <p><b>D3</b> Capital financiero limitado para realizar investigación y desarrollo</p>
<p>Lista de Amenazas:</p> <p><b>A1</b> Intereses empresariales o políticos que afecten el desarrollo de las energías renovables en nuestro país</p> <p><b>A2</b> Tecnologías cambiantes y en proceso de maduración</p> <p><b>A3</b> Alto costo de las tecnologías</p> <p><b>A4</b> Resistencia cultural a la aceptación de energías renovables</p> <p><b>A5</b> Crisis económica aguda en México</p> <p><b>A6</b> Incremento constante de la inflación</p>	<p><b>FA (maxi-mini)</b></p> <p>a. Aprovechar las fortalezas de la empresa para brindarle una estructura sólida que le permita reaccionar adecuadamente a la falta de apoyo gubernamental o privado y que pueda resistir ambientes de crisis y de incrementos en los valores de la inflación (F1, F2, F3, A1, A5, A6).</p> <p>b. Mantener una estructura financiera sana para poder afrontar variaciones en los precios de los equipos y variaciones en la inflación (F3, A2, A3, A6).</p>	<p><b>DA (mini-mini)</b></p> <p>a. Desarrollar la experiencia de la empresa a través de la implementación de los mejores métodos, estrategias y equipos con tecnologías de punta con la mejor relación costo-beneficio que emplean empresas líderes en el rubro (D1, D2, A2, A3).</p> <p>b. Generar una campaña de promoción para el producto empleando los medios electrónicos que sirva para detectar el medio más eficaz de atracción de clientes y con la información que proporcionen los clientes potenciales, establecer también el medio de distribución mas eficiente (D2, A4).</p> <p>c. Establecer coordinación y convenios con instituciones educativas y de investigación para tender lazos de apoyo mutuos tendientes a la realización de investigación y desarrollo que pueda ser aplicada comercialmente a través de la empresa. Asimismo vínculos para capacitar a la gente de la empresa de manera permanente (D3, A2, A5).</p>

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

4. Metas y objetivos, las metas se expresan de manera general y refieren los fines de la empresa.
  - Proveer de equipos híbridos de generación de energía a las instituciones educativas rurales
  - Proveer de equipos de manera paralela, a la iniciativa privada que tenga requerimientos de energía continua y sustentable.
  - En el mediano plazo, tener posicionada a la empresa como líder en provisión de equipos híbridos de generación de energía en el mercado mexicano.
  
5. Estrategias, es la determinación de los objetivos básicos a largo plazo, la adopción de los cursos de acción necesarios y la asignación de recursos necesarios para su cumplimiento.<sup>58</sup>
  
6. Políticas, criterios que permiten encauzar el pensamiento en la toma de decisiones que contribuyan al cumplimiento de los objetivos.
  - Definir el liderazgo de los productos a nivel nacional
  - Total atención y satisfacción de los clientes
  - Investigación y desarrollo permanentes en la empresa
  - Desarrollo constante personal y laboral del personal
  
7. Procedimientos, definen el método y las secuencias cronológicas de como se llevarán a cabo las actividades.

Estos deben desarrollarse previo a la puesta en marcha de la empresa y afinarse durante el desarrollo de las operaciones.
  
8. Programas, actividades interrelacionadas y ordenadas donde se especifican las actividades, quién las realizará y cuándo se efectuarán.

---

<sup>58</sup> Herrera, Leandro. "Planeación y administración estratégica". *www.auladeeconomia.com*, 13 Jun. 2009.

Estos se desarrollarán previa puesta en marcha de la empresa y se afinarán durante el desarrollo de las operaciones.

#### 9. Presupuestos, listado con descripción de los recursos asignados al proyecto

Tipos de presupuestos: de operación para planear y controlar los ingresos, gastos y utilidades de la empresa; de gastos para definir los recursos de operación de las áreas funcionales; de ingresos para planear y controlar la entrada y salida de efectivo relativo a las ventas; de efectivo o de flujo de efectivo, para conocer entrada y salida de efectivo como consecuencia de las operaciones de la empresa; de capital para el control de las inversiones.

#### **4.1.1.2 Organización**

La organización es la configuración intencional de la empresa con base en las funciones que se desempeñan; define la estructura para ordenar y coordinar todas las actividades donde cada persona tiene una función específica.

En la organización queda predefinida la autoridad, información, métodos de trabajo, procedimientos, recursos y responsabilidades a fin de lograr los objetivos de la empresa de forma eficiente.

Pasos para la determinación de la organización:

1. Determinar la actividad a desarrollarse
2. División de la actividad fundamental
3. Ordenar las divisiones e indicar a la persona responsable de cada una de ellas
4. Establecer los medios humanos y materiales de cada división asignándoles un papel
5. Implantar el sistema de comunicación y su flujo para la correcta toma de decisiones
6. Contar con un sistema de control que ayudará a introducir mejoras cuando la empresa se enfrente a el entorno siempre cambiante

#### **4.1.1.2.1 Definición de la actividad a desarrollarse**

La actividad fundamental que se desarrollará es la venta de sistemas híbridos para generación de energía eléctrica, instalación de los sistemas donde lo solicite el cliente y proporcionar el servicio de mantenimiento a los equipos instalados.

#### **4.1.1.2.2 División de la actividad fundamental**

Para lograr la actividad fundamental, es necesario disponer de un área responsable de la dirección y desempeño de las actividades administrativas de la empresa; para el ensamble se hará uso de las instalaciones de la planta de ensamble que será construida y en la cual se deben tener las condiciones para la investigación y desarrollo de nuevos productos dentro del giro de la empresa. Finalmente la distribución e instalación serán efectuadas por un equipo de trabajo multidisciplinario que laborarán en una empresa con estructura organizacional horizontal a fin de hacer flexible su administración y operación.

#### **4.1.1.2.3 Ordenar divisiones e indicar responsables**

Las áreas funcionales de la empresa que desarrollarán las funciones administrativas son las siguientes:

1. Administración y ventas
2. Producción
3. Ensamble y mantenimiento
4. Finanzas

Es importante dejar sentado que al ser una Pyme, diferentes áreas funcionales estarán bajo la responsabilidad de una misma persona o grupo de personas puesto que la cantidad de

personal que se tendrá estará limitado al mínimo indispensable para la operación de la empresa.

#### **4.1.1.2.4 Establecimiento de medios humanos y materiales**

##### **1 Administración y ventas**

La responsabilidad de esta área será la planeación de las ventas tomando en cuenta el producto, plaza, promoción y precio. Esta función la desarrollará el administrador general de la empresa quien podrá ser un ingeniero con estudios de posgrado en administración que será responsable de la administración estratégica de la empresa y de las actividades de administración del personal.

##### **2 Producción**

El área será responsabilidad de un ingeniero con conocimientos de electricidad, electrónica, sistemas de generación de energía y sistemas industriales. Su función será la configuración de sistemas híbridos de generación de energía para su comercialización. A la par, desarrollará la investigación y desarrollo de nuevos productos. La función de producción será desarrollada por un equipo multidisciplinario integrado por cuatro gentes.

##### **3 Ensamble y mantenimiento**

Esta área funcional estará integrada un equipo de cuatro técnicos dedicados a mantener los equipos e instalaciones operativos y también para la instalación y mantenimiento de los equipos que sean comercializados. La distribución será una actividad inherente para el personal de ensamble y mantenimiento.

##### **4 Finanzas y compras**

Esta área funcional tendrá como responsabilidad el manejo de los recursos financieros de la empresa, su obtención oportuna y estructura del capital, adicionalmente el responsable de esta área efectuará las actividades de adquisición para la empresa ya sea maquinaria, equipo, mobiliario o insumos para configuración de sistemas de generación de energía.

#### **4.1.1.2.5 Sistema de control**

Para poder evaluar el desempeño de la empresa durante sus actividades de acuerdo a lo planeado y estar en condiciones de hacer ajustes ante desviaciones; es necesario utilizar el control como medio de aseguramiento. Para controlar en la empresa se debe conocer el estado de las actividades planeadas, a través de estándares de referencia contra los cuales se medirá el cumplimiento de las actividades y posteriormente se harán las correcciones necesarias y los ajustes a la planificación de las actividades y objetivos para su mejora.

#### **4.1.1.3 Integración**

La integración de personal se refiere a mantener así los puestos de la organización. Las actividades y los resultados que se obtienen en esta fase, impactan directamente en las funciones administrativas de dirección y control. Esto porque con administradores adecuados, se dan las condiciones necesarias para que mediante el trabajo en equipos de trabajo, los individuos pueden cumplir los objetivos de la empresa y alcanzar al mismo tiempo sus metas personales.

Por el tipo de empresa que se requerirá para este proyecto, al tener un enfoque empresarial de Pyme, la fase de integración queda definida de la siguiente manera:

- ✓ Número y tipo de administradores requeridos
- ✓ Análisis presentes y futuras de administradores
- ✓ Reclutamiento, selección, contratación, promoción, separación
- ✓ Estrategia de carrera y capacitación y desarrollo
- ✓ Liderazgo y control



El número de administradores que necesitará la empresa será de sólo uno ya que la cantidad de personal que ahí labore inicialmente no serán más de 15 individuos. Sin embargo será necesario contar con varios candidatos calificados para seleccionar al más indicado.

El administrador buscará la integración de la empresa considerando las metas organizacionales, las tareas, la tecnología, la estructura de la organización, el tipo de personas que sean empleadas y las políticas internas.<sup>59</sup>

#### **4.1.1.4 Dirección**

Dentro de la empresa es fundamental que el administrador impulse, coordine y vigile a su equipo de trabajo con la finalidad de que cada integrante desarrolle sus actividades en concordancia con los objetivos de la empresa.

¿Qué debe considerar un administrador para dirigir adecuadamente a la empresa?

El administrador de la empresa debe ser capaz de mostrar a su personal que ellos pueden satisfacer sus propias necesidades, utilizar su potencial para ello y simultáneamente contribuir al cumplimiento de los objetivos de la organización.

Puntos a considerar dentro de la Dirección:

1. Multiplicidad de papeles del personal
2. La dignidad personal
3. Integridad de la persona
4. Motivación y reforzamiento
5. La jerarquía de las necesidades

---

<sup>59</sup> Koontz, Weihich, *Administración una perspectiva global*. 12ª ed. México, Ed. Mc Graw Hill, 2007.

6. Equidad
7. Remuneración
8. Calidad de vida laboral
9. Enriquecimiento de puestos
10. Liderazgo situacional
11. Autoridad
12. Empleo de grupos de trabajo
13. Comunicación en la organización

#### **4.1.1.5 Control**

Consiste en la medición de los resultados actuales e históricos respecto a los planificados con la finalidad de realizar adecuaciones en la planeación inicial para lograr el cumplimiento de los objetivos de la organización.

De esta manera el control facilita el seguimiento y cumplimiento de los planes. En esta actividad funcional de la administración se pone especial énfasis en:

1. El establecimiento de normas
2. Medición del desempeño
3. Correcciones de las variaciones respecto de normas y planes<sup>60</sup>

Técnicas susceptibles de emplearse para el control:

1. El presupuesto o formulación de los planes en términos numéricos para un período de futuro dado.
2. Análisis de la red tiempo-eventos PERT
3. Empleo de tecnologías de información

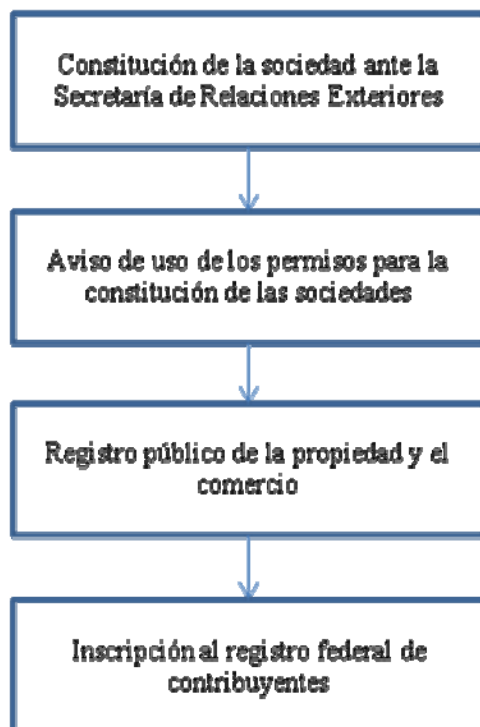
---

<sup>60</sup> “Guía básica para el desarrollo de tecnología fotovoltaica”. *Unidad Politécnica para el Desarrollo y la Competitividad Empresarial*, I.P.N., 2006.

### 4.1.2 Constitución de la empresa

La constitución de la empresa es la formalización jurídica del organismo con sus propios derechos y obligaciones. En México el proceso que se sigue es el siguiente:

Figura No. 4.8 Proceso de constitución de una empresa



Fuente: “Guía básica para iniciar un negocio”. *Unidad Politécnica para el Desarrollo y la Competitividad Empresarial*, I.P.N., 2006

La primera etapa de constitución de la sociedad ante la Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE), es el trámite necesario para obtener la autorización del nombre de la sociedad denominación social. Posteriormente el aviso de uso de los permisos para la constitución de las sociedades es el trámite para avisar ante la SRE que el permiso que autorizó, fue utilizado para la constitución de una sociedad. El registro del acta constitutiva se efectúa ante el Registro público de la propiedad y el comercio y finalmente se lleva a cabo la

inscripción ante la Secretaría de Hacienda y Crédito Público para efectos del cumplimiento de las obligaciones fiscales de la empresa.

#### **4.1.3 Definición del tipo de sociedad a constituirse**

La empresa será constituida conforme a la Ley General de Sociedades Mercantiles como Sociedad Anónima puesto que ofrece la flexibilidad adecuada para realizar la inversión y para el control de la empresa.

#### **4.1.4 Procedimiento para la apertura y operación de la empresa**

Cuando la organización cuenta ya con su personalidad jurídica, el siguiente paso a seguir es realizar los trámites de apertura. De acuerdo a lo siguiente:

1. Apertura de una cuenta bancaria
2. Certificación de zonificación para uso de suelo para hacer constar si se tiene permitido el uso de suelo para las actividades que realizará la empresa
3. Visto bueno de seguridad y operación, requisito para hacer constar que se reúnen las condiciones necesarias de seguridad para el funcionamiento de la empresa
4. Aviso de funcionamiento ante el Instituto de servicios de salud pública, a fin de que se autorice la operación en condiciones de menor riesgo
5. Declaración de apertura, que permite la obtención del documento que avala esta etapa de la empresa
6. Registro empresarial ante el IMSS por medio del cual se registrará el patrón y los trabajadores conforme a la Ley del Seguro Social

7. Constitución de la comisión mixta de capacitación y adiestramiento ante la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS)
8. Autorización del programa interno de protección civil donde se definen las actividades tendientes a salvaguardar la integridad física de los trabajadores y de los clientes que se encuentren en las instalaciones
9. Acta de integración a la Comisión de Seguridad e Higiene en los Centros de Trabajo
10. Aprobación de los planes y programas de capacitación y adiestramiento ante la STPS
11. Inscripción en el Padrón de impuesto sobre nóminas para integrarse al padrón de contribuyentes de la localidad
12. Alta en el sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM)

## 4.2 Estudio financiero

La empresa que comercializará los sistemas de generación de energía, para efectos del estudio financiero considera un solo turno de trabajo. Es decir, para el análisis se toma en cuenta una sola jornada de trabajo, si bien se podría laborar un turno adicional.

Tabla 4.1 Aprovechamiento de la capacidad instalada a través de los años

Período anual	Producción anual	Aprovechamiento de la capacidad
1	84	33%
2	84	33%
3	84	33%
4	84	33%
5	84	33%

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

### 4.2.1 Presupuesto de costos de producción

Para integrar el costo de producción se toman en cuenta los materiales que se emplean directamente en la fabricación del sistema de generación de energía. Ver tabla 4.2.

Tabla 4.2 Costo de materia prima

Concepto	Cantidad por sistema	Consumo mensual	Costo en pesos por equipo	Consumo anual de equipos	Costo total anual en pesos
Panel solar de 120 W	69	483	\$ 4,846.30	5796	\$ 28,089,154.80
Estructura de montaje	1	7	\$ 30,000.00	84	\$ 2,520,000.00
Controlador de carga de 60 A. 12/24 VCD.	3	21	\$ 2,895.75	252	\$ 729,729.00
Batería de ciclo profundo, 1 kWh	23	161	\$ 1,608.80	1932	\$ 3,108,201.60
Inversor/Cargador 3.6 kW, 48VCD/120 VCA,	1	7	\$ 24,774.80	84	\$ 2,081,083.20
Equipo desionizador con filtro de agua	1	7	\$ 5,865.00	84	\$ 492,660.00
Electrolizador con aditamentos	1	7	\$ 168,472.50	84	\$ 14,151,690.00
Contenedor de hidrógeno basado en hidruros metálicos, capacidad 4500 NI H2	3	21	\$ 87,500.00	252	\$ 22,050,000.00
Celda de combustible PEM con aditamentos 3 kWh	1	7	\$ 301,700.00	84	\$ 25,342,800.00
Cableado y accesorios diversos	1	7	\$ 57,500.00	84	\$ 4,830,000.00
				Costo total:	<b>\$103,395,318.60</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

La cantidad de equipos que componen cada sistema, fue determinada a través del estudio técnico del capítulo anterior. Respecto a los precios de las materias primas, no se toma en cuenta el impuesto al valor agregado (IVA) ya que este implica solamente una transferencia de dinero. Para integrar adecuadamente los costos de producción, es necesario considerar además del costo de materia prima, el costo de empaque y embalaje, otros materiales, energía eléctrica, agua, combustible, mano de obra directa, mano de obra indirecta, mantenimiento, control de calidad y depreciación. Ver tablas 4.3 a la 4.11.

Tabla 4.3 Costo de empaque y embalajes

Concepto	Cantidad por sistema	Consumo mensual	+ 3% merma	Consumo/año	Costo anual en pesos
Cajas de cartón	5	40	41.2	494.4	\$ 5,932.80
Etiquetas	5	40	41.2	494.4	\$ 741.60
Costo total:					<b>\$ 6,674.40</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

Para el embalaje y transporte solamente se requerirán 5 cajas con sus etiquetas por cada sistema de generación de energía considerando, que los proveedores de la materia prima entregarán empaquetado cada uno de los equipos.

