



**UNIVERSIDAD DON BOSCO
VICERRECTORÍA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN
INSTRUMENTO METODOLÓGICO DE DIAGNÓSTICO Y VIABILIDAD PARA
ESTABLECER LA PROPUESTA DE UN PROYECTO DE GENERACIÓN DE
ENERGÍA CON RECURSOS RENOVABLES EN LA MEDIANA EMPRESA**

**PARA OPTAR AL GRADO DE
MAESTRO(A) EN GESTIÓN EN ENERGÍAS RENOVABLES**

**ASESOR:
MAESTRO ISMAEL ANTONIO SÁNCHEZ FIGUEROA**

**PRESENTADO POR
ANA ELENA MELGAR SALVADOR
JORGE ALBERTO SALVADOR RODRÍGUEZ**

**Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, Centroamérica
Agosto de 2018**

RESUMEN EJECUTIVO

El Salvador cuenta con recursos limitados por su espacio territorial, y conscientes del agotamiento de sus recursos, especialmente los energéticos; así como, de la importancia en crear una agenda de país que permita encontrar soluciones a los problemas relacionados con el crecimiento económico por medio de la optimización en el uso de la energía, lográndose con ello incrementar la competitividad empresarial; hemos dispuesto la creación de un Instrumento Metodológico que permita consolidar y analizar toda la información involucrada en cada proyecto de generación de energía con recursos renovables, con el objeto de facilitar la toma de decisiones.

Considerando que en el entorno productivo nacional requieren mayor apoyo económico la mediana y pequeña empresa se ha buscado propiciar que en las mismas generen energía utilizando los recursos energéticos disponibles dentro de sus instalaciones y su entorno. Por ello, se ha desarrollado una metodología y un instrumento metodológico (IM), a seguir durante este proceso. Dicho instrumento facilita detectar, medir, evaluar, planificar y aprovechar los recursos energéticos y ponderar las variables más determinantes en la implementación de este tipo de proyectos, para establecer que alternativa de generación de energía le es más viable a la empresa.

En el documento se presenta el instrumento metodológico (IM) desarrollado, aplicado en la fábrica de cueros: Tenería La Sirenita. Y los diseños conceptuales de las dos alternativas de generación de energía que el IM muestra como resultado.

Como aplicación práctica del Instrumento Metodológico desarrollado, se presenta la prefactibilidad técnica y económica del proyecto de generación de energía renovable para determinar la que muestra un mejor desempeño. Con todo lo anteriormente expuesto, se busca cumplir una visión tecnológica encaminada hacia el aprovechamiento de los recursos.

En el primer capítulo se determina los objetivos, el alcance y la justificación, en la que se detalla y se establecen los lineamientos a seguir durante el desarrollo de la investigación.

En el capítulo dos se desarrolla el marco referencial, en donde se plantean los diferentes tipos de generación de energía renovables como el hidroeléctrico, geotérmico, eólico, solar, biomasa, biogás, así como también se desarrolla el marco teórico con una breve explicación de los diferentes fuentes de energía más utilizadas hoy en día. Información que sirve como referencia para la toma de decisión de la fuente energética a proponer.

Posteriormente, en el capítulo tres se desarrolla la metodología para realizar la investigación partiendo del diagnóstico y viabilidad de recursos, así como de la recopilación y revisión de información documental y lograr el diseño del instrumento metodológico y la implementación del instrumento en la empresa midiendo los recursos renovables con variables significativas.

El procesamiento de la información y elaboración del documento final del instrumento metodológico de diagnóstico y viabilidad, aparecen en el capítulo cuatro. Dicho IM permite la evaluación de los recursos renovables de una fábrica.

En el capítulo cinco se presentan los resultados de aplicar la Metodología y el Instrumento Metodológico a la Tenería la Sirenita, ubicada en el departamento de Santa Ana, en donde se desarrolla la etapa de diagnóstico de la situación actual de la empresa, la etapa de investigación y análisis y la etapa de entrega de resultados. Así como, el diseño conceptual de propuesta de proyectos de generación con fuentes renovables a evaluar. En el mismo capítulo como resultado de la evaluación se muestra la Pre factibilidad del proyecto mejor evaluado partiendo de los resultados de la matriz de evaluación y procesamiento de información.

En el diseño conceptual se evaluaron fuentes solar fotovoltaica, biomasa y otras fuentes de energía disponibles, sin embargo estas dos son las que salieron mejor evaluadas, y son a las que se les da más énfasis en el presente documento.

Luego se concluye en el capítulo seis con la discusión de resultados y conclusiones.

INDICE GENERAL

RESUMEN EJECUTIVO	i
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVOS.....	7
1.1.1. OBJETIVO GENERAL	7
1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
1.2. ALCANCE Y JUSTIFICACIÓN.....	7
1.2.1. JUSTIFICACIÓN.....	8
2. MARCO REFERENCIAL	11
2.1. Marco Teórico	11
2.1.1. Fuentes de Energía.....	12
2.1.1.1. Energía Solar Fotovoltaica	12
2.2. Marco Conceptual	16
2.3. Marco Contextual	17
2.4. Marco Legal	18
2.4.1. Norma para usuarios finales productores de Energía Eléctrica con Recursos Renovables; Acuerdo 367-E-2017.	18
2.4.1.1. Disposiciones Generales.....	18
2.4.1.2. Algunos Requerimientos Técnicos.....	19
2.4.1.3. Algunos Aspectos Sobre la Calidad de Energía	19
2.4.2. Ley de Incentivos Fiscales para la promoción de Proyectos de Generación de Energía con base en Recursos Renovables (Reformada).....	20
2.4.2.1. Exención de Derechos Arancelarios.....	20
3. METODOLOGÍA.	21
3.1. Recopilación y Revisión de Información Documental y Diseño de Instrumento Metodológico.	21
3.2. Implementación del Instrumento Metodológico en la Empresa, midiendo los recursos renovales con variables significativas.	21
3.3. Diseños Conceptuales de propuestas de Proyectos de Generación de Energía con fuentes renovables (fotovoltaico y biomasa) y su Evaluación.	22
3.4. Pre-factibilidad del Proyecto mejor evaluado.	22

3.5.	Procesamiento de Información y Elaboración del Documento final del Instrumento Metodológico de Diagnóstico y Viabilidad.....	22
4.	RESULTADOS – INSTRUMENTO METODOLÓGICO Y METODOLOGÍA DE APLICACIÓN.....	23
4.1.	Datos generales de la empresa.....	26
4.1.1.	Datos generales.....	26
4.1.2.	Datos de producción.....	26
4.2.	Procesos de producción.....	27
4.2.1.	Memoria descriptiva de las instalaciones.....	27
4.2.2.	Diagrama de los procesos.....	27
4.2.3.	Características de los principales consumidores de energía.....	28
4.3.	Análisis energético de la industria.....	29
4.3.1.	Fuentes de suministro energético.....	29
4.4.	Mediciones y registros de datos.....	30
4.4.1.	Mediciones eléctricas.....	30
4.4.2.	Mediciones del rendimiento térmico (%).....	30
4.4.3.	Mediciones del recurso energético renovable.....	30
4.5.	Consumos específicos y costos energéticos.....	30
4.5.1.	Consumos específicos de energía en la empresa.....	30
4.5.2.	Costo energético del establecimiento, factura eléctrica y tarifas aplicadas.....	31
4.5.3.	Repercusión de la energía en los costos variables.....	31
4.6.	Alternativas propuestas en la Consultoría de evaluación.....	31
4.7.	Resumen y Conclusiones.....	32
4.8.	Anexos del Instrumento Metodológico.....	33
5.	VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO METODOLÓGICO Y DISEÑOS CONCEPTUALES APLICADOS EN UNA MEDIANA EMPRESA: TENERÍA LA SIRENITA.....	34
5.1.	Procesos de producción.....	35
5.1.1.	Diagrama de los procesos.....	40
5.1.1.1.	Descripción de Proceso de Producción de Cueros.....	46
5.1.2.	Características de los principales consumidores de energía.....	63
5.1.2.1.	Análisis energético de la industria.....	65
5.1.3.	Mediciones y Registros de datos.....	66
5.1.3.1.	Mediciones eléctricas.....	66

5.1.3.2. Mediciones del rendimiento térmico (%).....	68
5.1.4. Consumos específicos y costos energéticos	69
5.1.5. Alternativas propuestas en la Consultoría de evaluación.	70
5.1.6. Resumen y Conclusiones.....	71
5.2. Diseño Conceptual	72
5.2.1. Generación de Energía con fuente Solar Fotovoltaica.	72
5.2.2. Generación de Energía con fuente Biomasa.....	77
5.3. Pre-factibilidad Técnica y Económica del Proyecto de Generación con Energía Renovable ...	82
6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES.	100
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	102

Índice de Figuras

Figura 1-1 Tasa de Crecimiento de la Demanda de Energía Eléctrica	2
Figura 1-2 Demanda de Energía Eléctrica en El Salvador, 2002 - 2017	3
Figura 1-3 Proyección del Crecimiento de la Demanda de Energía Eléctrica.....	3
Figura 1-4 Trilema energético de El Salvador, 2016.....	4
Figura 1-5 Perfil energético de El Salvador, 2016	5
Figura 1.2.1-1 Vista aérea de la Mediana Empresa, ubicada en Santa Ana.....	10
Figura 2.1.1.1-1 Paneles: Mono cristalino; Poli cristalino y Amorfo	14
Figura 2.2-1 Fuentes Renovables de Energía	17
Figura 4-1 Esquema de la Metodología de Trabajo para la Evaluación de los Recursos Renovables en una Mediana Empresa Industrial	24
Figura 4.2.3-1 Modelo de Esquema de Diagrama de Procesos.....	28
Figura 5.1-1 Organigrama de la dirección de La Sirenita, S.A. de C.V	38
Figura 5.1-2 Esquema de ubicación de La Sirenita, SA de CV	38
Figura 5.1-3 Vista en Planta con detalles de la topografía del terreno donde se ubica La Sirenita, SA de CV	39
Figura 5.1.1-1 Fotos del Área de Saladero.....	40
Figura 5.1.1-2 Esquema de Distribución en Planta del Área de Producción de la Tenería Sirenita.....	41
Figura 5.1.1-3 Fotografía de los Batanes en la Área Húmeda	42
Figura 5.1.1-4 Cueros en proceso de secado en túnel de secado y al aire libre	43
Figura 5.1.1-5 Acabados finales y medido de piezas.....	43
Figura 5.1.1-6 Pieles Terminadas en área de Acabado.	44
Figura 5.1.1-7 Bodega de producto terminado	44
Figura 5.1.1-8 Fotografía de una vista parcial del Taller de Mantenimiento	45
Figura 5.1.1-9 Área de almacenamiento de productos químicos	45
Figura 5.1.1-10 Tanques facultativos	46

Figura 5.1.1.1-1	Proceso General de Curtición de Pieles	49
Figura 5.1.1.1-2	Área de recepción de Pieles saladas, mesa para examinar calidad de pieles que ingresan.....	50
Figura 5.1.1.1-3	Flujograma de Proceso de Ribera	52
Figura 5.1.1.1-4	Batanes para las operaciones de Ribera y Curtido	53
Figura 5.1.1.1-5	Pieles apiladas, en la Etapa de Embancado o Apilado.....	54
Figura 5.1.1.1-6	Flujograma de Proceso de Curtido, Segunda Etapa: CURTIDO AL CROMO.	55
Figura 5.1.1.1-7	Flujograma de Proceso de Curtido al Vegetal.....	56
Figura 5.1.1.1-8	Desvenado de pieles	58
Figura 5.1.1.1-9	Flujograma de Proceso de Curtido de la Tercera etapa ACABADO EN HÚMEDO.....	58
Figura 5.1.1.1-10	Flujograma de Proceso de Curtido. Tercera Etapa: Acabado en húmedo o recurtido y engrase de curtido vegetal	60
Figura 5.1.1.1-11	Pieles secando pigmentos en etapa de acabado	61
Figura 5.1.1.1-12	Diagrama de proceso de acabado en seco.....	62
Figura 5.1.2-1	Balance General del proceso de Producción de cueros	63
Figura 5.1.3.1-1	Gráfica de Diferencia de Potencial del Sistema Trifásico.....	66
Figura 5.1.3.1-2	Gráfica de Intensidad de Línea de cada Fase del Sistema Trifásico.	67
Figura 5.1.3.1-3	Gráfica de Potencia Activa (kW).....	67
Figura 5.2.1-1	Vista aérea de conjunto y detalle del sitio propuesto (recuadro rojo) para el Sistema Solar Fotovoltaico.....	72
Figura 5.2.1-2	Vista de la estructura que soporta el techo en el área de producción	73
Figura 5.2.1-3	Vista del techo propuesto para la instalación - al fondo de la foto	73
Figura 5.2.1-4	Consumo de Energía Eléctrica mensual y análisis.....	74
Figura 5.2.1-5	Vista del posicionamiento del SSFV en la herramienta PVWatts Calculator de NREL ..	75
Figura 5.3-1	Vista aérea de conjunto y detalle del techo disponible (recuadro rojo) para el Sistema Solar Fotovoltaico.....	82
Figura 5.3-2.	Vista del medidor utilizado y perfil de consumo en un día laboral.....	82
Figura 5.3-3	Perfil de Carga Anual de la Tenería La Sirenita	83
Figura 5.3-4	Perfil de Carga en una Jornada Laboral.....	84
Figura 5.3-5	Perfil de Carga Anual en una Jornada Laboral	84
Figura 5.3-6	Perfiles de carga de los días sábado y domingo.....	85
Figura 5.3-7	Energía generada vrs Energía consumida en un día laboral, propuesta A.....	87
Figura 5.3-8	Energía generada vrs Energía consumida en un día sábado, propuesta A	87
Figura 5.3-9	Energía generada vrs Energía consumida en un día domingo, propuesta A	88
Figura 5.3-10	Energía generada vrs Energía consumida en un día laboral, propuesta B.....	89
Figura 5.3-11	Energía generada vrs Energía consumida en un día sábado, propuesta B	90
Figura 5.3-12	Energía generada vrs Energía consumida en un día domingo, propuesta B.....	90
Figura 5.3-13	Flujo de Caja del proyecto con inyección a la red y autoconsumo	91
Figura 5.3-14	Diagrama Unifilar genérico de Instalación fotovoltaica	93
Figura 5.3-15	Plana de la superficie fotovoltaica en el techo	93

Índice de Tablas

Tabla 1-1 Demanda de Energía Eléctrica en El Salvador desde 2012 al 2017.....	1
Tabla 1-2 Índice trilema energético comparativo de El Salvador, desde el 2014 hasta el 2016.....	5
Tabla 1.2.1-1 Tipos de Empresas y sus Características, en El Salvador.....	9
Tabla 2.1.1.1-1 Años de Fabricación de Paneles y celdas Fotovoltaicos.....	13
Tabla 2.1.1.1-2 Valores Promedio de Funcionamiento de un panel Fotovoltaico.....	15
Tabla 4.1.1-1 Ficha para los Datos Generales de la Empresa.....	26
Tabla 4.1.1-2 Datos de las personas de contacto.....	26
Tabla 4.1.2-1 Datos de Información de la Producción.....	27
Tabla 4.3.1-1 Datos del consumo energético de la fábrica.....	29
Tabla 4.6-1 Características generales de una Alternativa de generación de energía con fuente renovable.....	32
Tabla 4.7-1 Cuadro resumen de las Alternativas propuestas.....	33
Tabla 5-1 Datos generales.....	34
Tabla 5.1-1 Producción de La Sirenita S.A. de C.V. para el año 2017.....	36
Tabla 5.1-2 Personal en la fase de operación.....	37
Tabla 5.1-3 Colindantes del Terreno donde se ubica la Empresa.....	39
Tabla 5.1.1.1-1 Lista de Materiales para la Producción.....	47
Tabla 5.1.2-1 Procesos y balance de materia para la etapa de Ribera.....	64
Tabla 5.1.3.2-1 Reporte de Análisis de Combustión de la Caldera – primera parte.....	68
Tabla 5.1.3.2-2 Reporte de Análisis de Combustión de la Caldera – segunda parte.....	68
Tabla 5.1.4-1 Indicadores Energéticos que relacionan la producción y la energía.....	69
Tabla 5.2.1-1 Datos de Consumo de Energía Eléctrica en la Tenería La Sirenita y su análisis.....	74
Tabla 5.2.1-2 Información del Sistema Solar Fotovoltaico propuesto.....	75
Tabla 5.2.1-3 Resumen de Resultados de Generación de Energía y Ahorro por Autoconsumo.....	76
Tabla 5.2.2-1 Estimación de Biogás que es posible generar.....	77
Tabla 5.2.2-2 Descripción de la caldera.....	80
Tabla 5.2.2-3 Energía Equivalente (valor energético) Biogás vrs. otras fuentes.....	80
Tabla 5.3-1 Propuesta A de SSFV, con datos generales y energía generada.....	86
Tabla 5.3-2 Propuesta B de SSFV, con datos generales y energía generada.....	89

1. INTRODUCCIÓN.

Trabajar con la computadora, climatizar un área, operar una sierra eléctrica, realizar soldaduras, coser piezas de tela, mover con motores fajas transportadoras, calentar agua, secar con vapor son algunas de las actividades cotidianas que se realizan en muchas empresas, en las que se requiere energía para efectuarlas. En este sentido, la energía se vuelve un recurso básico para el desarrollo productivo empresarial e incide en la economía salvadoreña.

También es de notar que, el crecimiento económico y demográfico ha generado un aumento en la demanda energética nacional; esto lo ratifica la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) quienes afirman que “la demanda energética en Latinoamérica en las últimas décadas creció aceleradamente”. Este crecimiento en la demanda nacional, también lo confirman el Consejo Nacional de Energía (CNE), la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET) y la Unidad de Transacciones (UT) en sus informes.

La Unidad de Transacciones en su informe anual de 1999, presentó el análisis de la tasa de crecimiento de la demanda energética nacional desde 1993; en el mismo se detalla la variación mensual, señalándose la mayor tasa de 12.5 % y la menor de 2.3 %, en los años de 1993 y 1999 respectivamente (ver Figura 1-1).

Tabla 1-1 Demanda de Energía Eléctrica en El Salvador desde 2012 al 2017

Unidad de Transacciones, S.A. de C.V.

Demanda Total (GWh)



AÑO	GWh	Variación (%)
2002	4156.10	
2003	4311.58	3.7%
2004	4453.85	3.3%
2005	4679.23	5.1%
2006	5108.54	9.2%
2007	5264.20	3.0%
2008	5478.73	4.1%
2009	5499.98	0.4%
2010	5636.85	2.5%
2011	5755.58	2.1%
2012	5883.09	2.2%
2013	6000.18	2.0%
2014	6066.99	1.1%
2015	6310.46	4.0%
2016	6351.19	0.6%
2017	6343.46	-0.1%

En la Tabla 1-1, basándose en los reportes estadísticos de Demanda Total registrados en la Unidad de Transacciones, se presenta un consolidado de la Demanda de Energía Eléctrica que anualmente se ha consumido en El Salvador desde el 2002 hasta el año 2007, así como el análisis de la tasa de variación que anualmente ha mostrado. La mayor tasa durante este período es de 9.2 %, del 2005 al 2006, y la menor es de -0.1 % del 2016 al 2017. En la figura 1-2 se presentan gráficamente estos datos de Demanda de Energía Eléctrica.

TASA DE CRECIMIENTO DE LA DEMANDA DE ENERGIA, 1999.

Tasa de Crecimiento de la energía (%)							
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Ene	5.2	12.6	9.2	4.7	4.5	8.1	3.3
Feb	5.3	12.8	9.0	4.4	4.6	7.9	3.5
Mar	5.8	12.4	8.9	3.6	5.4	7.9	3.0
Abr	7.1	12.0	8.2	3.8	6.0	7.1	3.0
May	8.1	11.5	8.0	3.3	7.0	6.4	2.6
Jun	8.9	11.1	7.6	3.2	7.4	6.4	2.1
Jul	10.0	10.6	7.0	3.5	7.9	5.7	2.7
Ago	10.8	10.5	6.7	3.4	7.9	5.5	2.3
Sep	11.5	10.3	6.2	3.6	7.8	5.3	2.3
Oct	12.0	10.0	6.1	3.7	8.0	4.8	2.4
Nov	12.5	9.7	5.7	3.6	8.4	4.1	2.6

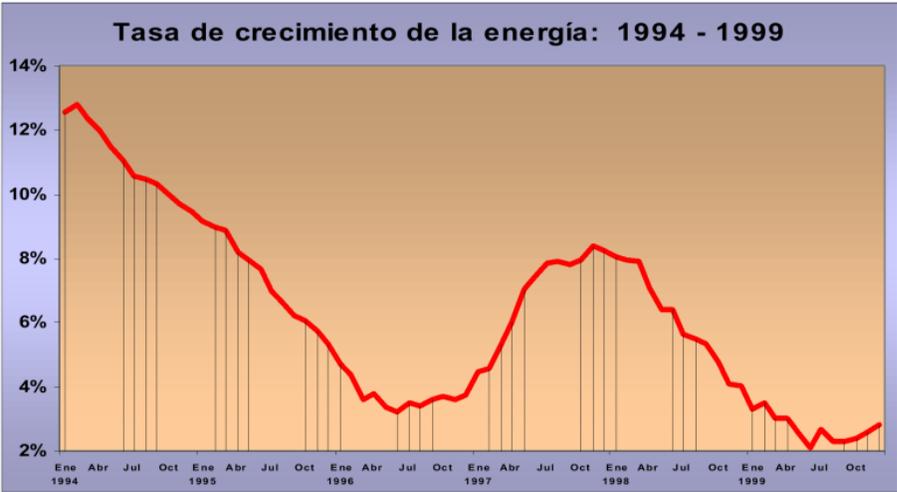


Figura 1-1 Tasa de Crecimiento de la Demanda de Energía Eléctrica

Crecimiento de la Demanda de Energía Eléctrica en El Salvador 2000-2017

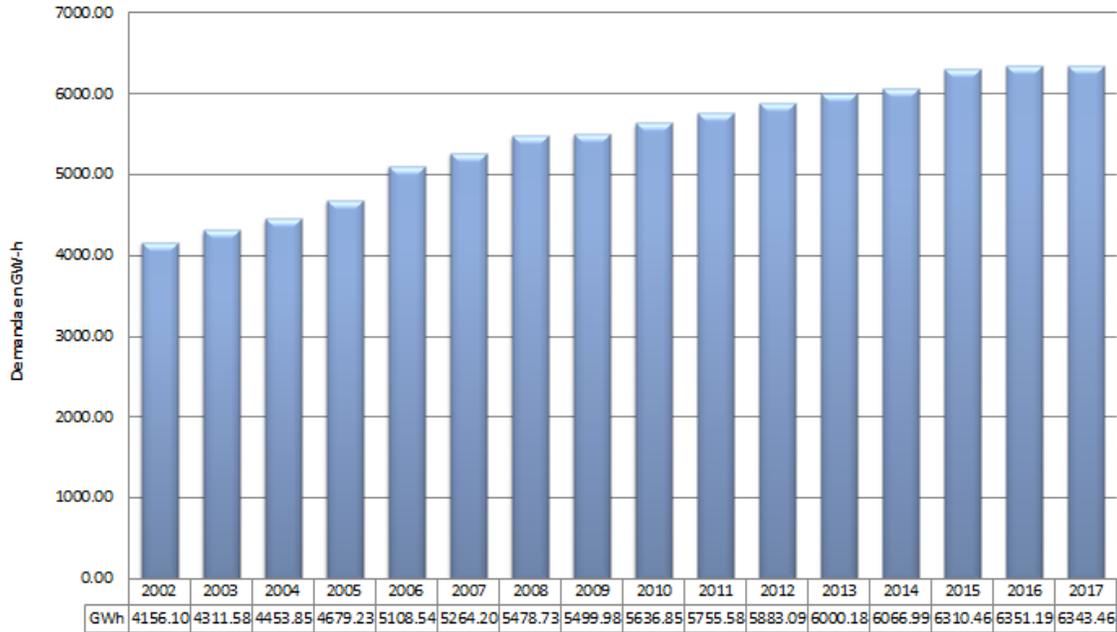


Figura 1-2 Demanda de Energía Eléctrica en El Salvador, 2002 - 2017

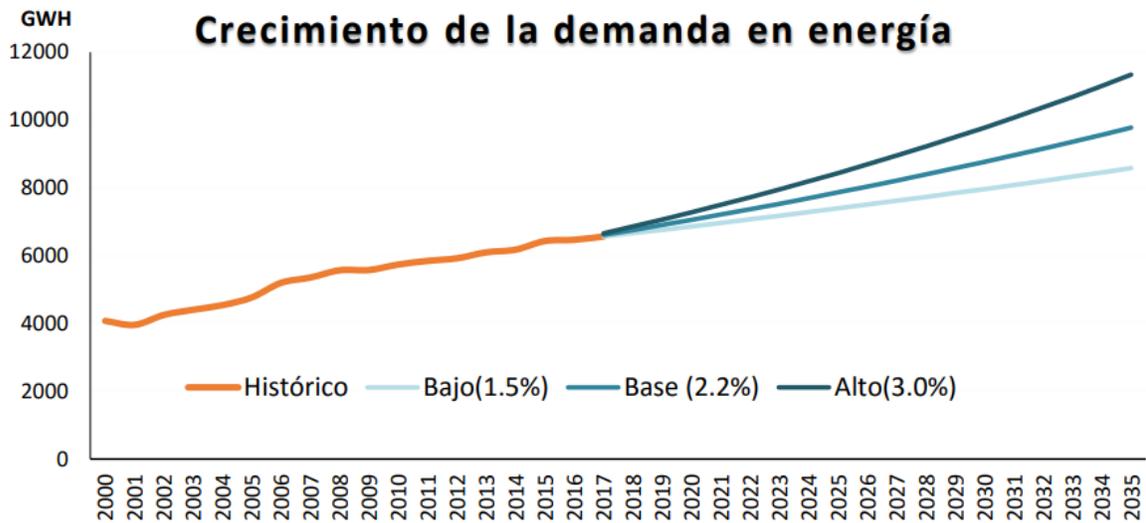


Figura 1-3 Proyección del Crecimiento de la Demanda de Energía Eléctrica

El Consejo Nacional de Energía en el “Plan Indicativo de la Expansión de la Generación Eléctrica de El Salvador 2018-2035”, presenta tomando como referencia datos históricos tres escenarios de demanda en energía eléctrica, ligados al crecimiento económico nacional y a variables como la temperatura, donde las tasas de crecimiento son de 1.5 % (Bajo), 2.2 % (Base) y 3.0 % (Alto). (Ver Figura 1-3)

El Consejo Mundial de la Energía (CME), acreditado por la ONU, se define a sí mismo, como una institución que lleva casi un siglo conduciendo el debate sobre la energía. El CME explica que: “con el propósito de orientar a legisladores y dirigentes del sector para que adopten las mejores decisiones” ha desarrollado el concepto del “trilema energético”, donde se busca equilibrar: Seguridad Energética, Igualdad Energética y Sostenibilidad Medioambiental, buscando promover un suministro y uso sostenible de la energía en beneficio de todos.

El CME define los componentes de este triángulo¹, en la siguiente forma:

“Seguridad energética, es la gestión eficaz del suministro energético primario proveniente de fuentes nacionales y extranjeras, la integridad de las infraestructuras energéticas y la capacidad de satisfacer la demanda actual y futura de parte de los proveedores energéticos.

Igualdad energética, un suministro energético asequible al que pueda acceder toda la población.

Sostenibilidad medioambiental, consiste en la consecución de la eficacia en materia energética, tanto desde el lado de la oferta como desde el de la demanda, y en el desarrollo del suministro energético de fuentes renovables y poco dependientes del petróleo.”

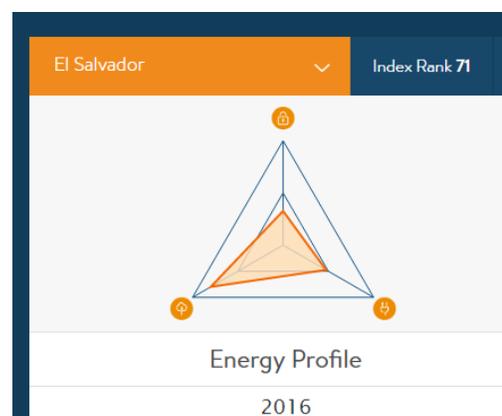


Figura 1-4 Trilema energético de El Salvador, 2016.

El CME al evaluar la situación energética de El Salvador utilizando el análisis del trilema energético, al cierre del 2016, el país fue ubicado en la posición 71; donde la seguridad energética y la equidad energética son sus aspectos más débiles y la sostenibilidad medioambiental es el componente que con mayor fortaleza se ha desarrollado en nuestro país (ver figura 1-4.)

Otro elemento, del CME, que contribuye a establecer el perfil del consumo de la energía a nivel nacional se obtiene analizando la matriz de fuentes de energía primaria, donde el petróleo, en el informe del 2016, representa un 45.93% y el recurso hídrico un 3.66% (ver figura 1-5)

¹ World Energy Council 2014

También se debe considerar la diversidad de fuentes de energía que se utilizan para generar electricidad (energía secundaria), donde el 39.29% proviene de generadoras térmicas convencionales que utilizan combustibles fósiles y, el 29.81% son plantas de generación hidroeléctricas.

Cabe señalar que el país ha avanzado (ver tabla 1-2), en forma global, desde el punto de vista energético; sin embargo, la seguridad energética ha disminuido y los avances en igualdad energética siguen siendo mínimos. Y comparando los países centroamericanos encontramos que Costa Rica con un índice de 42 sigue siendo el mejor evaluado con el trilema energético, por el CME.

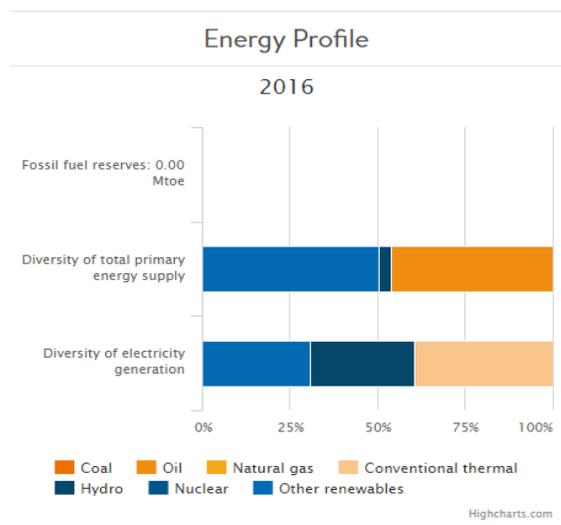


Figura 1-5 Perfil energético de El Salvador, 2016

Tabla 1-2 Índice trilema energético comparativo de El Salvador, desde el 2014 hasta el 2016

Balance Score CCA					
	2014	2015	2016	2016 Trend	2016 Score
Index Rank	74	73	71	▶	CCA
📍 Energy Security	80	89	87	▶	C
📍 Energy Equity	85	83	83	▶	C
📍 Environmental Sustainability	25	22	21	▶	A

Por lo expresado anteriormente, podemos afirmar que actualmente en El Salvador las formas tradicionales de generación de energía se basan en la utilización de recursos no renovables, como son los combustibles fósiles, y a través de grandes plantas hidroeléctricas y geotérmicas. Muchos de estos recursos se agotan, aumentan las importaciones y además contaminan el medio ambiente. Estas razones han promovido que en las últimas décadas a nivel mundial, se han emprendido diversas investigaciones que buscan nuevas alternativas para la obtención de energía en los recursos: sol, viento, biomasa, hidráulico y los océanos.