Tabla 4.4 Otros materiales

Concepto	Consumo semestral	Consumo anual	Costo unitario en pesos	Costo anual pesos
Guantes de carnaza	8	16	\$ 60.00	\$ 960.00
Batas	4	8	\$ 450.00	\$ 3,600.00
Bota industrial	4	8	\$ 800.00	\$ 6,400.00
Franela	24	48	\$ 10.00	\$ 480.00
Detergente	6	12	\$ 260.00	\$ 3,120.00
Escobas	3	6	\$ 55.00	\$ 330.00
Insecticida	2	4	\$ 160.00	\$ 640.00
Costo total:				<b>\$ 15,530.00</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

Tabla 4.5 Consumo de energía eléctrica

Equipo	Unidades	Consumo kW/h	h/día	Consumo kW-h/día	Consumo anual en kW-h	Costo kW-h	Costo total
Ventilador	8	0.003	8	0.02	6.3	\$ 2.47	\$ 15.58
Computadora	4	0.100	12	1.2	378	\$ 2.47	\$ 934.79
Impresora con fax	2	0.075	8	0.6	189	\$ 2.47	\$ 467.40
Teléfono	2	0.060	24	1.44	453.6	\$ 2.47	\$ 1,121.75
Alumbrado interior	6	0.025	8	0.2	63	\$ 2.47	\$ 155.80
Alumbrado exterior	7	0.085	8	0.68	214.2	\$ 2.47	\$ 529.72
Puerta automática	1	1.500	0.5	0.75	236.25	\$ 2.47	\$ 584.25
Despachador de agua	2	0.055	24	1.32	415.8	\$ 2.47	\$ 1,028.27
Cafetera	2	0.080	2	0.16	50.4	\$ 2.47	\$ 124.64
Frigobar	1	0.110	24	2.64	831.6	\$ 2.47	\$ 2,056.55
No-break	4	0.250	12	3	945	\$ 2.47	\$ 2,336.99
						Costo total:	<b>\$ 10,733.93</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

El consumo de energía eléctrica contempla en el costo total, el valor correspondiente al cargo fijo mensual extrapolado de manera anual. Dicho valor corresponde a la cuota vigente al mes de enero del 2010.

Tabla 4.6 Consumo de agua

Concepto	Total lt/día	Total lt año	Total m <sup>3</sup> año	Costo/m <sup>3</sup>	Costo total	
Agua para consumo personal	1950	614250	614.25	\$ 8.41	\$ 5,165.84	
Limpieza	500	157500	157.5	\$ 8.41	\$ 1,324.58	
Riego	300	94500	94.5	\$ 8.41	\$ 794.75	
					Costo total:	<b>\$ 7,285.16</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.



Respecto al consumo de agua y conforme al Reglamento de seguridad e higiene, se deja una disponibilidad de 150 litros por persona para un total de trece personas que estarán laborando de manera inicial.

Tabla 4.7 Consumo de combustible

Concepto	Total kg ó lt/día	Total año	Costo unitario	Costo total
Gas LP				
Gas para el calentador de agua	1.4	420	\$ 9.15	\$ 3,843.00
Gasolina				
Combustible para vehículos de entrega	15	4500	\$ 8.00	\$ 36,000.00
Combustible para vehículos particulares	10	300	\$ 8.00	\$ 24,000.00
Costo total:				<b>\$ 63,843.00</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

Tabla 4.8 Costo de mano de obra directa

Plaza	Plaza/turno	Turno/día	Sueldo mensual/plaza en pesos	Sueldo mensual total en pesos	Sueldo total anual en pesos
Operario y conductor	3	1	\$ 6,000.00	\$ 24,300.00	\$ 291,600.00
Ingeniero	2	1	\$ 15,000.00	\$ 40,500.00	\$ 486,000.00
Sueldo total:					<b>\$ 777,600.00</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

Tabla 4.9 Costo de mano de obra indirecta

Personal	Plazas	Sueldo mensual/plaza en pesos	Sueldo mensual total en pesos	Sueldo anual total en pesos
Ingeniero	1	\$ 15,000.00	\$ 20,250.00	\$ 243,000.00
Limpieza	2	\$ 4,000.00	\$ 10,800.00	\$ 129,600.00
Secretaria	1	\$ 7,000.00	\$ 9,450.00	\$ 113,400.00
Sueldo total:				<b>\$ 486,000.00</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

Al sueldo de cada trabajador en la mano de obra directa e indirecta, se le adiciona un 35% de prestaciones correspondiente a: pago de fondo de vivienda, servicios de salud, fondo de jubilación, vacaciones, aguinaldos y días de descanso obligatorio.

Tabla 4.10 Costo de mantenimiento

Concepto	Monto anual
Costo del mantenimiento preventivo	\$ 7,304.68
Sueldo anual del técnico	\$ 81,000.00
Costo total:	<b>\$ 88,304.68</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

El costo del mantenimiento preventivo de los equipos considerados para el área productiva, corresponde a un 4% del valor de adquisición de los mismos.<sup>61</sup>

Tabla 4.11 Presupuesto de costos de producción

Concepto	Costo anual total
Materia prima	\$ 103,395,318.60
Envases y embalajes	\$ 6,674.40
Otros materiales	\$ 15,530.00
Energía eléctrica	\$ 10,733.93
Agua	\$ 7,285.16
Combustible	\$ 63,843.00
Mano de obra directa	\$ 777,600.00
Mano de obra indirecta	\$ 486,000.00
Mantenimiento	\$ 88,304.68
Depreciación	\$ 129,582.35
Total anual:	<b>\$ 104,980,872.12</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

Respecto al consolidado del presupuesto de costos de producción, la referencia de cálculo del valor de la depreciación, se muestra en la Tabla 4.23.

<sup>61</sup> Baca Urbina Gabriel, *Evaluación de Proyectos*. 5ª. ed. México, Mc Graw Hill 2006.

#### 4.2.2 Presupuesto de gastos de administración

El presupuesto de gastos de administración tabla 4.12, también contempla un adicional del 35% correspondiente a las prestaciones inherentes a cada trabajador. Asimismo se considera un total de 300 días laborables por año.

Tabla 4.12 Presupuesto de gastos de administración (sueldos de personal)

Concepto	Plazas	Sueldo mensual/plaza en pesos	Sueldo mensual total en pesos	Sueldo anual total en pesos
Administrador	1	\$ 50,000.00	\$ 67,500.00	\$ 810,000.00
Secretaria	1	\$ 7,000.00	\$ 9,450.00	\$ 113,400.00
Contabilidad externa	1	\$ 12,000.00	\$ 16,200.00	\$ 194,400.00
Limpieza	1	\$ 4,000.00	\$ 5,400.00	\$ 64,800.00
Vigilancia	1	\$ 7,000.00	\$ 9,450.00	\$ 113,400.00
Costo total:				<b>\$ 1,296,000.00</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

Tabla 4.13 Gastos de oficina

Concepto	Costo mensual	Costo anual
Papelería	\$ 1,200.00	\$ 14,400.00
Facturas	\$ 500.00	\$ 6,000.00
Café	\$ 300.00	\$ 3,600.00
CD	\$ 150.00	\$ 1,800.00
Teléfono	\$ 1,500.00	\$ 18,000.00
Internet	\$ 500.00	\$ 6,000.00
Mensajería	\$ 1,000.00	\$ 12,000.00
Costo total:		<b>\$ 61,800.00</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

Tabla 4.14 Comida para empleados

Concepto	Costo por comida	Cantidad de personal	Costo total/día	Costo total/año
Una comida por día	\$ 40.00	14	\$ 280.00	<b>\$ 168,000.00</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

Tabla 4.15 Gastos de administración

Concepto	Costo
Sueldos de personal	\$ 1,296,000.00
Gastos de oficina	\$ 61,800.00
Comida para empleados	\$ 168,000.00
Total anual:	<b>\$ 1,525,800.00</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

### 4.2.3 Presupuesto de gastos de venta

Tabla 4.16 Costos de ventas

Concepto	Cantidad Mensual	Cantidad Anual
Publicidad	\$ 5,000.00	\$ 60,000.00
Viáticos	\$ 10,500.00	\$ 126,000.00
Costo total:		<b>\$ 186,000.00</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

Respecto a los gastos de venta, solamente se contempla la publicidad y viáticos y no se consideran los gastos de venta correspondientes a sueldos de personal de ventas, comisión por ventas, y operación de vehículos, puesto que se considera que el mismo personal de producción será responsable desde la elaboración del balance de materia y energía correspondiente para cada cliente, pre-ensamblaje en planta y hasta la instalación final en donde lo requiera el cliente.

El valor asignado a la publicidad se asigna de forma estimada considerando que puede variar según el sitio de publicidad.

### 4.2.4 Costos totales de operación de la empresa

Tabla 4.17 Costo total de operación de la empresa

Concepto	Costo	Porcentaje
Costo de producción	\$ 104,980,872.12	98.396%
Costo de administración	\$ 1,525,800.00	1.430%
Costo de ventas	\$ 186,000.00	0.174%
Costo total de operación:	<b>\$ 106,692,672.12</b>	100%
Costo unitario	\$ 1,111,382.00	

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

En la tabla 4.17 se muestra el costo total para una producción anual de 84 sistemas de generación de energía. Estos valores se determinan en el período cero, es decir, antes de

realizar la inversión. El precio de venta por cada sistema de generación de energía se compone del costo unitario que comprende el costo de materia prima más los gastos, así como un 20% de utilidad para la empresa: \$ 1,333,658 M.N.

#### 4.2.5 Inversión inicial en activo fijo y diferido

La inversión en activo se clasifica en fijo y diferido, según las características de cada activo. En este caso tampoco se considera como parte de la inversión inicial el I.V.A.

Tabla 4.18 Activo fijo de producción

Equipo	Cantidad	Precio unitario en pesos	5% fletes y seguros en pesos	Costo total puesto en planta en pesos
Montacargas	1	\$ 83,720.00	\$ 87,906.00	\$ 87,906.00
Racks	4	\$ 5,020.00	\$ 5,271.00	\$ 21,084.00
Mesas industrial de uso rudo	2	\$ 8,000.00	\$ 8,400.00	\$ 16,800.00
Silla industrial ergonómica	6	\$ 850.00	\$ 892.50	\$ 5,355.00
Herramienta	5	\$ 8,697.00	\$ 9,131.85	\$ 45,659.25
Extintores PQS	8	\$ 549.50	\$ 576.98	\$ 4,615.80
Señalamiento de protección civil	15	\$ 76.00	\$ 79.80	\$ 1,197.00
Costo total:				<b>\$ 182,617.05</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

Tabla 4.19 Activo fijo de oficinas y ventas

Cantidad	Concepto	Precio unitario	Costo total
1	Escritorio secretarial	\$ 3,999.00	\$ 3,999.00
1	Escritorio ejecutivo	\$ 5,299.00	\$ 5,299.00
5	Silla secretarial	\$ 849.00	\$ 4,245.00
1	Sillón ejecutivo	\$ 2,999.00	\$ 2,999.00
2	Banco metálico	\$ 507.15	\$ 1,014.30
6	Lámparas para dibujo	\$ 327.20	\$ 1,963.20
6	Archivero de 3 cajones	\$ 2,299.00	\$ 13,794.00
1	Sala de espera	\$ 18,000.00	\$ 18,000.00
8	Lockers individuales	\$ 1,391.00	\$ 11,128.00
2	Mesas de trabajo	\$ 7,864.40	\$ 15,728.80
2	Librero	\$ 1,799.00	\$ 3,598.00
8	Cestos de basura	\$ 195.00	\$ 1,560.00
4	Computadoras PC	\$ 11,999.00	\$ 47,996.00
2	Impresora multifuncional con Fax	\$ 5,799.00	\$ 11,598.00

Cantidad	Concepto	Precio unitario	Costo total
2	Teléfonos	\$ 439.00	\$ 878.00
4	Ventiladores de techo	\$ 2,000.00	\$ 8,000.00
2	Despachador de agua	\$ 1,799.00	\$ 3,598.00
4	Cafetera	\$ 349.00	\$ 1,396.00
1	Frigobar	\$ 2,599.00	\$ 2,599.00
4	Centro de trabajo en "L"	\$ 2,499.00	\$ 9,996.00
6	Equipos no-break	\$ 1,200.00	\$ 7,200.00
8	Memoria USB	\$ 399.00	\$ 3,192.00
1	Trituradora de papel	\$ 2,899.00	\$ 2,899.00
6	Charola 3 niveles	\$ 249.00	\$ 1,494.00
14	Vestidor	\$ 1,500.00	\$ 21,000.00
4	Muebles de baño	\$ 5,000.00	\$ 20,000.00
1	Control automático de acceso a las instalaciones	\$ 6,500.00	\$ 6,500.00
2	Camioneta de carga	\$ 153,850.00	\$ 307,700.00
Costo total:			<b>\$ 539,374.30</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

Tabla 4.20 Costo total de terreno y obra civil

Concepto	Cantidad	U/M	Cto / m	Costo en pesos
Terreno	500	m <sup>2</sup>	\$ 1,000.00	\$ 500,000.00
Construcción oficinas	50	m <sup>2</sup>	\$ 6,664.00	\$ 333,200.00
Construcción nave	90	m <sup>2</sup>	\$ 4,776.00	\$ 429,840.00
Cisterna de 5000 lt	1	pz	\$ 8,498.00	\$ 8,498.00
Barda perimetral	100	m <sup>2</sup>	\$ 500.00	\$ 50,000.00
Costo total:				<b>\$ 1,321,538.00</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

Tabla 4.21 Inversión en activo diferido

Concepto	Total en pesos
Planeación e integración del proyecto	\$ 61,305.88
Ingeniería del proyecto	\$ 6,391.60
Supervisión del proyecto	\$ 30,652.94
Administración del proyecto	\$ 10,217.65
Costo total:	<b>\$ 108,568.06</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

El activo diferido, tabla 4.21 comprende los activos intangibles de la empresa y que se consideran de la siguiente forma: planeación e integración del proyecto, 3% de la inversión total sin incluir activo diferido; ingeniería del proyecto que incluye la instalación y puesta

en marcha de todos los equipos, 3.5% de la inversión en activos de producción; supervisión del proyecto correspondiente a la verificación de precios de equipos, compra de equipos y materiales, verificación de traslado a planta, verificación de la instalación de los servicios contratados, etc., 1.5% de la inversión total sin incluir activo diferido; y la administración del proyecto que incluye desde la construcción y administración de la ruta crítica hasta la puesta en funcionamiento de la empresa y corresponde al 0.5% de la inversión total.<sup>62</sup>

La inversión total en activo fijo y diferido, se muestra en la tabla 4.22 y se le agrega un 5% de imprevistos como protección para el inversionista, mismo que no necesariamente será empleado.

Tabla 4.22 Inversión total en activo fijo y diferido

Concepto	Costo en pesos
Activo fijo de producción	\$ 182,617.05
Activo fijo de oficinas y ventas	\$ 539,374.30
Costo total de terreno y obra civil	\$ 1,321,538.00
Activo diferido	\$ 108,568.06
+ 5% imprevistos	\$ 107,604.87
Costo total:	<b>\$ 2,259,702.28</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

#### 4.2.6 Depreciación y amortización

La depreciación y amortización tabla 4.23, se consideran como gastos virtuales para que el inversionista recupere la inversión inicial. Los activos fijos se deprecian y los diferidos se amortizan ya que estos no disminuyen su precio por el uso o por el paso del tiempo.<sup>63</sup>

<sup>62</sup> Baca Urbina Gabriel, *Evaluación de Proyectos*. 5ª. ed. México, Mc Graw Hill 2006.

<sup>63</sup> Amortización: cantidad de dinero que se ha recuperado de la inversión inicial con el paso de los años.

El valor de salvamento se calcula como el valor residual de las depreciaciones más el valor del terreno puesto que éste no se deprecia sino que se considera que aumenta su valor con el paso del tiempo.



Tabla 4.23 Depreciación y amortización

Concepto	Valor	%	1	2	3	4	5	Total	Valor residual
Control automático de acceso a las instalaciones	\$ 6,500.00	8%	\$ 520.00	\$ 520.00	\$ 520.00	\$ 520.00	\$ 520.00	\$ 2,600.00	\$ 3,900.00
Camioneta de carga	\$ 307,700.00	20%	\$ 61,540.00	\$ 61,540.00	\$ 61,540.00	\$ 61,540.00	\$ 61,540.00	\$307,700.00	\$ -
Montacargas	\$ 87,906.00	8%	\$ 7,032.48	\$ 7,032.48	\$ 7,032.48	\$ 7,032.48	\$ 7,032.48	\$ 35,162.40	\$ 52,743.60
Extintores PQS	\$ 4,615.80	8%	\$ 369.26	\$ 369.26	\$ 369.26	\$ 369.26	\$ 369.26	\$ 1,846.32	\$ 2,769.48
Computadoras PC	\$ 47,996.00	10%	\$ 4,799.60	\$ 4,799.60	\$ 4,799.60	\$ 4,799.60	\$ 4,799.60	\$ 23,998.00	\$ 23,998.00
Impresora multifuncional	\$ 11,598.00	10%	\$ 1,159.80	\$ 1,159.80	\$ 1,159.80	\$ 1,159.80	\$ 1,159.80	\$ 5,799.00	\$ 5,799.00
Teléfonos	\$ 878.00	10%	\$ 87.80	\$ 87.80	\$ 87.80	\$ 87.80	\$ 87.80	\$ 439.00	\$ 439.00
Ventiladores de techo	\$ 8,000.00	10%	\$ 800.00	\$ 800.00	\$ 800.00	\$ 800.00	\$ 800.00	\$ 4,000.00	\$ 4,000.00
Despachador de agua	\$ 3,598.00	10%	\$ 359.80	\$ 359.80	\$ 359.80	\$ 359.80	\$ 359.80	\$ 1,799.00	\$ 1,799.00
Frigobar	\$ 2,599.00	10%	\$ 259.90	\$ 259.90	\$ 259.90	\$ 259.90	\$ 259.90	\$ 1,299.50	\$ 1,299.50
Equipos no-break	\$ 7,200.00	10%	\$ 720.00	\$ 720.00	\$ 720.00	\$ 720.00	\$ 720.00	\$ 3,600.00	\$ 3,600.00
Obra civil	\$ 821,538.00	5%	\$ 41,076.90	\$ 41,076.90	\$ 41,076.90	\$ 41,076.90	\$ 41,076.90	\$205,384.50	\$ 616,153.50
Inversión diferida	\$ 108,568.06	10%	\$ 10,856.81	\$ 10,856.81	\$ 10,856.81	\$ 10,856.81	\$ 10,856.81	\$ 54,284.03	\$ 54,284.03
			\$129,582.35	\$129,582.35	\$ 129,582.35	\$ 129,582.35	\$ 129,582.35	Total:	<b>\$ 770,785.11</b>

Valor de salvamento:

**\$ 1,270,785.11**

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

#### 4.2.7 Determinación del capital de trabajo

El capital de trabajo o inversión líquida adicional para que la empresa pueda iniciar con sus operaciones de fabricación, se determina como activo circulante menos pasivo circulante de manera contable. A continuación se presenta la información correspondiente al valor del activo circulante.