En el presente, la visión tecnológica está encaminada en aprovechar recursos, de tal manera que se pueda garantizar la sostenibilidad de la energía eléctrica y, en El Salvador que se cuenta con recursos limitados por el espacio territorial, y conscientes del agotamiento de los recursos energéticos, los cuales cada día son más escasos y más caros, se hace imperativo aprovechar y optimizar todos los recursos energéticos con que se pueda contar.

Desde la Cumbre de Rio el desarrollo de fuentes alternativas de generación de energía y fuentes renovables de energía se han constituidos en temas prioritarios para todos los gobiernos del mundo.

Por otra parte, al analizar el desarrollo de los pueblos la CEPAL² afirma que:

“Los países de América Latina y el Caribe (ALC) muestran, durante la última década, un mayor dinamismo económico, reflejado en una mayor tasa de crecimiento del PIB per cápita. Asociado a este mayor dinamismo se observa también un aumento del empleo, del consumo y la inversión, una reducción de la pobreza y una mejora en la distribución del ingreso. Sin embargo, este mayor dinamismo económico y sus consecuentes logros sociales, presenta también riesgos y contiene paradojas importantes que sugieren que resulta difícil de sostener el actual estilo de desarrollo en el largo plazo y que sugiere incluso que sus bases de sustentación son aún frágiles; más aún, persiste el riesgo de que el actual estilo de crecimiento este erosionando sus propias bases de sustentación.”

Entra las paradojas que se establecen esta: el “Crecimiento económico y energía en el largo plazo: el desafío energético”, afirmación³ que se sustenta en el hecho de que:

“Las economías de América Latina y el Caribe, como el conjunto de las economías modernas, son altamente dependientes del consumo de energía estableciéndose incluso diversos tipos de causalidad bidireccional entre ambas variables. Así, por ejemplo, el PIB de América Latina y el Caribe, para el periodo de 1980 a 2010, creció a una tasa anual promedio de 2,6% que fue acompañado con una tasa de crecimiento del consumo de energía de 2,4% para el mismo periodo... De este modo, un elevado y continuo ritmo de crecimiento económico en América Latina y el Caribe requiere, como una condición indispensable, disponer de una oferta de energía flexible, moderna, eficiente, a precios razonables y sostenibles ambientalmente. Ello representa una ventaja estratégica fundamental en la competencia internacional que incluso será más importante en el futuro”

Es así que para diferentes autores, el crecimiento económico necesario en El Salvador implica un crecimiento en la demanda de energía, lo que obliga el urgente y rápido crecimiento en la generación de energía y, siendo un país sin reservas petroleras, esto involucra un aumento en

² Galindo, Luis Miguel y otros. Paradojas y riesgos del crecimiento económico en América Latina y el Caribe, 2014, CEPAL.

³ Ídem 2

nuestras importaciones de combustibles fósiles con la consecuente fuga de divisas, si se utilizan generadores térmicos.

Por lo tanto, es importante en la agenda de país encontrar soluciones que permitan el Crecimiento Económico y la optimización de la energía que apoyará dicho crecimiento. Dicha optimización involucra un abanico de soluciones que incluyen: utilizar eficientemente todos los recursos disponibles, mantener competitivos los precios de la energía y reducir la intensidad energética, entre otros.

1.1. OBJETIVOS.

1.1.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer un Instrumento Metodológico (IM) (protocolo) que posibilite el diagnóstico y la viabilidad, técnica, financiera y ambiental, con la finalidad de elaborar la propuesta de un proyecto de generación de energía con fuentes renovables en la mediana empresa.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar un Instrumento Metodológico (IM) que permita detectar, medir, evaluar, planificar y aprovechar los recursos energéticos y todas las variables más determinantes en la implementación de un proyecto de generación de energía con recursos renovables en una mediana empresa.
- Validar el Instrumento en la Mediana Empresa visitada y establecer los Diseños Conceptuales de las propuestas de proyectos de generación de energía con recurso solar y biomasa, existentes en la empresa, ponderando su factibilidad técnica, financiera y ambiental.
- Validar las Ponderaciones de propuestas del IM, elaborando la Pre-factibilidad, Técnica y Económica, del proyecto de generación de energía renovable, con mayor viabilidad técnica, financiera y ambiental.

1.2. ALCANCE Y JUSTIFICACIÓN.

La Tesis de investigación y aplicación tiene el alcance que a continuación se detalla:

- Diseñar un Instrumento Metodológico de Diagnóstico y Validación que permita presentar propuestas de proyectos de generación de energía con los recursos energéticos de una Mediana Empresa salvadoreña.
- Establecer los tipos de energía (eléctrica y térmica) que utiliza la empresa y sus perfiles de consumo.
- Interpretar y presentar la forma en que la empresa consume energía.

- Evaluar para la empresa, que porcentaje representa la energía en su matriz de costos.
- Realizar un inventario de los recursos renovables, disponibles en la empresa, que pueden utilizarse para generar energía.
- Establecer que proyectos de generación de energía pueden desarrollarse con los recursos encontrados.
- Elaborar los Diseños Conceptuales de los proyectos posibles, con los recursos energéticos solar y biomasa, identificados en la empresa
- Analizar el proyecto que tiene mayor viabilidad y desarrollar el Anteproyecto del mismo.
- Elaborar el presupuesto del Anteproyecto
- Analizar la rentabilidad del proyecto, su impacto medioambiental y su impacto social.
- Evaluar y retroalimentar el IM de Diagnóstico y Validación.
- Comparar y concluir los beneficios que le brinda a una Mediana Empresa un proyecto de generación de energía con fuentes renovables.

1.2.1. JUSTIFICACIÓN.

Actualmente el salvadoreño afronta muchas necesidades: alimentación nutritiva, vivienda digna, servicios de salud adecuada, seguridad, entre otros. Con una economía que ha venido creciendo muy lentamente por debajo del resto de Centroamérica, de acuerdo a las declaraciones de la CEPAL, fortalecer la competitividad de todos los sectores económicos que contribuyen con los ingresos en El Salvador es una urgente necesidad, especialmente si en este sector productivo se generan empleos.

Una forma de fortalecer la competitividad de una empresa es reducir sus costos de operación. Y si adicionalmente, se incrementan sus oportunidades de ingresos se mejorarán las perspectivas financieras en la misma y la posibilidad de sostener su cantidad de empleos o incrementarla.

Dichas empresas en el país se clasifican, de acuerdo a diferentes instituciones⁴ por su tamaño, capital de trabajo y número de trabajadores en: Grande, Mediana, Pequeña y Micro. Y es FUSADES que establece para cada tipo de empresa, las características que se presentan en la tabla 1.2.1-1

Considerando estas características se puede visualizar que son las Medianas, Pequeñas y Micro empresas las que requieren más apoyo para incrementar su competitividad. Y siendo parte de su matriz de costos, la energía consumida en las mismas, cualquier reducción en los gastos de este rubro, les representa un aporte significativo. Una forma eficaz de reducir los gastos en energía es evaluar y generar su propia energía con potenciales recursos energéticos, que ya posee la empresa, y no están siendo utilizados o son sub-utilizados.

⁴ Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social (FUSADES), el Banco Central de Reserva (BCR), Banco de Desarrollo de El Salvador (BANDESAL), Ministerio de Economía (MINEC)

Tabla 1.2.1-1 Tipos de Empresas y sus Características, en El Salvador

TIPO DE EMPRESA	CARACTERISTICA
Grande	Cuenta con los mejores recursos económicos, materiales, organizacionales, tecnología avanzada.
Mediana	Se encuentran en proceso de crecimiento habiendo superado las etapas de talleres artesanales o familiares. Cuentan con instalaciones adecuadas a su demanda, usando la tecnología moderna y personal a todo nivel económico
Pequeña	Iniciativa modesta en magnitud y capacidad, con escasos recursos económicos y con participación de personal que no pertenece al núcleo familiar.
Micro	Iniciativa modesta en magnitud y capacidad, principalmente de tipo familiar y con escasos recursos económicos.

Es por ello, que visualizar, cuantificar y utilizar estos recursos energéticos contribuye a racionalizar y disminuir los gastos energéticos en una empresa.

Adicionalmente, si estos recursos son renovables se brinda un valor agregado a los productos o servicios que estas empresas comercializan, lo cual ofrece la posibilidad de mejorar ingresos por incursionar en mercados que aprecian los bienes y servicios de empresas "verdes" y están dispuestos a pagar mejores precios por los mismos.

Estas dos grandes oportunidades pueden aprovecharlas más fácilmente las empresas que ya están exportando o tienen la posibilidad de hacerlo y, siendo la Mediana Empresa la que cumple con esta premisa se considera que apoyarla con un Instrumento Metodológico que le facilite visualizar y utilizar sus recursos renovables disponibles, causará un impacto positivo en la generación de empleos y la microeconomía nacional.

Por lo anteriormente expresado para desarrollar un IM que se valide en una mediana empresa es de utilidad para nuestro país. Por ello, se visitó y evaluó una fábrica que comercializa sus productos en el mercado nacional y ha iniciado operaciones de exportación de algunos artículos.

Esta mediana empresa, ubicada en Santa Ana (ver figura 1.2.1 1), está dedicada al rubro del procesamiento de cueros. Y desde el 2000, ha invertido para mejorar sus procesos con materiales menos contaminantes y materias primas (en sus procesos) más amigables con el medio ambiente y biodegradables. También ha estado invirtiendo en modernizar tecnologías, optimizar procesos y desarrollar productos innovadores para el consumo nacional y de

exportación. Por ello, están interesados en instalar un sistema de generación de energía con fuentes renovables para que sus productos de exportación cuenten con un valor agregado en la calidad de los mismos y reducir sus costos actuales que en el rubro de energía se consumen en sus procesos productivos y administrativos.

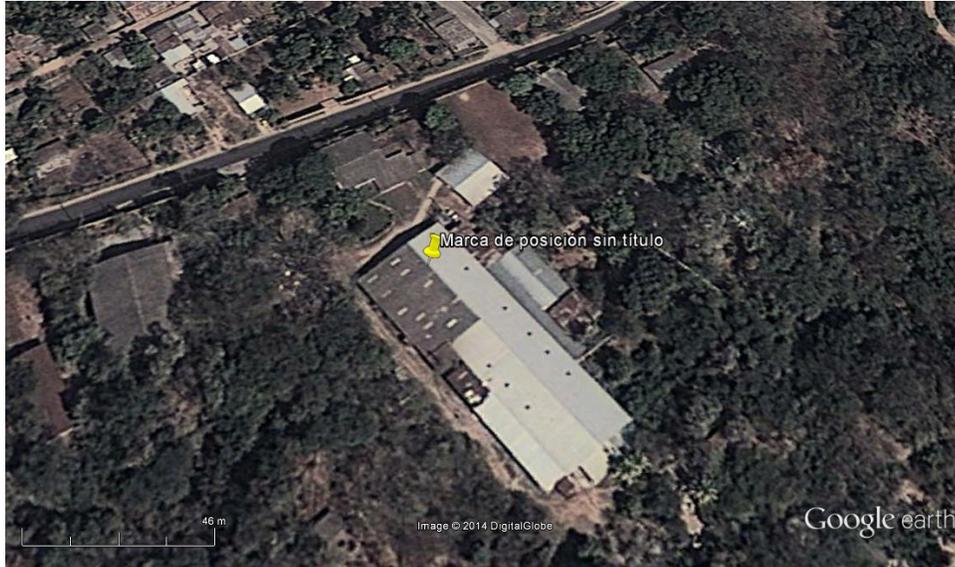


Figura 1.2.1-1 Vista aérea de la Mediana Empresa, ubicada en Santa Ana.

2. MARCO REFERENCIAL

Este capítulo desarrolla algunos tópicos fundamentales para el desarrollo de un Instrumento Metodológico que facilite la visualización de los recursos renovables que existen en una mediana empresa y su cuantificación, con la finalidad de analizar las diferentes alternativas de generación de energía que puedan implementarse, permitiendo la selección con criterios técnicos, económicos y ambientales de la mejor alternativa. La unidad de generación se instala con el objeto de abastecer la demanda interna de la empresa y, bajo una condición temporal y excepcional, por un período corto de tiempo podría inyectar excedentes de energía a la red de distribución eléctrica sin fines comerciales.

2.1. Marco Teórico

En la actualidad, la tendencia mundial se enfoca al uso de energías renovables, mismas que son amigables con el medio ambiente, aprovechando los recursos naturales para generarlas (Vega, 2010). Las fuentes de energías renovables se han convertido en un tema prioritario en las agendas energéticas, tanto en los países industrializados como en muchas economías en desarrollo, gracias a sus efectos beneficiosos en las esferas económicas, sociales y ambientales (Del Sol, 2008). Así, se destaca la importancia de disponer de fuentes alternativas de energía para satisfacer la demanda de las grandes naciones al proporcionar la expansión del crecimiento en las fuentes alternativas (Vilela y Araújo, 2006).

De acuerdo a Bertinat (2004), esta tendencia requiere estar fundamentada en los siguientes pilares, condiciones y criterios:

- ✓ Seguridad en el abastecimiento de los diversos insumos energéticos.
- ✓ Reducción de la actual dependencia energética.
- ✓ Prevenir y revertir los impactos ambientales locales y globales, resultantes del actual sistema de producción y consumo de energía.
- ✓ Asegurar la cobertura y el acceso equitativo de toda la población a los recursos y servicios energéticos.
- ✓ Garantizar la participación democrática de la población en los procesos de decisión sobre las políticas y proyectos energéticos.

A partir de la gran importancia que ha tomado este tema, las políticas energéticas de los diferentes países se han enfocado en aumentar gradualmente el suministro de energía renovable, elaborándose para ello una estrategia de desarrollo que diversas regiones, tales como la Unión Europea, Sudamérica y Centroamérica busquen un modo de aprovechar los recursos naturales para la producción de energía, mismos que minimicen el impacto ambiental de la actividad humana sobre el ambiente natural (Bertinat, 2004).

De lo anteriormente expresado, el uso de las fuentes alternativas para la generación de energía eléctrica ha tomado un auge importante; en particular el uso de la energía solar, que mediante su utilización, se espera satisfaga la demanda de energía de diversas actividades humanas.

2.1.1. Fuentes de Energía.

Las fuentes de energía se definen como “los recursos existentes en la naturaleza de los que la humanidad puede obtener energía utilizable en sus actividades (Meléndez, 2008).” A su vez, estas fuentes de energía, tienen su origen en las fuentes no renovables y renovables, esto de acuerdo al ritmo de consumo de energía que el ser humano requiere. Sin embargo, en la actualidad algunos problemas relacionados con el desarrollo económico mundial son concernientes con la capacidad energética de cada país (Hernández, 2006).

Existen diferentes fuentes de energía, las cuales se pueden clasificar, de acuerdo a su origen, en dos grandes grupos:

- a. **Fuentes no-renovables:** las cuales están disponibles en cantidades limitadas y se agotan por su uso, como los **combustibles fósiles** (carbón mineral, petróleo, gas natural). Estas fuentes tienen la característica de que, una vez utilizadas para la generación de energía, no se pueden volver a usar.
- b. **Fuentes renovables:** son todas aquellas que no se agotan por su uso, como la energía del viento y del sol. El agua y la biomasa también se incluyen en esta categoría, aunque son renovables bajo la condición de que la fuente se maneje en forma apropiada, por ejemplo, las cuencas hidrológicas y plantaciones de árboles.

2.1.1.1. Energía Solar Fotovoltaica

El término fotovoltaico, engloba el conjunto de tecnologías que nos permiten la conversión directa de la luz solar en electricidad, mediante dispositivos electrónicos llamados células o celdas.

En la tabla 2.1.1.1-1 se presenta la línea de tiempo de los acontecimientos históricos más relevantes en el desarrollo de esta tecnología.

Ventajas del Uso de Energía Fotovoltaica

1. No precisan suministro de combustible alguno para su operación.
2. Son poco contaminantes.
3. Son muy fiables, su operación y mantenimiento son muy sencillos y al alcance de personal escasamente especializado.
4. Sus costos actualmente se ha ido reduciendo considerablemente.

5. Su vida útil es muy larga, probablemente superior a los 30 años, sin que muestren apenas degradación.

Tabla 2.1.1.1-1 Años de Fabricación de Paneles y celdas Fotovoltaicos.

Año	Acontecimiento histórico sobre celdas y paneles fotovoltaicos
1883	Primera Celda fotovoltaica de estado sólido, de selenio con una eficiencia de 1%
1946	Russell Ohl patenta la primera moderna célula solar en unión semiconductor.
1955	Western Electric por primera vez comercializó Células Solares
1958	El Vanguard I, fue el primer satélite solar, disponía de un módulo fotovoltaico para alimentar un transmisor de 5 mW; por el costo de las celdas, eran usadas solo en la industria aeroespacial
1973	El embargo de petróleo iniciado por los países de la OPEP, despertó el interés en el uso de celdas solares. En esta etapa, la energía fotovoltaica dejó de ser solo de uso aeroespacial, para comenzar a tener usos terrestres
	El avance más grande desde la década de los 50's es la fabricación de celdas de silicio y en la actualidad en celdas que combinan varios semiconductores conectados, formando celdas multiunión

El Efecto Fotovoltaico

Fue descubierto por el físico francés Edmund Bequerel en 1839. La conversión de la energía solar en electricidad depende del efecto fotoeléctrico, que es la emisión de electrones de una superficie sólida cuando se irradia con emanaciones electromagnéticas (fotones).

Los fotones de la luz solar, inciden sobre la celda fotovoltaica, pudiendo ser reflejados, absorbidos o pasando a través de la misma, sin embargo, solo los fotones absorbidos pueden generar energía eléctrica, ya que la energía del fotón se transfiere a un electrón que es capaz de escapar de su posición normal para formar parte de la corriente en un circuito eléctrico.

Celda Fotovoltaica

Las celdas fotovoltaicas, se componen por capas de semiconductores, que están dopados para formar la parte positiva y la parte negativa para dar lugar a la formación del campo eléctrico,

por ello se denomina capa tipo “p” o tipo “n”, la razón para usar estos materiales, es que a bajas temperaturas funcionan como aislantes y al aumentar la temperatura como conductores.

Las células solares están fabricadas con dos o más capas de semiconductores, entre las cuales, se forma un campo eléctrico suficiente como para separar las cargas de signo diferente y permitir la generación de corriente cuando reciben radiación luminosa.

Su estructura básica es una oblea de silicio contaminada con pequeñas cantidades de fósforo y boro para crear en su superficie frontal un campo eléctrico interno. Se deposita por impresión en ambas caras un enrejado de plata y/o aluminio que se utilizan como electrodos para extraer la corriente eléctrica generada en el interior de la celda. La celda tiene un recubrimiento anti reflejante para hacerla oscura y que atrape más luz, y algunas tecnologías también la superficie frontal son texturizadas para disminuir la reflexión de la luz.

El 80% de la luz absorbida se convierte en calor, el 20% restante transfiere la energía a los electrones de los átomos de silicio en forma análoga a una bola de billar cuando choca con otra, los electrones son liberados del átomo y pueden moverse en la oblea. El campo eléctrico atrae los electrones a la superficie de la celda y se acumularan ahí, dando como resultado una tensión medible exteriormente, lo que produce el efecto fotovoltaico.

En las células fotovoltaicas lo más común es utilizar como elemento semiconductor el silicio. Las hay de silicio monocristalino, policristalino y amorfo como lo muestra la Figura 2.1.1.1-1, a continuación:

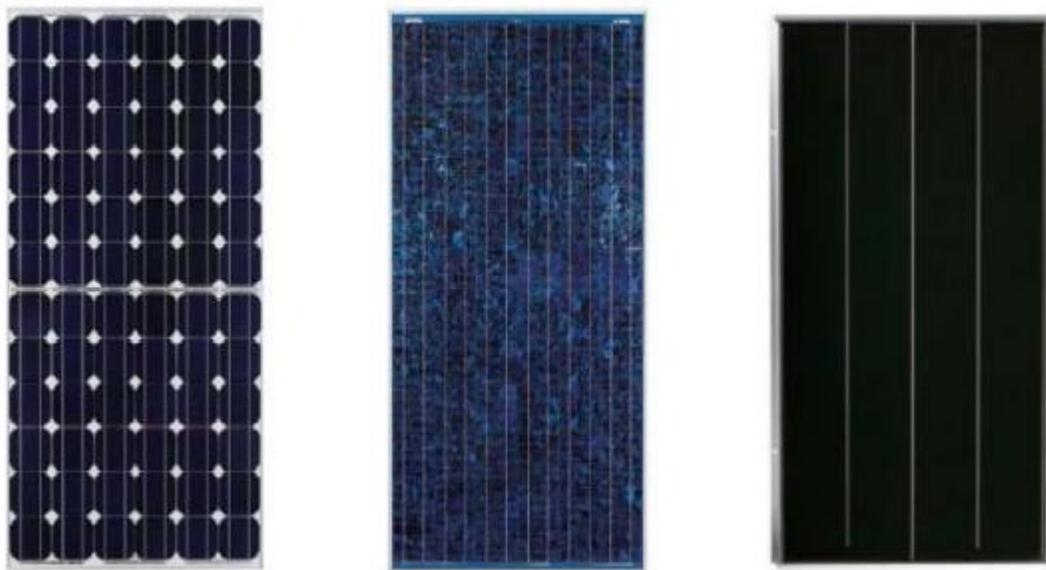


Figura 2.1.1.1-1 Paneles: Mono cristalino; Poli cristalino y Amorfo

Panel Fotovoltaico

Una celda solar fotovoltaica aislada, proporciona una potencia reducida, con el fin de obtener potencias mayores para aparatos de media potencia, hace falta unir un cierto número de celdas en serie y paralelo, con lo que se aumenta la tensión eléctrica y la corriente.

Un panel, colector, o también llamado modulo fotovoltaico está conformado por un conjunto de celdas que producen electricidad a partir de la luz solar que incide sobre ellos. En un módulo fotovoltaico, hay un número determinado de celdas que al estar interconectadas producen la cantidad de electricidad que según el caso se requiere, también los módulos pueden interconectarse hasta lograr la tensión necesaria para la iluminación, el bombeo de agua, entre otros.

Es importante destacar que las conexiones entre paneles se hacen en serie para alcanzar la salida de tensión deseada y en paralelo para lograr la cantidad de corriente necesaria. Además una celda solar fotovoltaica caliente disminuye su eficiencia, por lo que es importante mantener una temperatura lo más baja posible, lo que se puede lograr por medio de un sistema de enfriamiento o tratando de proveer de buena ventilación natural a cada panel que forma el sistema.

A partir de los 25°C que se considera una temperatura estándar, el módulo empieza a perder tensión a una razón aproximada de 83 mV por grado Celsius que aumente la temperatura de la celda. El módulo pierde potencia a razón aproximada promedio de 0.5% por grado Celsius que aumente la temperatura de la celda. En la tabla 2.2.2.2-2 se muestran algunos valores promedios de funcionamiento en un panel fotovoltaico.

Tabla 2.1.1.1-2 Valores Promedio de Funcionamiento de un panel Fotovoltaico

Valores Típicos de Funcionamiento a 1 kW/m ²					
Temperatura de la unión	T _j	(°C)	25	45	60
Tensión nominal de la batería		(V)	12	12	12
Potencia máxima (±10%)	P _M	(W)	47.5	43.2	40.2
Tensión a máxima potencia	V _M	(V)	17	15.44	14.27
Corriente a máxima potencia	I _M	(A)	2.8	2.81	2.82
Corriente de corto circuito	I _{CC}	(A)	3.05	3.07	3.08
Tensión a circuito abierto	V _{CA}	(V)	21.6	20	18.9

Sistema Solar Fotovoltaico

Los sistemas fotovoltaicos pueden estar equipados con acumuladores que durante el día se encargan de almacenar energía que se podrá utilizar por las noches, o en días lluviosos, pero que del mismo modo pueden estar interconectados a la red eléctrica.

Los hay de dos tipos de sistemas fotovoltaicos:

Autónomos: En este caso no hay una red de distribución pública disponible, lo que significa que la electricidad que se produce se utiliza de manera directa o utilizando un inversor, y se almacena en baterías para su uso por las noches o en periodos de escases de luz solar. Los sistemas de este tipo se han instalado por lo general, en zonas rurales aisladas de la red eléctrica.

Interconectados a la red: Este tipo de sistemas se encuentra instalado en lugares donde se cuenta con conexión a la red eléctrica disponible, dada la legislación existente, los excedentes generados por el sistema fotovoltaico se inyectan a la red a través de un medidor bidireccional, una ventaja importante de este tipo de sistemas es que no requiere un banco de baterías por ello, el costo disminuye y lo hace más accesible.

Además los sistemas fotovoltaicos, utilizan otros dispositivos como cables para las conexiones y los inversores, los cuales sirven como convertidores electrostáticos, que por medio de componentes electrónicos de potencia, convierten la corriente directa en corriente alterna.

Los paneles pueden montarse en el techo de una casa, buscando el ángulo de inclinación y la orientación adecuados, para lo cual, requieren una estructura de soporte, la cual, está diseñada con un bastidor que sujeta el panel, un sistema de sujeción y la estructura de soporte que deben estar diseñados para soportar al menos 10 años de exposición a la intemperie y a factores ambientales, generalmente, se utiliza aluminio anodizado, acero inoxidable o hierro galvanizado, con todos los tornillos de acero inoxidable. La razón por la cual se usan este tipo de materiales es porque el aluminio anodizado es de poco peso y mucha resistencia, mientras el acero inoxidable es resistente a un ambiente corrosivo, de calidad y largo periodo de vida, aunque a más alto costo.

2.2. Marco Conceptual

Las fuentes renovables de energía (FRE), o fuentes limpias de energía, por excelencia son la energía solar y sus manifestaciones como el viento, que es producto de un calentamiento desigual de la Tierra por parte de la radiación solar; la hidráulica, que tiene su origen en la evaporación, también por la acción del calor solar, del agua de los océanos, lagos y ríos, encharcamientos, etcétera, y su posterior condensación y caída en forma de lluvia; la biomasa, que es materia orgánica que está formada por arbustos, árboles, pastos, cultivos, residuos orgánicos, que se nutrieron con la participación de la energía del sol; el oleaje marino, que es a su vez ocasionado por el viento, entre otras, en la (figura 2.2-1) se puede observar las FRE. La energía geotérmica y la de las mareas también se consideran renovables, aunque son quizás,

junto con los combustibles nucleares, las únicas fuentes energéticas que no tienen su origen en el sol. Sin embargo el petróleo y sus derivados, así como el carbón mineral, se formaron durante millones de años a partir de la fosilización de biomasa en procesos energéticamente muy poco eficientes, los cuales emanan gases contaminantes en la atmosfera (GEI), produciendo el Efecto Invernadero que tanto daño está causando a nuestro Planeta Tierra ya que genera cambios climáticos que afectan a todas las especies animales y plantas, estos gases que afectan el medio ambiente son: el metano (CH₄), el monóxido de carbono (CO) y el dióxido de carbono (CO₂), los cuales causan el efecto del calentamiento global del planeta (Carmona et al., 2005).

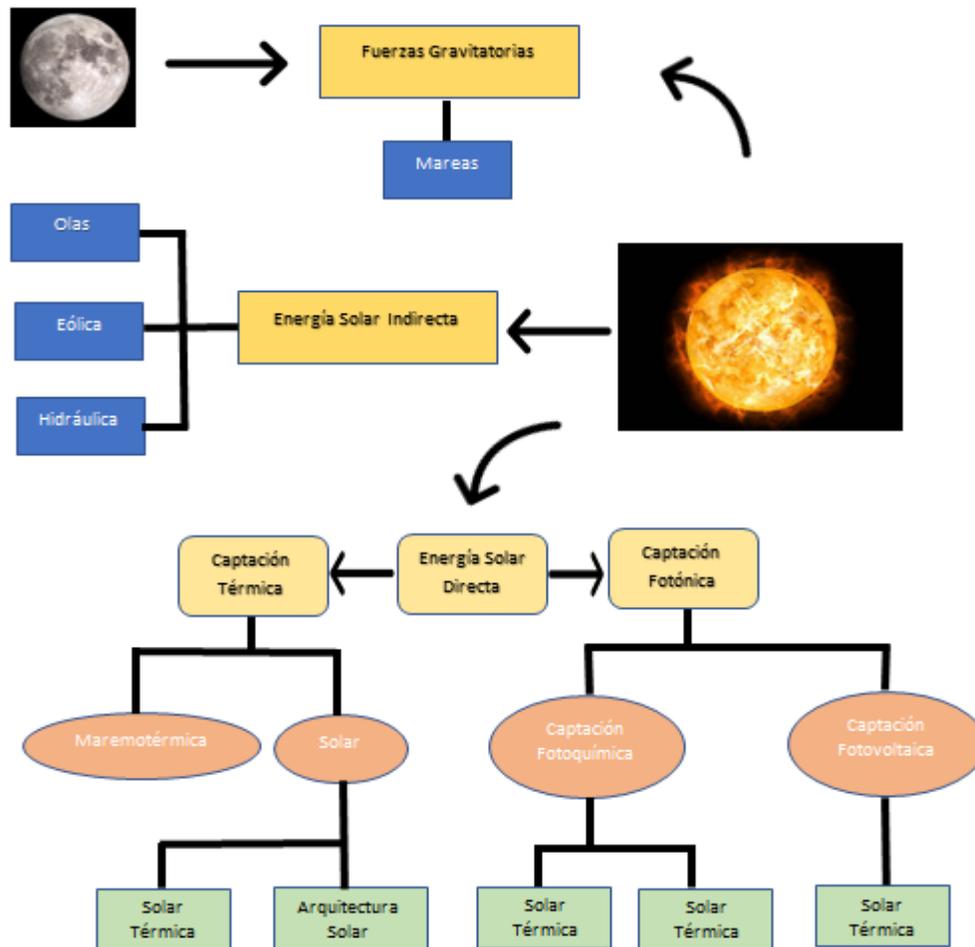


Figura 2.2-1 Fuentes Renovables de Energía

2.3. Marco Contextual

Para el presente documento nos vamos a centrar en dos aspectos, debido al tipo de industria visitada, analizaremos el potencial de energía fotovoltaica y energía de biomasa debido a los procesos de producción de la fábrica de cueros.

2.4. Marco Legal

Las normatividades y marcos legales son los lineamientos que permiten desarrollar este tipo de sistemas que benefician a la sociedad, bajo un esquema legal y regulatorio que satisfará tanto en cuestiones técnicas y legales como sociales.

El aprovechamiento de las energías renovables se sustenta en varios artículos contenidos en Reglamentos de SIGET, legislaciones del Ministerio de Hacienda, del Ministerio de Medio Ambiente, etc., entre los cuales hay que resaltar los siguientes:

2.4.1. Norma para usuarios finales productores de Energía Eléctrica con Recursos Renovables; Acuerdo 367-E-2017.

Para este estudio es necesario tomar en consideración la legislación, porque el tipo de servicio requerido por esta mediana empresa a corto plazo se considera de auto consumo con inyección eventual de excedentes, que deberían tratar de comercializarse; por lo que, deben solicitar a la compañía distribuidora de energía un medidor de dos vías (bidireccional).