Tabla 4.24 Valores e inversiones

	Anual	Diario	p/ 45 días
Valores e inversiones:	\$ 186,000.00	\$ 620.00	\$ <b>27,900.00</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

Tabla 4.25 Costo de inventario de materia prima

Concepto	Consumo anual	Costo anual en pesos	Costo por 45 días en pesos
Panel solar de 120 W	5796	\$ 28,089,154.80	\$ 4,213,373.22
Estructura de montaje	84	\$ 2,520,000.00	\$ 378,000.00
Controlador de carga de 60 A. 12/24 VCD.	252	\$ 729,729.00	\$ 109,459.35
Batería de ciclo profundo, 1 kWh	1932	\$ 3,108,201.60	\$ 466,230.24
Inversor/Cargador 3.6 kW, 48VCD/120 VCA,	84	\$ 2,081,083.20	\$ 312,162.48
Equipo desionizador con filtro de agua	84	\$ 492,660.00	\$ 73,899.00
Electrolizador con aditamentos	84	\$ 14,151,690.00	\$ 2,122,753.50
Contenedor de hidrógeno basado en hidruros metálicos, capacidad 4500 NI H2	252	\$ 22,050,000.00	\$ 3,307,500.00
Celda de combustible PEM con aditamentos 3 kWh	84	\$ 25,342,800.00	\$ 3,801,420.00
Cableado y accesorios diversos	84	\$ 4,830,000.00	\$ 724,500.00
Cajas de cartón	494.4	\$ 5,932.80	\$ 889.92
Etiquetas	494.4	\$ 741.60	\$ 111.24
Costo total:			\$ <b>15,510,298.95</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

Cuentas por cobrar: **\$ 8,891,056.01**

Tabla 4.26 Valor del activo circulante

Concepto	Costo en pesos
Valores e inversiones	\$ 27,900.00
Inventarios	\$ 15,510,298.95
Cuentas por cobrar	\$ 8,891,056.01
Valor total:	<b>\$ 24,429,254.96</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

El pasivo circulante considerado como créditos a corto plazo, se fija para que guarde una relación promedio entre activo circulante y pasivo circulante de 2 a 2.5, es decir, al obtener una relación dentro de dicho rango, se tendrá mayor facilidad de obtener un crédito.

Pasivo circulante (relación de 2): **\$ 12,214,627.48**

Respecto al capital de trabajo, se define como la diferencia entre el activo circulante y el pasivo circulante; mismo que será el capital adicional necesario para que la empresa comience con las actividades de producción de sistemas de generación de energía eléctrica.<sup>64</sup>

Capital de trabajo: **\$ 12,214,627.48**

#### **4.2.8 Financiamiento de la inversión**

De los \$ 2,259,702.28 calculados para la inversión fija y diferida, se solicitará un préstamo a una institución bancaria por un monto de \$ 1,000,000 mismo que será pagado a través de cinco mensualidades fijas a una tasa anual del 35% considerando un valor para la inflación del 6% ver tablas 4.27 y 4.28.

<sup>64</sup> Baca Urbina Gabriel, *Evaluación de Proyectos*. 5ª. ed. México, Mc Graw Hill 2006.

Tabla 4.27 Financiamiento de la inversión

Concepto	Valor
Monto total	<b>\$ 1,000,000.00</b>
tasa de interés (contempla ya, la inflación)	35%
Anualidades	5
Valor de la anualidad	<b>\$ 450,458.28</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

Tabla 4.28 Pago de la deuda en pesos

Año	Interés	Anualidad	Pago a capital	Deuda después de pago
0	0	0	0	\$ 1,000,000.00
1	\$ 350,000.00	\$ 450,458.28	\$ 100,458.28	\$ 899,541.72
2	\$ 314,839.60	\$ 450,458.28	\$ 135,618.68	\$ 763,923.05
3	\$ 267,373.07	\$ 450,458.28	\$ 183,085.21	\$ 580,837.83
4	\$ 203,293.24	\$ 450,458.28	\$ 247,165.04	\$ 333,672.80
5	\$ 116,785.48	\$ 450,458.28	\$ 333,672.80	\$ 0.00

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

El monto a solicitar de la deuda corresponderá a una aportación del 49% del requerimiento total del valor de la inversión fija y diferida.

#### 4.2.9 Determinación del punto de equilibrio o producción mínima económica

Con la información que se tienen de los presupuestos de ingresos, de costos de producción, administración y ventas, se hace una distinción de los costos fijos y variables ver tabla 4.29 para un volumen de producción de 84 sistemas de generación de energía y una capacidad instalada del 33%. Con esta información, se determina el punto de equilibrio donde de acuerdo a la cantidad de sistemas de generación de energía que se produzcan, se tendrá el valor de los ingresos totales igual a los costos totales.<sup>65</sup>

<sup>65</sup> Baca Urbina Gabriel, *Evaluación de Proyectos*. 5ª. ed. México, Mc Graw Hill 2006.

Tabla 4.29 Clasificación de los costos

Concepto	Costo (en miles de pesos)
Ingresos	\$ 128,031,206.55
Costos totales	\$ 106,692,672.12
Costos variables	\$ 104,980,872.12
Costos fijos	\$ 1,711,800.00

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

Punto de equilibrio

$$Q = \text{costo fijo} / (\text{valor venta} - \text{gastos variables})$$

$$Q = \boxed{20.41} \text{ unidades}$$

La cantidad de sistemas a producirse para obtener el punto de equilibrio será de 21 unidades. Ver también anexo “D”.

#### 4.2.10 Determinación de los ingresos por ventas sin inflación

De acuerdo a la cantidad propuesta a producirse de sistemas de generación de energía en un año y con el costo de venta antes determinado, se realiza el cálculo de ingresos sin inflación; ver tabla 4.30.

Tabla 4.30 Determinación de ingresos sin inflación

Año	No. sistemas	Precio unitario	Ingreso total
1	84	\$ 1,333,658	\$ 112,027,305.73
2	84	\$ 1,333,658	\$ 112,027,305.73
3	84	\$ 1,333,658	\$ 112,027,305.73
4	84	\$ 1,333,658	\$ 112,027,305.73
5	84	\$ 1,333,658	\$ 112,027,305.73

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

#### 4.2.11 Balance general inicial

La aportación inicial general que se requiere para la realización del proyecto por parte de los inversionistas, se muestra en el balance general inicial de la tabla 4.31; el monto de la inversión corresponde al activo fijo y diferido, más el capital de trabajo.

Tabla 4.31 Balance general inicial (sin inflación)

Activo		Pasivo	
Activo circulante		Pasivo circulante	
Valores e inversiones	\$ 27,900.00	Sueldos, deudores, impuestos	\$ 12,214,627.48
Inventarios	\$ 15,510,298.95	Pasivo fijo	
Cuentas por cobrar	\$ 8,891,056.01	Préstamo a 5 años	\$ 1,000,000.00
Subtotal	\$ 24,429,254.96	Capital	
Activo fijo		Capital social	\$ 13,366,724.89
Equipo de producción	\$ 182,617.05	Pasivo + capital	
Equipo de oficinas y ventas	\$ 539,374.30		\$ 26,581,352.37
Terreno y obra civil	\$ 1,321,538.00		
Subtotal	\$ 2,043,529.35		
Activo diferido	\$ 108,568.06		
Total de activos	\$ 26,581,352.37		

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

#### 4.2.12 Determinación del estado de resultados proyectado

Para calcular los flujos netos de efectivo (FNE) con los cuales se realizó la evaluación económica, se elabora el estado de resultados de la tabla 4.32, asimismo posteriormente se mostrarán estados de resultados con diferentes consideraciones tales como incluir el valor de la inflación y posteriormente el financiamiento.

Para la elaboración del estado de resultados, se toman las cifras determinadas para antes de realizar la inversión. Se considera que las cifras de los flujos netos de efectivo son

iguales para cada fin de año en el horizonte del proyecto, puesto que no se considera el valor de la inflación.

Tabla 4.32 Estado de resultados (sin inflación, sin financiamiento y producción constante)

Concepto	años 1 al 5
Producción (sistemas de generación de energía eléctrica)	84
+ Ingreso	\$ 112,027,306
- costo de producción	\$ 104,980,872
- costo de administración	\$ 1,525,800
- costo de ventas	\$ 186,000
= utilidad antes de impuestos (UAI)	\$ 5,334,634
- impuestos 47%	\$ 2,507,278
= utilidad después de impuestos (UDI)	\$ 2,827,356
+ depreciación	\$ 129,582
= Flujo neto de efectivo (FNE)	\$ <b>2,956,938</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

#### 4.2.13 Estado de resultados con inflación y sin financiamiento

Para la elaboración de éste segundo estado de resultados, se toman las cifras determinadas para antes de realizar la inversión. Suponiendo que se efectúa la instalación de la fábrica, las ganancias, costos y los flujos netos de efectivo, deben ser afectados por el valor de la inflación. Por lo anterior, en el estado de resultados siguiente, se incluye la columna de valores para el año cero y las columnas correspondientes a los cinco años de evaluación del proyecto.

Tabla 4.33 Estado de resultados (con inflación del 6%, sin financiamiento y producción constante)

Concepto	0	1	2	3	4	5
Producción	84	84	84	84	84	84
+ Ingreso	\$ 112,027,306	\$ 118,748,944.07	\$ 125,873,880.72	\$ 133,426,313.56	\$ 141,431,892.38	\$ 148,892,931.89
- costo de producción	\$ 104,980,872	\$ 111,279,724.45	\$ 117,956,507.92	\$ 125,033,898.39	\$ 132,535,932.30	\$ 140,406,648.29
- costo de administración	\$ 1,525,800	\$ 1,617,348.00	\$ 1,714,388.88	\$ 1,817,252.21	\$ 1,926,287.35	\$ 1,367,238.31
- costo de ventas	\$ 186,000	\$ 197,160.00	\$ 208,989.60	\$ 221,528.98	\$ 234,820.71	\$ 28,905.67
= utilidad antes de impuestos (UAI)	\$ 5,334,634	\$ 5,654,711.62	\$ 5,993,994.32	\$ 6,353,633.98	\$ 6,734,852.02	\$ 7,090,139.61
- impuestos 47%	\$ 2,507,278	\$ 2,657,714.46	\$ 2,817,177.33	\$ 2,986,207.97	\$ 3,165,380.45	\$ 3,332,365.62
= utilidad después de impuestos (UDI)	\$ 2,827,356	\$ 2,996,997.16	\$ 3,176,816.99	\$ 3,367,426.01	\$ 3,569,471.57	\$ 3,757,774.00
+ depreciación	\$ 129,582	\$ 137,357.29	\$ 145,598.73	\$ 154,334.65	\$ 163,594.73	\$ 173,410.42
= Flujo neto de efectivo (FNE)	\$ <b>2,956,938</b>	\$ <b>3,134,354.45</b>	\$ <b>3,322,415.72</b>	\$ <b>3,521,760.66</b>	\$ <b>3,733,066.30</b>	\$ <b>3,931,184.41</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.



#### 4.2.14 Estado de resultados con inflación y financiamiento

Para este estado de resultados, además de la inclusión del valor de la inflación, se tomará en cuenta también el financiamiento por un \$ 1,000,000 M.N. de acuerdo a la tasa de interés y anualidades determinadas en el financiamiento de la inversión (ver las tablas 4.27 y 4.28).

Tabla 4.34 Estado de resultados (con inflación del 6%, financiamiento y producción constante)

Concepto	1	2	3	4	5
Producción	84	84	84	84	84
+ Ingreso	\$ 118,748,944	\$ 125,873,880.72	\$ 133,426,313.56	\$ 141,431,892.38	\$ 149,917,805.92
- costo de producción	\$ 111,279,724	\$ 117,956,507.92	\$ 125,033,898.39	\$ 132,535,932.30	\$ 140,488,088.24
- costo de administración	\$ 1,617,348	\$ 1,714,388.88	\$ 1,817,252.21	\$ 1,926,287.35	\$ 2,041,864.59
- costo de ventas	\$ 197,160	\$ 208,989.60	\$ 221,528.98	\$ 234,820.71	\$ 248,909.96
- costos financieros	\$ 350,000	\$ 314,839.60	\$ 267,373.07	\$ 203,293.24	\$ 116,785.48
= utilidad antes de impuestos (UAI)	\$ 5,304,712	\$ 5,679,155	\$ 6,086,261	\$ 6,531,559	\$ 7,022,158
- impuestos 47%	\$ 2,493,214	\$ 2,669,203	\$ 2,860,543	\$ 3,069,833	\$ 3,300,414
= utilidad después de impuestos (UDI)	\$ 2,811,497	\$ 3,009,952	\$ 3,225,718	\$ 3,461,726	\$ 3,721,744
+ depreciación	\$ 137,357	\$ 145,598.73	\$ 154,334.65	\$ 163,594.73	\$ 173,410.42
- pago de capital	\$ 100,458	\$ 135,618.68	\$ 183,085.21	\$ 247,165.04	\$ 333,672.80
= Flujo neto de efectivo (FNE)	\$ <b>2,848,396</b>	\$ <b>3,019,932</b>	\$ <b>3,196,968</b>	\$ <b>3,378,156</b>	\$ <b>3,561,481</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

#### 4.2.15 Posición financiera inicial de la empresa

Adicionalmente a la información que se genera en los estados de resultados anteriores, existen medios para determinar la posición económica de la empresa al inicio de sus operaciones. Esto, sin considerar el valor del dinero a través del tiempo. Para ello a continuación se presentarán razones financieras de liquidez y de solvencia o apalancamiento.

Tasas de liquidez: para estas tasas, se tiene la tasa circulante con un valor adecuado de 2 a 2.5, y la tasa rápida o prueba del ácido cuyo valor aceptado es de 1.

$$\text{Tasa circulante} = \text{AC/PC} \quad \boxed{2}$$

$$\text{Tasa rápida o prueba del ácido} = (\text{AC-inventarios})/\text{PC} \quad \boxed{0.73}$$

Respecto a la tasa rápida, el valor obtenido es menor a uno, por lo que se tiene un riesgo de falta de liquidez para la empresa en el corto plazo.

Tasas de solvencia o apalancamiento: se tiene el valor de la tasa de deuda y el número de veces que se gana el interés.

$$\text{Tasa de deuda} = \text{deuda/AFT} \quad \boxed{0.44}$$

$$\text{N. de veces que se gana el interés} = \quad \boxed{16}$$

El valor aceptado para el número de veces que se gana el interés, es de un mínimo de siete<sup>66</sup> por lo que la empresa no tendrá mayor problema en obtener un crédito por el monto antes presentado.

---

<sup>66</sup> Baca Urbina Gabriel, *Evaluación de Proyectos*. 5ª. ed. México, Mc Graw Hill 2006.

### **4.3 Conclusiones**

Los aspectos administrativos de la empresa son esenciales para garantizar la adecuada administración y operación de la misma ya que permite enmarcarla dentro del rubro de las pequeñas y medianas empresas tecnológicas. La primera parte de este capítulo correspondiente al estudio administrativo, toca de manera muy general los aspectos a que debe de apegarse la empresa en caso de poner en marcha el proyecto. Corresponderá al futuro administrador de la empresa, el desarrollar los puntos concernientes a la planeación, organización, integración del personal, dirección y control ya que el fin de este trabajo es obtener la información necesaria para tomar la decisión de inversión conjuntando los resultados de todos los estudios requeridos en la evaluación de proyectos de inversión.

Respecto al estudio financiero, se inicia con la consolidación de diferentes rubros con su costo los cuales permiten ir definiendo los diferentes costos, gastos e inversiones a que en su momento deberá sujetarse la empresa. Posteriormente en la parte de los recursos necesarios para el funcionamiento de la empresa, se hacen estimaciones y consideraciones respecto a los montos de capital y de financiamiento que serán necesarios. Como parte final se elaboran los resultados ante diferentes consideraciones a fin de poder observar el comportamiento de los flujos netos de efectivo que serán la base para el estudio económico que se presenta en el capítulo posterior.

De manera preliminar se observa que los flujos netos de efectivo son positivos y de alto valor lo cual permite hacer la estimación de que la rentabilidad económica del proyecto es factible. Sin embargo no se debe olvidar que para el cliente que requiera de la adquisición de un sistema de generación de energía como el que se plantea en este trabajo, los costos

que tendrá que enfrentar muy seguramente serán altos en comparación con otros medios de obtención o generación de energía eléctrica. Por lo tanto, esto representa un alto riesgo para la viabilidad de este proyecto; al menos, mientras las tecnologías y equipos para la generación de energía renovable, maduren y presenten costos más accesibles.

Sin embargo hay que recordar que en las comunidades aisladas el costo de energía tiene que ser necesariamente superior a los que se tienen en la red de suministro convencional ya que por economía de escala, el costo de producción de energía tiende a repartirse en una menor cantidad de beneficiarios.

El beneficio social que otorga una fuente de suministro de energía a una comunidad rural, específicamente a una escuela rural representaría posiblemente para el Estado, una justificación y motivación más que pertinentes para realizar una inversión en coordinación con los municipios ó comunidades rurales; o en su caso, un medio para minimizar el monto de la inversión para la institución educativa, sería obtener fuentes de financiamiento gubernamental con una tasa de interés accesible.

Además de promover el empleo de tecnologías limpias, sustentables que son una necesidad ante las condiciones ambientales actuales.

## Referencias

Baca Urbina Gabriel, *Evaluación de Proyectos*. 5ª. ed. México, Mc Graw Hill 2006.

“Guía para elaborar un plan de negocios”. *Unidad Politécnica para el Desarrollo y la Competitividad Empresarial*, I.P.N., 2006.

Herrera, Leandro. “Planeación y administración estratégica”. *www.auladeeconomia.com*, 13 Jun. 2009.

Koontz, Weihich, *Administración una perspectiva global*. 12ª. ed. México, Ed. Mc Graw Hill, 2007.

“Metodología para el análisis FODA”. *Dirección de Planeación y Organización*, Secretaría Técnica, I.P.N., 2002.

**Capítulo 5**  
**Estudio de factibilidad**  
**(Evaluación Económica**  
**y administración del riesgo)**

## 5.1 Introducción a la evaluación del proyecto

Con la información generada en el estudio financiero, en el presente capítulo se hace empleo de instrumentos de evaluación económica para permitir al posible inversor, la toma de decisiones respecto al proyecto en desarrollo.

Para la evaluación de los proyectos, se cuenta con diversos instrumentos de análisis como a continuación se describirán:

1. Instrumentos estáticos
2. Instrumentos dinámicos

En los primeros no se toma en cuenta el valor del dinero a través del tiempo y se emplean en evaluaciones rápidas. Sin embargo, no dan total confiabilidad respecto a los resultados obtenidos; sin embargo, en el anexo “D” se hace un análisis de ellos. En los indicadores dinámicos, se toma en cuenta el valor del dinero en el tiempo y se consideran instrumentos de mayor validez.<sup>67</sup>

### 5.1.1 Método del valor presente neto (VPN)

Este método actualiza los flujos de efectivo que se generan en el proyecto transportándolos a valor presente y haciendo el comparativo con el valor actual. Así, el resultado será el exceso o pérdida que se tenga con el proyecto.

$$VPN = \sum_{n=1}^n \frac{Sn}{(1+k)^n} - I_0$$

VPN= valor presente neto de la inversión  
I<sub>0</sub>=Inversión inicial  
N= vida del proyecto en años

S<sub>n</sub>= flujo de caja neto al final del año n  
K= tasa de descuento

---

<sup>67</sup> Ciceri Silvenses Hugo Norberto, *Decisiones de inversión en Plantas Químicas*. 2ª. ed. México, UNAM, Facultad de Química 2009.

Cabe mencionar que la tasa de descuento refleja el valor del uso alternativo de los fondos acumulados de un proyecto restados de la inversión inicial.<sup>68</sup> Los criterios de decisión para el método son los siguientes:

1. Si el VPN es positivo el proyecto puede aceptarse
2. Si el VPN es negativo debe rechazarse el proyecto

### **5.1.2 Método de la tasa interna de retorno (TIR)**

También conocido como IRR, este método, se define como la tasa de descuento a la cual se iguala el valor presente neto de los flujos de caja generados por el proyecto y la inversión inicial empleada en él. Otra definición es la tasa de descuento a la cual se iguala el valor presente neto de una inversión a cero.

$$IRR = \sum_{n=1}^n \frac{S_n}{(1+R)^n} - I_0 = 0$$

Criterios de decisión:

1. Si R es mayor que k, aceptar el proyecto
2. Si R es menos que k, rechazar el proyecto

### **5.1.3 Cálculo del VPN y la TIR sin inflación y sin financiamiento**

Para realizar este análisis, se toman los datos determinados en el capítulo anterior del estado de resultados elaborado sin inflación y sin financiamiento. Previo al análisis se determina la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) sin inflación, que es la tasa de ganancia anual aceptable por parte de los inversionistas para poder llevar a cabo la

---

<sup>68</sup> Ciceri Silvenses Hugo Norberto, *Decisiones de inversión en Plantas Químicas*. 2ª. ed. México, UNAM, Facultad de Química 2009.



instalación y operación de la empresa. La TMAR es la tasa de crecimiento real de la empresa por arriba de la inflación y se conoce también como premio al riesgo.

Se requiere analizar tres parámetros para su asignación: la estabilidad de la venta de productos similares, estabilidad o inestabilidad de las condiciones macroeconómicas de nuestro país y de las condiciones de competencia en el mercado.<sup>69</sup>

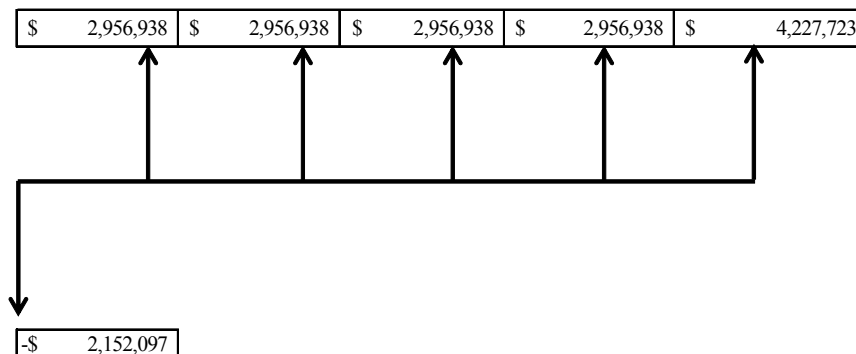
Para el caso de los sistemas de generación de energía como el que se presenta en este proyecto de inversión, actualmente no tiene en el mercado competencia puesto que no se han desarrollado para su comercialización. Por lo anterior la estabilidad de la venta de productos similares no se puede comparar, pero se considera que se debe asignar un valor de cierto riesgo. Las condiciones macroeconómicas de México actualmente son débiles y vulnerables por la crisis actual y por el mal manejo que se ha tenido de la misma, por lo que también se tiene cierto valor de riesgo. Finalmente, como se mencionó con anterioridad, la competencia en el mercado actualmente no existe y no existiría mayor riesgo por este concepto.

De acuerdo a la información anterior, se considera que el riesgo de una empresa como la que se plantea, es mayor al promedio y se le asignará un premio al riesgo del 25% anual equivalente al valor de la TMAR sin inflación.

---

<sup>69</sup> Baca Urbina Gabriel, *Evaluación de Proyectos*. 5ª. ed. México, Mc Graw Hill 2006.

Diagrama 5.1 Para la evaluación económica sin inflación y sin financiamiento



Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

Tabla 5.1 Cálculo de VPN y la TIR con producción constante, sin inflación y sin financiamiento

Concepto	valor
TMAR	25%
Inversión inicial	-\$ 2,152,097
FNE 1	\$ 2,956,938
FNE 2	\$ 2,956,938
FNE 3	\$ 2,956,938
FNE 4	\$ 2,956,938
FNE 5 + valor de salvamento	\$ 4,227,723

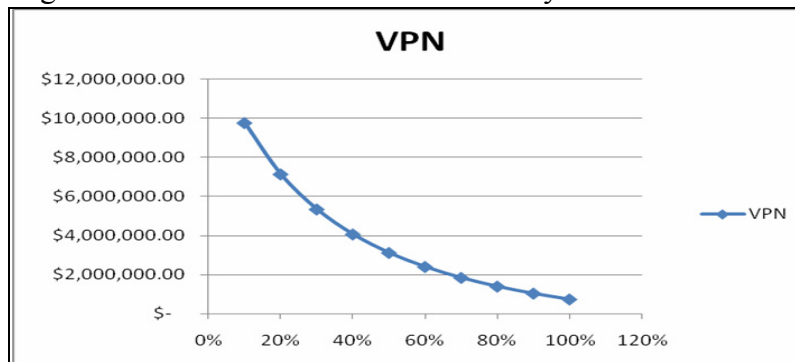
VPN= \$ 6,216,348.11

TIR= 40 %

Fuente: Elaboración propia a partir de la investigación.

### 5.1.3.1 Variación del VPN sin inflación y sin financiamiento

Figura 5.1 Gráfica del VPN sin inflación y sin financiamiento



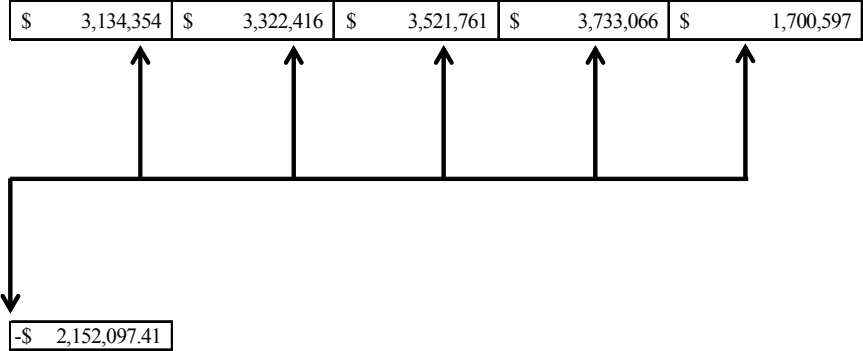
Fuente: Elaboración propia a partir de la investigación.

El resultado de la evaluación del proyecto sin inflación y sin financiamiento, da resultados favorables respecto al VPN y en relación con la TIR el valor porcentual obtenido es superior al establecido en la TMAR lo cual también es un resultado favorable para la toma de decisión de la inversión.

Variando el valor de la TMAR de manera creciente y graficando el VPN obtenido, se observa que aún a una tasa del 100% el valor continúa siendo positivo. Esto da una indicativa de que a tasas de descuento altas, la factibilidad de la inversión aún es posible.

**5.1.4 Cálculo del VPN y la TIR con inflación y sin financiamiento**

Diagrama 5.2 Para la evaluación económica con inflación y sin financiamiento



Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

Igualmente, con los datos calculados para el estado de resultados que considera el valor de la inflación y sin empleo de financiamiento, los valores obtenidos de VPN y TIR son los siguientes:

Tabla 5.2 Cálculo de VPN y la TIR con producción constante, con inflación y sin financiamiento

Valor de la inflación:	6%
Valor de salvamento con inflación:	\$ 1,700,597
TMAR:	33%

Concepto	valor
TMAR	33%
Inversión inicial	-\$ 2,152,097
FNE 1	\$ 3,134,354
FNE 2	\$ 3,322,416
FNE 3	\$ 3,521,761
FNE 4	\$ 3,733,066
FNE 5 + valor de salvamento	\$ 1,700,597

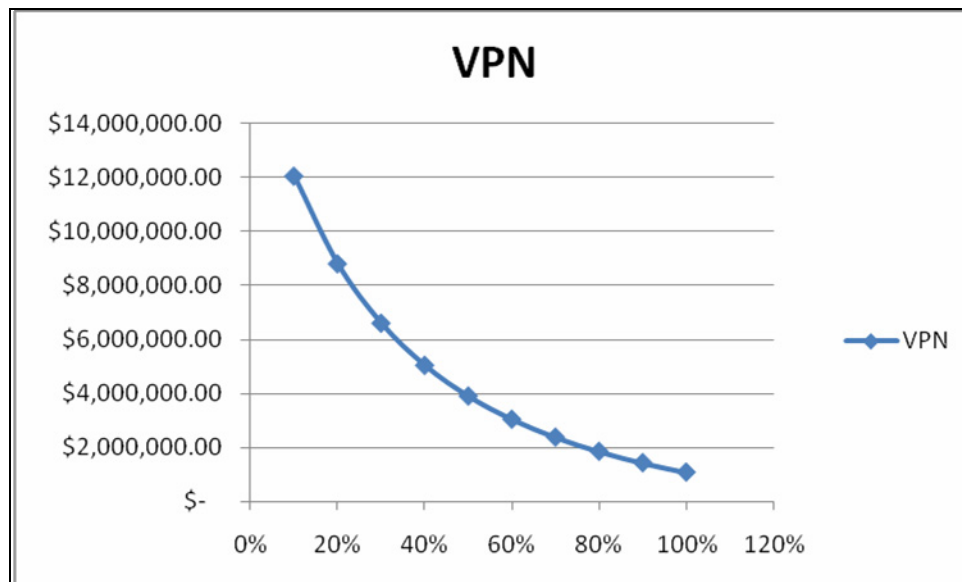
VPN= \$ 5,247,418.61

TIR= 54%

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

### 5.1.4.1 Variación del VPN con inflación y sin financiamiento

Figura 5.2 Gráfica del VPN con inflación y sin financiamiento



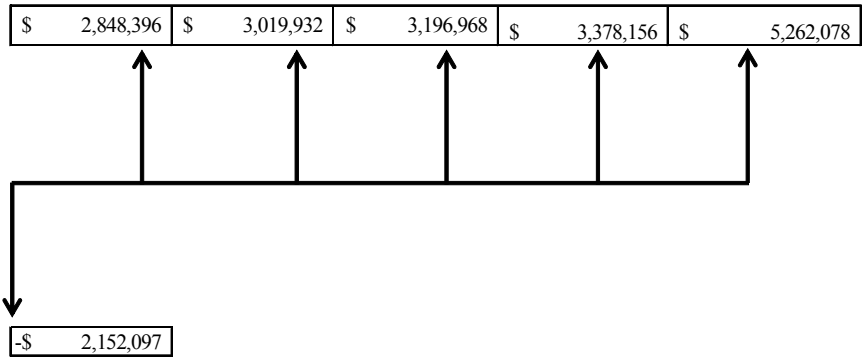
Fuente: Elaboración propia a partir de la investigación.

El resultado de la evaluación del proyecto con inflación y sin financiamiento, da resultados favorables respecto al VPN y en relación con la TIR el valor porcentual obtenido del 54% es superior al establecido en la TMAR que fue fijado en 33% lo cual también es un resultado favorable para la toma de decisión de la inversión.

Variando el valor de la TMAR de manera creciente y graficando el VPN obtenido, se observa que aún a una tasa del 100% el valor continúa siendo positivo. Esto da una indicativa de que a tasas altas la factibilidad de la inversión aún es posible.

**5.1.5 Cálculo del VPN y la TIR con inflación y con financiamiento**

Diagrama 5.3 Para la evaluación económica con inflación y con financiamiento



Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

Tabla 5.3 Cálculo de VPN y la TIR con producción constante, con inflación, con financiamiento

Valor de la inflación:	6%
Valor de salvamento con inflación:	\$ 1,700,597
TMAR mixta:	34%

Concepto	valor
TMAR	34%
Inversión inicial	-\$ 2,152,097
FNE 1	\$ 2,848,396
FNE 2	\$ 3,019,932
FNE 3	\$ 3,196,968
FNE 4	\$ 3,378,156
FNE 5 + valor de salvamento	\$ 5,262,078

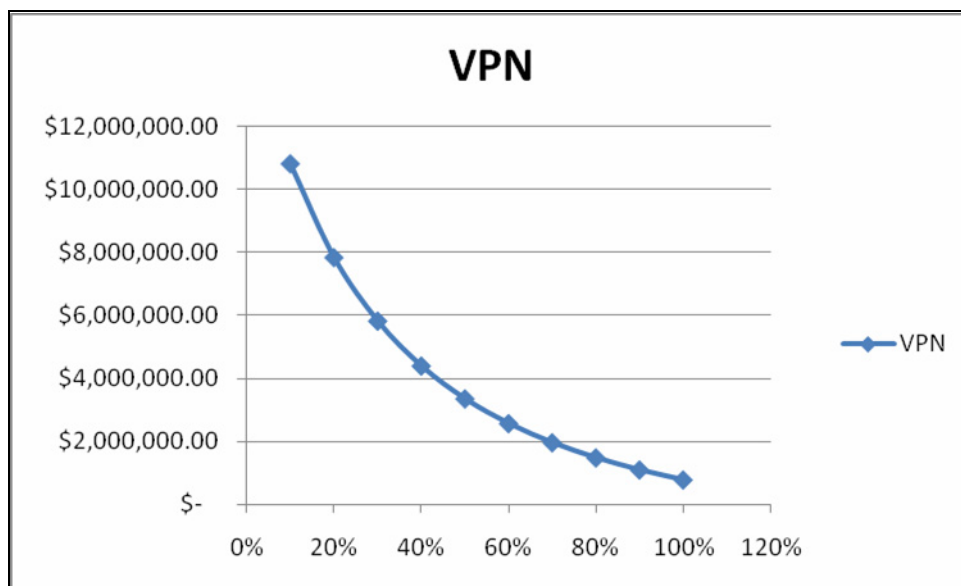
VPN= \$ 5,299,995.48

TIR= 52.8%

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

### 5.1.5.1 Variación del VPN con inflación y con financiamiento

Figura 5.3 Gráfica del VPN con inflación y con financiamiento



Fuente: Elaboración propia a partir de la investigación.

El resultado de la evaluación del proyecto con inflación y sin financiamiento, da resultados favorables respecto al VPN y en relación con la TIR el valor porcentual obtenido alrededor del 53% es superior al establecido en la TMAR mixta que fue fijado en 34% lo cual también es un resultado favorable para la toma de decisión de la inversión.

Variando el valor de la TMAR de manera creciente y graficando el VPN obtenido, se observa que aún a altas tasas el valor continúa siendo positivo. Esto da indicios de que aún en esas condiciones, la factibilidad de la inversión aún es posible.

Con el empleo de valores de evaluación dinámica para los flujos de efectivo calculados ante diferentes situaciones tales como: sin inflación y sin financiamiento; con inflación y sin financiamiento; y con inflación y con financiamiento, los valores obtenidos para el VPN y la TIR son más que aceptables en virtud de que los ingresos respecto a los gastos iniciales que se han planteado, son sumamente superiores y de inicio estos resultados nos encaminan a tomar una decisión positiva respecto a la realización de la inversión para materializar este proyecto.