2.4.1.1. Disposiciones Generales.

Art. 1. La presente norma tiene por objeto establecer los procedimientos, requisitos y responsabilidades aplicables a la conexión, operación, control y comercialización de excedentes de energía, de unidades de generación basadas en recursos renovables, ubicados dentro de las instalaciones de un usuario final productor renovable (UPR), quien no participa en el Mercado Mayorista de electricidad, y que instala la unidad de generación con el objeto de abastecer su demanda interna y que bajo una condición temporal y excepcional, por un período corto de tiempo podría inyectar excedentes de energía a la red de distribución eléctrica sin fines comerciales.

Esta norma no aplica para aquellos usuarios finales cuyo propósito sea instalar una unidad de generación basada en recursos renovables para comercializar la energía producida de forma total o parcial, en estos casos los procedimientos y normativas aplicables serán las mismas definidas para un operador Generador y en caso de ser necesario también operador comercializador.

Tampoco será aplicable a los Auto-Productores Renovables que hayan participado en los bloques reservados dentro de procesos de libre competencia, según se define en las Normas Sobre Procesos de Libre Competencia para Contratos de Largo Plazo Respaldados con Generación Distribuida Renovable.

Art. 2. Esta norma es de aplicación obligatoria en la República de El Salvador para todas las personas naturales o jurídicas, que tengan relación con la construcción, conexión, operación y control de proyectos de generación de energías renovables que se ubiquen dentro de las instalaciones de los usuarios finales y tengan como fin abastecer la demanda interna del mismo usuario.

Art. 3. El distribuidor y el usuario final productor renovable deberán entregar la información que la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones requiera, para efectos de dar cumplimiento a lo dispuesto en la Ley General de Electricidad, el Reglamento de la Ley General de Electricidad y la presente Norma.

2.4.1.2. Algunos Requerimientos Técnicos

Art. 17. Para usuarios finales productores clasificados en las categorías tarifarias de pequeñas demandas, el equipo de medición de energía eléctrica de sus instalaciones, deberá tener la característica de medición, registro y lectura en forma bidireccional con lecturas separadas de inyecciones y retiros de energía. El medidor designado podrá ser electrónico o electromecánico adecuado para lectura bidireccional de energía.

Art. 18. El equipo de medición de las instalaciones de los usuarios finales productores clasificados en mediana y gran demanda, deberá tener la característica de realizar la medición, registro y lectura en forma bidireccional con lecturas separadas de inyecciones y retiros de potencia y energía. Deberá ser electrónico y ser instalado de conformidad con la categoría tarifaria en la que se encuentre el suministro y su nivel de voltaje.

Para estos casos y para fines estadísticos, se deberá instalar adicionalmente al equipo de medición del suministro, un equipo de medición exclusivo para la unidad de generación, el cual deberá ser instalado de acuerdo a la potencia de la unidad de generación y su flujo de energía. Este equipo podrá estar incorporado en el equipo de control y monitoreo de la unidad de generación o en el inversor en los casos que aplicare.

2.4.1.3. Algunos Aspectos Sobre la Calidad de Energía

Art. 37. Los equipos de generación que sean instalados deberán cumplir con los parámetros mínimos de calidad requeridos en las Normas de Calidad del Servicio de los Sistemas de Distribución emitidas por la SIGET, en lo concerniente a los requerimientos de factor de potencia, regulación de voltaje, y distorsión armónica.

Art. 38. En caso de sospechar que la unidad de generación incumple con los requerimientos mínimos de calidad de la energía, el Distribuidor podrá efectuar mediciones para verificar la calidad del servicio. Si se encontraran incumplimientos, éstos deberán ser tratados de conformidad a lo establecido en las Normas de Calidad del Servicio de los Sistemas de Distribución emitidas por la SIGET.

Para verificar lo anterior el distribuidor podrá solicitar al UPR la realización de pruebas y/o cambios en la configuración de operación de los equipos de generación.

Art. 39. El usuario final deberá requerir al proveedor de los equipos de generación los certificados de cumplimiento de las normas de fabricación de equipos eléctricos para cada uno de los equipos principales utilizados en la unidad de generación.

Art. 40. El usuario final deberá obtener los permisos y certificaciones necesarios, que demuestren que la unidad de generación cumple con todos los requisitos aplicables a sus instalaciones.

2.4.2. Ley de Incentivos Fiscales para la promoción de Proyectos de Generación de Energía con base en Recursos Renovables (Reformada).

2.4.2.1. Exención de Derechos Arancelarios

Plazo de exención: Los diez primeros años.

Materia de exención: Pago de Derechos Arancelarios de Importación de Maquinaria, equipo, materiales e insumos.

Destino que deben tener los bienes: exclusivamente para labores de pre-inversión y de inversión en la construcción de las obras de las centrales, líneas de sub-trasmisión para transporte de energía desde la central de generación hasta la redes de transmisión y/o distribución eléctrica.

La exención del pago de los Derechos Arancelarios a que se refiere el inciso anterior aplica a proyectos de energías renovables de cualquier capacidad, la cual deberá ser solicitada al Ministerio de hacienda, previa certificación de la SIGET.

Exención del Pago del ISR La exención del pago del Impuesto sobre la Renta se concederá:

- a) Por un periodo de cinco (5) años en el caso de los proyectos mayores a diez megavatios (10 MW).
- b) Por periodo de diez (10) años en el caso de proyectos de menos de diez Megavatios (10 MW). En ambos casos aplicará a partir de la entrada en operación comercial del proyecto.

Exención del IVA: Para los efectos de la deducción de los correspondientes créditos fiscales contenidos en el Art. 65 de la Ley de Impuestos a la Transferencia de Bienes Muebles y a la Prestación de Servicios, respecto a proyectos de instalación o ampliación de centrales para la generación de energía eléctrica, utilizando para ello fuentes renovables de energía, se podrá hacer la deducción a que se refiere dicha normativa tratándose de las labores de pre-inversión y las labores de inversión en las construcciones de las obras necesarias e integrantes del proceso de generación de energía eléctrica.

3. METODOLOGÍA.

La metodología para elaborar el IM de Diagnóstico y Viabilidad se divide básicamente en cinco etapas no excluyentes y si complementarias: Recopilación y Revisión de Información Documental y Diseño del Instrumento Metodológico; Implementación del IM en la Empresa, midiendo los recursos renovales con variables significativas; Diseños Conceptuales de propuestas de Proyectos de Generación de Energía con fuentes renovables (fotovoltaica y biomasa) y su Evaluación; Pre-factibilidad del Proyecto mejor evaluado; La quinta parte se refiere al Procesamiento de Información y Elaboración del Documento final del IM de Diagnóstico y Viabilidad.

3.1. Recopilación y Revisión de Información Documental y Diseño de Instrumento Metodológico.

Se procede a investigar en fuentes de información de tipo documental y directa. Para el caso de la búsqueda de información directa se utilizan instrumentos de medición en la Mediana Empresa seleccionada, tales como: analizadores de red, termómetros, medidor de irradiancia solar, anemómetro; y encuesta a empleados de la empresa, entre otros.

Fuentes de información.

Se han usado, como mínimo, las fuentes de información documental siguiente:

- Información documental relacionada con el IM de Diagnóstico y Viabilidad: documentos de evaluación del consumo de energía en empresas nacionales y de otros países, instrumentos de diagnóstico de variables, informes de diagnóstico de recursos, etc.
- Bibliografía especializada sobre Generación de Energía con recursos renovables.
- Información documental de la Empresa: recibos de consumo de las diferentes fuentes de energía (eléctrica, combustible, vapor, calor, etc.), registro de tiempos de procesos, informes de volúmenes de producción, informes de evaluaciones internas o externas anteriores, manuales de procesos, estadísticas internas relacionadas con los recursos renovables.

3.2. Implementación del Instrumento Metodológico en la Empresa, midiendo los recursos renovales con variables significativas.

Al Implementar el IM en una empresa, recopilando información de campo se valida y retroalimenta el instrumento diseñado.

Esta información es la clave para caracterizar el tipo de energía utilizada y los consumos energéticos significativos para la empresa, así como para establecer el inventario de recursos renovables con que cuenta la Empresa.

Además sirve para fortalecer el análisis de impactos del IM y el análisis de los procedimientos o procesos, así como de las conclusiones y recomendaciones derivadas de la evaluación.

3.3. Diseños Conceptuales de propuestas de Proyectos de Generación de Energía con fuentes renovables (fotovoltaico y biomasa) y su Evaluación.

Considerando el inventario de recursos ya elaborado se procede a proponer Proyectos de Generación de energía utilizando dichos recursos y de los proyectos más significativos se elabora los Diseños Conceptuales con su correspondiente presupuesto e impactos ambientales.

Posteriormente se diseña e implementa una matriz de evaluación que permita ponderar la viabilidad técnica, económica y ambiental de las propuestas.

3.4. Pre-factibilidad del Proyecto mejor evaluado.

Partiendo de los resultados de la matriz de evaluación se procede a preparar la Pre-factibilidad del Proyecto de Generación propuesto con la mejor evaluación. Dicha Pre-factibilidad considera los aspectos técnicos, económicos, ambientales y sociales, que sea pertinente aplicar de acuerdo al proyecto seleccionado.

3.5. Procesamiento de Información y Elaboración del Documento final del Instrumento Metodológico de Diagnóstico y Viabilidad.

Finalmente, se documenta ordenadamente todo el proceso ejecutado estableciendo todas las recomendaciones y conclusiones del proceso de Diseño, Implementación y Validación de un Instrumento Metodológico de Diagnóstico y Viabilidad.

Y con toda la experiencia de la implementación y validación se realizará la retroalimentación del Instrumento Metodológico, corrigiendo y mejorando el mismo.

Asimismo, se presenta el documento final de la Tesis para su respectiva revisión, defensa y aprobación.

4. RESULTADOS – INSTRUMENTO METODOLÓGICO Y METODOLOGÍA DE APLICACIÓN

Se ha desarrollado una Metodología con su respectivo Instrumento Metodológico (IM) que permita detectar, medir, evaluar, planificar y aprovechar los recursos energéticos y todas las variables más determinantes en la implementación de un proyecto de generación de energía con recursos renovables en una mediana empresa industrial. La Metodología debe ser desarrollada por un equipo de Consultores calificados, en tres etapas de trabajo:

- Etapa de diagnóstico de la situación actual de la empresa: analiza la situación actual de las instalaciones que se pretenden evaluar, caracterizando el tipo de empresa, su ubicación y entorno, los suministros energéticos, los procesos productivos y administrativos y los equipos y maquinarias consumidores de energía.
- Etapa de investigación y análisis: incluye mediciones de los principales parámetros, análisis de documentación y datos y los diseños conceptuales de alternativas de generación de energía, con su respectivo análisis técnico, económico y ambiental de la mejor alternativa.
- Etapa de entrega de resultados: incluye la redacción del informe técnico, económico y ambiental de la evaluación, con la situación prevista presentado la mejor alternativa de generación de energía con fuente renovable que optimice la gestión energética, económica y medioambiental.

En la figura 4-1, se muestra un esquema de la metodología de trabajo para la evaluación de los recursos renovables con los que se puede generar energía, en una mediana empresa industrial.

Durante la primera etapa de la evaluación del recurso renovable o **Etapa de diagnóstico de la situación actual de la empresa**, el equipo de consultores, ha de lograr la confianza de los interlocutores designados por la empresa, para que les permitan aplicar adecuadamente el Instrumento Metodológico (IM). Para ello, han de explicar el alcance y los objetivos de los trabajos de Consultoría que pretenden realizar y responder adecuadamente a las preguntas formuladas por ellos.

No hay que olvidar que, en ciertos casos, la decisión de que se realice la Consultoría parte de la dirección de la empresa y puede ser que los técnicos de la misma no tengan la información necesaria sobre esta decisión, y por ende, desconozcan los objetivos finales de la Consultoría energética sobre los recursos renovables.

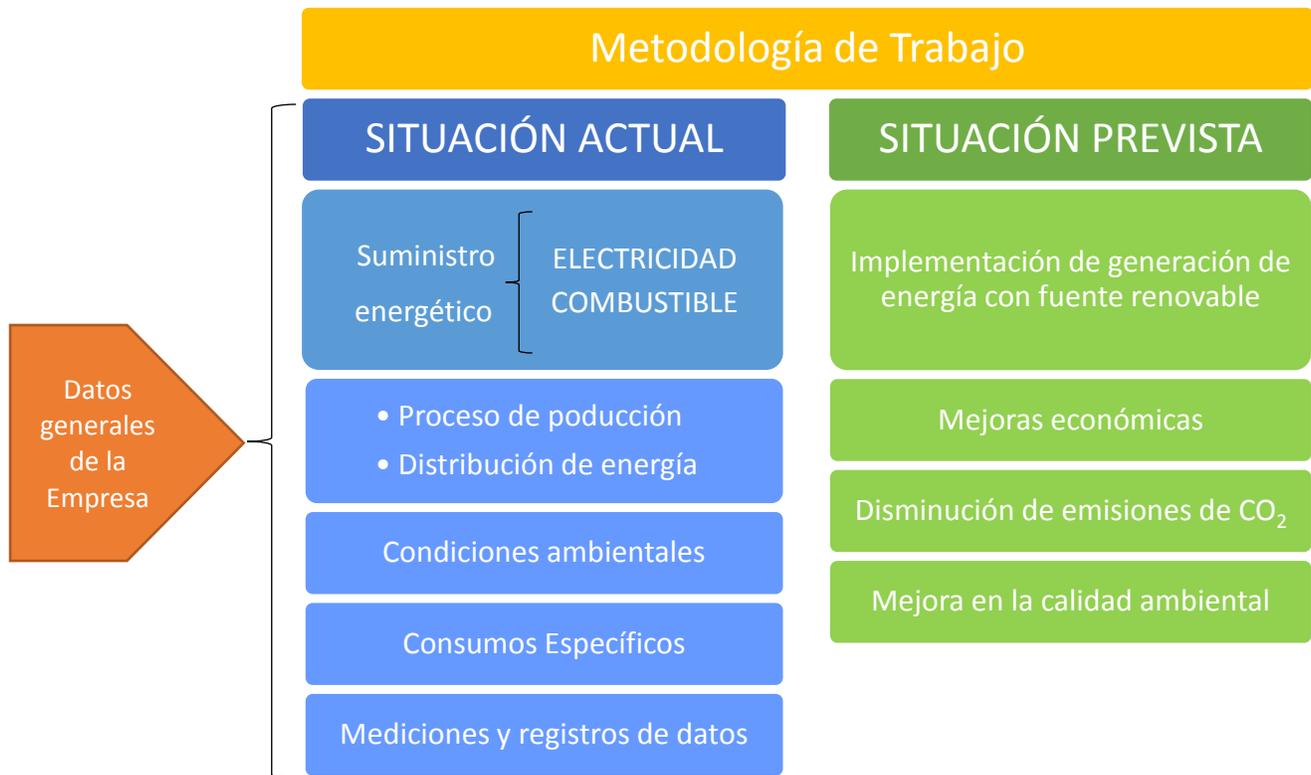


Figura 4-1 Esquema de la Metodología de Trabajo para la Evaluación de los Recursos Renovables en una Mediana Empresa Industrial

Entre dichos objetivos se pueden enumerar los siguientes:

- Conocer y cuantificar los recursos renovables con que cuenta la empresa.
- Conocer y evaluar la incidencia del costo de la energía en los costos generales de la empresa y recomendar las decisiones oportunas.
- Sopesar alternativas de generación de energía basadas en el informe de Consultoría, para mejorar la competitividad.
- Diversificar la matriz energética de la empresa para disminuir las emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero, y mejorar el desempeño ambiental de la empresa.
- Elaborar una evaluación que posibilite la introducción de energías renovables, proyectos para los cuales se pueden obtener líneas financieras con tasas más competitivas o incentivos fiscales.
- Potenciar que sus productos de exportación adquieran un valor agregado, por utilizar en su fabricación “energías verdes o renovables”.

Durante la **etapa de investigación y análisis** los consultores han de solicitar la colaboración de los responsables en la empresa, para consolidar los datos obtenidos, obtener información

más concreta sobre ciertos temas y, poder realizar con su apoyo las mediciones de parámetros eléctricos y térmicos.

En esta etapa también se debe intentar conocer ideas de proyectos de generación, posibles mejoras ya estudiadas o que están en una etapa inicial de conocimiento y discusión entre la dirección y los responsables en la empresa.

Los datos de mediciones realizadas y las observaciones provenientes de los operarios de la empresa forman un conjunto de conocimientos muy importantes para la formulación de posibles mejoras energéticas, que han de concretarse en la tercera y última fase de la auditoría.

Durante le **etapa de entrega de resultados** de la Consultoría los trabajos se realizarán en oficina, pero sin perder contacto telefónico o por correo electrónico con los responsables de la empresa evaluada.

En esta etapa de análisis y elaboración del informe de Consultoría de evaluación de recursos renovables se debe acudir al know how propio de la empresa evaluada, así a proveedores de bienes de equipo, ingenierías, centros tecnológicos, etc., para redactar las alternativas de generación potenciales con un enfoque tanto técnico como económico y ambiental.

El informe resultante de la Consultoría de evaluación de recursos renovables constituirá una herramienta fundamental para la toma de decisiones por parte de los responsables de la instalación industrial, además de resultar básico en la obtención de futuras ayudas para la inversión en actividades asociadas a proyectos de generación de energía con recursos renovables.

Sobre el informe de la Consultoría cabe señalar que, aunque el contenido del documento podrá variar en función de las características de cada subsector industrial, se recomienda que el mismo conste, en lo posible con los siguientes capítulos:

- Índice del documento
- Datos generales de la empresa evaluada en sus recursos.
- Mediciones y registros de datos.
- Análisis de los datos y de la información.
- Estudio técnico-económico y ambiental de los proyectos de generación de energías renovables
- Rentabilidad energética, económica y ambiental
- Conclusiones de la Consultoría
- Líneas de financiamiento e incentivos aplicables
- Anexos.

La información que proponemos se incluya de estos capítulos, se detalla a continuación.

4.1. Datos generales de la empresa.

4.1.1. Datos generales

El objetivo de este apartado es identificar a la empresa, en su área administrativa y de producción; así como, a las personas que participan directamente en la Consultoría, tanto por parte de la empresa que está siendo evaluada en sus recursos, como de la empresa que efectúa la Consultoría.

Tabla 4.1.1-1 Ficha para los Datos Generales de la Empresa

DATOS GENERALES DE LA EMPRESA EVALUADA	
Razón social de la Empresa	
Nombre comercial	
Dirección de casa matriz	
Actividad económica	
Dirección de la fábrica	
Coordenadas geográficas	
Descripción de la Empresa / Industria	

Tabla 4.1.1-2 Datos de las personas de contacto

DATOS DE CONTACTO DE LAS PERSONAS RESPONSABLES				
	Nombre	Teléfono	Correo electrónico	Cargo
Persona de contacto en la Empresa				Gerente de Mantenimiento
Profesional contacto de la Empresa Consultora				Gerente de Proyectos

Será aconsejable incluir planos y fotografías que permitan ubicar las instalaciones de manera más precisa.

4.1.2. Datos de producción

En este apartado se busca conocer información sobre la empresa con datos de producción, los que pueden ser indicativos de la actividad (funcionamiento, n° de empleados, etc.) o la capacidad productiva de la fábrica. Con dichos datos el Consultor puede hacerse una idea del volumen del negocio y trabajo. También, es necesario conocer el tipo y cantidades de materia prima y, más importante, los productos obtenidos de su tratamiento para realizar una comparación con la energía consumida.

Es recomendable incluir gráficas y tablas que desarrollen y califique todo lo mencionado anteriormente.

Tabla 4.1.2-1 Datos de Información de la Producción.

INFORMACIÓN DE ACTIVIDAD			
Número de empleados			
Información de operación	Horas / día	Días / semana	Días / año
Capacidad productiva de la fábrica	Mensual		Anual
Estructura de costos de producción (opcional)	Gastos variables		
	Gastos de personal		
	Gastos fijos y amortizaciones		
Principales Materias Primas			
Productos principales			

4.2. Procesos de producción

4.2.1. Memoria descriptiva de las instalaciones

La memoria consta de una breve descripción detallando las áreas o partes más importantes de la fábrica, los diferentes procesos productivos, los equipos, las máquinas, las oficinas, la infraestructura característica de cada zona y cualquier otra información que pueda tener especial interés.

Planos, fotografías y esquemas pueden ayudar a definir las instalaciones de fabricación.

4.2.2. Diagrama de los procesos.

Con el objeto de proponer generar energía con fuentes alternativas, la Consultoría debe tener presente el proceso productivo de fabricación, sus operaciones básicas, sus particularidades y sus condicionantes.

Por ello, es aconsejable la inclusión de un diagrama explicativo del proceso productivo de materias primas en productos finales de comercialización. Este diagrama de bloques debe incluir las principales operaciones, debe identificar las líneas de proceso que trabajan independientemente y las que trabajan secuencialmente y deben reflejar las aportaciones de energía que abastecen cada proceso.

4.2.3. Características de los principales consumidores de energía.

Es un apartado muy importante del informe de Consultoría de energías renovables, ya que servirá para identificar los sistemas, equipos y máquinas que utilizan energía eléctrica y térmica, según su consumo, potencia y eficiencia.

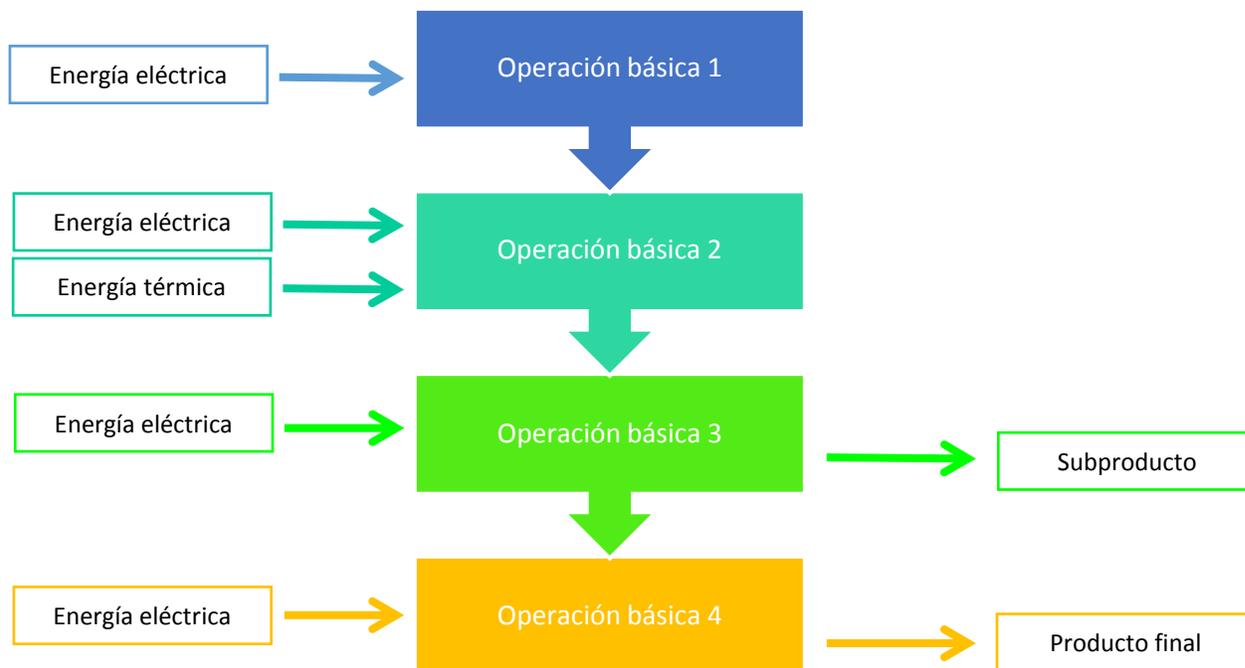


Figura 4.2.3-1 Modelo de Esquema de Diagrama de Procesos

Dependiendo del tamaño de la fábrica a evaluar, el inventario de los sistemas, equipos y máquinas puede ser muy extenso. Por ello, es necesario centrarse en el detalle de los equipos que, o bien por su potencia unitaria o por su número elevado en el conjunto total, suponen unos valores de consumo energético relevantes dentro del consumo total de la industria.

En el inventario de estos equipos se procurará aportar todos sus datos característicos relevantes, pero sobre todo, será necesario recopilar toda la información referente al combustible utilizado, el número total de equipos, su potencia unitaria, su eficiencia, y muy importante, su tiempo de operación.

Algunos de los equipos con mayores consumos de energía se pueden encontrar dentro de esta clasificación:

- Maquinaria de producción
- Caldera de vapor
- Calderas de agua sobrecalentada
- Generadores de aire caliente
- Producción de aire comprimido (compresores)

- Producción de frío (grupo frigoríficos)
- Equipos para la climatización y aire acondicionado
- Motores eléctricos
- Iluminación interior y exterior
- Equipos de ofimática

4.3. Análisis energético de la industria

4.3.1. Fuentes de suministro energético

En este apartado del informe se indicarán todas las fuentes de suministro de energía: electricidad, gas propano, bunker, diesel, etc. Además, se incluirá información referente a las condiciones de suministro de estas fuentes energéticas. Será necesario registrar la distribución de consumos y costos energéticos de la fábrica, tanto eléctricas, térmicas, de origen renovable (si ya existieran) o de otras fuentes de energía.

Un modelo de tabla para compilar los distintos consumos de energía según su fuente, es la siguiente:

Tabla 4.3.1-1 Datos del consumo energético de la fábrica.

CONSUMO ENERGÉTICO			
CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA			
	ANUAL	MENSUAL	DIARIO
Consumo en electricidad (kWh)			
Costo de electricidad (\$ / período)			
Costo promedio de kWh de electricidad (\$ / kWh)			
CONSUMO DE ENERGÍA TÉRMICA (por cada tipo de combustible)			
	ANUAL	MENSUAL	DIARIO
Consumo térmico (unidad a determinar)			
Costo de energía térmica (\$ / período)			
Costo promedio de (unidad a determinar) de energía térmica			
PRODUCCIONES ENERGÉTICA PROPIAS			
OTRAS FUENTES SE SUMINISTRO ENERGÉTICO.			

Se recomienda elaborar tablas y gráficas de los consumos y costos de la energía de la empresa, tanto anuales, mensuales o semanales. De esta forma, se podrán observar los picos y valles de consumos y costos según los distintos períodos y así valorar diferentes alternativas de sustitución por renovables.

4.4. Mediciones y registros de datos

4.4.1. Mediciones eléctricas

En el desarrollo de la Consultoría de evaluación de recursos para generar energía con fuentes alternativas se calcula considerando los principales parámetros eléctricos (potencia consumida, diferencia de potencial, factor de potencia, intensidad de corriente de línea, armónicos, entre otros) de la empresa, utilizando los datos propios de la empresa o los obtenidos mediante el analizador de redes.

4.4.2. Mediciones del rendimiento térmico (%)

En este apartado se calculará el rendimiento térmico de los principales equipos de combustión (calderas, hornos, secadoras, etc.) utilizando los datos propios de la empresa y los obtenidos mediante el analizador de gases de combustión.

4.4.3. Mediciones del recurso energético renovable.

En este apartado se listarán todos los recursos renovables con que cuente la empresa, para estimar la cantidad de energía disponible por cada recurso. Si la empresa dispone de mediciones propias, estas se utilizarán y las obtenidas mediante diversos medidores de acuerdo a los recursos y el sitio de medición, enunciando entre otros: medidor de radiación solar (irradiancia solar), anemómetro (velocidad del viento), termómetro digital (temperatura ambiente), medidor de humedad relativa, medidor de flujo de fluido en tuberías, medidor de caudal, balanza, etc.

4.5. Consumos específicos y costos energéticos

4.5.1. Consumos específicos de energía en la empresa

En este apartado se releja la relación entre consumos y costos energéticos, tanto eléctricos como térmicos, por unidad producida, de manera que sea identificable la relación entre el consumo y el costo energético con la producción de la fábrica.

Esta unidad productiva se refiere al producto obtenido de la actividad industrial que se lleve a cabo en la instalación, por ejemplo, un modelo de calzado “X” en una industria destinada a la fabricación de zapatos. En el caso de que esta unidad productiva no sea muy relevante, por

ejemplo, en industrias que no desarrollen una producción en cadena, se podrá tomar como unidad productiva cualquier otro dato que haga referencia a la capacidad productiva de la industria.

4.5.2. Costo energético del establecimiento, factura eléctrica y tarifas aplicadas.

Dentro de este apartado se incluirá toda la información referente a los contratos y tarifas en el suministro de electricidad y otros combustibles (bunker, diesel, etc.) que son consumidos en la instalación. Se detallarán valores del precio del kWh consumido (costo de energía, distribución, comercialización, potencia), las tarifas contratadas y otros datos relevantes con objeto de evaluar los valores de la energía a sustituir por renovable y la tendencia de sus precios en el mercado. Otra consideración colateral que puede surgir durante la Consultoría son recomendaciones sobre posibles mejoras en la renegociación de los contratos de suministro de energía.

4.5.3. Repercusión de la energía en los costos variables

Se estudiará la relevancia que los costos relativos a los consumos energéticos tienen sobre el costo global de la industria. Estos valores nos indicarán la competitividad que se puede alcanzar al reducir costos en los diferentes insumos energéticos. Asimismo, pueden evaluarse la incidencia social que ser más competitivos en el mercado pueda tener en sus empleados actuales y puestos futuros. Finalmente, conocer su incidencia en su matriz de costos nos permitirá evaluar la rentabilidad de invertir en nuevas fuentes de generación de energía, con sus beneficios económicos, ambientales y mercadológicos.

4.6. Alternativas propuestas en la Consultoría de evaluación.

En este apartado se incluirán todas las posibles alternativas que se hayan detectado durante la elaboración de la Consultoría o las que el alcance de la misma, se establecieron.

Estas alternativas irán enfocadas a introducir energías renovables para el autoabastecimiento y al aumento de la eficiencia energética, con la reducción de costos energéticos; mejorando el rendimiento de la instalación con la instalación de generadores de energía más eficientes y limpios con el medioambiente.

Dichas Alternativas deberán intentar proveer la energía de todos los sistemas y equipos que son grandes consumidores de energía (motores, climatización, calentamiento, bombas etc.), ya que cualquier sustitución de energía en estos equipos, por pequeña que sea, originará grandes ahorros de consumo energético y, en consecuencia, ahorros económicos.

Estas Alternativas, sin ser proyectos en operación, deberán describir en gran medida su futura aplicación, aportando datos reales sobre su instalación, inversión e incentivos gubernamentales, y detallando las mejoras técnicas y ahorros energéticos, medioambientales y económicos que la aplicación de dicha propuesta originaria.

Tabla 4.6-1 Características generales de una Alternativa de generación de energía con fuente renovable

CARATERISTICAS GENERALES DE UNA ALTERNATIVA	
SITUACIÓN ACTUAL	
Características de la instalación	
Consumo anual de combustible	
Costo anual de combustible	
Emisiones de CO ₂	
SITUACIÓN NUEVA	
Características de la instalación	
Consumo anual de combustible	
Costo anual de combustible	
Emisiones de CO ₂	
Inversión del proyecto de generación	
Ahorro energético	
Ahorro económico	
Ahorro de emisiones	
Período de retorno	
Otras mejoras ambientales y/o sociales	

4.7. Resumen y Conclusiones

Como conclusión de la consultoría de evaluación se realizará un análisis energético global comparando la situación anterior a la ejecución de cualquier proyecto de generación y la situación nueva con la aplicación de una o más alternativas de generación de energía con fuentes renovables propuestos.