Sin embargo, para el tipo de proyecto que se está evaluando, el obtener resultados positivos no es un factor determinante para llevar a cabo la inversión en el proyecto, puesto que es necesario conocer también el costo por kWh de energía eléctrica el cual será decisivo para que el cliente llegue a tomar la decisión de adquirir los equipos o buscar otra opción para la obtención de energía eléctrica.

Como se ha mencionado anteriormente, existen una gran cantidad de riesgos como son: tecnologías en desarrollo para gran parte de los equipos que considera el sistema de generación de energía híbrido, bajos rendimientos y altos costos de adquisición de los equipos y materiales. Por lo que ante el monto de inversión que requiere un cliente para satisfacer sus necesidades de generación de energía sustentable, hay altas probabilidades de que elija opciones alternas más económicas aunque no le garanticen una autonomía total como se pretende con el sistema del CB.

No obstante de acuerdo a la tendencia mundial respecto a la inversión y desarrollo que se están logrando con las tecnologías de generación de energía sustentable, en el mediano plazo la viabilidad de llevar el proyecto a la práctica y que los equipos sean rentables para el cliente será una realidad, esto como consecuencia de la disminución en los precios de los equipos y los rendimientos que se obtengan en cada uno de ellos.

Posteriormente en el siguiente capítulo, se calcula el costo por kW/h que tendría un cliente al adquirir un sistema como el CB en un período de tiempo definido, y se hace el comparativo respecto a los costos actuales energía eléctrica a fin de ver que tan lejos se encuentran este tipo de tecnologías hablando en términos de costo.

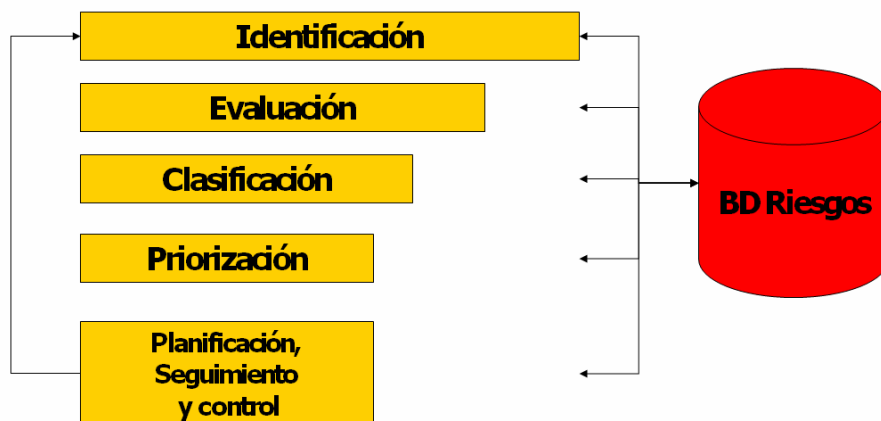


## 5.2 Análisis y administración del riesgo

Una de las características de todo proyecto, es la posibilidad de que después de la puesta en marcha de la empresa, ésta quiebre a los pocos meses o años ó se presenten circunstancias no deseadas que impacten en el éxito del proyecto; es decir siempre hay un cierto grado de incertidumbre. Los riesgos a los que se enfrenta una empresa pueden ser tecnológicos, de mercado o financieros.<sup>70</sup> Como ejemplo de riesgos para el presente proyecto, rápidamente identificaríamos la posibilidad de que un proveedor no tenga la disponibilidad de equipos y comprometa un contrato o pedido en curso; o que con los medios de la empresa, la cantidad de sistemas de generación de energía que se produzcan y vendan de manera anual sea menor a la económicamente rentable, impactando en las finanzas de la empresa.

Por lo anterior, la administración del riesgo consiste en prever o identificar, evaluar y actuar ante los posibles riesgos que afectarían al proyecto y reducir la probabilidad de ocurrencia de los mismos.

Figura 5.4 Proceso de administración del riesgo



Fuente: Hevia Luis F., “Gestión del riesgo”, fecha de consulta: Mar. 2009

<sup>70</sup> Baca Urbina Gabriel, *Evaluación de Proyectos*. 5ª. ed. México, Mc Graw Hill 2006.

### 5.2.1 Identificación del riesgo

Identificar consiste en determinar el tipo de riesgos que puedan impactar negativamente el logro de los objetivos del proyecto, sus características y en caso de ocurrencia, las consecuencias que provocaría cada uno de ellos<sup>71</sup>. A continuación se listan una serie de riesgos potenciales y sus consecuencias en el proyecto:

1. Utilización de tecnologías en desarrollo o inmaduras

Características.

Equipos con tecnologías cambiantes, incertidumbre respecto a su operatividad a largo plazo, variaciones críticas en los precios de venta. Bajos niveles de eficiencia de los equipos.

Consecuencias.

Constantes variaciones en los precios de venta al cliente, alta posibilidad de que los equipos puedan fallar o su tiempo de vida no sea el adecuado motivando hacer válida al cliente la garantía con consecuencias negativas en las finanzas de la empresa. Venta de equipos que se vuelvan obsoletos rápidamente. Bajo rendimiento y poca o nula rentabilidad del sistema.

2. Posibilidad de que no se obtengan en los bancos los recursos necesarios para el proyecto.

Características.

Capital insuficiente para el desarrollo del proyecto.

Consecuencias.

Necesidad de mayor aporte de capital por parte de los socios lo cual podría comprometer la posición financiera de los mismos.

3. Futuro económico impredecible

Características.

---

<sup>71</sup> Riesgo es todo aquel suceso que tiene probabilidad de ocurrir y generar un impacto negativo que sea significativo para lograr tener éxito en el objetivo del proyecto. Gido, P. Clements, *Administración exitosa de proyectos*. 3<sup>a</sup>. ed. México, CENGAGE Learning, 2008.

Crisis, devaluaciones, inflación, falta de estímulo gubernamental

Consecuencias.

Afectación en los niveles adquisitivos de los clientes que impactaría en una baja demanda de sistemas de generación de energía eléctrica además de inhibir la migración hacia tecnologías limpias, aumento en los costos de producción por materia prima de importación.

4. Falta de apoyo económico a proyectos de ayuda a la población rural

Características.

Desinterés del gobierno para mejorar las condiciones de vida y de educación de la comunidad estudiantil rural, falta de asignación de recursos para la adquisición de sistemas de generación de energía limpia.

Consecuencias.

Drástica reducción del mercado potencial de venta, inviabilidad económica de la empresa

5. Riesgo operacional que ponga en riesgo a la empresa a pérdidas financieras o de reputación por una falla en las operaciones

Características.

Fallas en la administración de la cadena del suministro de la empresa.

Consecuencias.

Pérdida de contratos, asignación de recursos adicional al necesario, demora o incumplimiento hacia el cliente.

6. Fluctuación en las tasas de interés

Características.

Incrementos en las tasas de interés

Consecuencias.

Pago de intereses mayor al programado impactando en las finanzas de la empresa

### **5.2.2 Evaluación del riesgo**

En esta fase, se determina la probabilidad de que el suceso del riesgo ocurra y el grado de impacto que el suceso tendrá en el objetivo del proyecto.<sup>72</sup> A éstos se les asigna una calificación (Alto, Medio o Bajo) y posteriormente priorizarlos. En este caso, los riesgos que presenten mayor probabilidad de ocurrencia e impacto serán los primeros en considerarse dentro del plan de respuesta.

---

<sup>72</sup> Gido, P. Clements, *Administración exitosa de proyectos*. 3ª. ed. México, CENGAGE Learning, 2008.

Tabla 5.4 Matriz de evaluación del riesgo

Riesgo	Consecuencias	Probabilidad de ocurrencia (B, M, A)	Impacto (B, M, A)	Prioridad (B, M, A)
Utilización de tecnologías en desarrollo o inmaduras	Constantes variaciones en los precios de venta al cliente, alta posibilidad de que los equipos puedan fallar o su tiempo de vida no sea el adecuado motivando hacer válida al cliente la garantía con consecuencias negativas en las finanzas de la empresa. Venta de equipos que se vuelvan obsoletos rápidamente.	A	A	A
Riesgo operacional que ponga en riesgo a la empresa a pérdidas financieras o de reputación por una falla en las operaciones	Pérdida de contratos, asignación de recursos adicional al necesario, demora o incumplimiento hacia el cliente.	M	A	A
Fluctuación en las tasas de interés	Pago de intereses mayor al programado impactando en las finanzas de la empresa	A	M	A
Futuro económico impredecible	Afectación en los niveles adquisitivos de los clientes que impactaría en una baja demanda de sistemas de generación de energía eléctrica además de inhibir la migración hacia tecnologías limpias, aumento en los costos de producción por materia prima de importación.	A	A	A
Falta de apoyo económico a proyectos de ayuda a la población rural	Drástica reducción del mercado potencial de venta, inviabilidad económica de la empresa	M	A	M
Posibilidad de que no se obtengan en los bancos los recursos necesarios para el proyecto.	Necesidad de mayor aporte de capital por parte de los socios lo cual podría comprometer la posición financiera de los mismos.	B	M	B

Fuente: Elaboración propia a partir de la investigación.

### 5.2.3 Clasificación del riesgo

Como se mencionó anteriormente, el tipo de riesgos que se pueden tener son tecnológicos, de mercado o financieros. De acuerdo a los riesgos descritos en la matriz anterior, la clasificación queda como sigue:

Tabla 5.5 Clasificación del riesgo

Tipo de riesgo	Riesgo
Tecnológico	Utilización de tecnologías en desarrollo o inmaduras
	Riesgo operacional que ponga en riesgo a la empresa a pérdidas financieras o de reputación por una falla en las operaciones
De mercado	Futuro económico impredecible
	Falta de apoyo económico a proyectos de ayuda a la población rural
Financiero	Posibilidad de que no se obtengan en los bancos los recursos necesarios para el proyecto.
	Fluctuación en las tasas de interés

Fuente: Elaboración propia a partir de la investigación.

### 5.2.4 Planeación de la respuesta al riesgo

Esta planeación consiste en elaborar un plan de acción para reducir el impacto o la probabilidad de ocurrencia; establecer un punto para implementar las acciones para afrontar cada riesgo y evaluar la responsabilidad de cada integrante de la empresa para la implementación de cada plan de respuesta.

Tabla 5.6 Plan de acción para afrontar el riesgo

Riesgo	Acciones a llevar a cabo	Responsable
Utilización de tecnologías en desarrollo o inmaduras	A fin de evitar o disminuir el riesgo una opción es mantener una vigilancia tecnológica permanente para ubicar tecnologías que no estén sujetas a variaciones bruscas características y precio y que den confiabilidad para su empleo.	Ingenieros de proceso
Riesgo operacional que ponga en riesgo a la empresa a pérdidas financieras o de reputación por una falla en las operaciones	Es importante destacar que al evaluar este proyecto los equipos y tecnologías se seleccionaron de acuerdo a las existencias actuales en el mercado y la configuración de la empresa tiene la flexibilidad de adaptarse a la inclusión de nuevos equipos previamente evaluados a fin de reaccionar favorablemente en el futuro. Adicionalmente, la empresa deberá asegurar una administración adecuada de la cadena de suministro.	
Fluctuación en las tasas de interés	Garantizar al momento de obtener el crédito, que la tasa se mantenga fija durante el período del mismo.	Administrador
Futuro económico impredecible	Es necesario monitorear los indicadores macroeconómicos de manera permanente a fin de prever su ocurrencia y tomar las acciones pertinentes ante una caída de las ventas en la empresa. <sup>73</sup> En el caso de este proyecto, de manera general, se considera un porcentaje de 5% para imprevistos respecto a la inversión total en activo fijo y diferido.	
Falta de apoyo económico a proyectos de ayuda a la población rural	Difusión y oferta del sistema de generación de energía al sector privado.	Ventas
Posibilidad de que no se obtengan en los bancos los recursos necesarios para el proyecto.	Búsqueda e identificación de posibles inversores interesados en participar en el proyecto.	Administradores

<sup>73</sup> Indicadores tales como: el déficit de la cuenta corriente expresado como porcentaje del PIB, la calidad y monto del ahorro interno y externo expresado como porcentaje del PIB, calidad de la inversión extranjera (si es especulativa o de riesgo) y la amortización de la deuda externa. Gido, P. Clements, *Administración exitosa de proyectos*. 3ª. ed. México, CENGAGE Learning, 2008.

### **5.2.5 Seguimiento y control del riesgo**

La revisión de manera regular de la matriz de administración del riesgo es necesaria a fin de determinar si hay alguna variación en la posibilidad de ocurrencia o en el posible impacto de cualquiera de los riesgos. Esto permite también identificar nuevos riesgos potenciales no contemplados con anterioridad. Esta actividad al igual que la vigilancia tecnológica, se deben realizar de manera permanente.

### **5.3 Conclusiones**

Además de la evaluación anterior, otro medio para evaluar el riesgo es evaluar el proyecto en condiciones pesimistas. Si el proyecto sigue siendo rentable, cualquier apoyo con condiciones preferenciales impactará positivamente en las utilidades de la empresa. Esto es considerando que se tendrá rentabilidad mientras en la diferencia entre la TIR y la TMAR, se tenga mayor diferencia a favor de la TIR.<sup>74</sup>

Otra opción para evaluar un posible riesgo económico es cuando la empresa esté operando a toda su capacidad y la diferencia entre la TIR y la TMAR sea mínimo a favor de la TIR; puesto que se puede detectar que hay una dificultad alta para mantener la rentabilidad.

Ante una situación de disminución de las ventas producto de una disminución en la capacidad adquisitiva de los clientes, la diferencia que se tenga a favor entre la TIR y la TMAR, será una oportunidad para administrar el riesgo a través de estrategias como: elevar

---

<sup>74</sup> Gido, P. Clements, *Administración exitosa de proyectos*. 3ª. ed. México, CENGAGE Learning, 2008.



la productividad, bajar gastos, eficientar la cadena de suministro, ofertas, promociones, aumento en las comisiones para los vendedores, publicidad, etc.

De manera particular el proyecto en curso afronta riesgos de diversos tipos que agregan incertidumbre sobre la viabilidad del mismo. Entre los más representativos, se tienen los riesgos tecnológicos puesto que las tecnologías actuales siguen desarrollándose pero no a tal grado que brinden certeza respecto a rendimientos, funcionalidad y precio de venta.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este capítulo, el proyecto es rentable desde el punto de los indicadores de factibilidad, como resultado de la creación de una empresa ensambladora de sistemas de generación de energía. Sin embargo, por el precio de venta del sistema es factible que los clientes potenciales no tengan suficiente capacidad financiera para adquirirlos. El enfoque social del proyecto y las limitantes de no contar con un suministro convencional, pueden ser un factor decisivo para considerar a estos sistemas como una opción viable en áreas remotas, además del beneficio ambiental que se obtiene al no generar contaminantes durante el proceso de obtención de energía eléctrica. Es posible que el costo de generación de energía no sea todavía competitivo respecto a otras configuraciones de sistemas híbridos de generación de energía tales como: eólico-hidrógeno-celda de combustible ó sistemas electrógenos, pero la disponibilidad de insolación en nuestro país, la nula contaminación que generan, y el beneficio social que pueden otorgar pueden convertirse en factores determinantes para su utilización.

## Referencias

Baca Urbina Gabriel, *Evaluación de Proyectos*. 5ª. ed. México, Mc Graw Hill 2006.

Ciceri Silvenses Hugo Norberto, *Decisiones de inversión en Plantas Químicas*. 2ª. ed. México, UNAM, Facultad de Química 2009.

Gido, P. Clements, *Administración exitosa de proyectos*. 3ª. ed. México, CENGAGE Learning, 2008.

Hevia Luis F., “*Gestión del riesgo*”, fecha de consulta: Mar. 2009.

**Capítulo 6**  
**Decisión de la inversión**  
**(Análisis de sensibilidad**  
**y evaluación de los resultados)**

## 6.1 Sensibilidad del proyecto bajo condiciones de inflación cambiante

Para efectos de evaluar la sensibilidad a las variaciones de la inflación a que está sujeto este proyecto, se realizan cálculos del VPN trabajando con el factor inflacionario para determinar que tanto afecta en la rentabilidad.

Inversión inicial: \$2,152,097

Valor de salvamento: \$1,270,785.11

TMAR sin inflación: 25 %

Flujo neto de efectivo sin inflación: \$2,956,938

Tabla 6.1 Cálculo de VPN sin inflación

Concepto	valor
TMAR	25%
Inversión inicial	-\$ 2,152,097
FNE 1	\$ 2,956,938
FNE 2	\$ 2,956,938
FNE 3	\$ 2,956,938
FNE 4	\$ 2,956,938
FNE 5 + valor de salvamento	\$ 4,227,723

VPN= \$ 6,216,348.11

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

Cálculo del VPN con inflación del 6% anual constante durante los 5 años modificándose la TMAR y el VS. Se toman los valores del FNE de los cálculos de la TIR con producción constante y considerando la inflación se calcula el VPN:

VS= \$1,700,597

TMAR  $f=6\%$  = 33%

Tabla 6.2 Cálculo de VPN con inflación del 6%

Valor de la inflación:	6%
Valor de salvamento con inflación:	\$ 1,700,597
TMAR:	33%

Concepto	valor
TMAR	33%
Inversión inicial	-\$ 2,152,097
FNE 1	\$ 3,134,354
FNE 2	\$ 3,322,416
FNE 3	\$ 3,521,761
FNE 4	\$ 3,733,066
FNE 5 + valor de salvamento	\$ 5,657,647

VPN= \$ 6,216,348.11

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

El resultado es igual al del VPN sin inflación.