Algunos de los datos que deben incluirse en este apartado son los siguientes:

- Ahorro de costos energéticos
- CO₂ evitados
- Inversión total
- Período de retorno
- Ahorro de energía eléctrica o térmica, si la hubiera por procesos más eficientes.

Se recomienda la inclusión de un cuadro resumen donde se listen todas las alternativas recomendadas con sus parámetros principales de inversión y ahorros producidos.

Tabla 4.7-1 Cuadro resumen de las Alternativas propuestas

ALTERNATIVAS	INVERSIÓN (\$)	AHORRO ECONOMICO \$/año	P. DE RETORNO SIMPLE	CO ₂ EVITADOS
Alternativa 1				
Alternativa 2				
Alternativa 3				

4.8. Anexos del Instrumento Metodológico.

Se recomienda incluir tantos anexos como sean necesarios, algunos de los más usuales que son de gran utilidad para la empresa son los siguientes:

- Legislación básica aplicada.
- Líneas de promoción y financiamiento para proyectos de generación verdes.
- Empresas suministradoras de equipos, maquinarias y accesorios.
- Balances energéticos de los equipos.
- Diagramas y planos.

5. VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO METODOLÓGICO Y DISEÑOS CONCEPTUALES APLICADOS EN UNA MEDIANA EMPRESA: TENERÍA LA SIRENITA

La Metodología se aplicó en una Mediana Empresa (de acuerdo a la tabla 1.2.1-1) de la industria del cuero, dedicada a procesar las pieles crudas hasta obtener cueros “blue print” o con diferentes colores y acabados.

En la misma se desarrollaron las diferentes Etapas y los resultados de las mismas se presentan en las siguientes Tablas del IM, se omite incluir información no relevante, que se considere privada. También se incluyen algunas Tablas adicionales que permiten la fácil visualización de la información de la empresa.

Tabla 5-1 Datos generales

DATOS GENERALES DE LA EMPRESA EVALUADA	
Razón social de la Empresa	SIRENITA, S.A. DE C.V.
Nombre comercial	Tenería La Sirenita, S.A. de C.V.
Dirección de casa matriz	Carretera a San Pablo Tacachico, cantón Natividad, Municipio de Santa Ana
Actividad económica	Industria Manufacturera, dedicada al curtido y adobo de cueros; adobo y teñido de pieles.
Dirección de la fábrica	Municipio de Santa Ana, departamento de Santa Ana
Coordenadas geográficas	Latitud 13°59'51.93"N y longitud 89°31'1.89"O
Descripción de la Empresa / Industria	Fabricación de cueros contra pedido, el proceso dura aproximadamente de 15 a 20 días, desde el momento que se compra la piel salada hasta que se obtiene el cuero, los tipos de cueros que se producen son: Oscaria, Nobuck, Flor, Vaqueta, Gamuzon, Softy, carnaza, Cuero de cerdo, Suela y carnaza al cromo.

DATOS DE CONTACTO DE LAS PERSONAS RESPONSABLES				
	Nombre	Teléfono	Correo electrónico	Cargo
Persona de contacto en la Empresa	F L		sirenita@gmail.com	Gerente de Mantenimiento
Profesional contacto de la Empresa Consultora	A M		ms.ingyarq@gmail.com	Gerente de Proyectos

Datos de la producción

INFORMACIÓN DE ACTIVIDAD			
Número de empleados	Totales 19 – con 10 en producción y 2 en control de calidad		
Información de operación	Horas / día	Días / semana	Días / año
	Lunes-Viernes 7:00 am – 4:30 pm Sábado 7:00 am – 12:00 pm	5.5 días	258 días
Capacidad productiva de la fábrica	Mensual		Anual
	Variable con un promedio 4.6 toneladas		56 toneladas de pieles
Estructura de costos de producción (opcional)	Gastos variables		
	Gastos de personal		
	Gastos fijos y amortizaciones		
Principales Materias Primas	Cueros salados de ganado bovino y porcino		
	Sales de cromo y taninos vegetales		
Productos principales	Cueros de los siguientes tipos: Oscaria, Nobuck, Flor, Vaqueta, Gamuzon, Softy, carnaza,		
	Cuero de cerdo, Suela y carnaza al cromo.		

5.1. Procesos de producción

Memorias descriptivas de la producción

SIRENITA, Sociedad Anónima de Capital Variable, es una empresa salvadoreña que inició sus actividades formalmente en el mes de mayo de 1966, como una empresa de naturaleza industrial, cuya actividad principal es la elaboración de cuero, utilizando materia prima de ganado bovino (80%) y ganado porcino (20%). Cuenta con los servicios básicos de agua potable, energía eléctrica y telecomunicaciones, su vía de acceso es a través de calle pavimentada, lo que facilita llegar a las instalaciones.

El proceso que se realiza para la curtición de pieles es a través de sales de cromo y posteriormente un re-curtido combinado, haciendo uso de cromo y de taninos vegetales. El cuero terminado es consumido por el mercado nacional, básicamente para la elaboración de calzado y marroquinería. Los productos químicos utilizados provienen de proveedores nacionales e internacionales como BASF, BAYER, CLARIANT, TFL, entre otros.

Es importante mencionar que las pieles en bruto se adquieren de mataderos y se reciben saladas, siguiendo estrictos controles de calidad para su recepción, ya que si llegan en estado de descomposición estas son rechazadas. Generalmente son de procedencia nacional y una

pequeña parte de otros países de la región centroamericana, principalmente de Guatemala y Honduras.

Como parte de los retos de La Sirenita, S.A de C.V. se han puesto en práctica Tecnologías Limpias de Producción, tales como programas de reducción de consumo de agua, programas de minimización de residuos y desechos, reúso, reciclaje, entre otros.

Además se ha sistematizado el mantenimiento preventivo de las máquinas, equipos e instalaciones, esta práctica ha llevado a ahorro en el consumo de energía eléctrica.

Para el proceso de producción se cuenta con una infraestructura y maquinaria esencial, y se procesa aproximadamente 56 toneladas al año de pieles, de esta 45 toneladas provienen de ganado bovino y el resto, 11 toneladas de ganado porcino. Se fabrican cueros contra pedido, el proceso dura aproximadamente de 15 a 20 días, desde el momento que se compra la piel salada hasta que se obtiene el cuero, los tipos de cueros que se producen son: Oscaria, Nobuck, Flor, Vaqueta, Gamuzon, Softy, carnaza, Cuero de cerdo, Suela y carnaza al cromo.

En la Tabla 5.1-1, se presenta los datos de producción de La Sirenita, S.A de C.V., para el año 2017, los datos reportados en su mayoría están en pies, pues es la unidad de medida para la venta en el mercado.

Tabla 5.1-1 Producción de La Sirenita S.A. de C.V. para el año 2017

No.	PRODUCTO	TOTAL
1	Oscaria	2,108.00 pies
2	Nobuck	12,700.75 Pies
3	Flor	35,909.75 Pies
4	Vaqueta	3,636.25 Pies
5	Gamuzón	17,640.50 Pies
6	Softy	8,314.00 Pies
7	Carnaza	11,352.00 Pies
8	Cuero de Cerdo	15,053.25 Pies
9	Suela	4,985.50 Lbs.
10	Carnaza Cromo	6,704.75 Lbs.

La actividad productiva cuenta con servicio de agua potable por parte de ANDA, pero este es muy deficiente y solo se recibe aproximadamente de 10 a 15 m³ al mes, la cual solo se utiliza para las actividades de tipo doméstico: sanitarios, lavado de manos, entre otros usos. El agua utilizada para llevar a cabo los procesos productivos proviene del Rio Chiguillo, esta cuenta con un sistema de bombeo, aproximadamente se extrae 275 m³ al mes.

Para el manejo de aguas negras se cuenta con 2 fosas sépticas ubicadas, una en el área de oficinas y la otra contiguo al área de bodegas, cabe aclarar que La Sirenita S.A. de C.V., no cuenta con alcantarillado sanitario de ANDA.

En cuanto al manejo de aguas residuales de tipo especial, La Sirenita S.A de C.V. cuenta desde el año 1998 con una planta de tratamiento de aguas residuales, la cual recibe todas las aguas generadas en las actividades de producción, y consiste en un Sistema de Tratamiento Físico-Químico y Biológico, aplicando tratamiento Primario, Secundario y Terciario con Pre-tratamiento, Sedimentación, Floculación-Coagulación, Estanques Facultativos (bacteriano-enzimático).

El **Recurso Humano** con que cuenta la empresa en fase operativa, asciende a un total de 19 empleados, distribuidos en diferentes departamentos, detallados en la tabla 5.1-2, en donde se incluye el horario de trabajo para este personal.

Tabla 5.1-2 Personal en la fase de operación

Departamentos	Administrativo	Servicios	Producción	Control de calidad	Vigilancia
Cantidad de empleados	1 hombre 3 mujeres	1 mujer	10 hombres	2 hombres	2 hombres
Horario de Trabajo.	Lunes-Viernes 7:00 am – 4:30 pm		Lunes-Viernes 7:00 am – 4:30 pm Sábado 7:00 am – 12:00 pm		

La Dirección de La Sirenita, S.A. de C.V, se lleva a cabo a través de una Junta Directiva y un esquema gerencial que inicia con el Gerente General que es asistido por un Gerente Administrativo, un Gerente de Comercialización, Gerente de Producción, Gerente de Calidad y Medio Ambiente y Gerente Técnico. El organigrama del cuerpo directivo se presenta en la figura 5.1-1

La **Actividad Productiva se Localiza** en la carretera a San Pablo Tacachico, Cantón Natividad, en el Municipio de Santa Ana, departamento de Santa Ana, a 550 msnm, cuyas coordenadas geográfica son 13°59'51.93"N y 89°31'1.89"O. El esquema de ubicación de la fábrica se presenta en las figuras 5.1-2 y 5.1-3.

El terreno presenta una topografía irregular, posee una extensión total de 178,844.64 metros cuadrados, de las cuales 6,497.02 metros cuadrados, son asignados para la actividad de SIRENITA, S.A de C.V.; este incluye área de producción, bodega, oficinas, parqueo, área recreativa, área de planta de tratamiento y zona verde.

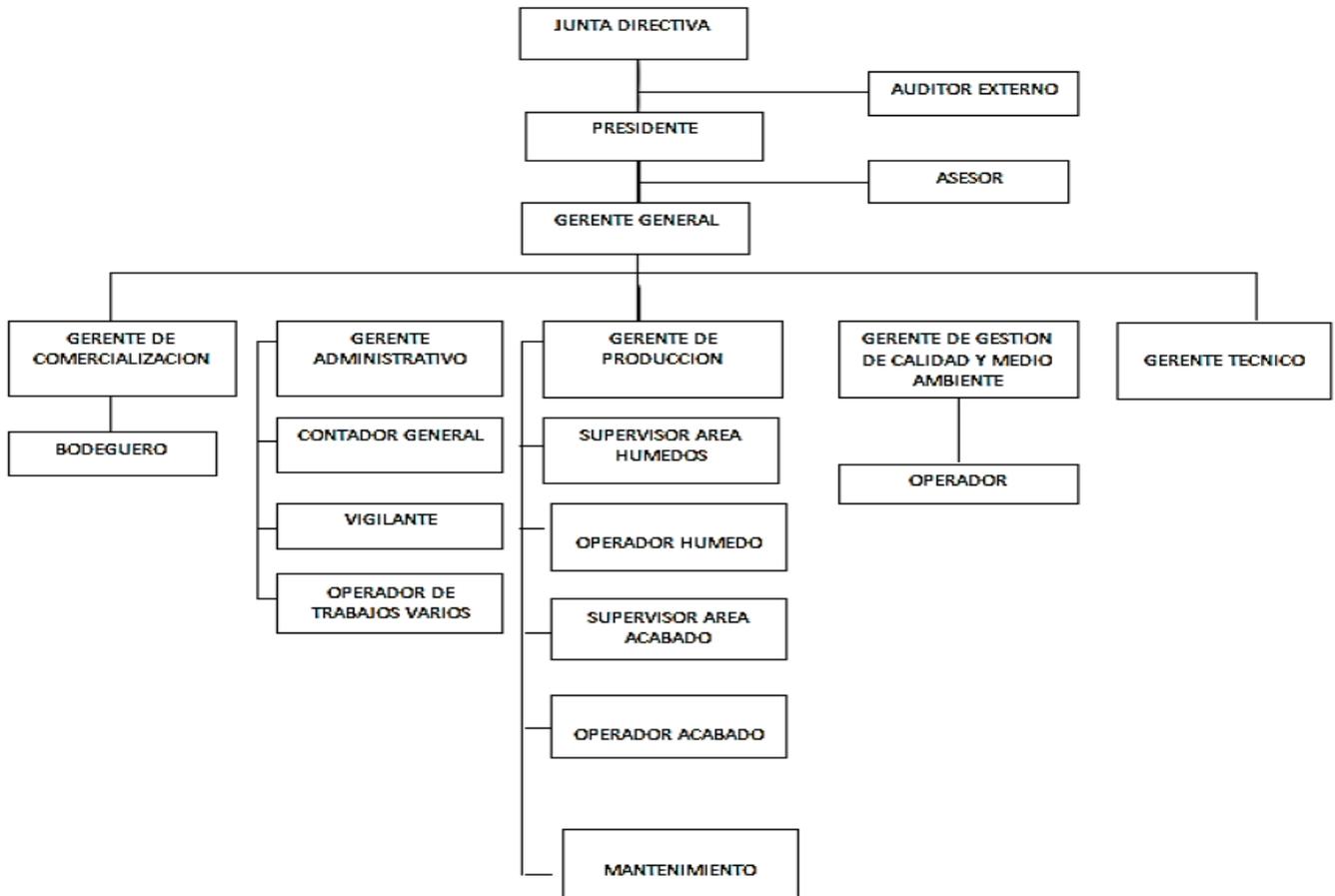


Figura 5.1-1 Organigrama de la dirección de La Sirenita, S.A. de C.V



Figura 5.1-2 Esquema de ubicación de La Sirenita, SA de CV



Figura 5.1-3 Vista en Planta con detalles de la topografía del terreno donde se ubica La Sirenita, SA de CV

Los Colindantes del Terreno donde se ubica la actividad productiva se detallan en el siguiente Tabla 5.1-3

Tabla 5.1-3 Colindantes del Terreno donde se ubica la Empresa

Rumbo	Colindantes	Actividades
Norte	Lotificación Comunidad Santa Teresa	Vivienda
	IASA	Fábrica de calzado
	Terrenos agrícolas de Oscar Mojica y Adán Orellana	Agrícola
Sur	Terreno agrícola de Luis Esquivel	Agrícola
	Lotificación de Comunidad La Fortuna Finateado	Viviendas
Este	Terreno agrícola de Dámaso Méndez Florián y Luis Esquivel	Agrícola
Oeste	IASA	Fábrica de calzado
	Terrenos agrícolas de Ángel Molina, Elías Argueta y Rodolfo Esquivel	Agrícola

El área de influencia “directa” de la actividad corresponde a sus colindantes inmediatos, los cuales no ejercen ningún tipo de injerencia negativa a la actividad, ni viceversa; por lo que el impacto generado es positivo ya que los aledaños a la zona tienen accesible una fuente de empleo, con lo que se contribuye a mejorar la economía familiar de los trabajadores.

En cuanto a los Procesos Productivos, éstos se dividen en cuatro etapas: etapa de Ribera, etapa de curtido, etapa de re-curtido y engrase, y etapa de acabado. En esta área se produce la mayor cantidad de aguas residuales, la cual contienen fracciones de productos no fijados en las pieles.

Para el proceso de curtición de pieles en base a 44.65 Ton de pieles de res y 11.06 Ton de cerdo, se requieren un total de 27.8 Ton de productos químicos utilizados para el lavado de pieles, la curtición y procesos de acabados, además se requieren 290 m³ /mes de agua, de energía eléctrica 106,725 kW-h y combustible para la caldera aproximadamente se consumen 2,974 galones de fuel oil #6 (BUNKER).

5.1.1. Diagrama de los procesos

Se presenta el esquema de distribución en planta del Área de Producción de la Tenería Sirenita, ver Figura 5.1.1-2

A continuación se describen las áreas principales de la fábrica:

AREA DE SALADERO. Es el área utilizada para almacenar temporalmente las pieles que son recibidas en la tenería, mientras las pieles son procesadas. En la Figura 5.1.1-1, se presentan fotografías del área de saladero.



Figura 5.1.1-1 Fotos del Área de Saladero

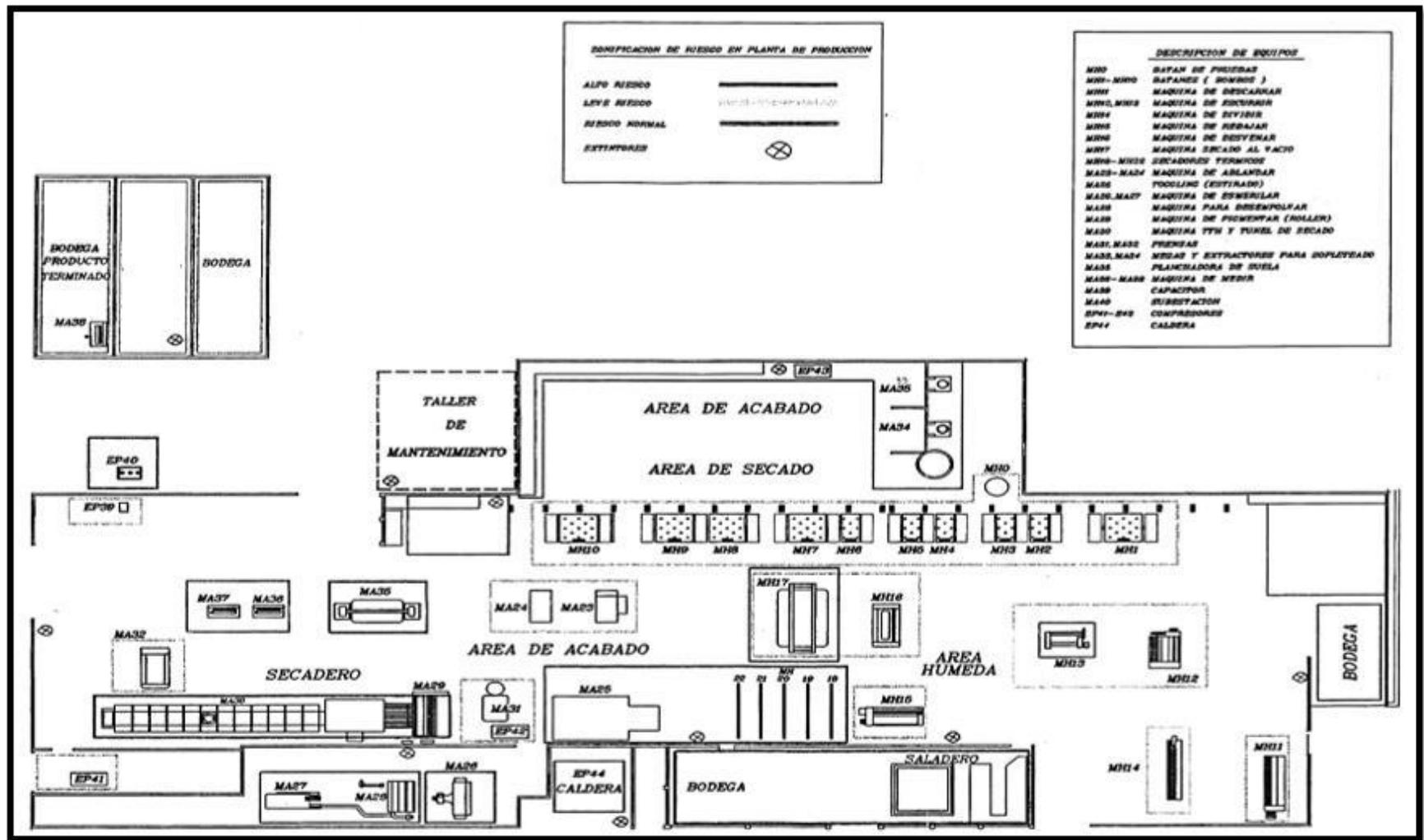


Figura 5.1.1-2 Esquema de Distribución en Planta del Área de Producción de la Tonería Sirenita

ÁREA HÚMEDA. Se le llama así, porque es en esta área en donde se utiliza la mayor cantidad de agua, aquí se llevan a cabo las etapas de Ribera, Curtido y Recurtido, se encuentra contiguo al área de acabado y están instalados los siguientes equipos:

- Batanes :
 - 6 Batanes de 1000 kilogramos de capacidad
 - 5 Batanes de 300 kilogramos de capacidad
 - 2 Batanes de prueba de 100 kilogramos y 50 kilogramos de capacidad (para pruebas de productos nuevos o para pruebas de color)
- Máquina de descarnar
- Máquina de dividir
- Máquina de escurrir
- Máquina de rebajar
- Máquina de desvenar

A continuación en la siguiente fotografía (figura 5.1.1-3) se muestra la distribución de batanes en el área Húmeda



Figura 5.1.1-3 Fotografía de los Batanes en la Área Húmeda

ÁREA DE SECADO. Las máquinas utilizadas para dicha etapa no se concentran en un área específicas sino que están colocadas de acuerdo al momento de uso y siguiendo una numeración que ha sido adoptada por la tenería.

En la figura 5.1.1-4 se presentan fotografías de piezas de cuero en proceso de secado, tanto en el túnel de secado con la utilización de energía, como el secado al aire libre, que utiliza la energía del sol y del viento de forma natural.



Figura 5.1.1-4 Cueros en proceso de secado en túnel de secado y al aire libre

ÁREA DE ACABADO. En esta área se localiza la máquina de rodillos-roller, la cual se utiliza para la impregnación de resinas y pigmentos, además en esta área se prensa y se estampa. En las figuras 5.1.1-5 y 5.1.1-6 se presenta el área de acabado y donde posteriormente se miden las piezas.



Figura 5.1.1-5 Acabados finales y medido de piezas



Figura 5.1.1-6 Pieles Terminadas en área de Acabado.

ÁREA DE BODEGA DE PRODUCTO TERMINADO. Aquí se traslada el cuero que viene de la etapa de acabado. Como se puede apreciar en la figura:



Figura 5.1.1-7 Bodega de producto terminado

TALLER DE MANTENIMIENTO. Zona designada para el mantenimiento de cualquier equipo de proceso, cuenta con herramientas manuales comunes. En la figura 5.1.1-8 se muestra parte del taller de mantenimiento



Figura 5.1.1-8 Fotografía de una vista parcial del Taller de Mantenimiento

ÁREA DE BODEGA DE QUÍMICOS. Área designada para el almacenamiento de químicos, colorantes etc. Esta área ha sido acondicionada para ello, posee ventilación natural, piso de cemento, señalización, las sustancias en estado líquido, como lacas, acrílicos, aceites, se almacenan en barriles plásticos colocados sobre tarimas de madera, las sustancias sólidas se almacenan con sus respectivos empaques en contenedores de cemento (Ver Figura 5.1.1-9) y con su respectiva etiquetas, las sustancias químicas han sido almacenadas de acuerdo a su compatibilidad.



Figura 5.1.1-9 Área de almacenamiento de productos químicos

ÁREA DE BODEGA DE HERRAMIENTAS Y MATERIALES DE MANTENIMIENTO. En esta misma bodega se almacenan el equipo de seguridad ocupacional. Se encuentra en la parte de atrás del área administrativa.

ÁREA DE PARQUEO. El parqueo se ubica contiguo al área administrativa.

ÁREA DE PLANTA DE TRATAMIENTO. En esta área se ubican las siguientes unidades: Desbaste, Desarenado, Homogenizador, Tanque Imhoff, Unitanque y 5 Estanques Facultativos (ver Figura 5.1.1-10).



Figura 5.1.1-10 Tanques facultativos

5.1.1.1. Descripción de Proceso de Producción de Cueros

La transformación de las pieles en cuero en forma genérica es lo que se conoce como “Proceso de Curtición”.

Las materias primas a utilizar se clasifican en orgánicas (Primitivas): agua, Fuel oil, energía eléctrica y reactivos químicos, las que se detallan en la Tabla 5.1.1.1-1

En la Tenería la Sirenita, el proceso completo se puede clasificar básicamente en cuatro etapas, las que se presentan en la Figura 5.1.1.1-1.

Las cuatro etapas anteriores se dividen en dos partes esenciales: Área Húmeda, que incluye trabajos de Ribera, Curtido, R.T.E., realizados en su mayoría, en batanes o bombos. En esta área es en donde la producción de aguas residuales es mayor y contienen las fracciones de

productos no fijados en las pieles; la segunda, es el área de acabado, incluye el secado, el pulido, acabado en seco, de acuerdo al destino final del cuero terminado, aquí no hay generación de aguas residuales.

Tabla 5.1.1.1-1 Lista de Materiales para la Producción

MATERIAS PRIMAS	
Orgánicas (Primitivas) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pieles bovinas ▪ Pieles porcinas 	Reactivos químicos grado industrial: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ácidos ▪ Bases ▪ Alcoholes ▪ Sales metálicas ▪ Colorantes ▪ Aceites ▪ Tensioactivos ▪ Colorantes ▪ Solventes ▪ Otros Productos codificados de formulación variada
Agua: (las fuentes son): <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rio Chiguillo (procesos producción de cuero) ▪ ANDA) para uso domésticos de los empleados 	
Fuel oil	
Energía Eléctrica	

En su mayoría las pieles que se trabajan son bovinos (80%) y en muy pequeña escala porcinas (20%). Los productos químicos utilizados para los procesos de ribera, curtido y acabado son en su mayoría importados, aunque algunos se compran localmente.

El cuero terminado es consumido por el mercado nacional, básicamente para la producción de calzado y marroquinería.

Las etapas de Ribera y Curtido se trabajan con partidas que constan de aproximadamente 100 pieles bovinas cada una, y se realizan de dos a tres partidas por mes.

A continuación, se presenta la descripción detallada de cada una de las etapas

PRIMERA ETAPA: RIBERA

Todas las pieles recibidas en La Sirenita S.A. de C.V., ingresan conservadas con sal común (NaCl), generalmente son de procedencia nacional.

Se calcula que alrededor del 50 % del consumo de agua de curtiembres empleado en esta etapa.

Los procesos llevados a cabo en la etapa de ribera se describen así:

Recepción de pieles, usualmente las pieles de ganado bovino son recibidas días de semana por la mañana, no hay un día específico, esto depende de la disponibilidad en el mercado o del proveedor. La mayoría de pieles provienen de proveedores nacionales y son transportadas por medio de camiones.

En promedio La Tenería Sirenita, procesan aproximadamente 2,878 pieles de res/año y 5,864 pieles de cerdo/año, las pieles se reciben en forma saladas una vez que ingresan a la tenería, son almacenadas en el área de almacenamiento (área de saladero), Ver la Figura 5.1.1-2 “Esquema de Distribución en Planta del Área de Producción de la Tenería Sirenita.” Antes de entrar a procesamiento las pieles son pesadas para el cálculo de las cantidades de químicos requeridos en las operaciones de ribera.

Las pieles que se reciben se examinan en su apariencia, contenido en agua, heridas, grado de descomposición, olor, caída del pelo, para establecer si cumplen con el sistema de calidad que ha determinado la Tenería La Sirenita.

En la Figura 5.1.1.1- 2, se presenta fotografías del área de recepción de pieles:

Cuando la piel animal llega a la curtiembre, se procede al recorte de partes o piel dañada, llamado también desorillado de pieles. Los restos de piel que se desechan contienen carnazas, grasas, sangre y excrementos que aportan carga orgánica a los residuos de curtiembres. Aproximadamente este recorte genera un desecho orgánico de 4.5 kilogramos por piel.

Pre-remojo, Este proceso se aplica solamente a pieles saladas, es la primera operación de la fabricación. Su función es restablecer el nivel de hidratación de la piel y empezar su limpieza y preparación para el curtido, esta etapa es realizada en batanes para eliminar los restos de estiércol, sangre, orina, sal, etc. En general se realiza en dos fases: una primera de limpieza y otra segunda fase de humectación. Para esta etapa se utiliza tenso-activos y agua.

Descarnado en pelo, Operación mecánica desarrollada en máquina descarnadora, para separar la endodermis, básicamente constituida por proteínas y grasas sin perjudicar la piel. Posteriormente con un cuchillo con filo se limpian las orillas de la piel quitando las tiras de carne que se quedan pegadas. El descarne obtenido está libre de químicos por lo que es totalmente biodegradable y se le llama “Descarne en pelo”.

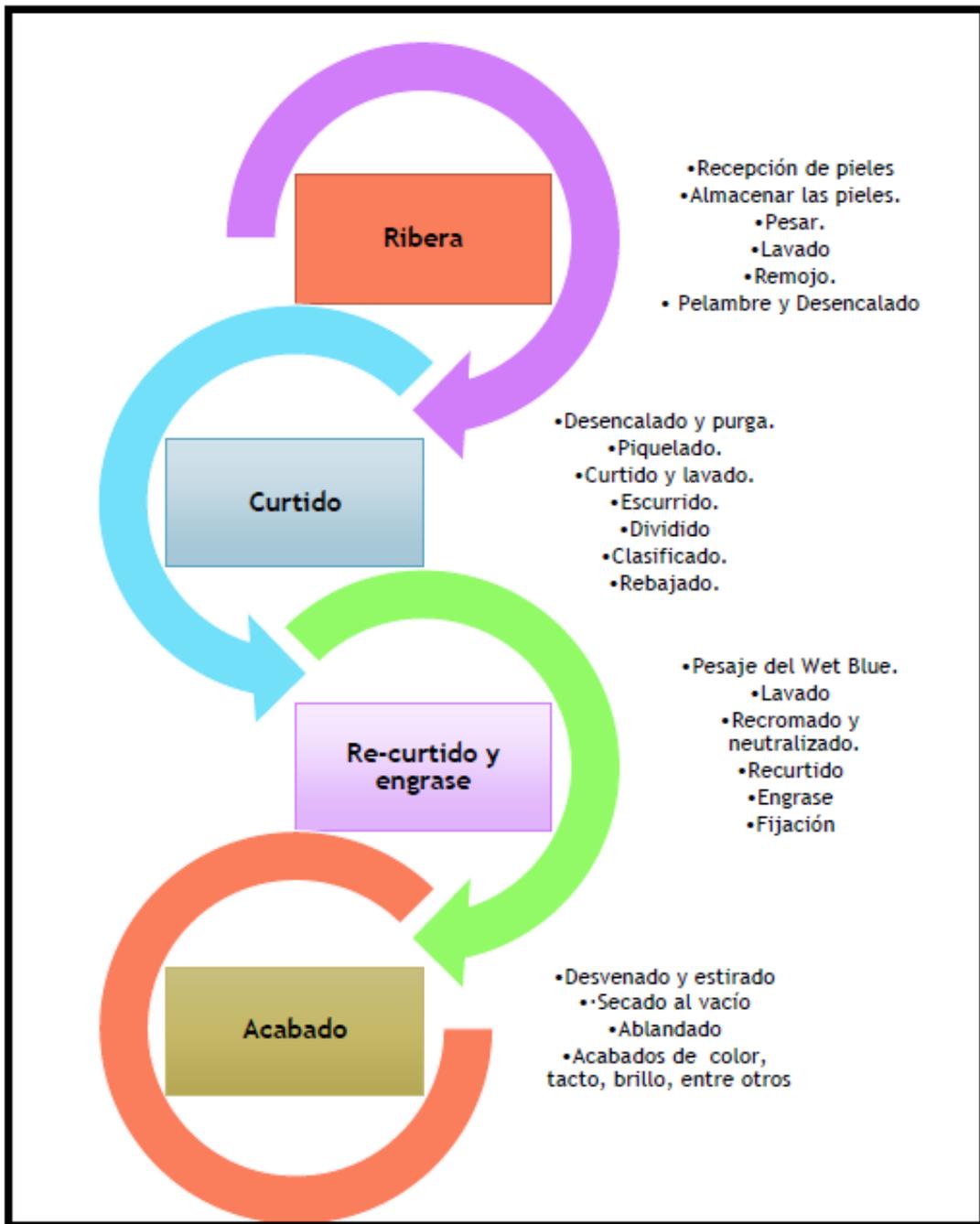


Figura 5.1.1.1-1 Proceso General de Curtición de Pieles



Figura 5.1.1.1-2 Área de recepción de Pieles saladas, mesa para examinar calidad de pieles que ingresan

El proceso consiste en pasar la piel por medio de un cilindro neumático de garra y otro de cuchillas helicoidales muy filosas, la piel circula en sentido contrario a este último cilindro, el cual está ajustado de tal forma que presiona a la piel, lo suficiente, como asegurar el corte (o eliminar definitivamente) sólo del tejido subcutáneo (grasa y/o carne) adherido a ella. Los excesos en las orillas de las pieles son cortadas a mano. La producción mensual de estos desechos sólidos es de 2014.29 kilogramos peso seco, y peso húmedo 2369.7575 kilogramos.