Ahora, se calcula el valor del VPN con inflación anual mucho mayor y constante en los 5 años del 50% anual. Se modifican los cálculos de la TMAR, VS y de los FNE:

VS= \$9,650,024

TMAR<sub>f=50%</sub>= 88%

Los FNE inflados se calculan tomando como base al FNE del año cero que es de \$2,937,610 y multiplicando cada dato por (1+0.5); el cálculo del VPN es:

Tabla 6.3 Cálculo de VPN con inflación del 50%

Valor de la inflación:	50%
Valor de salvamento con inflación:	\$ 9,650,024
TMAR:	88%

Concepto	valor
TMAR	88%
Inversión inicial	-\$ 2,152,097
FNE 1	\$ 4,435,407
FNE 2	\$ 6,653,111
FNE 3	\$ 9,979,666
FNE 4	\$ 14,969,499
FNE 5 + valor de salvamento	\$ 32,104,274

VPN=	\$ 6,216,348.11
------	-----------------

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

Al valor obtenido del VPN sigue siendo el mismo.

Finalmente, se calcula el VPN con valores de inflación cambiantes (valores arbitrarios):

$f_1= 25\%$ ,  $f_2= 38\%$ ,  $f_3= 65\%$ ,  $f_4= 12\%$  y  $f_5= 18\%$ .

Se modifican los valores del VS= \$4,780,190 y FNE

Tabla 6.4 Cálculo de VPN con inflación cambiante

Valor de salvamento con inflación:	\$ 4,780,190
------------------------------------	--------------

Concepto	valor
TMAR	25%
Inversión inicial	-\$ 2,152,097
FNE 1	\$ 3,696,173
FNE 2	\$ 5,100,718
FNE 3	\$ 8,416,185
FNE 4	\$ 9,426,127
FNE 5 + valor de salvamento	\$ 15,903,020

VPN=	\$ 6,216,348.11
------	-----------------

Fuente: Elaboración propia a partir de esta investigación.

El resultado del VPN es idéntico a los anteriores.

### 6.1.1 Conclusiones del ejercicio

Independientemente de los valores de inflación que se presenten en cada año, la rentabilidad del proyecto no se vio afectada por este factor. La cantidad evaluada de ventas fue la misma en cada cálculo y dado que la inflación afecta directamente al consumidor, en su caso la inflación provocará una disminución en las ventas por causa de la menor disponibilidad de recursos que tendría el cliente; más no es una variable que afecte de manera directa en el cálculo de la rentabilidad del proyecto.

Es necesario identificar que tan sensibles son las ventas ante los ajustes inflacionarios o ante cualquier variable macroeconómica,<sup>75</sup> para poder valorar adecuadamente los riesgos en la inversión lo cual sin embargo, no es el objeto de este trabajo.

---

<sup>75</sup> Gido, P. Clements, *Administración exitosa de proyectos*. 3ª. ed. México, CENGAGE Learning, 2008.

## **6.2 Evaluación de los resultados**

De acuerdo a los resultados obtenidos hasta el momento, el resultado de la evaluación del proyecto de inversión es de factibilidad. Los valores de VPN y TIR son positivos y la administración de los riesgos del proyecto, se considera que en su momento permitirá un adecuado manejo de los mismos.

En la parte anterior de análisis de sensibilidad del proyecto ante situaciones cambiantes de inflación, se pudo observar que dicho factor no influye de manera directa en la rentabilidad del proyecto de inversión sino que lo hace de manera indirecta al afectar el poder adquisitivo del cliente provocando que la demanda sea menor.

Esta información en el caso de un proyecto de inversión típico, podría ser suficiente para tomar la decisión de invertir o no en la materialización del mismo. Sin embargo, es necesario conocer que tanto afectará el costo por kWh de energía eléctrica al cliente con el sistema propuesto en este proyecto. Cabe la posibilidad de que el cliente encuentre sistemas que le generen un menor costo de producción y en los cuales se sacrificaría de alguna manera la sustentabilidad que ofrece el sistema híbrido de generación de energía eléctrica de este proyecto. Además el cliente puede estar ubicado en regiones donde el empleo de energías primarias como la eólica, geotérmica u otras, le permitan acceder a diferentes configuraciones de sistemas híbridos. Sin embargo un sistema que emplea la energía solar, presenta mayor disponibilidad y flexibilidad para instalarse casi en cualquier región de nuestro país.



### 6.3 Conclusiones

La decisión de la inversión radicar  en que el proyecto de inversi3n sea rentable y además viable en funci3n del costo de generaci3n por kWh de energía para el cliente. A continuaci3n se muestra el costo obtenido para el sistema:

Estimando que el sistema de generaci3n de energía puede tener una vida útil de 25 años, de acuerdo a la demanda estimada para el CB por día en un período de 17 años la cantidad producida de kWh sería de: 291,960. Si el costo de venta de un sistema es de: \$ 1,333,658 entonces, el costo por kWh sería de: \$ 6.72

Para una instalaci3n fotovoltaica convencional, el costo por kWh est  en el rango de 0.25 a 0.5 d3lares por kWh,<sup>76</sup> con un tipo de cambio al 12 Abr. 2010 de 12.31 pesos por d3lar, y considerando el costo en un término medio de: 0.37 USD el kWh; entonces el costo en moneda nacional es de: \$ 4.55 por kWh generado. Esto equivale a que la energía producida por el sistema híbrido, tiene un costo superior al de un sistema fotovoltaico convencional del orden del 48 %.

Tomando en cuenta el fin social del proyecto, se considera que el gobierno puede llevar a cabo la inversi3n en cooperaci3n con la instituci3n educativa a fin de ofrecer financiamientos que permitan absorber el costo adicional de los equipos del sistema híbrido, a tasas de interés bajas y a través de los programas existentes para el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía.

---

<sup>76</sup> Fuente: Energía solar, <http://www.instalacionenergiasolar.com>, fecha de consulta Abr. 2010.

## Referencias

Energía solar, <http://www.instalacionenergiasolar.com>, fecha de consulta Abr. 2010.

Gido, P. Clements, *Administración exitosa de proyectos*. 3ª. ed. México, CENGAGE Learning, 2008.

# **Capítulo 7**

## **Conclusiones**

## **7.1 Conclusiones y recomendaciones**

En el capítulo I se define el trabajo a desarrollarse indicándose la probabilidad de aparición de diversas variables a lo largo del desarrollo del trabajo, se plantea la hipótesis la cual busca ser verificada en el transcurso. Se definen los objetivos que conducirán la investigación y se plantea la metodología a seguirse. Con base en estos planteamientos, cada uno de los capítulos que fueron elaborados cubre una función específica tendiente a resolver el problema y aportan información para el desarrollo del trabajo.

El capítulo II aporta todo el marco teórico de referencia sobre el cual se van definiendo criterios y de acuerdo a la bibliografía consultada y a los puntos de opinión de diversos autores, se fueron sustentando los estudios de preinversión y factibilidad elaborados. Durante esta investigación, se encontró un abanico de opiniones sobre las cuales fue conveniente ir fijando una posición, ya que ante la diversidad de variables tecnológicas el CB requería delimitarlas a fin de contar con una referencia inicial para elaborar el balance de materia y energía y los estudios de inversión posteriores.

Una vez fijado el marco de referencia la siguiente etapa fue elaborar el estudio de preinversión el cual está integrado por los siguientes estudios: de mercado, técnico, administrativo y financiero, englobados en los capítulos III y IV. La finalidad de elaborar estos estudios es revisar la información obtenida, cotejar datos e integrarlos bajo esquemas ya establecidos los cuales conforman un grupo de información definida donde se profundiza en las variables y factores clave. Cada uno de los estudios realizados, van sirviendo de soporte para la elaboración de los demás.

El estudio de preinversión permite al que elabora el estudio, contar con la información necesaria para realizar la evaluación de factibilidad del proyecto. En el estudio de mercado, se definió el sector hacia el cual se enfocó el sistema de generación de energía. Se tiene una aproximación de la cantidad de escuelas rurales que no cuentan con un suministro de energía eléctrica, y se efectuaron estimaciones que dan valores adecuados y con una aproximación suficiente de las necesidades de suministro de energía eléctrica en las escuelas rurales como para continuar con la elaboración de este trabajo.

Respecto a la oferta, la falta de madurez en las tecnologías y equipos que emplean las energías primarias para la producción de energía eléctrica, puso en evidencia un mercado en desarrollo con equipos de alto costo. Especialmente los equipos para almacenamiento de hidrógeno es un rubro en el cual falta mucho desarrollo puesto que en el caso de almacenamiento de hidrógeno en contenedores de hidruros metálicos, no se encontró uno cuya capacidad fuera suficiente como para volver completamente autónomo el sistema híbrido de generación de energía durante un período de pocos días.

Las tecnologías consideradas para el sistema híbrido, se encuentran en fase de desarrollo con niveles de eficiencia para algunos equipos relativamente bajos, esto impacta en los costos de fabricación del sistema de generación de energía. Por otro lado, siguen investigándose nuevas tecnologías para el aprovechamiento de la energía solar; para la producción a través de electrolisis u otras tecnologías; almacenamiento de energía tanto en baterías como en tanques a presión ó de hidruros metálicos, si la energía se guarda como hidrógeno; y para la generación de energía eléctrica en celdas de combustible. Esto en el futuro próximo se manifestará con la aparición de nuevos equipos con mayores prestaciones, eficiencias y costos más accesibles los cuales, probablemente dejarán obsoleta

la propuesta tecnológica de este proyecto de inversión y será necesario reevaluarla a través del balance de materia y energía.

El planteamiento del balance de materia y energía, esta acotado en el cálculo puesto que solamente se consideraron las entradas y salidas de energía y las eficiencias de cada uno de los equipos las cuales fueron obtenidas de la bibliografía. No obstante para la finalidad de este trabajo se considera que los valores obtenidos para cada uno de los equipos son razonablemente suficientes como para estimar adecuadamente los equipos que integran al sistema y a partir de ahí realizar los estudios de preinversión y de factibilidad. Asimismo queda abierto el camino para que posteriormente con la colaboración de un equipo interdisciplinario, pueda calcularse de manera completa el balance de materia y energía.

Para la selección de los equipos del sistema, se obtuvieron diversas cotizaciones de equipos sin embargo se careció también de mayor información como para contar con más opciones para la integración del sistema, más que nada, porque diferentes empresas no proporcionaron los costos de los equipos que ofertan en la web. Cabe mencionar que los precios actuales están sujetos a una alta variabilidad, por lo tanto los valores calculados en el estudio de preinversión deben ser recalculados si quisiera retomarse este proyecto en el corto plazo. Un punto crítico dentro de los equipos empleados es el almacenamiento de hidrógeno. Si bien, se tomo la decisión de emplear contenedores de hidruros metálicos, su relación de almacenamiento vs costo y peso del contenedor implica una capacidad de almacenamiento muy baja a un costo sumamente elevado.

El estudio administrativo proporcionó la solidez administrativa para la conformación de una empresa dedicada a la comercialización de sistemas híbridos de generación de energía,

esto permite dar las condiciones para la oferta y comercialización de los equipos y sienta las bases también para el desarrollo del estudio financiero. Este último estudio está sujeto a la información obtenida en los estudios técnico y administrativo y permite conocer los costos, presupuestos, capital de trabajo, financiamiento y diversa información financiera base para elaborar el estudio de factibilidad.

El estudio de factibilidad es la fase en la cual se determinó la viabilidad económica del proyecto con base en la información del estudio de preinversión. En este estudio se obtuvieron valores que califican al proyecto como rentable aún con ajustes en las variables económicas en el país. El costo por kWh de energía eléctrica obtenido con el sistema híbrido, es 48% superior al obtenido con un sistema fotovoltaico tradicional. Por lo tanto se considera que con apoyo gubernamental a través de planes de financiamiento o apoyos en la inversión, así como con programas para la electrificación de zonas rurales con energías renovables, sería factible la adquisición de sistemas híbridos por parte de las instituciones educativas lo cual se traduciría en un mejor nivel de vida escolar, mejor infraestructura lo cual impactaría directamente en la calidad educativa de las escuelas rurales.

En un futuro próximo será necesario reevaluar este trabajo con la tecnología que se tenga disponible a fin de mantener un monitoreo constante en el cual se puedan seleccionar tecnologías más eficientes y de menor precio, no solo para satisfacer una necesidad social, sino también para ofertar a los particulares este tipo de sistemas que a nivel mundial serán la tendencia de comercialización como respuesta a la disminución en la producción de hidrocarburos y a la contingencia ambiental que se agrava día a día. Además de que la demanda estimada es potencialmente alta.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores, el trabajo realizado, ofrece una adecuada aproximación de la situación actual de este tipo de tecnologías para el aprovechamiento de las energías renovables en México y provee de un panorama respecto a una decisión de inversión en el mediano plazo cuando los precios de los equipos disminuyan y sus eficiencias sean mayores.

Con base en lo antes mencionado y de acuerdo a la hipótesis planteada en el capítulo I, el nivel de eficiencia de los equipos impacta en el aprovechamiento de la energía eléctrica por el sistema híbrido y por lo tanto el dimensionamiento del sistema. El rendimiento hasta ahora alcanzado por los equipos, motiva a una selección de tecnologías de mayor precio y en el caso de los paneles solares y las baterías, también en una cantidad mayor de piezas. Provocando que el monto de la inversión se eleve considerablemente impactando directamente en el precio de venta al cliente y en la decisión de adquisición de éste.

Por lo anterior, se verifica la hipótesis planteada y se considera factible la constitución de la empresa bajo las consideraciones antes indicadas.

Durante la elaboración del trabajo se detectó que los precios de los equipos cambiaban continuamente en ocasiones disminuyendo gracias a promociones de venta, sin embargo esto puede ser una reacción del mercado ante la aparición de nuevas tecnologías con mayores niveles de rendimiento y sea una estrategia de “precio de salida” de los equipos.

Ante dicha variación se emplearon las cotizaciones con las fechas que se indican en el trabajo no teniéndose la certeza de que sean constantes incluso en el corto plazo.



La elaboración de la tesis presenta las siguientes aportaciones:

1. El proyecto considera el potencial de empleo de las energías renovables como es la energía solar.
2. Conjunta y considera el empleo de innovaciones tecnológicas para la generación de energía fotovoltaica, almacenamiento de energía, producción de hidrógeno y su posterior conversión a energía eléctrica.
3. Fomenta la independencia energética y la autosuficiencia de comunidades rurales sin acceso al suministro convencional de energía eléctrica.
4. El trabajo provee de una referencia documental aproximada sobre el futuro empleo de sistemas híbridos para producción de energía eléctrica en México.
5. Aporta información sobre proyectos novedosos en México que paralelamente se están desarrollando a nivel mundial.
6. Es una opción de suministro de energía limpia sin afectaciones al medio ambiente.
7. Provee a las comunidades rurales de un servicio básico indispensable que puede ser escalado a múltiples aplicaciones.

## **Bibliografía**

Abánades, Martínez. Montes, *Producción de Hidrógeno a partir de energía solar*, Centro de Análisis de Desarrollo Energético Sostenible, FFII Grupo de Termotecnia, ETSII-UPM

Abreu Beristain Martín, “Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión en México”, *U.A.M.* fecha de consulta Jun. 2009

Aceves, López, Pellat, *Estudio administrativo, un apoyo en la estructura organizacional del proyecto de inversión*, 2008.

Baca Urbina Gabriel, *Evaluación de Proyectos*. 5ª. ed. México, Mc Graw Hill 2006.

Bazán, Nava, *Prospectiva energética para el período 2014-2030 del sector de energía de México*, UNAM, 2005.

Bolívar Villagómez Héctor, *Elementos para la evaluación de proyectos de inversión*. 2ª. ed. México, UNAM, Facultad de Ingeniería 2005.

Botas, Calles, Dufour, San Miguel. “La Economía del hidrógeno-una visión global sobre la revolución energética del siglo XXI”, *ESCET*, año 2004.

Cabrera, Cuesta, Pérez, *Hidrógeno y Pilas de Combustible Actores del Sector*.

Calero, Lorenzo, “Análisis económico y de rentabilidad de la producción de energía fotovoltaica conectada a la red eléctrica para la isla de Lanzarote”, *Consejo de la Reserva de la Biósfera*, 2006.

Cano Castillo Ulises, “Las celdas de combustible: verdades sobre la generación de electricidad limpia y eficiente vía electroquímica”. *Boletín septiembre/octubre IIE*, 1999.

Carreola López Luis Alberto, *El hidrógeno como energético alternativo para México ante la crisis actual de combustibles fósiles: un análisis del costo de producción*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Aragón, UNAM año 2005.

Cayetano Gutiérrez Pérez, “Análisis comparativo de las diferentes energías renovables”. [www.disfrutalaciencia.es/eco1.doc](http://www.disfrutalaciencia.es/eco1.doc), Abr. 09.

Chávez Idalberto. “Desarrollo Mundial de la Energía solar fotovoltaica”. *Energía y tú, conciencia energética respeto ambiental XIII*, 2001.

Chiatzun, Mcgehee, “Organic Semiconductors for Low-Cost Solar Cells”, *FRONTIERS OF ENGINEERING, REPORTS ON LEADING-EDGE ENGINEERING FROM THE 2005 SYMPOSIUM*, National academy of engineering.

CIA country files, “European photovoltaic Policy Group, Eurostat, Pacific Gas & Electric, Public Policy”, *Institute of New York State*, McKinsey Global Institute analysis.

Ciceri Silvenses Hugo Norberto, *Decisiones de inversión en Plantas Químicas*. 2ª. ed. México, UNAM, Facultad de Química 2009.

Ciceri Silvenses Hugo Norberto, *Manual para la selección de tecnologías*. 1ª. ed. México, UNAM, Facultad de Química 2000.

CNE, “Energías secundarias”. <http://www.cne.cl>, fecha de consulta: Jun. 2009.

Comisión Nacional para el uso Eficiente de la Energía, resumen de la irradiación global media en Cuautla Morelos. [http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA\\_1433\\_irradiacion\\_en\\_la\\_re](http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_1433_irradiacion_en_la_re). 30 Jun. 2009. <http://www.mitecnologico.com/Main/AnalisisDePrecios>, 1 fecha de consulta: Jun. 2009.

CUBAENERGÍA, Grupo de Información y Planificación, División de Energía, 2009.

Devlin Peter, “Hydrogen Production and Delivery”, *Office of Hydrogen, Fuel Cells, & Infrastructure Technologies U.S. Department of Energy*, 2004.