Esta operación se realiza dos veces (doble descarnado), posteriormente las pieles descarnadas se lavan y subsecuentemente se enjuagan en batanes, tanto el lavado como el enjuague dura aproximadamente 30 minutos.

Remojo, Esta etapa inicia con un enjuague de 20 minutos, posteriormente se agregan tenso-activos, carbonato de sodio (soda ash) y agua. Este remojo tiene una duración de 16 a 18 horas y se realiza en batanes. Se sigue un segundo enjuague que dura aproximadamente 30 minutos y, los efluentes resultantes de esta etapa contienen materia orgánica provocando altos valores de DBO y DQO (Demanda Química de Oxígeno), así como sólidos suspendidos y sales disueltas.

En el caso de piel de cerdo se realiza un desengrasado. La piel que se recibe mal conservada o seca se remoja con agua que contiene bactericidas y detergentes (tenso-activos) para reducir la

velocidad de descomposición bacteriana. En la solución salina se disuelven parcialmente proteínas.

Pelambre o Depilado, El objetivo de esta operación es depilar la piel, además de aumentar la separación entre las fibras de colágeno de la piel, destruir proteínas no estructurales, así como nervios, vasos sanguíneos, etc. Convencionalmente, el pelambre se lleva a cabo utilizando una solución que contiene sulfuro de sodio (Na_2S) cal apagada $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y agua, haciendo que las pieles se hinchen y que el pelo se disuelva. Esta operación se lleva a cabo en un batan y tienen una duración de 17 a 20 horas.

Desencalado, Operación mediante la cual se elimina la cal y productos alcalinos en el interior de la piel en tripa utilizando sulfato de amonio, bisulfito de sodio y agua. Esta operación se realiza en batan.

La operación tiene una duración de 1 hora aproximadamente, finaliza hasta que el corte transversal de la piel aun responde en rojo a la fenolftaleína como indicador, a esta operación se le conoce como desencalado profundo. Al terminar esta etapa los batanes son drenados por completo.

Cabe mencionar que las aguas residuales procedentes de esta operación son las más concentradas de todas las generadas en el proceso de fabricación del cuero y representan un 70% a 80% de la contaminación de la carga originada por los efluentes principalmente DQO, sólidos suspendidos y sulfuros. Presentan valores elevados de pH (superiores a 11) y restos de sebo, carnaza, pelo, sulfuros y proteínas solubles. Adicionalmente, se generan emisiones al aire en forma de sulfuro de hidrógeno (H_2S).

Rendido (o purga), Elimina y limpia más profundamente a la piel de los restos queratinosos o epidérmicos de pelo y de grasa que se encuentran todavía en el cuero después del proceso de pelambre y que no son parte del material que se curte (colágeno). Además, se efectúa para producir un aflojamiento mayor en la estructura del cuero. Al final se realiza un lavado para eliminar los residuos de cal, grasas, sales y otras impurezas. Esta operación es realizada en el batán y tiene una duración de una hora y es seguido de un enjuague que tiene la misma duración. El Rendido ayuda a obtener cueros suaves, flexibles y de una flor tersa. En esta etapa se utiliza ácido fórmico a una concentración de 1:10.

En la figura 5.1.1.1-3, se presenta el diagrama de proceso de la Ribera especificando cada operación con las materias primas utilizadas y los desechos generados.

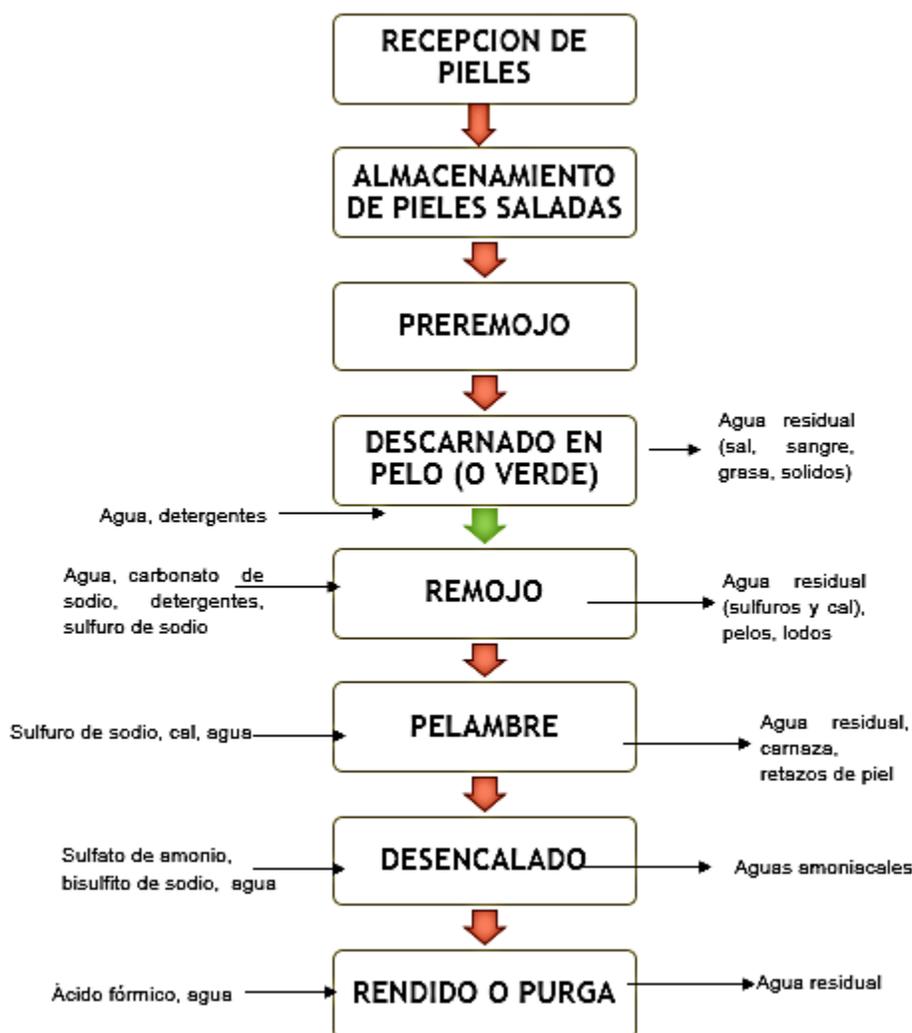


Figura 5.1.1.1-3 Flujograma de Proceso de Ribera

SEGUNDA ETAPA: CURTIDO AL CROMO Y CURTIDO VEGETAL

Esta etapa tiene como objetivo impartir estabilidad química y física o curtición a la piel, evitando de esta manera que las proteínas de la piel se pudran, además haciéndola resistente a cambios de temperatura y humedad. Después de la ribera, las pieles impregnadas de agua, tienen un aspecto blanco, viscoso y resbaladizo, propio de la tripa. En el curtido se utilizan material de origen vegetal (curtido vegetal) o sales inorgánicas de cromo (curtido al cromo). La piel curtida al cromo se denomina “cuero azul” o con el término inglés “wet blue”. El primer paso, antes de adicionar el curtiente, lo constituye el acondicionado que se conoce como "pickle" o piquelado.

A continuación se describen las etapas del proceso de curtido al cromo y curtido vegetal:

Curtido al Cromo, primer paso: Piquelado, Operación de acondicionamiento o Precurtido, realizada en batan, que puede considerarse como complemento del desencalado y su función principal es preparar la piel para el curtido, utilizando sal y ácidos. Se adicionan cloruro de sodio (una densidad entre 6 y 7 Be) y ácidos generalmente sulfúrico, que disminuyen el pH hasta un valor entre 2.8 y 3.5 (color amarillo uniforme al aplicarle la solución de verde bromocresol como indicador) y agua. Es importante que los ácidos se adicionen lentamente y antes de agregarlos deben disolverse en agua en proporción 1:10. El proceso se lleva a cabo en batanes y dura alrededor de 5 horas. Ver Figura 5.1.1.1 - 4.



Figura 5.1.1.1-4 Batanes para las operaciones de Ribera y Curtido

Al final, solo 0.2 metros cúbicos por lote de la solución de piquelado es drenado como efluente, el resto de la solución se conserva en batan junto con las pieles para comenzar el roces de curtición.

Curtido al Cromo, segundo paso: Ecurrido, Operación de tipo físico que se realiza dentro del batán y se elimina 20 a 25 % de agua.

Curtido al Cromo, tercer paso: Curtido, Se adiciona a la solución acida de pickle, Trióxido de cromo como agente de curtición. Ésta se hidroliza manteniendo cromo trivalente en solución para que penetre en la piel y reaccione con los componentes orgánicos, formando complejos bio-orgánicos de cromo trivalente con las proteínas que son las que imparten la estabilidad y hacen que la temperatura de contracción de la piel aumente. Esta operación se realiza en el mismo Batan en menos de 24 horas.

Una vez se ha agregado al batán todos los químicos y el agua necesaria, el batán se rota por aproximadamente entre 15-20 minutos durante 2 horas y luego los cueros se dejan reposar por un tiempo de 4 horas. Al finalizar la operación el agua contenida en el batán es descargada hacia la planta de tratamiento.

Curtido al Cromo, cuarto paso: Basificado, Adición de sales alcalinas que aumentan el pH de la solución y facilitan la reacción del cromo trivalente con los ligantes inorgánicos. El pH que se debe obtener al final del curtido y Basificado debe ser entre 3.8 y 4; y no se debe pasar de 50°C, debido a que se obtiene una flor burda o gruesa y el cuero se encoge.

Curtido al Cromo, quinto paso: Embancado o Apilado, El cuero es descargado de los batanes y se apila uno sobre otro, de manera extendida sobre tarimas de madera, dejándose en reposo por lo menos 24 horas, tiempo suficiente para permitir que la solución aplicada en el curtido siga reaccionando.

En la siguiente figura se muestran las pieles apiladas:



Figura 5.1.1.1-5 Pieles apiladas, en la Etapa de Embancado o Apilado.

Curtido al Cromo, sexto paso: Ecurrido, Una vez terminada la curtición al cromo el cuero se coloca sobre un caballete para evitar la formación de manchas de cromo, se deja en reposo de 24 a 48 horas para obtener una coordinación de la sal de cromo.

Curtido al Cromo, séptimo paso: Dividido, Operación Mecánica para separar la flor de carnaza. (Máquina Divididora).

Curtido al Cromo, octavo paso: Rebajado o Raspado, Esta operación consiste en igualar el espesor del cuero.

En la figura 5.1.1.1 - 6, se presenta el Flujograma del proceso de Curtido al Cromo.

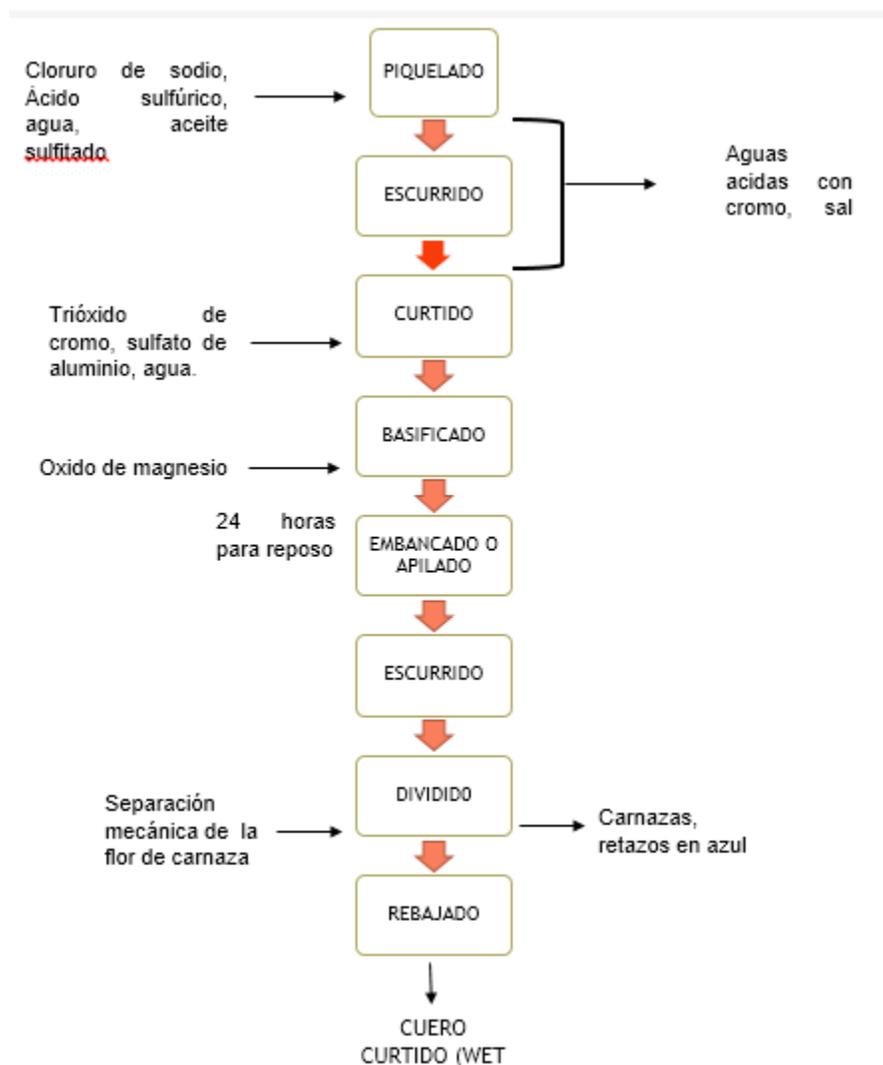


Figura 5.1.1.1-6 Flujograma de Proceso de Curtido, Segunda Etapa: CURTIDO AL CROMO.

CURTIDO VEGETAL

El curtido vegetal se aplica únicamente a las pieles porcinas.

Curtido Vegetal, primer paso: Pickle o acondicionado, Operación también conocida como precurtido en la que se adicionan ácidos y sales que preparan al cuero para el curtido o para almacenajes largos. Esta operación es análoga al pickle del curtido con cromo.

Curtido Vegetal, segundo paso: Curtido, Se adicionan taninos (naturales y/o sintéticos) a la solución de precurtido. Los curtientes orgánicos utilizados son: mimosa, quebracho y castaño.

Curtido Vegetal, tercer paso: Fijación o acidificación (Basificado), Acidificado de la solución utilizando ácido fórmico. El pH de la solución varía de 1.8 a 5.5, de acuerdo a las características del producto y el punto isoelectrónico de las proteínas (carga eléctrica de la molécula).

Curtido Vegetal, cuarto paso: Embancado, El cuero apilado se deja en reposo para que siga reaccionando.

Curtido Vegetal, quinto paso: Ecurrido, Operación mecánica de exprimido de pieles, en la cual como salida se tiene agua residual.

En la figura 5.1.1.1 - 7 se presenta el Flujograma del proceso de Curtido al Vegetal:



Figura 5.1.1.1-7 Flujograma de Proceso de Curtido al Vegetal.

TERCERA ETAPA: ACABADO EN HÚMEDO O RECURTIDO, TEÑIDO Y ENGRASE.

A. ACABADO EN HÚMEDO O RECURTIDO Y ENGRASE

Esta etapa se caracteriza por proporcionar al cuero el refuerzo de la curtición al cromo, desacidulación, recurtición, tintura y engrase. Lográndose dar las características, textura y color de cuero en crust (cuero estacado), para posteriormente según la calidad de flor de los cueros determinar el tipo de acabado que llevará el producto final.

Neutralizado, Se aumenta el pH para eliminar la acidez del cuero y finaliza con un lavado para que los productos que se utilizan posteriormente penetren despacio y parejo en el cuero. Al examinar esta neutralización con solución verde de bromocresol, las capas exteriores tienen que tornarse color azul y las interiores verde o verde amarillento.

Lavado, Consiste en el lavado de impurezas de sustancias hidrofóbicas y/o hidrofílicas.

Recurtido, Se adicionan taninos o curtientes sintéticos como acrílicos, vegetales, etc. El recurtido imparte suavidad, elasticidad, llenura y cuerpo al cuero.

Engrasado y Fijación, En esta etapa se lubrican las fibras con aceites naturales o sintéticos y se lleva a cabo en batanes.

Lavado, Se agrega aproximadamente 2 m³ de agua por tonelada de pieles.

Desvenado, Operación mecánica en la cual se escurre y estira el cuero mediante rodillos con una cuchilla helicoidal. Aquí se extrae el excedente de agua interfibrilar que se acumuló durante las operaciones anteriores, y se estiran y alisan los cueros para eliminar arrugas de la piel por el lado de la flor.

En la siguiente figura 5.1.1.1-8, se muestra como realizan el desvenado de las pieles

Secado, Se busca eliminar por evaporación la humedad que contiene el cuero hasta alcanzar valores de humedad entre el 14% y 16%.

En la figura 5.1.1.1- 9 se presenta el diagrama de flujo del proceso de Acabado en húmedo o re-curtido y engrase:



Figura 5.1.1.1-8 Desvenado de pieles

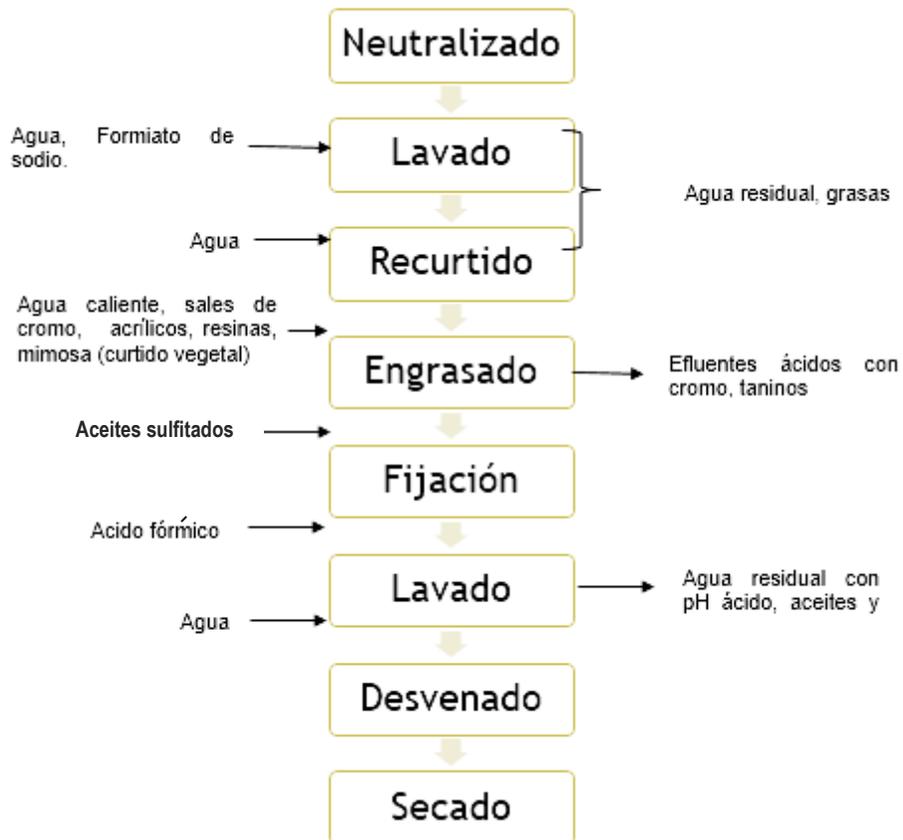


Figura 5.1.1.1-9 Flujograma de Proceso de Curtido de la Tercera etapa ACABADO EN HÚMEDO

B. ACABADO EN HÚMEDO O RECURTIDO Y ENGRASE DE CURTIDO VEGETAL (PIELES PORCINAS Y DE RES).

Proporcionar distintos acabados, aplicar ligantes para impartir suavidad y ablande, proteger contra daños mecánicos, humedad y suciedad.

Re curtido: Operación en la que se adicionan taninos o curtientes sintéticos como vegetales, acrílicos, etc.

Blanqueo: Limpieza para homogenizar el color final del cuero y lo prepara para las siguientes operaciones.

Carga: Se incorporan recurtientes y otros materiales que adicionan peso al cuero, y le imparten características deseables.

Teñido: Imparte color al cuero ya sea superficial o totalmente.

Engrasado: Lubrica las fibras con aceites.

Desvenado: Escurrido y estirado de la piel mediante rodillo para eliminar arrugas por el lado de la flor.

Secado: Elimina la humedad por evaporación.

En la figura 5.1.1.1-10 se presenta el proceso de Acabado en húmedo o recurtido, teñido y engrase de curtido vegetal.



Figura 5.1.1.1-10 Flujograma de Proceso de Curtido. Tercera Etapa: Acabado en húmedo o recurtido y engrase de curtido vegetal

CUARTA ETAPA: ACABADO EN SECO

A continuación se describen cada uno de los pasos que se llevan a cabo en el desarrollo de la etapa Acabado en Seco:

Ablandado: Humecta el cuero preparándolo para aflojar, impartir suavidad al cuero mecánicamente. Se utiliza la máquina ablandadora.

Pulido o esmerilado: Se eliminan imperfecciones de la superficie de la piel, utilizando rodillos recubiertos de lija gruesa (Máquina pulidora).

Sacudido y desempolvado: Se elimina el polvo del pulido (Máquina desempolvadora).

Impregnación: Se aplican uniformemente resinas y penetrantes (Máquina de rodillos-roller).

Secado por colgado: Los cueros impregnados se apilan y se dejan en reposo de 8 a 12 horas, luego son colgados en ganchos o varas, permanecen así por un aproximado de 2 horas.

Afinado (pulido): Lijado de los cueros (máquina pulidora).

Sacudido: Desprendimiento del polvo del afinado.

Pigmentado: Pintado de la superficie del cuero en máquina de rodillos-roller y luego pasa a túnel de secado (>50°C).

Planchado y grabado: Se prensa el cuero en una placa caliente que puede ser lisa o tener figuras.

Laqueado: Se aplica laca para lograr un terminado de calidad que protege al acabado.

Medido: Determinación del área del cuero, se utiliza una máquina medidora

Almacenado: Depósito de cuero terminado para su protección, uso o comercialización.

En las figuras 5.1.1.1- 11 se muestran pieles en la etapa de secado posterior al pigmentado



Figura 5.1.1.1-11 Pieles secando pigmentos en etapa de acabado

En la figura 5.1.1.1 - 12 se presenta el diagrama de proceso de acabado en seco:

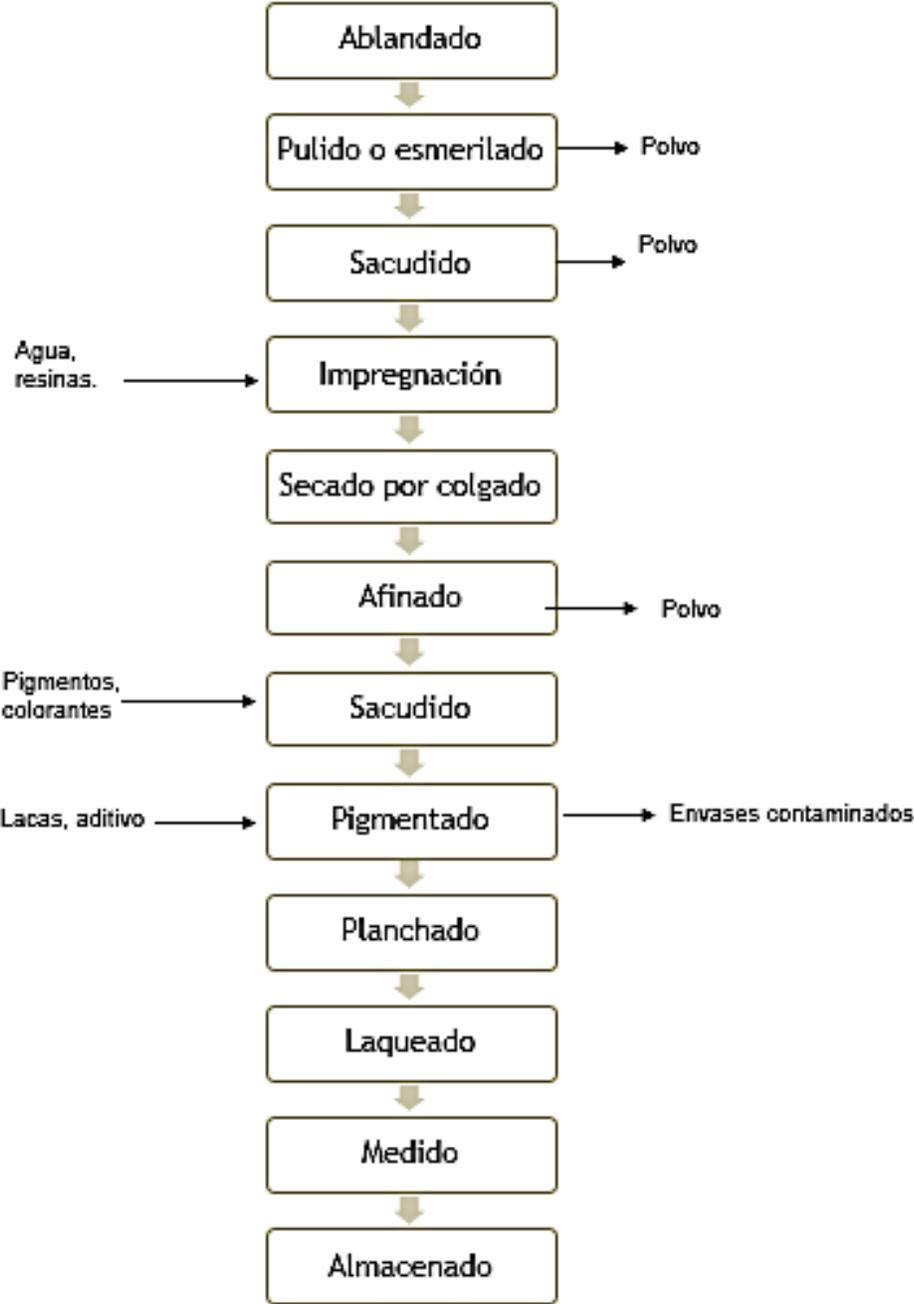


Figura 5.1.1.1-12 Diagrama de proceso de acabado en seco

5.1.2. Características de los principales consumidores de energía

Los principales consumidores de energía se visibilizan al realizar el Balance de Energía del Proceso de Producción de la Tenería La Sirenita, el cual se desarrolla a continuación, con los datos actualizados.

BALANCE DE MATERIA

Para la realización del Balance de materiales se tomaron los consumos del último año 2017, por considerarse más representativo a los volúmenes de producción actuales, considerando que en los últimos años la producción ha ido disminuyendo considerablemente de 890 pieles de res/mes que se procesaban en el año 2001, ahora únicamente se procesan un promedio de 240 pieles/mes, esto por diferentes motivos, uno de ellos es la falta de materia prima, pues cada vez es más difícil conseguir proveedores locales, además los costos de producción han ido en aumento, tanto de insumos directos como indirectos.

En la figura 5.1.2- 1 se presentan las entradas y salidas totales al proceso, tomando como base de cálculo 1 año de producción:

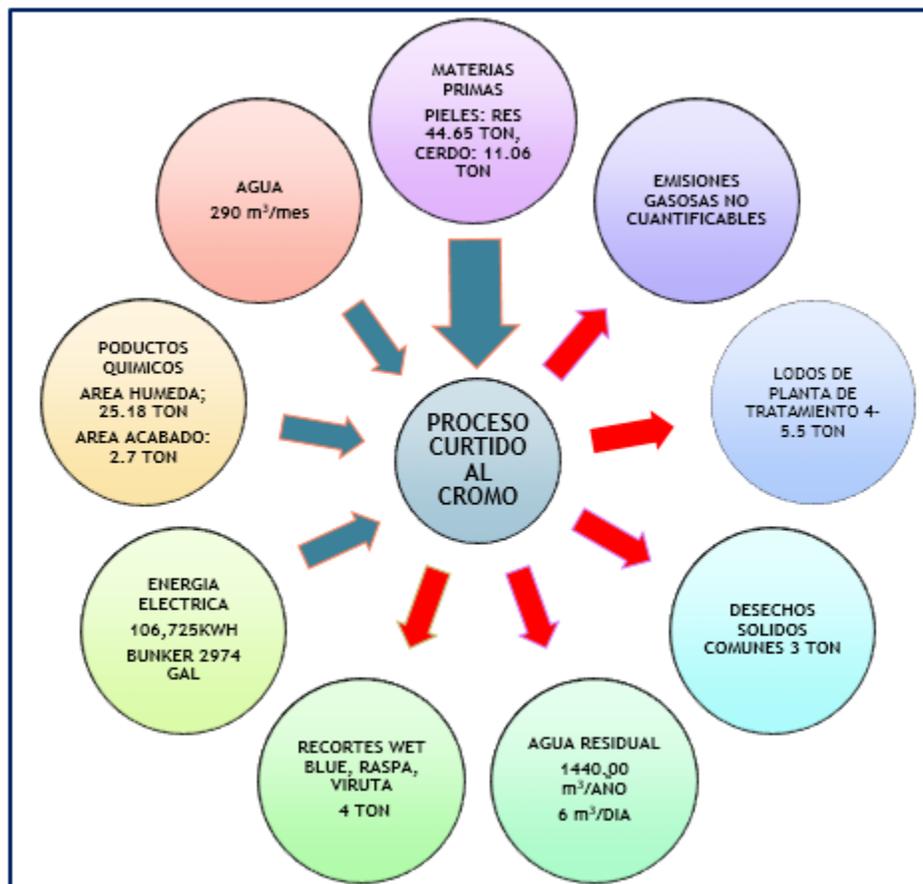


Figura 5.1.2-1 Balance General del proceso de Producción de cueros

BALANCE DE MATERIA POR ETAPAS

Los balances de materia se realizaron principalmente con el objetivo de cuantificar el consumo de agua que se utiliza en las diferentes operaciones involucradas, así como también el consumo de los diferentes tipos de químicos que son necesarios para el procesamiento de las pieles de res y cerdo, además mediante dicho balance de materia se cuantificó la cantidad de desecho sólido generado proveniente de las operaciones de Ribera, curtido, recurtido y acabado. Los balances de materia presentados a continuación se han realizado tomando como base una (1) tonelada de piel ingresando al proceso.

BALANCE DE MATERIA ETAPA DE RIBERA

Solamente se presenta esta etapa debido a que los residuos de la misma pueden utilizarse en un proyecto de generación de energía con recurso de Biomasa. Ver la tabla 5.1.2-1

Tabla 5.1.2-1 Procesos y balance de materia para la etapa de Ribera

BASE DE CALCULO: 1 Ton Piel res (64 pieles)		
PROCESO	ENTRADAS	SALIDAS
RECEPCION DE PIELES	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1 Ton piel de res (64 pieles) 	288 kg de residuos sólidos orgánicos (recortes de carne grasa, colas, etc), de estos 198.4 kg es grasa
PREREMOJO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tensoactivo (detergente): 2 kg ▪ Agua 3.5 m3 	3.38 m3 agua residual con detergente*
DESCARNE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pieles húmedas (lavadas) 	Residuos sólidos 173.25 kg
REMOJO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Agua : 2 m3 (Primer baño : 1 m3, Segundo baño : 1 m3) ▪ Tensoactivo : 8.5 kg ▪ Carbonato de sodio (soda ash): 9 kg ▪ Sulfuro de sodio: 0.6 kg 	Agua residual con detergentes*: 1.884 m3
PELAMBRE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sulfuro de sodio : 13 kg ▪ Cal hidratada (CaOH)₂: 35 kg ▪ Soda caustica: 5 kg (Únicamente para pieles de cerdo) ▪ Agua: 0.2 m3 	Agua residual conteniendo químicos, pelos: 0.2 m3 (Químicos en el efluente*: 8.695 kg) Emisiones gaseosas: 0.93 g de H ₂ S
DESENCALADO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sulfato de Amonio : 24 kg ▪ Bisulfito de Sodio: 2 kg ▪ Agua : 2.5 m3 	Aguas residual conteniendo sales de amonio y sodio : 2.5 m3 Sulfato de amonio que se va al vertido liquido: 20.4 kg Bisulfito de sodio que se va al vertido liquido: 1.7 kg Emisiones de NH ₃ : 2.19 kg
RENDIDO O PURGA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Acido fórmico: 0.15 m3 de solución 1:10 	0.1275 m3 de agua residual conteniendo ácido fórmico
TOTALES DEL BALANCE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Productos Químicos: 98.6 kg ▪ Agua: 8.35 m3 	Residuos sólidos: 485.54 kg Productos químicos absorbidos: 334.74 kg La mayor cantidad de sal se disuelve en el agua por lo que sale como solución salina Agua absorbida por la piel: 0.25 m3 Agua Residual: 8.10 m3

Nota: *0.116 m3 de Agua absorbida por piel, 6.82 kg de grasa /piel; se asume que el 15% del químico aplicado es absorbido por la piel

5.1.2.1. Análisis energético de la industria

Fuentes de suministro energética

CONSUMO ENERGÉTICO			
CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA ⁵			
	ANUAL	MENSUAL	DIARIO
Consumo de energía eléctrica (kWh)	106,725	8,893.75 ⁽⁶⁾	413.6628 ⁽⁷⁾
Potencia demandada (kW) en el mes ⁸	-----	47.0933	-----
Costo de electricidad (\$ / período) – cargo por energía	\$ 13,721.83	\$ 1,143.49	\$ 53.19
Costo de electricidad (\$ / período) – cargo de Distribución Potencia	\$ 6,828.28	\$ 569.0233	\$ 26.47
Costo promedio de kWh de electricidad (\$ / kWh) ⁹	-----	\$ 0.128572	-----
Costo promedio de kW de Distribución Potencia (\$ / kW)	-----	\$ 12.082885	-----
CONSUMO DE ENERGÍA TÉRMICA (por cada tipo de combustible)			
	ANUAL	MENSUAL	DIARIO
Consumo de energía térmica (unidad a determinar)	2,974 galones de fuel oil #6 (BUNKER)	247.83333 galones ¹⁰	11.5271 galones
Costo de energía térmica (\$ / período)	\$ 3,420.10	\$ 285.01	\$ 13.26
Costo promedio de (unidad a determinar) de energía térmica	-----	\$ 1.15 / gal	-----
PRODUCCIONES ENERGÉTICA PROPIAS			
No se tienen producciones energéticas propias			
OTRAS FUENTES SE SUMINISTRO ENERGÉTICO.			
No existen otras fuentes de suministro			

⁵ Formato modificado considerando la factura de energía eléctrica de Tenerife la Sirenita, con tarifa GD2 – MT con Medidor Horario, por lo que se detallan cargos por energía y de distribución potencia.

⁶ Valor promedio calculado con los datos del Valor Anual entre 12 meses

⁷ Valor promedio calculado, con el Valor Anual dividido entre los días laborales en un año (258 días)

⁸ Valor establecido cada mes, corresponde al valor máximo en el mes.

⁹ El costo promedio de kWh de electricidad varía en El Salvador cada tres meses, los valores incluidos corresponde al tercer trimestre del 2017. El valor promedio ponderado se establece con las tarifas horarias de Valle, Punta y Resto considerando los consumos de la empresa dentro de cada tarifa.

¹⁰ Los valores mensual y diario son valores promedios obtenidos del dato anual. Se consideran para el dato diario los días laborales en el año 2017.

5.1.3. Mediciones y Registros de datos

5.1.3.1. Mediciones eléctricas

Utilizando un analizador de red AR-5, CIRCUITOR, se miden los principales parámetros eléctricos del sistema eléctrico trifásico: diferencia de potencial de cada una de las fases, factor de potencia, intensidad de corriente de línea, potencia consumida. Los resultados obtenidos se presentan en las figuras 5.1.3.1-1, 5.1.3.1-2 y 5.1.3.1-3

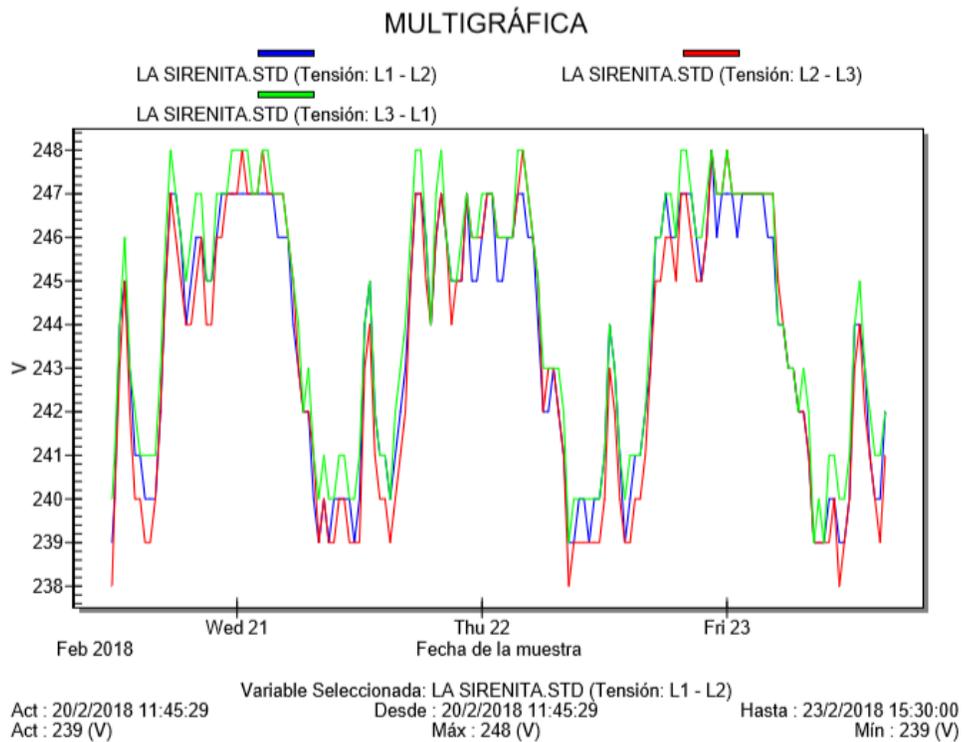


Figura 5.1.3.1-1 Gráfica de Diferencia de Potencial del Sistema Trifásico

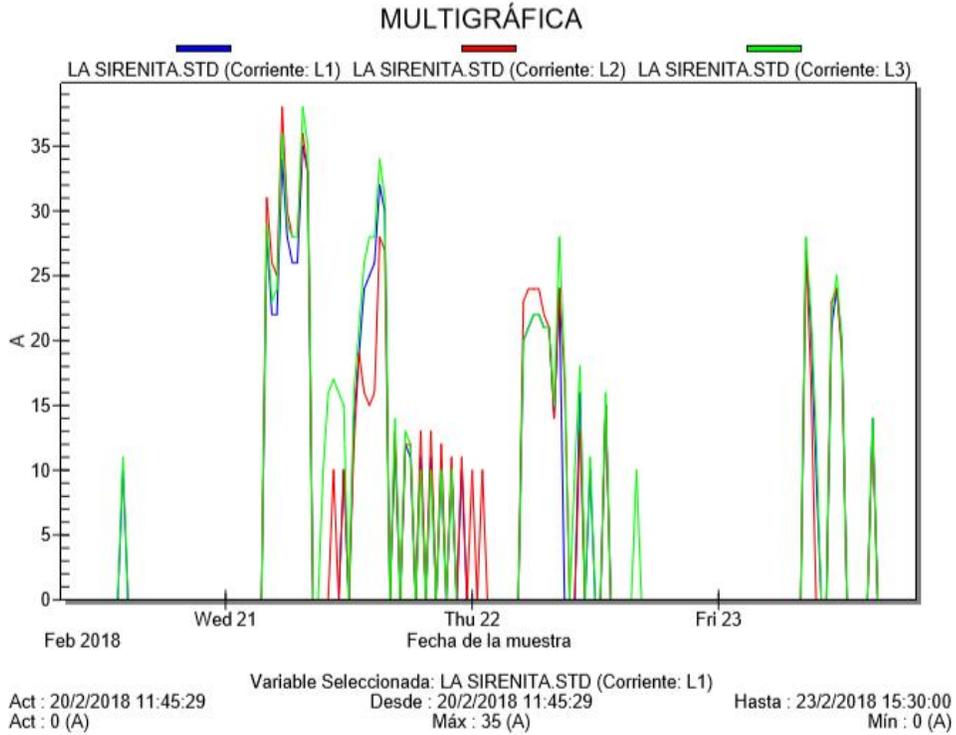


Figura 5.1.3.1-2 Gráfica de Intensidad de Línea de cada Fase del Sistema Trifásico.

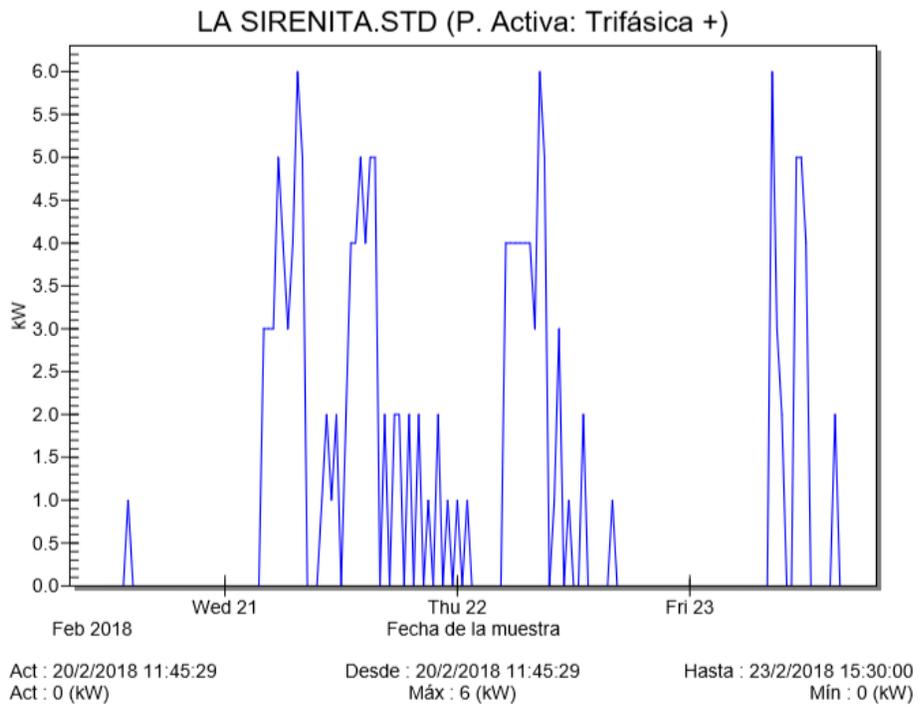


Figura 5.1.3.1-3 Gráfica de Potencia Activa (kW)

5.1.3.2. Mediciones del rendimiento térmico (%)

En el Reporte de Análisis de Combustión de caldera, ejecutado por Aqua Química Salvadoreña, No. 0167, el 26 de agosto de 2017, se informan los siguientes resultados

Tabla 5.1.3.2-1 Reporte de Análisis de Combustión de la Caldera – primera parte

Descripción	Símbolo	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Delta Oper.	Límites permitidos según Norma 13.11.02:11 (bunker)
Llama		Llama 1	Llama 2	Llama 3		
Oxígeno	O ₂	14.3	14.5	14.5		3 % a 15 %
Monóxido de carbono	CO	105	104	104		152 máximo
Dióxido de carbono	CO ₂	5,2	5,1	5,1		Reportar
Temperatura de gases	°C	185	187	187		Abajo 250 °C
Temperatura ambiente	°C	24,4	24,9	25		
Exceso de aire	%	202,9	210,7	209,7		Reportar
Eficiencia de combustión	%	78,8	78,3	78,3		Arriba 80%
Pérdida de combustión	%	21,2	21,7	21,7		
Presión de combustible	PSI	100	100	100		
Temperatura del combustible	°C	AMB	AMB	AMB		
Óxidos de nitrógeno	NO _x	478	480,3	480,3		408 máximo
Dióxido de azufre	SO ₂	29	29	29		2314

Tabla 5.1.3.2-2 Reporte de Análisis de Combustión de la Caldera – segunda parte

Descripción	Símbolo	Lectura 4	Lectura 5	Lectura 6	Delta Oper.	Límites permitidos según Norma 13.11.02:11 (bunker)
Llama		Llama 1	Llama 2	Llama 3		
Oxígeno	O ₂	14.4	14.2	14.2	14.35	3 % a 15 %
Monóxido de carbono	CO	104	106	106	89,08	152 máximo
Dióxido de carbono	CO ₂	5,2	5,3	5,3	5,20	Reportar
Temperatura de gases	°C	190	193	193	189,17	Abajo 250 °C
Temperatura ambiente	°C	25	25,6	25,6	25,08	
Exceso de aire	%	205,8	199,3	199,3	204,62	Reportar
Eficiencia de combustión	%	78,2	78,3	78,3	78,37	Arriba 80%
Pérdida de combustión	%	21,8	21,7	21,7	21,63	
Presión de combustible	PSI	100	100	100	100	
Temperatura del combustible	°C	AMB	AMB	AMB	AMB	
Óxidos de nitrógeno	NO _x	476,9	479,4	479,4	407,33	408 máximo
Dióxido de azufre	SO ₂	30	31	31	29,31	2314

Donde la Eficiencia de la Combustión es de 78,37 %

5.1.4. Consumos específicos y costos energéticos

Para establecer indicadores energéticos que nos permitan relacionar los consumos y costos energéticos (de energía eléctrica y combustible bunker, fuel oil # 6) debemos considerar la cantidad en peso de las pieles procesadas. Ya que los productos terminados en la fábrica, ver tabla 5.1-1, tienen diferentes unidades y por la diversidad de tipos de productos, con la mediciones y controles que se han llevado en la empresa, no es posible establecer relaciones que sean representativas.

Tabla 5.1.4-1 Indicadores Energéticos que relacionan la producción y la energía

Cantidad producida	Consumo energético	Costo energético	Definición del Indicador Energético	Valor del Indicador Energético
55.71 Toneladas de pieles procesadas	106,725 kWh	\$ 13,721.83	Energía eléctrica consumida / Tonelada de piel procesada	1,915.72 kW-h / tonelada
			Costo de energía eléctrica / Tonelada de piel procesada	\$ 246.31 / tonelada
55.71 Toneladas de pieles procesadas	2974 galones bunker	\$ 3,420.10	Galones de bunker consumido / Tonelada de piel procesada	53.30 galones / tonelada
			Costo del combustible / Tonelada de piel procesada	\$ 61.39 / tonelada

Notas:

55.71 Toneladas de pieles procesadas (44.5 ton. de res y 11.6 ton. de cerdo)

5.1.5. Alternativas propuestas en la Consultoría de evaluación.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE UNA ALTERNATIVA	
SITUACIÓN ACTUAL	
Características de la instalación	Servicio de Energía Eléctrica con tarifa GD2-MT con medición horaria, suministrada por CLESA
Consumo anual de energía	63,214.05 (estimado anual basado en el promedio de enero a agosto 2017), valor conservador considerando la contracción económica nacional que ha impactado a la empresa.
Costo anual de energía	\$ 9,290 (con valor tarifa vigente desde abril 2018, \$ 0.146961)
Emissiones de CO ₂	38.4974 toneladas de CO ₂ equivalentes
SITUACIÓN NUEVA	
Características de la instalación	Servicio de Energía Eléctrica + SSFV de capacidad nominal de 17.6 kWp conectada a red de distribución de CLESA
Consumo anual de energía	36,095.05 de CLESA + 27,119 kWh del SSFV
Costo anual de energía	\$ 5,304.56 (de acuerdo pliego tarifario desde abril 2018)
Emissiones de CO ₂	21.9819 toneladas de CO ₂ equivalentes
Inversión del proyecto de generación	\$ 28,160.00
Ahorro energético	27,119 kWh
Ahorro económico	\$ 3,987.00 (sólo se considera la autogeneración)
Ahorro de emisiones	16.5155 toneladas de CO ₂ equivalentes
Período de retorno	7.063 (no considera incrementos en el valor de la tarifa eléctrica)
Otras mejoras ambientales y/o sociales	Se generan empleos con la instalación y mantenimiento del generador

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE UNA ALTERNATIVA	
SITUACIÓN ACTUAL	
Características de la instalación	Agua suavizada a temperatura ambiente que alimenta la caldera
Consumo anual de combustible	2,974 galones de fuel oil # 6
Costo anual de combustible	\$ 3,420.10
Emissiones de CO ₂	32.2383 toneladas de CO ₂ equivalentes
SITUACIÓN NUEVA	
Características de la instalación	Precalentamiento del agua de alimentación a la caldera con Calentador operado por gas y el equipo del biodigestor con sus protecciones y filtros
Consumo anual de combustible	2,857.1218 galones de fuel oil # 6
Costo anual de combustible	\$ 3,285.69
Emissiones de CO ₂	30.9713 toneladas de CO ₂ equivalentes
Inversión del proyecto de generación	\$2,250.00
Ahorro energético	116.8782 galones
Ahorro económico	\$ 134.41 (no se incluye los costos del biodigestor y accesorios)
Ahorro de emisiones	1.2669 toneladas de CO ₂ equivalentes
Período de retorno	16.7398 años (no se incluye los costos del biodigestor y accesorios)
Otras mejoras ambientales y/o sociales	Brinda un tratamiento a los residuos que contaminan el medioambiente

5.1.6. Resumen y Conclusiones

ALTERNATIVAS	INVERSIÓN (\$)	AHORRO ECONOMICO \$ /año	P. DE RETORNO SIMPLE	CO ₂ EVITADOS
Alternativa 1	\$ 28,160.00	\$ 3, 987.00	7.063	16.5155 ton. de CO ₂ eq.
Alternativa 2	\$ 2,250.00	\$ 134.41	16.7398	1.2669 ton de CO ₂ eq.
Alternativa 3				

Al comparar la alternativa 1 y 2, se elige la alternativa 1, generar energía eléctrica con recurso solar fotovoltaico que representa un ahorro que puede impactar positivamente, en mayor medida a la Empresa.

5.2. Diseño Conceptual

5.2.1. Generación de Energía con fuente Solar Fotovoltaica.

Ubicación propuesta para el Sistema de Generación de Energía con recurso Solar Fotovoltaico	
Dirección	Carretera San Pablo Tacachico, Cantón. Natividad, Municipio y departamento de Santa Ana, El Salvador
Coordenadas geográficas	13°59'51.93"N y 89°31'1.89"O
Área estimada disponible en techo	448 m2 en techo nuevo (recuadro rojo)



CRITERIOS DE DISEÑO

- Se ha diseñado para tener excedentes mínimos durante la jornada laboral.
- Tarifa de energía según pliego tarifario de Abril 2018, para usuario GD2-MT, con Medición Horaria de la distribuidora de energía CLESA es de \$ 0.146961
- La propuesta considera el generar de la potencia promedio el 80%
- El consumo de energía eléctrica y su potencia se estableció con facturas de CLESA, que cubren el período de enero a agosto del 2017.
- Precio estimado por kW instalado de USD \$1,600.00¹¹ (no incluye estructura elevada en el techo, ni los refuerzos del mismo)

¹¹ Precio de oferta recibida el 26 de abril del 2017



Figura 5.2.1-2 Vista de la estructura que soporta el techo en el área de producción



Figura 5.2.1-3 Vista del techo propuesto para la instalación - al fondo de la foto

DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE CARGA ANUAL

Para determinar el perfil de Carga Anual de las instalaciones se analizan los registros facilitados por la Tenería La Sirenita, los cuales comprenden los consumos de energía eléctrica facturados por CLESA desde enero 2014 a agosto de 2017.

Tabla 5.2.1-1 Datos de Consumo de Energía Eléctrica en la Tenería La Sirenita y su análisis

Fecha lectura	Mes	Consumo de Energía Eléctrica (kW – h)	Potencia calculada (kW)
07-ene.-17	Ene	4,482.20	18.07
06-feb.-17	Feb	5,083.10	22.69
08-mar.-17	Mar	5,716.50	23.05
08-abr.-17	Abr	8,331.10	34.71
09-may.-17	May	4,531.00	18.27
07-jun.-17	Jun	5,083.10	21.18
07-jul.-17	Jul	4,352.30	17.55
07-ago.-17	Ago	4,563.40	19.01

Análisis de datos de consumo de energía

Valor promedio mensual	5,267.84	21.82
Valor máximo	8,331.10	34.71
Valor mínimo	4,352.30	17.55
Valor promedio / día	175.59	
Valor estimado anual basado en el promedio	63,214.05	
Valor del 80% del valor promedio mensual		17.45

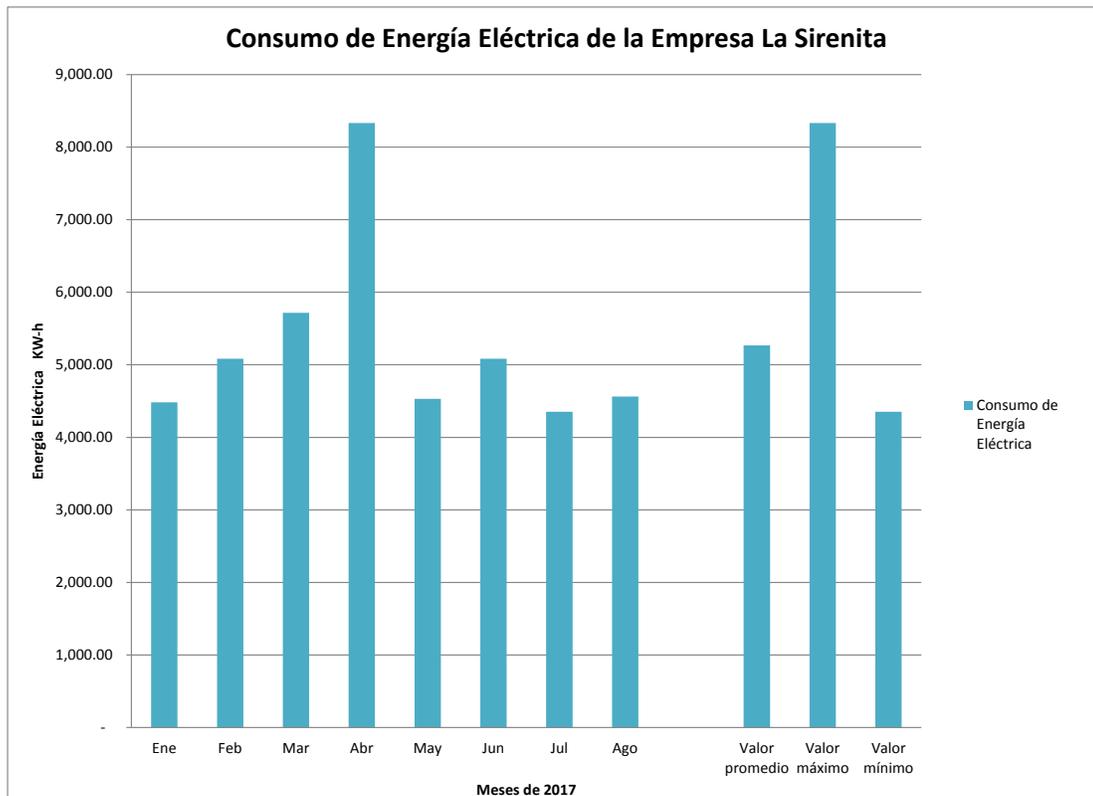


Figura 5.2.1-4 Consumo de Energía Eléctrica mensual y análisis

PROPUESTA DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

La propuesta consiste en un SSFV de capacidad nominal de 17.6 kWp, basada en solo satisfacer el 80.67 % de la demanda promedio mensual de la Tenería la Sirenita. El SSFV permitirá reducir la facturación eléctrica en aproximadamente 27,119 kWh al año, que corresponde a tener un porcentaje de autoconsumo estimado del 42.90%, lo que económicamente se traduce a un ahorro anual estimado de USD \$ 3,987.00. Requiriendo un Costo de Inversión estimado en USD \$ 28,160.00. Al evaluar económicamente esta propuesta el período de recuperación simple es de 7.063 años¹².

Tabla 5.2.1-2 Información del Sistema Solar Fotovoltaico propuesto

Información del Sistema SFV	
Capacidad del SSFV (kWp)	17.6
Tipo de módulo	Standard
Tipo de arreglo de los módulos	Fijo (en soportes)
Pérdidas en el sistema (%)	20.05
Inclinación de los módulos (grados)	14
Azimuth (grados)	125
Eficiencia del inversor (%)	96
Área estimada cubierta en el techo (m2)	117
Potencia estimada por módulo (Wp)	320
Cantidad de módulos	55



Figura 5.2.1-5 Vista del posicionamiento del SSFV en la herramienta PVWatts Calculator de NREL

¹² Considera un valor fijo en la Tarifa eléctrica.

Tabla 5.2.1-3 Resumen de Resultados de Generación de Energía y Ahorro por Autoconsumo

RESULTADOS

27,119 KWh por año

Mes	Radiación (KWh / m ² / día)	Energía AC (KWh)	Valor (US \$)
Enero	6.36	2,349	345
Febrero	6.73	2,221	326
Marzo	6.86	2,503	368
Abril	6.74	2,372	349
Mayo	5.80	2,128	313
Junio	5.67	2,038	300
Julio	6.33	2,321	341
Agosto	6.48	2,420	356
Septiembre	5.59	2,020	297
Octubre	5.68	2,094	308
Noviembre	6.67	2,284	336
Diciembre	6.26	2,369	348
Anual	6.23	27,119	\$ 3,987

BENEFICIO AMBIENTAL DEL PROYECTO

De acuerdo a la producción anual estimada de 27.119 MWh/año, se ha proyectado un total de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que ascienden a 16.5155 toneladas de CO₂ equivalentes mitigadas por la realización del proyecto (0.609 toneladas de CO₂ equivalente x MW-h generado).¹³

¹³ Fuente: línea base CO₂ del 2006 El Salvador

5.2.2. Generación de Energía con fuente Biomasa.

Desde el año 2001, LaSirenita, S.A. de C.V. implementó, programas de producción más limpia, por lo que se han reducido los desechos sólidos considerablemente, tanto es así que desde hace dos años el Descarne en Tripa se eliminó del proceso, estos desechos contenían altos niveles de materia orgánica, grasa, cal y sulfuro, de éstos se generaban aproximadamente 53 Ton /año. Esta operación se sustituyó por el doble descarne en la etapa de ribera, específicamente entre el pre remojo y el remojo.

Actualmente los residuos del proceso DESCARNE EN PELO, es tratado mediante el COMPOSTAJE FORESTAL, en terrenos de la Sirenita. En fosas de residuos sólidos biodegradables de materia orgánica animal rica en proteína y grasa, contenido restos de sangre, excremento, orín, tierra sal común y pelo, con mitigación de emisiones mal olientes.

Los recursos orgánicos, con alto contenido de proteínas y grasas, que pueden ser utilizados en un biodigestor se detallan en la tabla 5.2.2-1, considerando los datos presentados en la figura 5.1.2-1 y la tabla 5.1.2-1. Los otros desechos no pueden ser utilizados porque contiene diferentes químicos que imposibilitan el proceso de biodigestión

Tabla 5.2.2-1 Estimación de Biogás que es posible generar

PROCESO	ENTRADA	SALIDAS	Pieles procesadas Toneladas / año	Residuos sólidos orgánicos. (Kg)	Biogás generado (m3 / año)
Recepción de pieles	1 Tonelada piel de res (64 pieles)	288 Kg de residuos sólidos orgánicos (recortes de carne grasa, colas, etc), de estos 198.4 kg es grasa	44.65	12, 859.20	8,744.2416
	de cerdo (454 pieles)		11.06	3,185.28	
	Subtotales		55.71	16,044.48	
Descarne	Pieles húmedas (lavadas)	Residuos sólidos 173.25 kg	55.71	9,651.758	5,260.2018
TOTAL				25,696.24	14,004.45

Nota: se considera valor promedio de 0.545 m3/kg. para residuos o basuras orgánicas, que presentan un rango de generación de Biogás con este sustrato, de 0,29 - 0,8 m3/kg.