Dincer, Yilanci, Ozturk, “A review on solar-hydrogen/fuel cell hybrid energy systems for stationary applications”. *Progress in Energy and Combustion Science* 35, 231–244, 2009.

*Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México*, SENER, 2006.

Energía solar, <http://www.instalacionenergiasolar.com>, fecha de consulta Abr. 2010.

Escobedo, Sánchez. “Curvas características en usos finales en edificios del sector terciario (con uso no residencial)”, *UNAM*, año 2005.

Esquivel, Sepúlveda y otros, “Aumento de la eficiencia de sistemas fotovoltaicos mediante lógica difusa implementada en un CPLD”, *Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital*. CITEDIPN. Departamento de Investigación, México.

Estadística Histórica del Sistema Educativo Nacional, [www.dgpp.sep.gob.mx/Estadi/NACIONAL](http://www.dgpp.sep.gob.mx/Estadi/NACIONAL), 12 May. 2009.

Fábrega Ramos Marc, “Hidrógeno, aplicación en motores de combustión interna”, *Facultad de Náutica de Barcelona*, curso 2008-2009.

Friedemann Alice, “The Hydrogen Economy – Energy and Economic Black Hole”, *Energy Bulletin*, 2004.

Future Hydrogen Production and Use: Letter Report Committee on Alternatives and Strategies for Future Hydrogen Production and Use, National Research Council, 2003.

Gido, P. Clements, *Administración exitosa de proyectos*. 3ª. ed. México, CENGAGE Learning, 2008.

Gordillo Gordillo Gerardo, “Conversión fotovoltaica de la energía solar”, *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 22(83): 203-211, 1998.

“Guía básica para el desarrollo de tecnología fotovoltaica”. *Unidad Politécnica para el Desarrollo y la Competitividad Empresarial*, I.P.N., 2006.

“Guía general para la preparación y presentación de estudios de evaluación socioeconómica de proyectos de reemplazo de equipos”. *CEPEP*, 3ª. ed., Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos. 2005.

“Guía para elaborar un plan de negocios”. *Unidad Politécnica para el Desarrollo y la Competitividad Empresarial*, I.P.N., 2006.

Gutiérrez, ULA-Tachira, “Avances de la Investigación”, *Núcleo universitario Pedro Rincón*, Venezuela.

Hernández, Hernández, Hernández, *Formulación y evaluación de proyectos de inversión*. 5ª. ed. México, Ed. Cengage Learning, 2008.

Herrera, Leandro. “Planeación y administración estratégica”. [www.auladeeconomia.com](http://www.auladeeconomia.com), 13 Jun. 2009.

Hevia Luis F., “*Gestión del riesgo*”, fecha de consulta: Mar. 2009.

International Energy Agency, fecha de consulta Jun. 2009.

Hurley Phillip, *Build a Solar Hydrogen fuel cell system*, Wheelock mountain publications, 2004.

International Energy Agency, fecha de consulta Jun. 2009.

Koontz, Weihich, *Administración una perspectiva global*. 12ª. ed. México, Ed. Mc Graw Hill, 2007.

López, Rodríguez, Solorza, “Solar-Hydrogen-Fuel Cell Prototype as a Source of Renewable Energy Generation”, *Departamento de Química, CINVESTAV-IPN, J. Mex. Chem. Soc.* 2007, 51(2), 55-58, 2007.

Lorenz, Pinner y Seltz, “The Economics of Solar Power”, *The McKinsey Quarterly*, Energy, resources and materials, junio 2008.

Manuales sobre energía renovable. *Biomasa*. 1ª. ed. San José, Costa Rica, 2002. FOCER Fortalecimiento de la Capacidad en Energía Renovable para América Central.

Manuales sobre energía renovable: Solar Fotovoltaica/Biomass Users Network (BUN-CA). 1 ed., San José Costa Rica, 2002.

Más Belso Joaquín P., “Rentabilidad en las instalaciones fotovoltaicas domésticas Marco legal y Ayudas”, *AGENCIA VALENCIANA DE LA ENERGÍA* 2005.

“Metodología para el análisis FODA”. *Dirección de Planeación y Organización*, Secretaría Técnica, I.P.N., 2002.

Nahui, Pineda, “Sistemas de energización híbrida para fines productivos en comunidades de Lambayeque, Perú”, *Mosaico Cient.* 3(1) 2006.

“Nuevas energías renovables: una alternativa energética sustentable para México (Análisis y propuesta)”. *Instituto de Investigaciones Legislativas del Senado de la República*, México, 2004.

P. J. Sebastian. “Sistema híbrido fotovoltaica-hidrógeno-celda de combustible para la producción de energía eléctrica”. *energia.fi-b.unam.mx/proyecto16/proyecto.pdf*, fecha de consulta Jun. 2009.

Perspectiva Estadística, INEGI, México, 2009.

Plataforma Tecnológica Española del Hidrógeno y de las Pilas de Combustible Grupo de Estrategia y Planificación, Primer Informe De Trabajos y Recomendaciones (PTEHPC060222), 2006.

PROSPECTS FOR A HYDROGEN ECONOMY, POSTNOTE No. 186 Parliamentary Office of Science and technology, October 2002.

*Qué es una investigación de mercado.* Unidad Politécnica para el Desarrollo y la Competitividad Empresarial, I.P.N., 2007.

R. Moomaw William, “Evaluación de obstáculos y oportunidades para la energía renovable en América del Norte”, *Escuela Fletcher*, Universidad de Tufts, 2002.

Ramírez, Torres, “Generación limpia de energía eléctrica”, *CINVESTAV*, 2006.

Raymon J. Bahm and Associates, Albuquerque, NM. 30 Jun. 2009.

Ríos Guerrero Leonardo, “Política de CTI de México, Dirección Adjunta de Desarrollo Tecnológico y Negocios de Innovación”, *CONACYT*, 2007.

Rodríguez Varela Javier, “Generación electroquímica de energía eléctrica: de los dispositivos electrónicos portátiles a las plantas industriales”, *CINVESTAV*, 2006.

Set for 2020, “Electricidad solar fotovoltaica: una de las principales fuentes de energía en Europa en 2020, Resumen ejecutivo”, *EPIA*. Fecha de consulta marzo de 2010.

Sunita Satyapal, “Research and Development at the U.S. Department of Energy on Hydrogen Production and Storage”, *FRONTIERS OF ENGINEERING, REPORTS ON LEADING-EDGE ENGINEERING FROM THE 2005 SYMPOSIUM*, *National academy of engineering*.



Stuart B. Adler, “Fuel Cells: Current Status and Future Challenges”, *FRONTIERS OF ENGINEERING, REPORTS ON LEADING-EDGE ENGINEERING FROM THE 2005 SYMPOSIUM*, National academy of engineering.

Vallado Fernández Raúl H., “Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión”. *Facultad de Contaduría y Administración, UADY*

Villaseñor Franco Edgar, *Las celdas de combustible: inicio de la era del hidrógeno*. Tesis de Maestría, Facultad de Ingeniería, UNAM 2000.

Visintín Arnaldo, “Conversión y almacenamiento de energía en base a hidrógeno”. *Estrategias en el Mercosur*, INIFTA, Facultad de Ciencias exactas, Universidad Nacional de la Plata. Fecha de consulta abril del 2010.

Wade A. Amos, “Costs of Storing and Transporting Hydrogen”, *National Renewable Energy Laboratory*, NREL/TP-570-25106, 1998.

World Energy Outlook 2004, International Energy Agency

## **Anexo A**

## Anexo "A" Carga instalada de la escuela primaria rural.

Cantidad de niños a atender: 30 alumnos por escuela

Infraestructura y desglose de demanda de energía por día.

1. Aulas, una por año escolar, es decir 6 aulas. Equipo por aula:

Equipo	Cant.	Watts	Hr de empleo	Consumo diario
Lámparas fluorescentes	2	25	8	2400

2. Laboratorios: un laboratorio de idiomas y uno más de ciencias

a. Laboratorio de idiomas

Equipo	Cant.	Watts	Hr de empleo	Consumo diario
Lámparas fluorescentes	2	25	1	50
Reproductor de audio	1	30	1	30
Reproductor de DVD	1	25	1	25
Televisión	1	150	1	150

b. Laboratorio de ciencias

Equipo	Cant.	Watts	Hr de empleo	Consumo diario
Lámparas fluorescentes	2	25	1	50
Eq. básico de lab.	---	150	1	150

3. Biblioteca, una general. Equipamiento:

Equipo	Cant.	Watts	Hr de empleo	Consumo diario
Lámparas fluorescentes	4	25	12	1200

4. Sala de cómputo, una general. Equipamiento:

Equipo	Cant.	Watts	Hr de empleo	Consumo diario
Lámparas fluorescentes	2	25	1	50
Computadoras PC's	5	100	1	500
No break	1	540	1	540
Impresora	1	75	1	75

5. Wc, dos, para mujeres y hombres. Equipamiento:

Equipo	Cant.	Watts	Hr de empleo	Consumo diario
Lámparas fluorescentes	4	25	2	200
Secador de manos	1	1300	0.5	1300

6. Comedor, uno general. Equipamiento:

Equipo	Cant.	Watts	Hr de empleo	Consumo diario
Lámparas fluorescentes	6	25	1	150
Licuadaora	1	250	0.06	15
Freidora	1	250	0.3	75
Horno de microondas	1	1200	0.4	480
Estufa eléctrica	1	4000	1	4000
Cafetera	1	80	1	80
Refrigerador	1	575	24	13800

7. Sala de asistencia social, una instalación. Equipamiento.

Equipo	Cant.	Watts	Hr de empleo	Consumo diario
Lámparas fluorescentes	2	25	1	50
Computadora PC	1	100	8	800
No break	1	105	8	840
Impresora	1	75	1	75

8. Oficinas administrativas, cuatro oficinas; Dirección, subdirección, sala de maestros y sala de cubículos de personal administrativo. Equipamiento:

Equipo	Cant.	Watts	Hr de empleo	Consumo diario
Lámparas fluorescentes	8	25	1	200
Computadora PC	6	100	8	4800
No break	1	540	8	4320
Impresora	2	75	1	150
Reproductor de audio	1	30	8	240
Reproductor de DVD	1	25	1	25
Televisión	1	150	3	450

9. Caseta de vigilancia, una instalación. Equipamiento

Equipo	Cant.	Watts	Hr de empleo	Consumo diario
Lámparas fluorescentes	2	25	8	400
Reproductor de audio	1	30	8	240

10. Iluminación exterior.

Equipo	Cant.	Watts	Hr de empleo	Consumo diario
Lámparas fluorescentes	6	85	3	1530
	1	85	13	1105

**Consumo total de Watts por día: 40545 Wh/día ó 40.55 kWh/día**

## **Anexo B**

## Anexo "B"

### Balance de materia y energía escenario mínimo.

Horas de sol máximo = $0.2705 (H_T) + 0.3908$	en invierno
Horas de sol máximo = $0.2705 (H_T) + 0.4690$	en verano
con $H_T$ en MJ/m <sup>2</sup> por día.	

Captación solar promedio obtenida de la Comisión Nacional para el uso Eficiente de la Energía.

**Mín.**      3.1      kWh / m2 por día      =      11.2      Mj / m2 por día
   

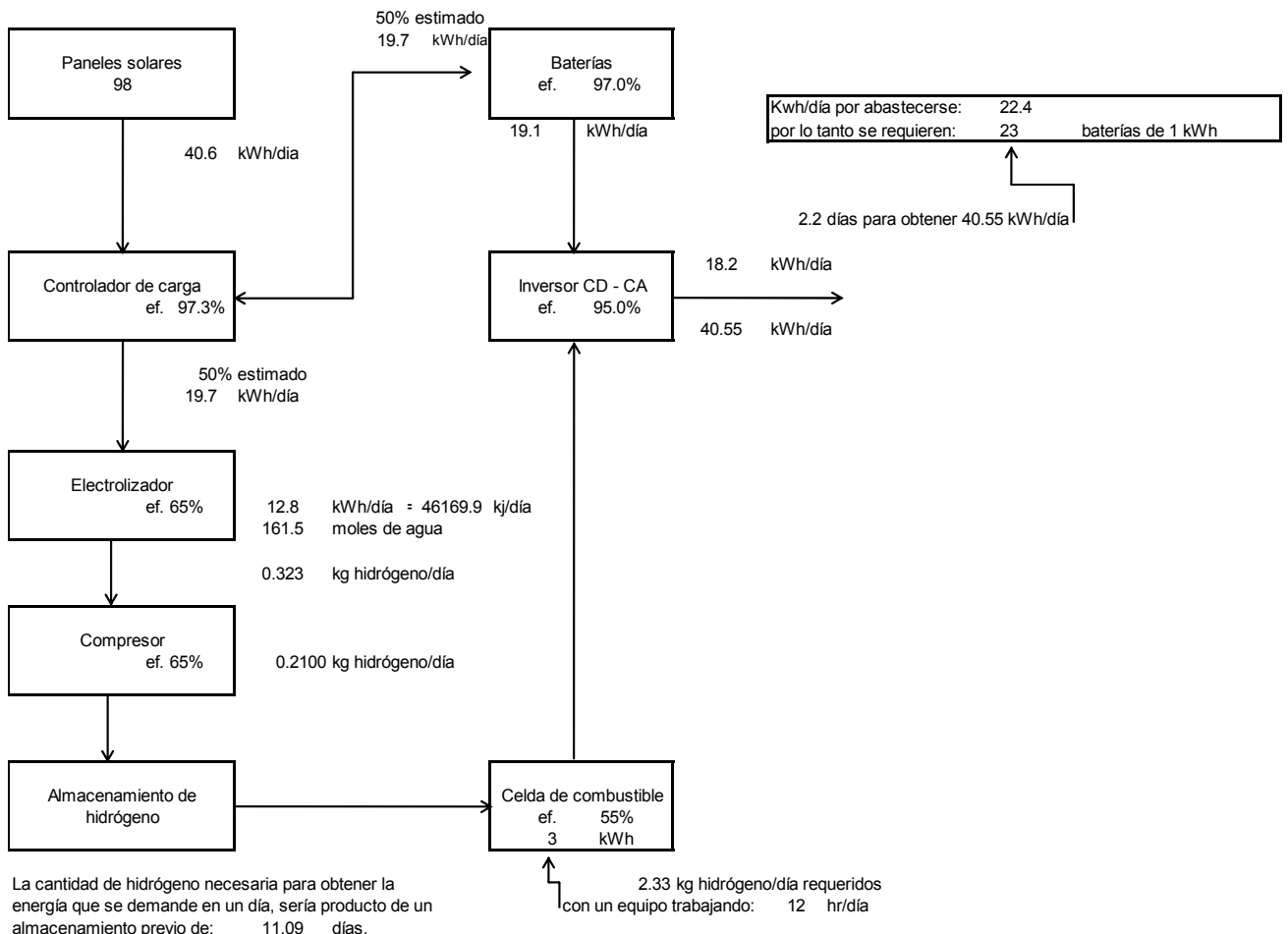
 ↗ 3.41      hr de sol en invierno
   
 ↘ 3.49      hr de sol en verano
   
 ↘ 3.45      hr de sol en promedio

Panel propuesto de: 120 W      ó      0.12 kWh

Demanda calculada: 40.55 kWh / día

Determinación de paneles necesarios:      capacidad panel por el promedio hr sol máx = 0.41 kWh / día
   
 cantidad de paneles que se requieren:      97.97      =      98

**40.6** kWh / día que se obtendrían con los 76 paneles.



## Balance de materia y energía escenario promedio.

Horas de sol máximo =  $0.2705 (H_T) + 0.3908$  en invierno  
 Horas de sol máximo =  $0.2705 (H_T) + 0.4690$  en verano  
 con  $H_T$  en MJ/m<sup>2</sup> por día.

Captación solar promedio obtenida de la Comisión Nacional para el uso Eficiente de la Energía.

**Med.**      4.6      kWh / m2 por día      =      16.6      Mj / m2 por día

→ 4.87      hr de sol en invierno

→ 4.95      hr de sol en verano

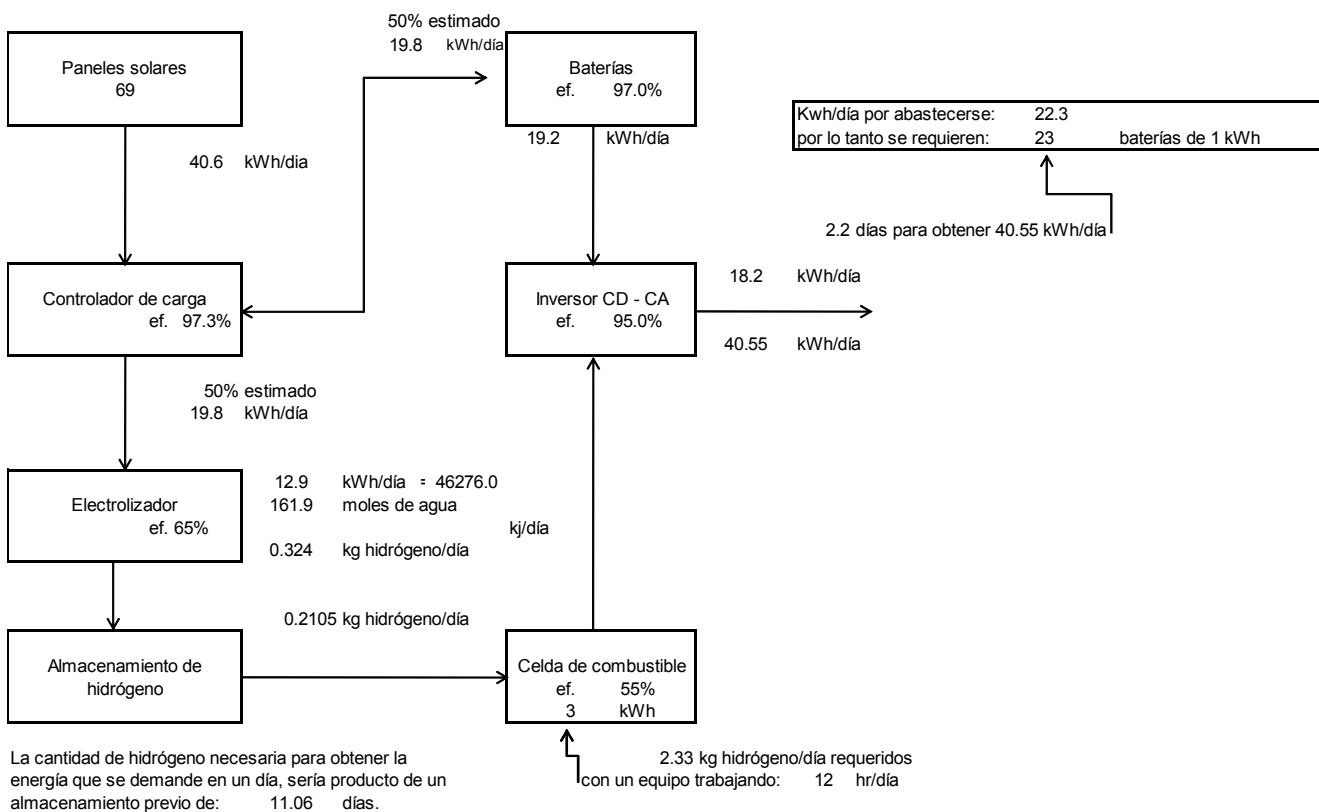
→ 4.91      hr de sol en promedio

Panel propuesto de:    120    W      ó      0.12    kWh

Demanda calculada: 40.55    kWh / día

Determinación de paneles necesarios:                      capacidad panel por el promedio hr sol máx =    0.59    kWh / día  
 cantidad de paneles que se requieren:                      68.82                      =      69

**40.6**      kWh / día que se obtendrían con los 67 paneles.



## Balance de materia y energía escenario máximo.

Horas de sol máximo =  $0.2705 (H_T) + 0.3908$  en invierno  
 Horas de sol máximo =  $0.2705 (H_T) + 0.4690$  en verano  
 con  $H_T$  en MJ/m<sup>2</sup> por día.