Fuente: Lipp GMBH

Analizando esta producción de Biogás con valores indicativos promedios del recurso, se puede establecer

BIOCOMBUSTIBLE	ANUAL	MENSUAL	DIARIA
Biogás generado (m3)	14,004.45	1,167.04	54.28
ALTERNATIVA DE USO			
a. Precalear agua suavizada de la calera	Utilizando un calentador operado por gas		
b. Generar Electricidad con motogeneración o generador recíprocante.	Con un rendimiento estimado por cada tonelada de desechos tratados en un día se obtiene un promedio de 125 a 250 kilowatts cada hora. Considerando que se tratan anualmente aproximadamente 25,696.24 kg (28.325 Toneladas), se tiene un estimado de energía producido anual de 3,540.656 a 7,081.311 kW-h que representa de un 3.32 % a un 6.64 % de la energía eléctrica en La Sirenita.		

CONSIDERACIONES SOBRE EL TAMAÑO Y COSTO DE LOS DIGESTORES

La selección del tamaño del reactor depende de tres factores principales: cantidad máxima que se recibirá del sustrato diariamente; tiempo de residencia hidráulico mínimo requerido; velocidad de carga orgánica máxima, descrito en la siguiente fórmula:

$$V_R = V \bullet TRH$$

Donde: V la velocidad de carga, el primer factor, depende de la provisión designada y; la TRH es tasa de retención hidráulica, depende de las características del residuo.

Luego, para definir un tamaño adecuado del reactor se requiere un análisis exhaustivo de los sustratos.

Considerando que se utilizan 25,696.24 kg. (28.32525 toneladas) de sustrato anuales, y suponiendo una TRH de cuarenta y cinco días, se requerirá aproximadamente 3.492154 m³ (3.5 m³) de Biodigestor.

Para obtener una idea aproximada de los costos típicos de una planta de biogás simple sin calefacción, se pueden usar las siguientes cifras: el costo total de una planta de biogás, incluidas todas las instalaciones esenciales pero sin incluir la tierra, es de entre 50-75 USD por m³ de capacidad. Donde del 35 - 40% de los costos totales son para el digestor.

Considerando el valor más alto de \$ 75.00 /m³, para los 3.5 m³, se tiene una inversión estimada de \$ 262.50, y evaluando que el 35% de los costos totales son para el digestor; se tiene un valor total estimado de \$ 750.00

CONSIDERACIONES SOBRE EL BIODIGESTOR Y LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD

Sobre el tipo de biodigestor que se recomienda, cabe comentar el caso de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México, para poner fin a la contaminación generada por los desechos orgánicos de procedencia animal, realizó una investigación sobre el comportamiento contaminante de éstos residuos; dando como resultado la innovación de un biodigestor que degrada los desechos rápidamente, los transforma en biogás, energía eléctrica y composta.

Este biodigestor permite degradar los residuos colocados gracias al uso de una bacteria o inóculo que se descubrió durante la investigación, su característica principal es su agresividad para deshacer rápida y eficazmente la materia y convertirla en biogás. Su funcionamiento es a través de un proceso de recirculación, el cual consiste en someter a calentamiento la bacteria y posteriormente inyectarla en distintos puntos del biodigestor a través de un tipo de manguera para procesar así todos los desechos de manera homogénea.

Estos biodigestores implementados tienen la apariencia de una pirámide invertida, están enterrados en el suelo y tanto su base como sus paredes son hechas de cemento. El sistema cuenta con una geomembrana de alta densidad que mantiene la temperatura adecuada dentro del contenedor, lo cubre de lluvia, aire y de fauna nociva.

Después de cinco días de procesamiento de residuos cárnicos se genera el biogás, mismo que pasa a través de unos filtros que lo limpian y luego lo envían a un proceso de motogeneración, que consiste en producir energía eléctrica a partir de él. Por cada tonelada de desechos tratados en un día se obtiene un promedio de 125 a 250 kilowatts-hora.

Cabe señalar que la planta de tratamiento utiliza el turbogenerador para la conversión de gas a electricidad y cuenta con varios motores y bombas internas y externas. Por ello, a fin de que el equipamiento referido no utilice energía de origen fósil, sea autosuficiente y sustentable, se adicionaron al sistema paneles solares.

Estos digestores innovados tienen una eficiencia de 85 por ciento para generar biogás y 15 por ciento para formar un tipo “lodo” que es extraído para producir composta orgánica, que después de 20 días está lista para usarse.

CONSIDERACIÓN SOBRE EL PRE-CALENTAMIENTO DEL AGUA SUAVIZADA DE LA CALDERA

La Tenería Sirenita cuenta con una caldera con las siguientes especificaciones:

Tabla 5.2.2-2 Descripción de la caldera

DESCRIPCION DE LA CALDERA	
MARCA : POWERMASTER	
ACTIVIDAD DE LA CALDERA: Procesos	MODELO: 3H
TIPO DE COMBUSTIBLE:: Fuel oil #6 (Bunker)	SERIE: 7212507
N.R.M.T: 425	PRESION DE DISEÑO: 150 psi
CAPACIDAD: 125 HP	PRESIÓN DE OPERACIÓN: 80 psi
AÑO: 1972	VOLTAJE DE CIRCUITO PRINCIPAL: 220/3/60
TIPO: PIROTUBULAR	VOLTAJE DE CIRCUITO DE CONTROL: 110/3/60

Según el último informe de análisis de combustión de la caldera con fecha 26 de agosto de 2017, realizado por Aqua Química Salvadoreña (AQS), las emisiones de la caldera cumple con la Norma Salvadoreña NSO 13.11.02:11, para emisiones atmosféricas fijas puntuales.

El valor de Opacidad se encuentra al límite, según lo manifestado en dicho informe.

- Emisiones generadas por el tratamiento del agua residual, tales como CH₄, NH₃, H₂S. Estos gases son mitigados por la ventilación natural, así como la cortina de árboles y plantas que rodean la zona. Además la planta de tratamiento se encuentra alejada de la zona de acceso de la Tenería, por lo que el personal y los visitantes no tienen contacto directo con la planta de tratamiento.

Para seleccionar el equipo más eficiente para calentar el agua, se debe considerar las características del Biogás. Esta información se presenta en la tabla 5.2.2-3

Tabla 5.2.2-3 Energía Equivalente (valor energético) Biogás vrs. otras fuentes

VALORES	BIOGAS*	GAS NATURAL	GAS PROPANO	GAS METANO	HIDROG.
Valor Calorífico (kWh/ m3)	7.0	10	26	10	3
Densidad (Kg/m3)	1.08	0.7	2.01	0.72	0.09
Densidad con respecto al aire	0.81	0.54	1.51	0.55	0.07
Límite de explosión (% de gas en el aire)	6-12	5-15	2-10	5-15	4-80
Temperatura de encendido	687	650	470	650	585
Máxima velocidad de encendido en el aire (m/s)	0.31	0.39	0.42	0.47	0.43
Requerimiento teórico de aire (m3/m3)	6.6	9.5	23.9	9.5	2.4

Con la implementación del pre-calentador del agua de alimentación de la caldera en unos grados, se ahorra cierta cantidad de combustible.

De acuerdo a proyectos similares en operación al incrementar la temperatura del agua de 25°C a 52°C, se ha logrado reducir el consumo de combustible en 5.9 l/h (1.5587 galones /h) que representa un estimado de ahorro del 3.93 %

5.3. Pre-factibilidad Técnica y Económica del Proyecto de Generación con Energía Renovable

Considerando que existen varias propuestas sobre proyectos de generación de energía con recursos solar fotovoltaico por diferentes empresas, se revisaron las mismas, se consolidan y presentan los resultados, ya que son congruentes hacia la ejecución de un proyecto solar fotovoltaico.

Ubicación propuesta para el Sistema de Generación de Energía con recurso Solar Fotovoltaico

Dirección	Carretera San Pablo Tacachico, Cantón. Natividad, Municipio y departamento de Santa Ana, El Salvador
Coordenadas geográficas	13°59'51.93"N y 89°31'1.89"O
Área estimada disponible en techo	448 m2 en techo (recuadro rojo)



Figura 5.3-1 Vista aérea de conjunto y detalle del techo disponible (recuadro rojo) para el Sistema Solar Fotovoltaico

MEDICIONES

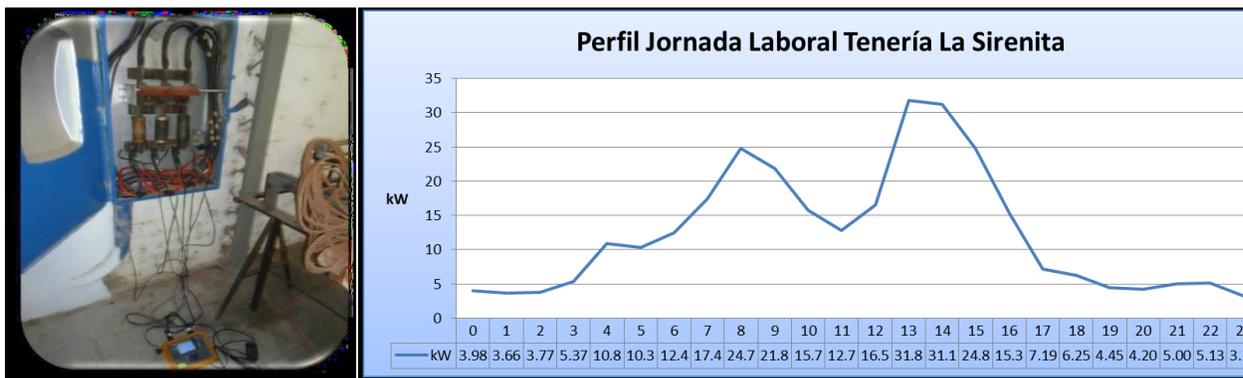


Figura 5.3-2. Vista del medidor utilizado y perfil de consumo en un día laboral

Mediante el equipo Fluke 1735, un medidor de potencia, se registró la demanda de energía eléctrica que dentro de las instalaciones se tiene.

Se realizaron mediciones por una semana completa con el objetivo de determinar el perfil de carga diario y determinar el mínimo de demanda que presenta las instalaciones en horarios normales de operaciones para el diseño del SFV.

DETERMINACIÓN DE PERFIL DE CARGA ANUAL

Para determinar el perfil de Carga Anual que se tienen en las instalaciones, se tomaron en consideración los consumos facturados desde junio 2014 a mayo de 2015, registros facilitados por Tenería La Sirenita.

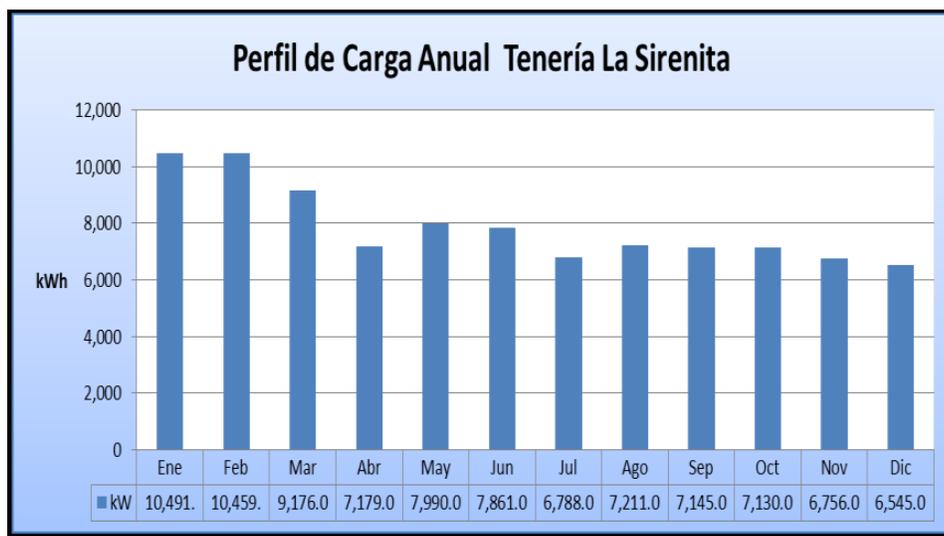


Figura 5.3-3 Perfil de Carga Anual de la Tenería La Sirenita

DETERMINACIÓN DE PERFIL DE CARGA

Una vez efectuadas las mediciones se procedió a hacer la modelación del perfil de carga de demanda que actualmente presenta las instalaciones. Los perfiles de carga que interesan son: día hábil (lunes a viernes), sábado, domingo y perfil de carga anual.

La modelación consiste en determinar la demanda promedio por hora y determinar a cuanto corresponde esta demanda en porcentaje, a la demanda total diaria. Con este porcentaje se modela el perfil de carga por día, para el caso de día hábil (lunes a viernes), sábado y domingo. Es de mencionar que se tomaron en cuenta, por la configuración de las instalaciones, dos perfiles de carga para hacer un perfil neto.

Los resultados se presentan en las siguientes figuras 5.3-4 y 5.3-5

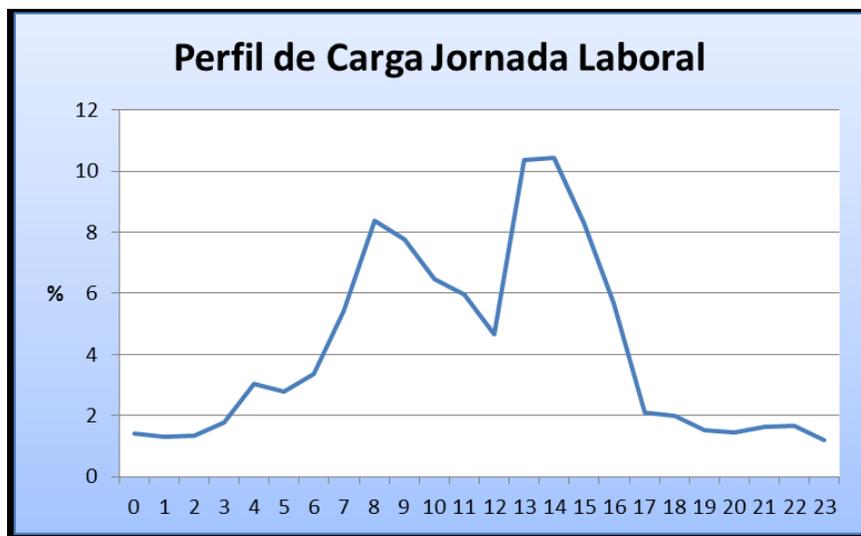


Figura 5.3-4 Perfil de Carga en una Jornada Laboral

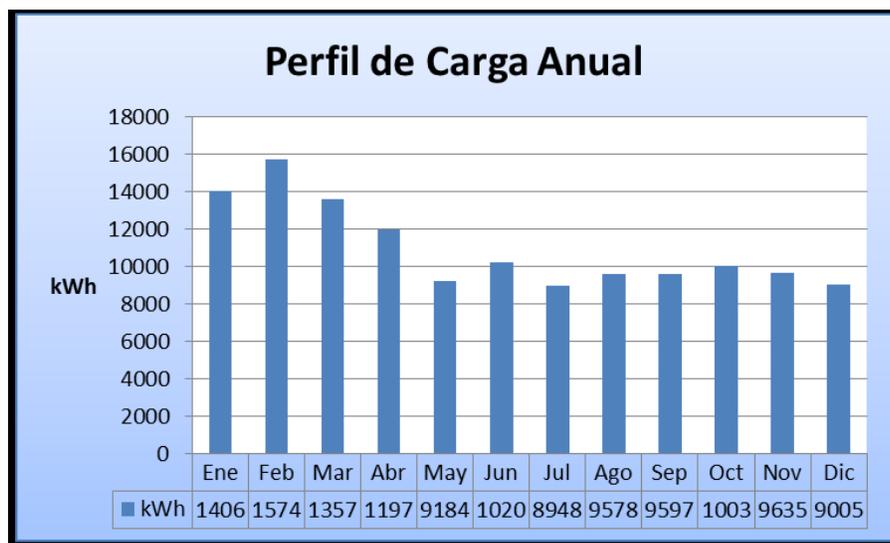


Figura 5.3-5 Perfil de Carga Anual en una Jornada Laboral

DETERMINACIÓN DE PERFIL DE CARGA SÁBADO Y DOMINGO

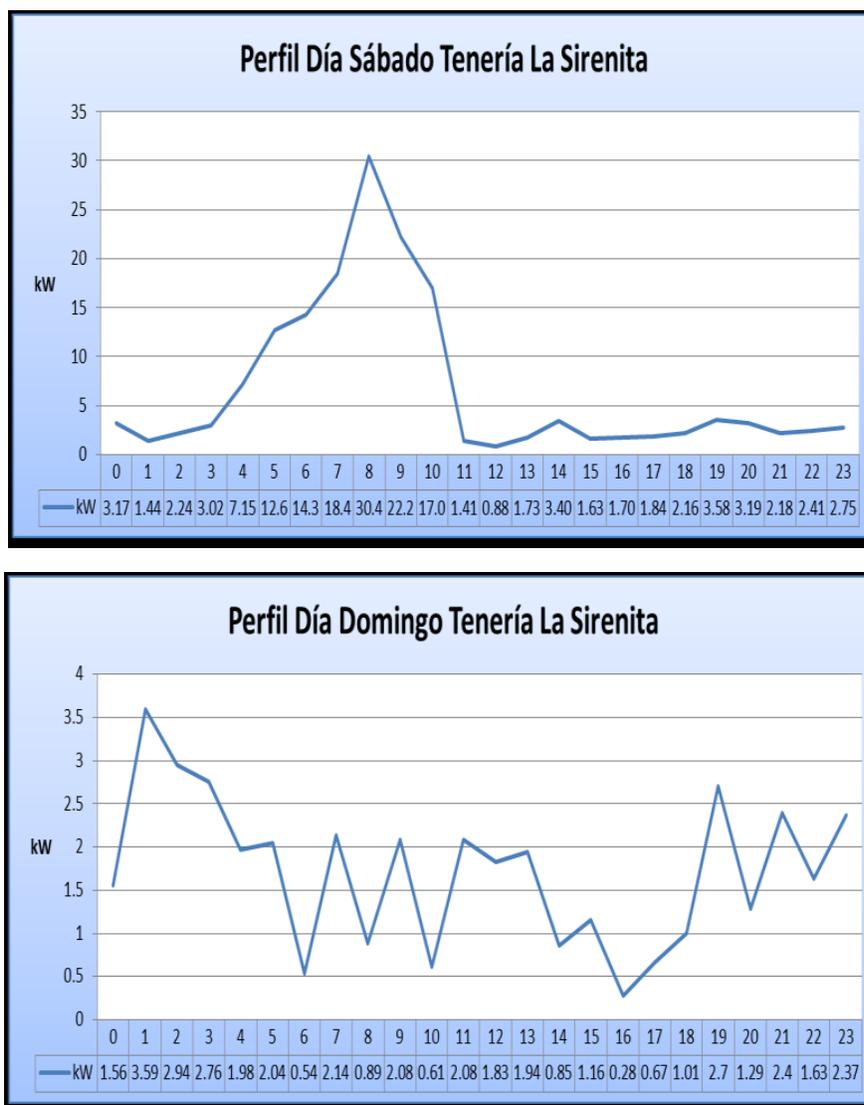


Figura 5.3-6 Perfiles de carga de los días sábado y domingo

CONSIDERACIONES PARA DISEÑO

- Se ha diseñado para lograr tener el menor porcentaje de excedentes.
- Tarifa de energía según pliego tarifario de Abril 2015 para usuario GD2-MT con Medición Horaria CLESA
- Tarifa de inyección según pliego tarifario menos descuento de 12%.
- Se generan dos propuestas, una considerando no generar excedentes los días sábado y domingo, y otra considerando que la inyección no supere el 10% de la demanda actual.

- Diseño considerando tener características de rentabilidad favorables con TIR mayor a 10% y periodos de recuperación menores a 10 años.
- Se establecieron tres periodos de vacaciones anuales, del 5 al 6 de abril, del 25 al 26 de julio y del 23 al 31 de diciembre.
- Precio estimado por kW instalado de USD \$2,500.00 (no incluye modificación de techo)

PROPUESTAS DE SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

Esta propuesta A para satisfacer las necesidades energéticas de La Sirenita e Industrias Americanas (empresa colindante) con una capacidad nominal de 26.8 kWp, permitirá reducir la facturación eléctrica en aproximadamente 32,089 kWh al año, que corresponde a tener un porcentaje de autoconsumo del 79.3%, lo que económicamente se traduce a un ahorro anual estimado de USD \$ 8,623.54. Requiriendo un Costo de Inversión estimado en USD \$67,100.00. Al evaluar económicamente esta propuesta para un periodo de 21 años, podemos observar que el periodo de recuperación de la inversión es de 8.32 años, con una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 12.47% y un Cash-Flow acumulado de USD \$ 74,899.80.

Tabla 5.3-1 Propuesta A de SSFV, con datos generales y energía generada

	Propuesta A
Potencia generador FV	26.8 kWp
Proporción de consumo propio	79.3 %
Producción	40,468 kWh
Consumo propio	32,089 kWh
Inyección	8,379 kWh
Cobertura de SSFV	24.4 %
Área de instalación	169 m ²
Cantidad de módulos FV	88
Cantidad de inversores	4

Propuesta A	Autoconsumo		Inyección	
	kWh	%	kWh	%
Día de semana	173.681	94,7	9.768	5.3
Día Sábado	95.457	52.0	87.991	48.0
Día Domingo	18.915	10.3	164.534	89.7

En las siguientes gráficas se representan la energía producida en un día por el Sistema Solar Fotovoltaico (SSFV) de 26.8 kWp y el consumo de energía modelado para un día de semana (ver figura 5.3 – 7) , para el sábado (ver figura 5.3 – 8) y para el día domingo (ver figura 5.3 – 9)

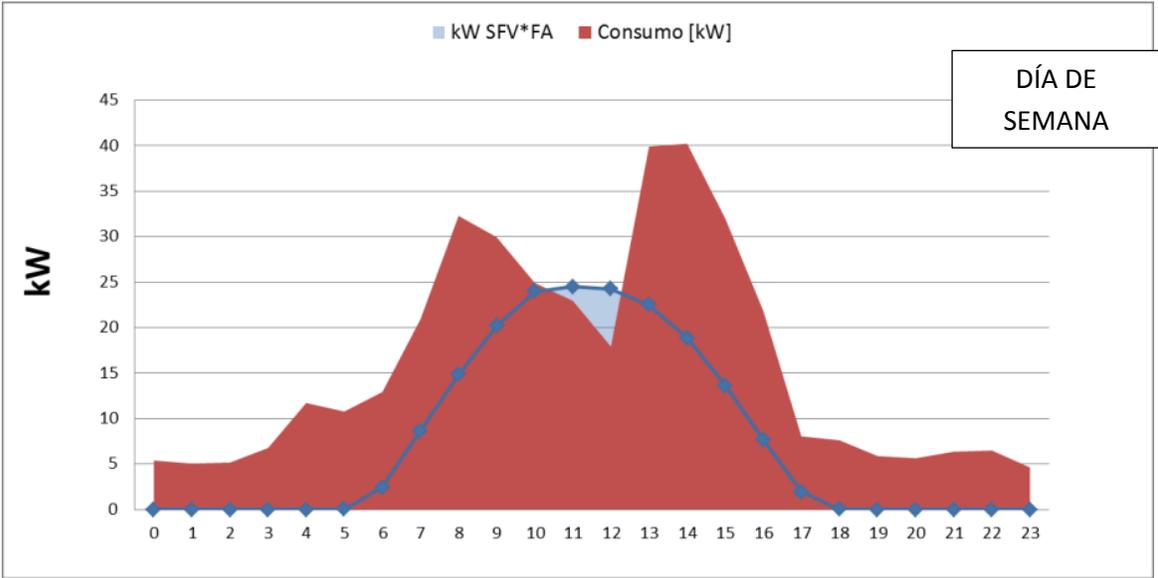


Figura 5.3-7 Energía generada vs Energía consumida en un día laboral, propuesta A

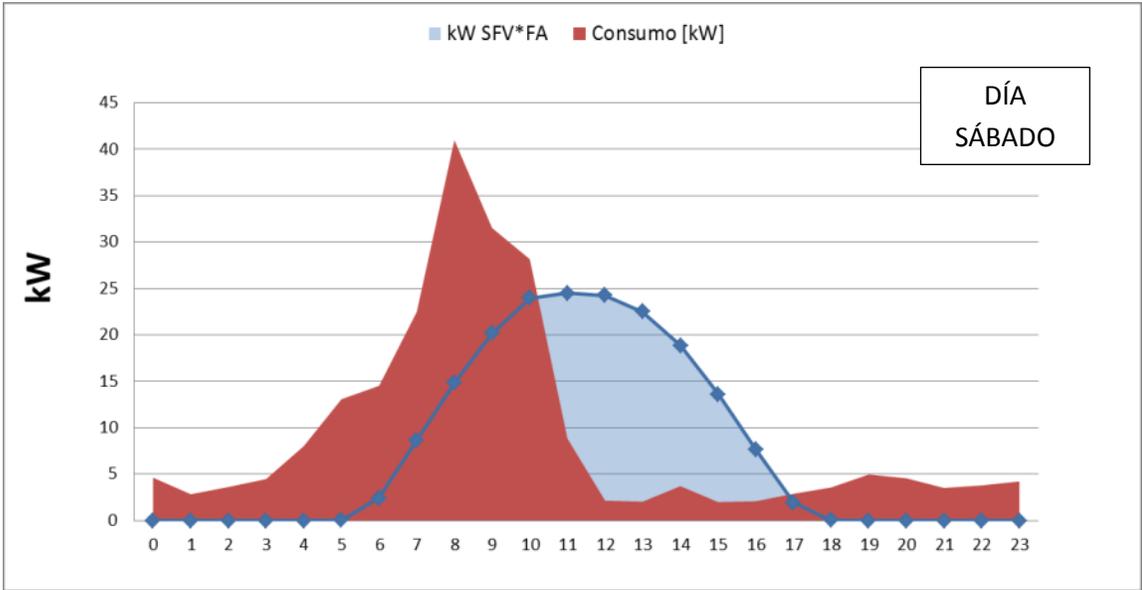


Figura 5.3-8 Energía generada vs Energía consumida en un día sábado, propuesta A

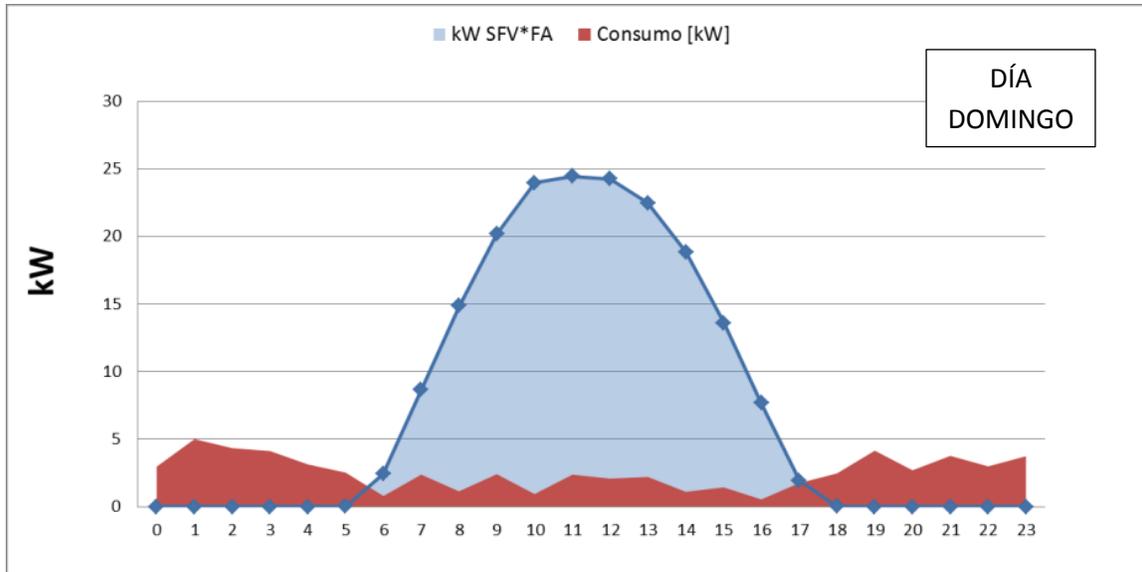


Figura 5.3-9 Energía generada vs Energía consumida en un día domingo, propuesta A

La propuesta B consiste en un SSFV de capacidad nominal de 17.1 kWp, basada en satisfacer demanda de Tenerife La Sirenita. El SFV permitirá reducir la facturación eléctrica en aproximadamente 20,535 kWh al año, que corresponde a tener un porcentaje de autoconsumo del 79.3%, lo que económicamente se traduce a un ahorro anual estimado de USD \$ 5,514.19. Requiriendo un Costo de Inversión estimado en USD \$ 42,700.00. Al evaluar económicamente esta propuesta para un periodo de 21 años, podemos observar que el periodo de recuperación de la inversión es de 8.27 años, con una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 12.56% y un Cash-Flow acumulado de USD \$ 48,144.30.

En la tabla 5.3-2 se presentan las generalidades de la propuesta B, así como también los datos de la energía generada por la fuente fotovoltaica.