Captación solar promedio obtenida de la Comisión Nacional para el uso Eficiente de la Energía.

**Máx.**      5.7      kWh / m<sup>2</sup> por día      =      20.5      Mj / m<sup>2</sup> por día

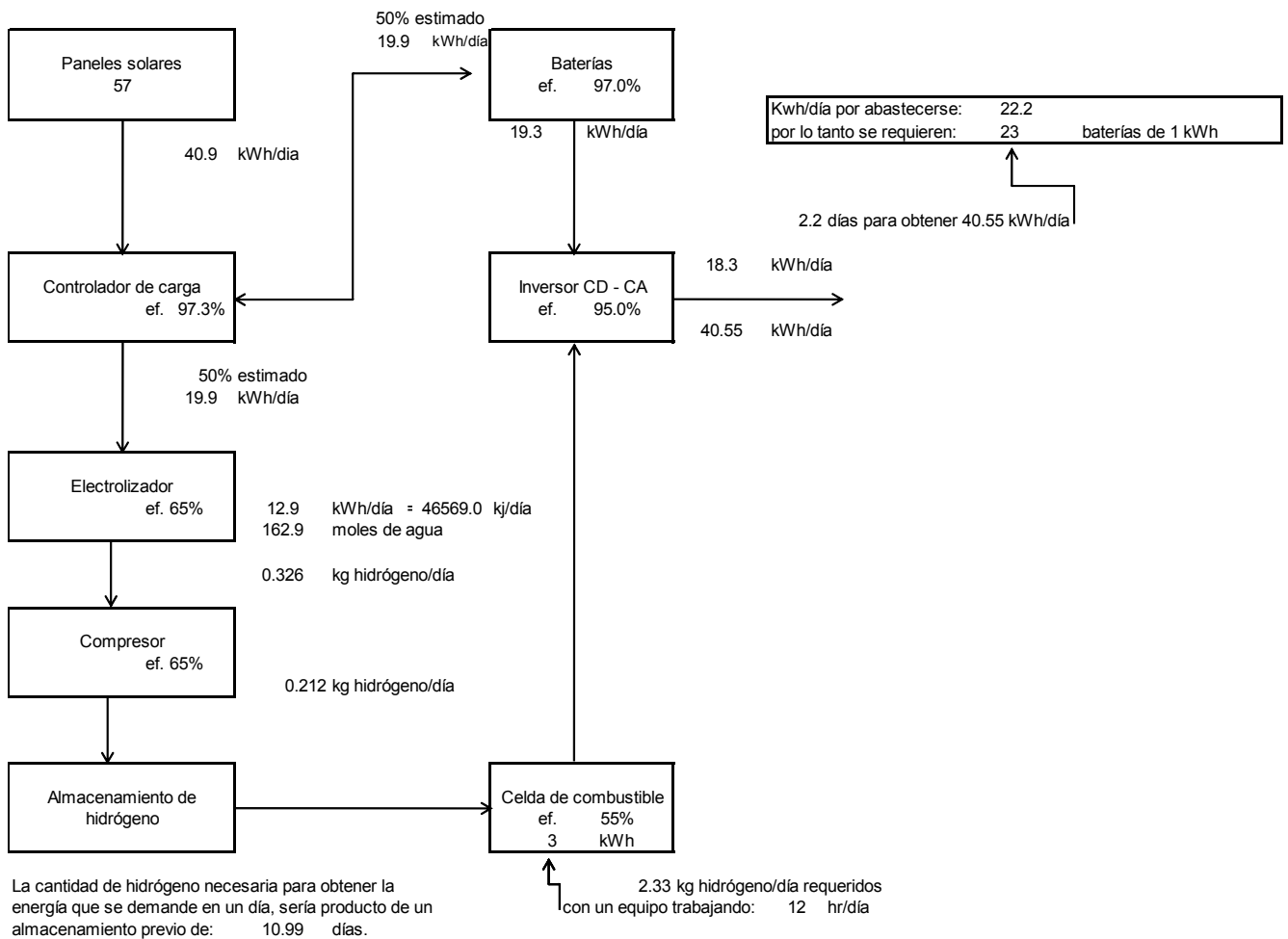
↗ 5.94      hr de sol en invierno  
 ↘ 6.02      hr de sol en verano  
 ↘ 5.98      hr de sol en promedio

Panel propuesto de:    120    W      ó      0.12    kWh

Demanda calculada:    40.55    kWh / día

Determinación de paneles necesarios:      capacidad panel por el promedio hr sol máx =    0.72    kWh / día  
 cantidad de paneles que se requieren:      56.50      =      57

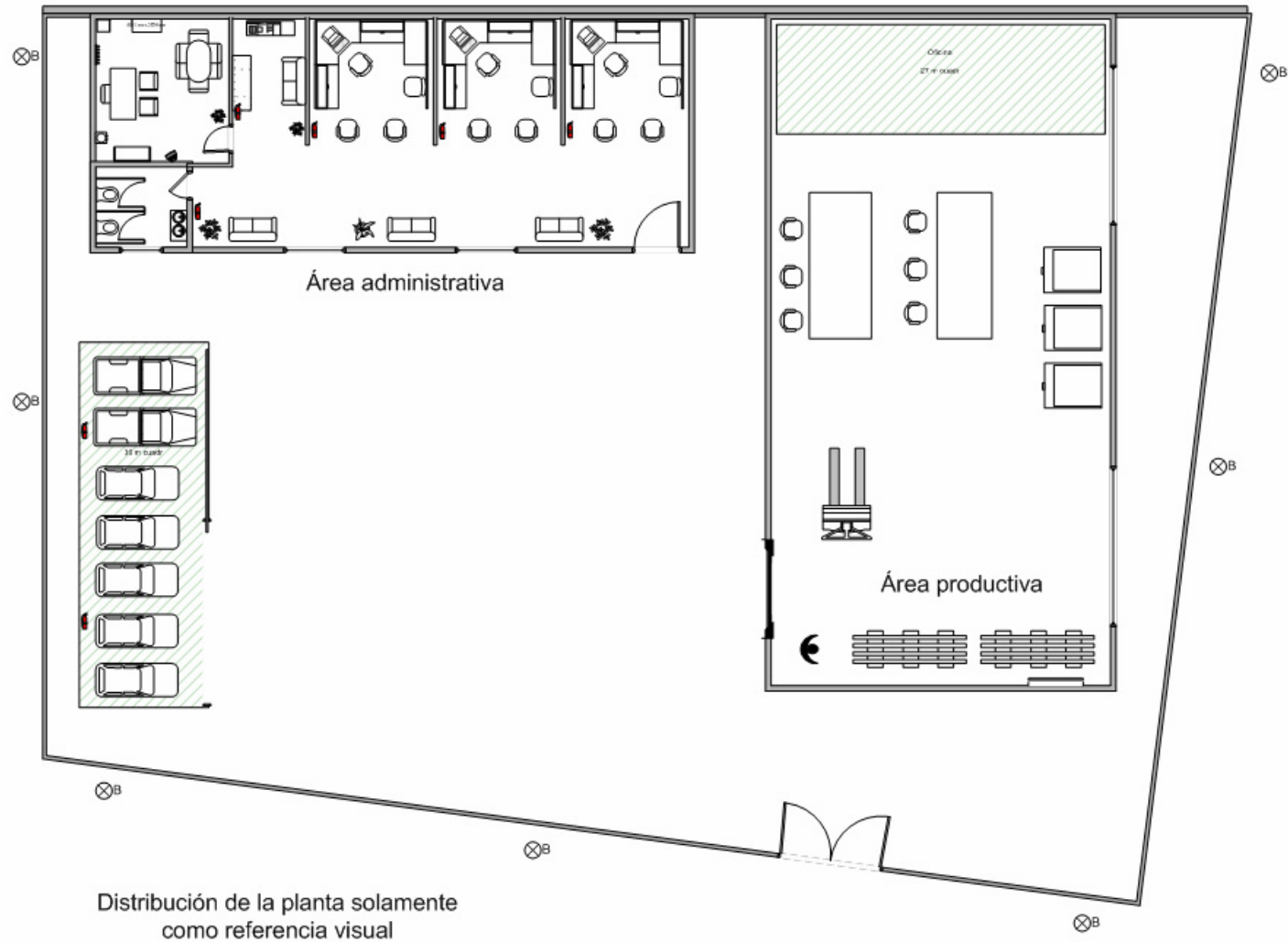
**40.9**      kWh / día que se obtendrían con los 55 paneles.





## **Anexo C**

## Anexo "C" Distribución de planta



## **Anexo D**

## Anexo “D”

### Indicadores estáticos para la evaluación de proyectos.

Dentro del análisis de un proyecto de inversión, es importante tener un comparativo o referencia entre los indicadores estáticos<sup>1</sup> y los dinámicos que proporcionan información respecto a la rentabilidad. Por ello, en este anexo, se tratarán cuatro de estos indicadores, a fin de poder analizar los resultados obtenidos en la parte final de este anexo y complementar los generados con los indicadores dinámicos; dichos indicadores son: el período de retorno de la inversión, rendimiento sobre la inversión, índice de beneficio y punto de equilibrio.

#### Período de recuperación de la inversión

Es un indicador que mide tanto la liquidez del proyecto, como el riesgo relativo en el corto plazo. Permite medir el plazo de tiempo que se requiere para que los flujos netos de efectivo de una inversión recuperen su costo o inversión inicial.

$$PR = \frac{\textit{inversión\_total}}{\textit{utilidad\_neta} + \textit{amortización}} = \frac{2,043,529.35}{5,334,634 + 129,582.35} = 0.37$$

Los datos fueron obtenidos del estado de resultados con inflación del 6%, financiamiento y con producción constante. El resultado del indicador muestra que el período de recuperación considerando un año laboral de 300 días, es de: 111 días.

---

<sup>1</sup> Estáticos puesto que no consideran el valor del dinero a través del tiempo dentro de su cálculo, a diferencia de los indicadores dinámicos, fuente: Ciceri Silvenses Hugo Norberto, *Decisiones de inversión en Plantas Químicas*. 2ª. ed. México, UNAM, Facultad de Química 2009.

Desventajas que presenta este indicador: Ignora los flujos netos de efectivo más allá del periodo de recuperación; sesga los proyectos a largo plazo que pueden ser más rentables que los proyectos a corto plazo; ignora el valor del dinero en el tiempo cuando no se aplica una tasa de descuento o costo de capital<sup>2</sup>.

### **Retorno sobre la inversión**

Este indicador, mide la tasa de la variación que sufre el monto de una inversión al convertirse en utilidades.

$$ROI = \frac{\text{utilidades}_{netas}}{\text{inversión}_{total}} * 100 = \frac{5,334,634}{2,043,529.35} * 100 = 261\%$$

Sí el ROI es menor o igual que cero, significa que el proyecto o futuro negocio no es rentable; y mientras mayor sea el ROI, significa que un mayor porcentaje del capital se va a recuperar al ser invertido en el proyecto. El ROI, debido por su simplicidad, es uno de los principales indicadores utilizados en la evaluación de un proyecto de inversión<sup>3</sup>. Para este proyecto en particular, el resultado es por demás adecuado puesto que se tiene un porcentaje muy alto en el porcentaje de recuperación.

### **Índice de beneficio**

Es la relación entre el valor presente neto y la inversión inicial. Sí el índice es mayor a cero se considera aceptable el proyecto.

---

<sup>2</sup>Ver: <http://www.pymesfuturo.com/pri.htm>, fecha de consulta 30 Ago. 2010.

<sup>3</sup> Ver: <http://www.crecenegocios.com/retorno-sobre-la-sobre-inversion-roi/> fecha de consulta 30 Ago. 2010.

$$ROI = \frac{VPN}{inversión\_inicial} = \frac{5,299,995.48}{2,043,529.35} = 2.59$$

Se emplea el VPN obtenido del estado de resultados con producción constante, inflación del 6% y financiamiento.

### **Punto de equilibrio**

El punto de equilibrio, es el volumen de ventas donde los ingresos totales son iguales a los costos totales, es decir, el punto de actividad donde no existe utilidad ni pérdida. Hallar el punto de equilibrio es hallar el número de unidades a vender, de modo que se cumpla con lo anterior (que las ventas sean iguales a los costos). De acuerdo a los costos fijos y variables identificados para la empresa, el punto de equilibrio donde los ingresos brutos por ventas y costos se igualan, se presenta a continuación:

Cantidad de sistemas proyectados a venderse en un año: 84

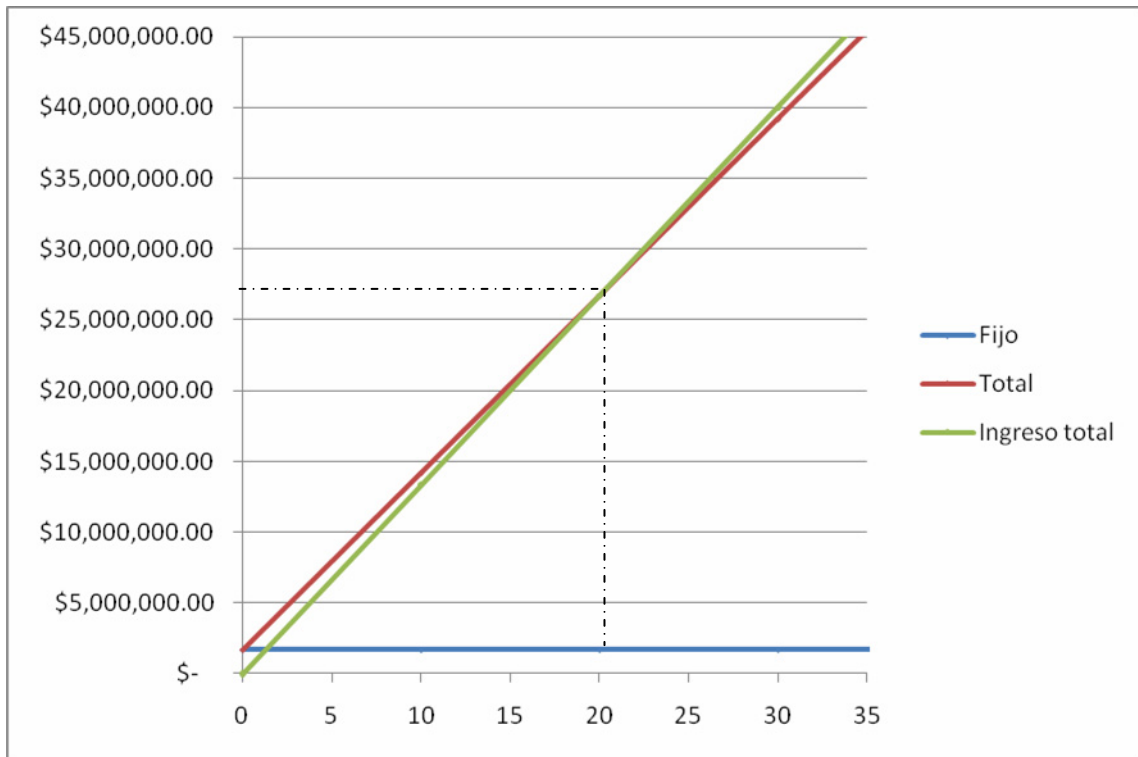
Gastos variables por sistema: 20,378.57

Costo unitario del sistema: 1,333,658.4

Gastos fijos por sistema: 1,249,772.29

Sistemas en el punto de equilibrio: 20.41

Gráfica del punto de equilibrio.



Fuente: elaboración propia a partir de la investigación.

Los resultados del cálculo del punto de equilibrio, tal como se ve en la gráfica, indican que una vez se hayan vendido 21 sistemas de generación de energía, los ingresos superaran a los costos y se empezarán a tener utilidades, es decir, es el límite mínimo de ventas que se puede esperar por la empresa; además la demanda estimada es suficiente para alcanzar el punto de equilibrio.

### Conclusiones.

Los resultados positivos obtenidos de los indicadores de carácter estático, tienen analogía con los indicadores dinámicos como el VPN y TIR calculados en el estudio financiero respecto a los resultados de viabilidad del proyecto. Esta coherencia, fundamenta y soporta aún más la decisión de inversión en el proyecto.