En las siguientes gráficas se representan la energía producida en un día por el Sistema Solar Fotovoltaico (SSFV) de 17.1 kWp y el consumo de energía modelado para un día de semana laboral (ver figura 5.3 – 10), para el consumo de un día sábado (ver figura 5.3 – 11) y para el día domingo (ver figura 5.3 – 12)

Tabla 5.3-2 Propuesta B de SSFV, con datos generales y energía generada

	Propuesta B
Potencia generador FV	17.1 kWp
Proporción de consumo propio	79.3 %
Producción	25,906 kWh
Consumo propio	20,535 kWh
Inyección	5,370 kWh
Cobertura de SSFV	21,7 %
Área de instalación	107 m ²
Cantidad de módulos FV	56
Cantidad de inversores	4

Propuesta A	Autoconsumo		Inyección	
	kWh	%	kWh	%
Día de semana	114.978	98.2	2.073	1.8
Día Sábado	57.969	49.5	59.082	50.5
Día Domingo	15.676		101.375	86.6

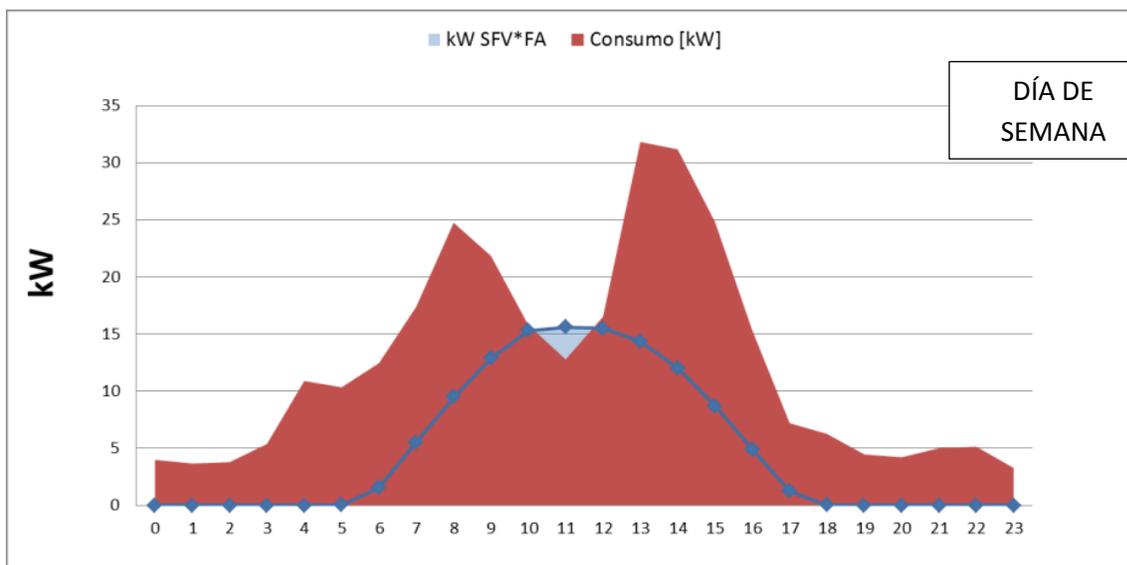


Figura 5.3-10 Energía generada vrs Energía consumida en un día laboral, propuesta B

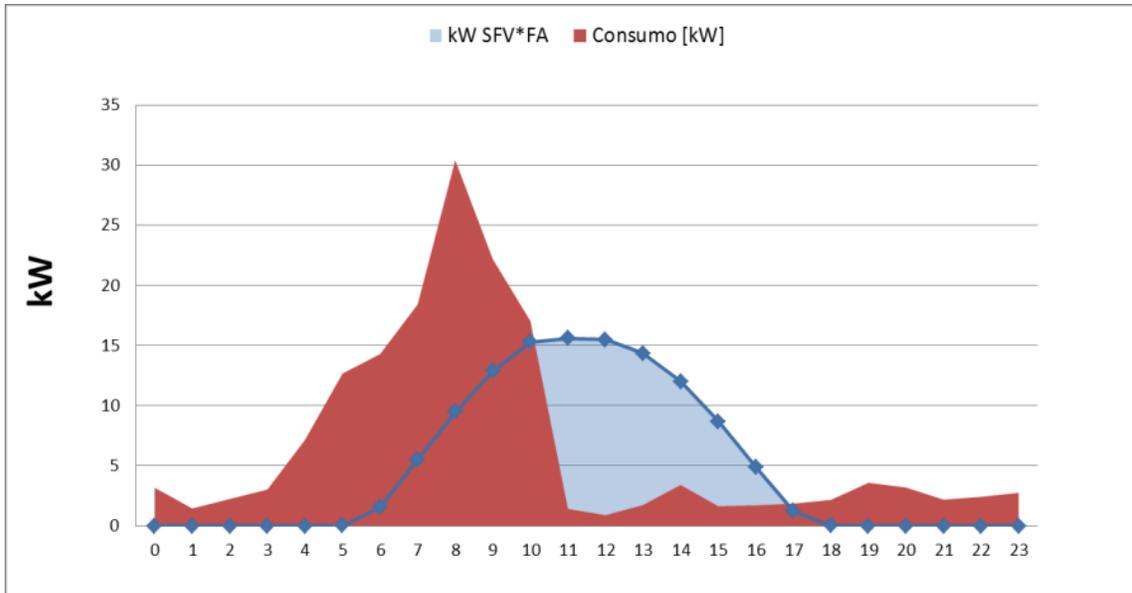


Figura 5.3-11 Energía generada vs Energía consumida en un día sábado, propuesta B

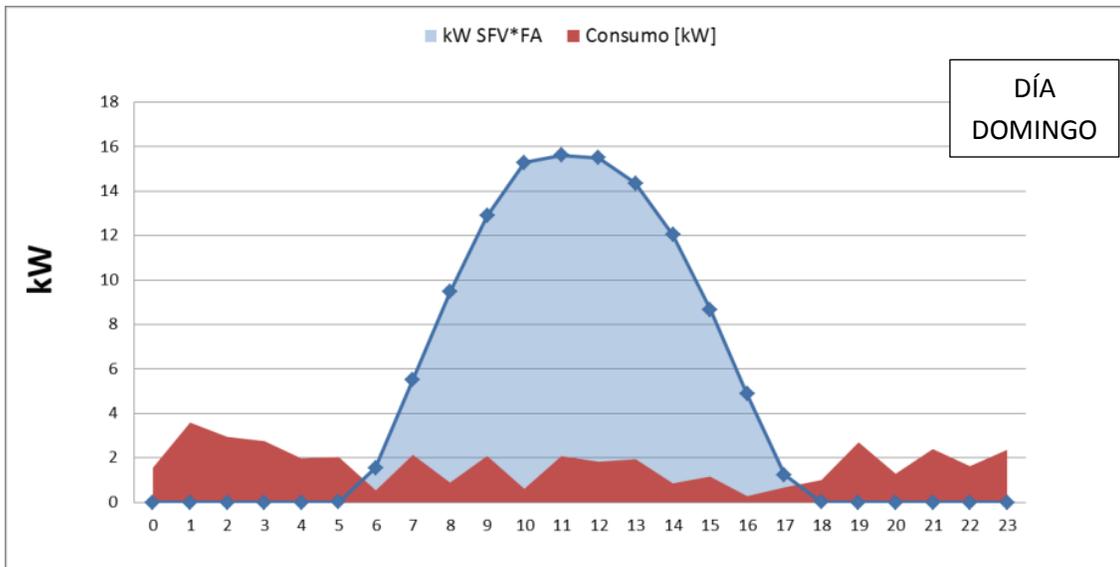


Figura 5.3-12 Energía generada vs Energía consumida en un día domingo, propuesta B

CONSIDERACIONES DE RENTABILIDAD

Para el diseño se ha estimado una tarifa de compra de excedentes de energía (inyección) a un precio de descuento de tarifa del 12%, ya que se tiene como antecedentes contratos bilaterales en el que el precio de compra han rondado entre un 10% a un 20% de descuento, a continuación se presenta en la figura 5.3-13, donde se puede apreciar como se ve afectado el

tiempo de retorno simple del proyecto si solamente se considera el AUTOCONSUMO y no se establece un contrato bilateral.

Propuesta A	Rentabilidad
26.8 kWp consumo-venta	12.47 %
26.8 kWp consumo	10.61 %

Propuesta B	Rentabilidad
17.1 kWp consumo-venta	12.56 %
17.1 kWp consumo	10.69 %

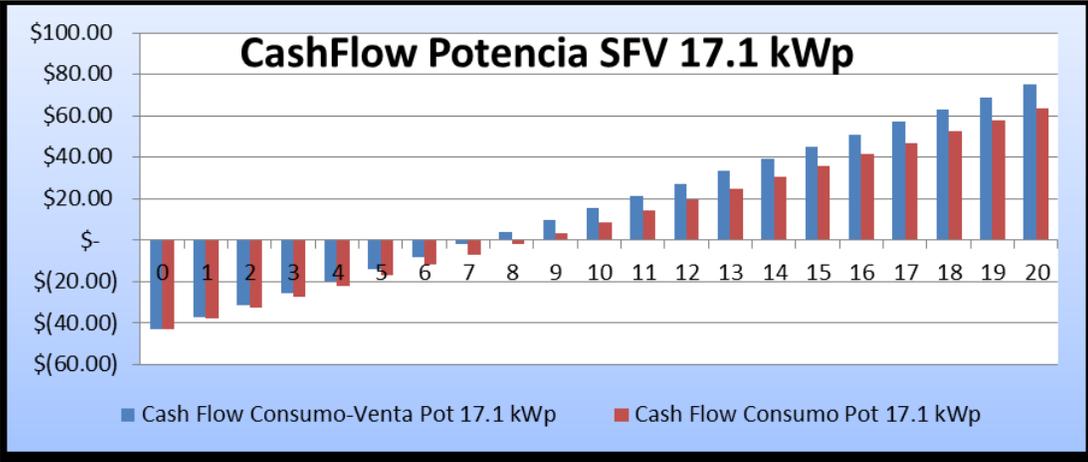
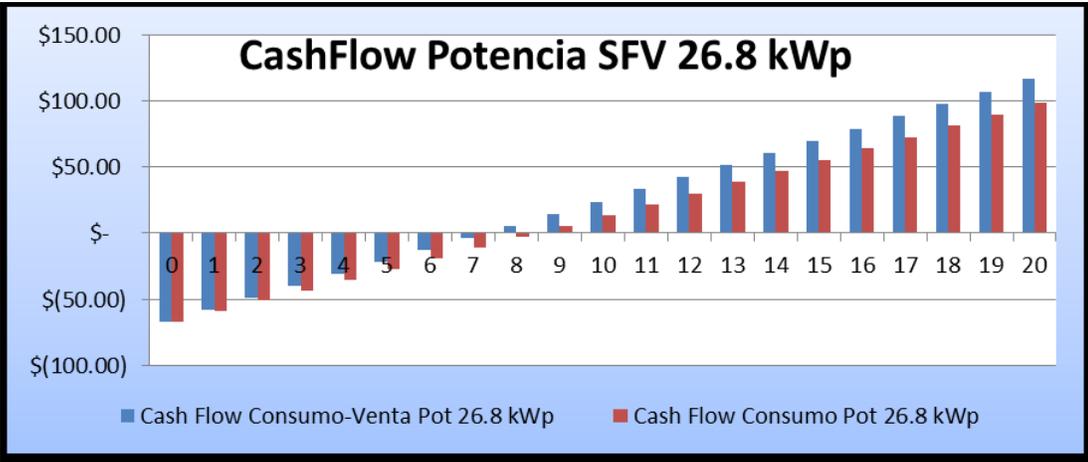


Figura 5.3-13 Flujo de Caja del proyecto con inyección a la red y autoconsumo

Como conclusión es importante considerar establecer un contrato bilateral con la distribuidora, con el propósito de hacer más rentable el proyecto, ya que se generan una gran cantidad de excedentes los días domingo, lo cual impide estimar un SFV de mayor capacidad

RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS

- Se deben tomar en cuenta los niveles de inyección en el diseño final del SSFV. La capacidad del SSFV no debe aumentar de tal forma que los niveles de inyección se incrementen, ya que esto si no se logra un contrato bilateral representaría pérdidas o que los tiempos de recuperación se incrementen.
- El mayor porcentaje de inyección anual de SFV no debe sobrepasar el 20 %, con el objetivo de lograr una negociación de venta de excedentes a la Distribuidora.
- Se debe solicitar instalación de medidor bidireccional a la distribuidora, con el objetivo de que inyección de excedentes a la red con medidor actual, sume la generación del SSFV y de la demanda de la red de la distribuidora.
- El proyecto es viable económicamente siempre que se logre vender el 20 % de la energía inyectada a la red como parte de los excedentes proyectados en este estudio.
- Para ambas propuestas es necesario realizar un análisis estructural de los techos, con el objetivo de determinar si será necesaria una adecuación de los mismos, de ser así es de tomar en cuenta que esto incrementaría el monto de la inversión, dependiendo de la estructura necesaria para el SFV.

DIAGRAMAS DE INSTALACIÓN Y PARÁMETROS DE DISEÑO

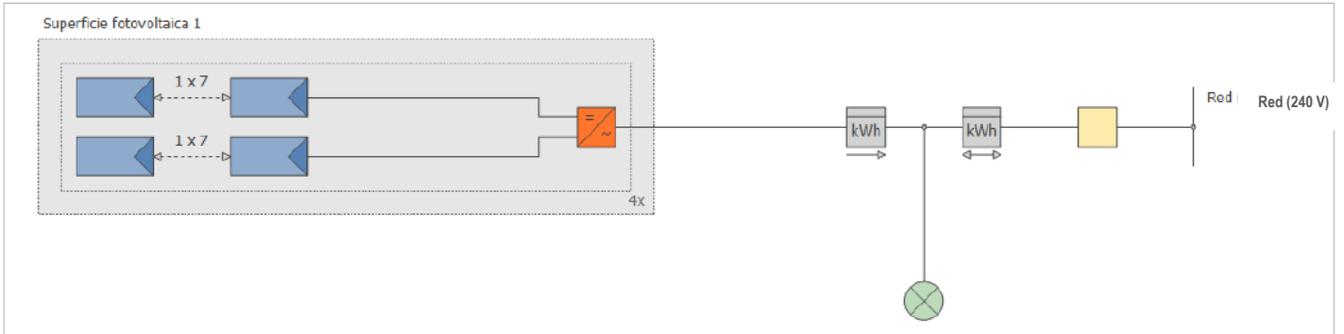


Figura 5.3-14 Diagrama Unifilar genérico de Instalación fotovoltaica

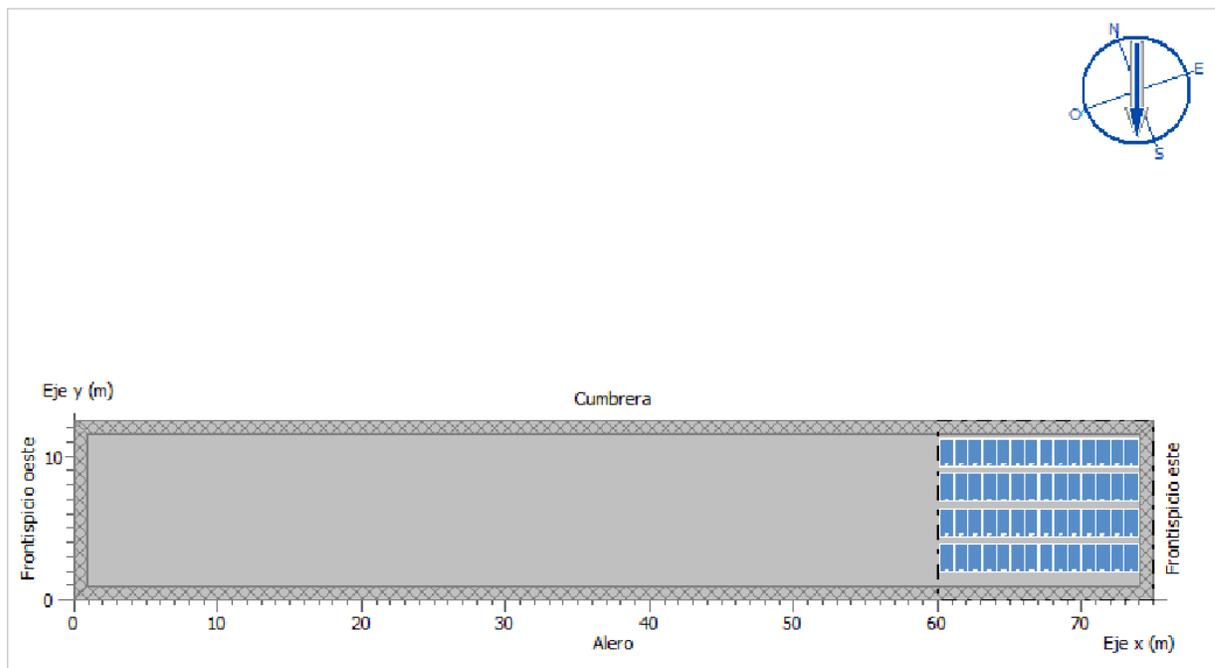
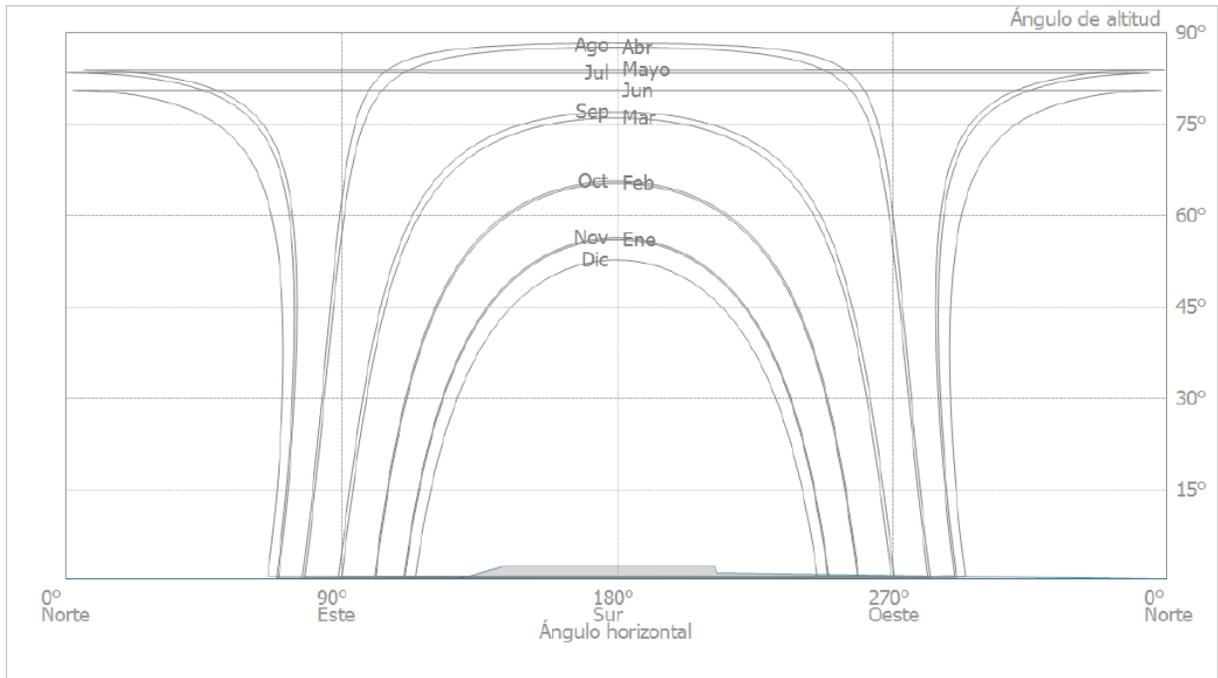


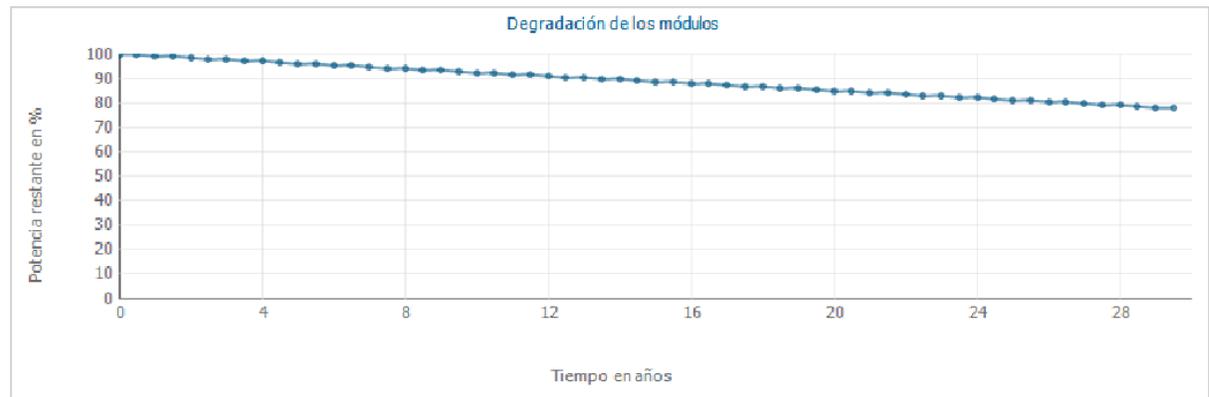
Figura 5.3-15 Plana de la superficie fotovoltaica en el techo

Pérdidas



Potencia restante después de 20 Años

85 %



Balance energético de instalación fotovoltaica

Radiación global horizontal	1,900.3 kWh/m²	
Desviación del espectro estandar	-19.00 kWh/m ²	-1.00 %
Orientación y inclinación de la superficie de módulos	36.45 kWh/m ²	1.94 %
Sombra	-0.19 kWh/m ²	-0.01 %
Reflexión en la superficie del módulo	-84.81 kWh/m ²	-4.42 %
Irradiación global sobre módulo	1,832.8 kWh/m²	
	1,832.8 kWh/m ²	
	x 107.45 m ²	
	= 196,939.6 kWh	
Irradiación global fotovoltaica	196,939.6 kWh	
Ensuciamiento	0.00 kWh	0.00 %
Conversión STC (eficiencia nominal de módulo 15.91%)	-165,606.79 kWh	-84.09 %
Energía fotovoltaica nominal	31,332.8 kWh	
Carga parcial	-274.32 kWh	-0.88 %
Temperatura	-3,034.85 kWh	-9.77 %
Diodos	-140.12 kWh	-0.50 %
Inadecuación (datos del fabricante)	-557.67 kWh	-2.00 %
Inadecuación (interconexión/sombra)	0.00 kWh	0.00 %
Cond. de línea	-37.71 kWh	-0.14 %
Energía fotovoltaica (CC) sin limitación de corriente por inversor	27,288.2 kWh	
Regulación por rango de tensión MPP	-0.19 kWh	0.00 %
Regulación por corriente CC máx.	0.00 kWh	0.00 %
Regulación por potencia CC máx.	0.00 kWh	0.00 %
Regulación por potencia CA máx. / cos phi	-0.32 kWh	0.00 %
Adaptación MPP	-64.87 kWh	-0.24 %
Energía FV (DC)	27,222.8 kWh	
Energía en la entrada del inversor	27,222.8 kWh	
Desviación de la tensión de entrada de la tensión nominal	-219.72 kWh	-0.81 %
Conversión DC/AC	-884.23 kWh	-3.27 %
Consumo Stand-by	-29.55 kWh	-0.11 %
Regulación de picos de irradiación	-7.29 kWh	-0.03 %
Línea de CA	-205.87 kWh	-0.79 %
Energía fotovoltaica (CA) menos consumo en modo de espera	25,876.1 kWh	
Energía de generador FV (Red CA)	25,905.7 kWh	

Módulo FV: CS6X-305P

Fabricante	Canadian Solar Inc.
Suministr.	Sí

Datos eléctricos

Tipo de célula	Si policristalino
Sólo apto para transf. inversor	No
Nº de células	72
Nº de diodos de bypass	3

Datos mecánicos

Ancho	982 mm
Alto	1954 mm
Profundidad	40 mm
Ancho del marco	35 mm
Peso	27 kg
Enmarcado	No

Caract. U/I- STC

Tensión en MPP	36.3 V
Corriente en MPP	8.41 A
Potencia nominal	305 W
Tens. circ. abierto	44.8 V
Corriente de cortocircuito(STC)	8.97 A
Aumento tensión de circuito abierto antes de estabil.	0 %

Características U/I con carga parcial

Fuente de los valores	Fabricante/propios
Irradiación	250 W/m ²
Tensión en el MPP con carga parcial	36.4 V
Corriente en el MPP con carga parcial	2.09 A
Tens. circ. abierto con carga parcial	42.5 V
Corriente de cortocircuito con carga parcial	2.24 A

Varios

Coefficiente de tensión	-152.32 mV/K
Coef. corriente	5.83 mA/K
Coefficiente de potencia	-0.43 %/K
Factor corr. angular	95 %
Tensión máxima del sistema	1000 V
Capacidad térmica espec.	920 J/(kg*K)
Coefficiente de absorción	70 %
Coefficiente de emisión	85 %

Inversor: Sunny Boy 4000TLUS-22 (240V)

Fabricante	SMA America, Inc.
Suministr.	Sí

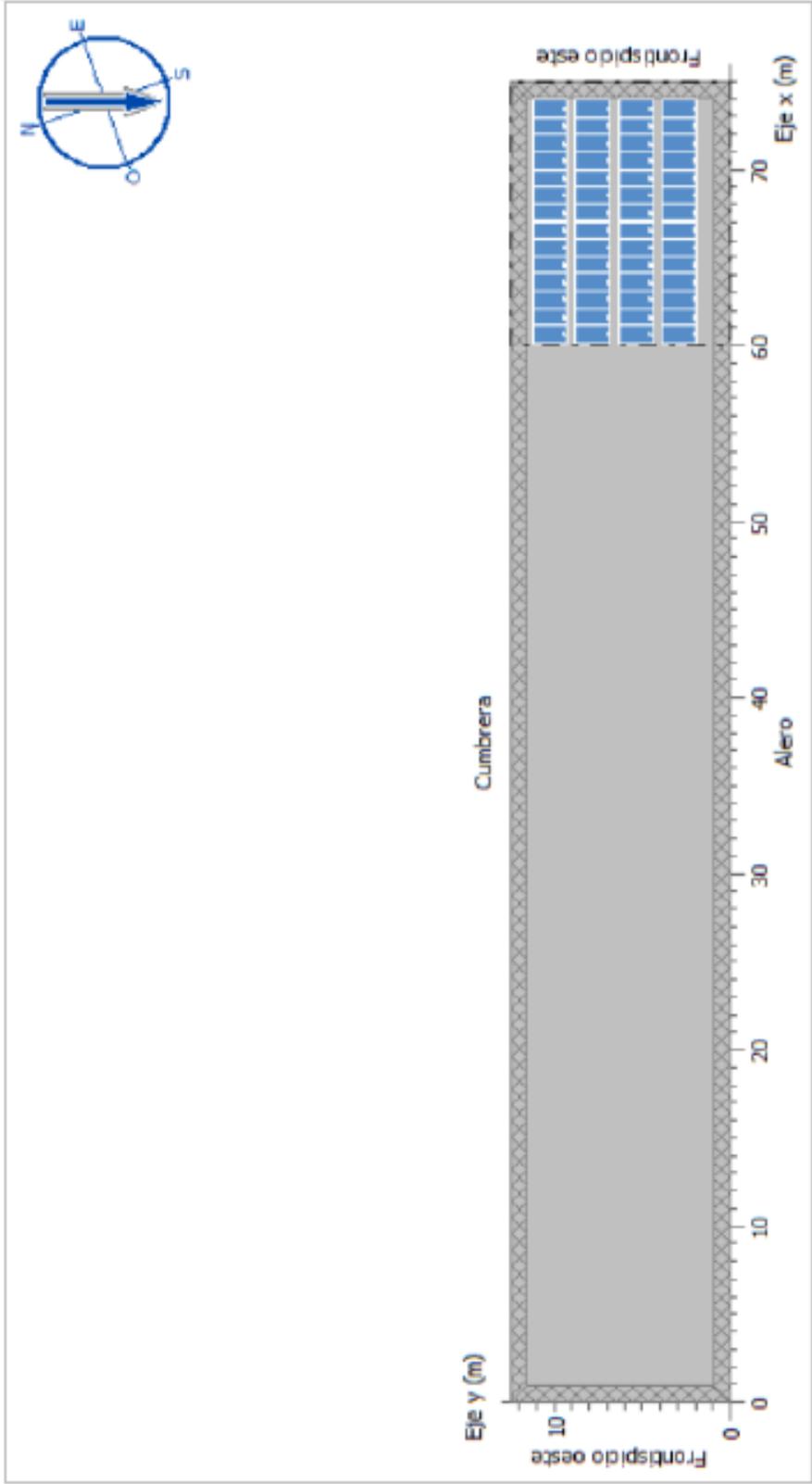
Datos eléctricos

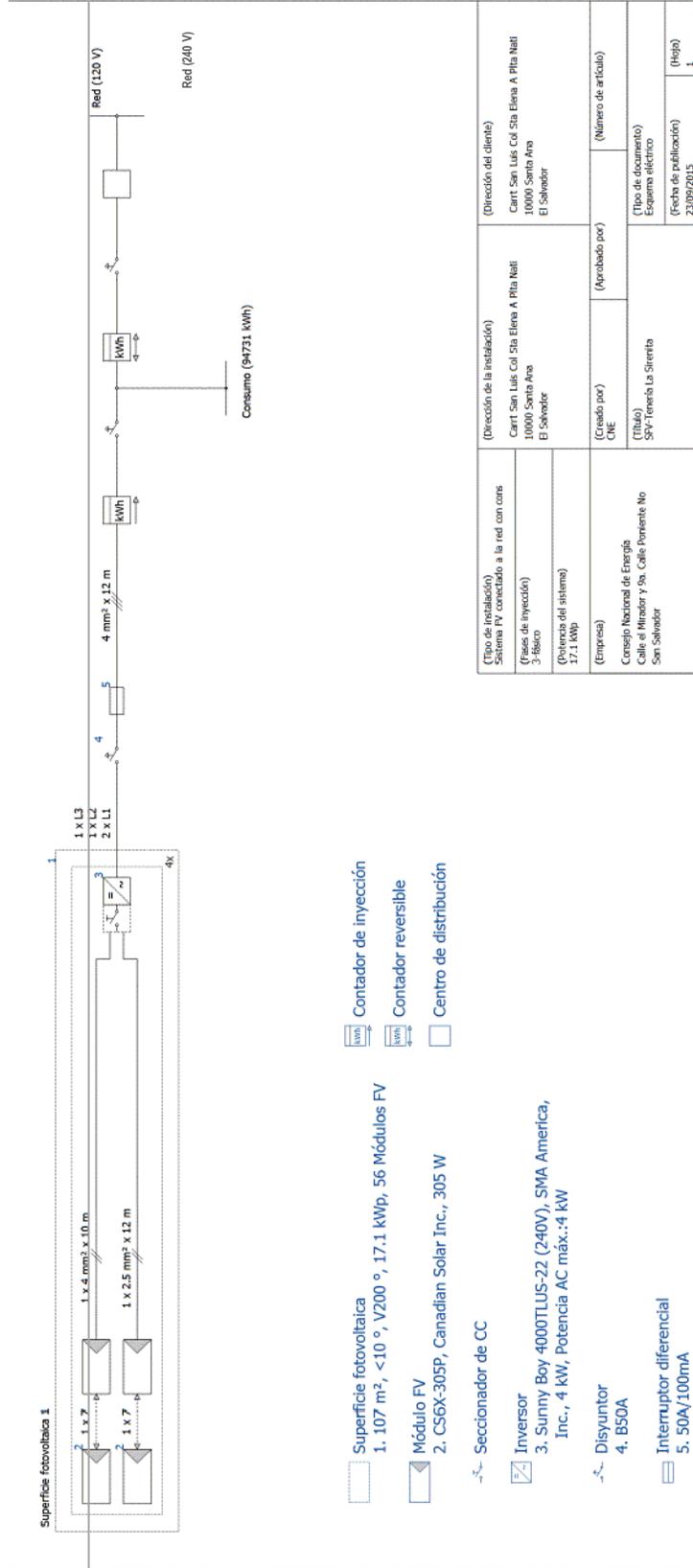
Potencia nom. DC	4.2 kW
Potencia nom. AC	4 kW
Potencia DC máx.	4.2 kW
Potencia AC máx.	4 kW
Consumo Stand-by	10 W
Consumo nocturno	0.15 W
Inyección en la red a partir de	0 W
Corriente máx. de entrada	30 A
Tensión máxima de entrada	600 V
Tensión nominal DC	400 V
Nº de fases de inyección	1
Nº de entradas DC	4
Con transf.	No
Modificación del grado de rend. en caso de desviación de la tensión de entrada de la tensión nominal	0.5 %/100V

Seguidor MPP

Rango de potencia < 20% de la potencia nominal	95 %
Rango de potencia > 20% de la potencia nominal	100 %
Nº de seguidores MPP	2
Corriente máx. de entrada por seguidor MPP	15 A
Potencia de entrada máx. recomendada por seguidor de MPP	2.1 kW
Tensión mín. de MPP	175 V
Tensión MPP máx.	480 V

Vista del tejado de Superficie fotovoltaica 1





- Superficie fotovoltaica
- 1. 107 m², <10 °, V200 °, 17.1 kWp, 56 Módulos FV
- Módulo FV
- 2. CS6X-305P, Canadian Solar Inc., 305 W
- Seccionador de CC
- Inversor
- 3. Sunny Boy 4000TLUS-22 (240V), SMA America, Inc., 4 kW, Potencia AC máx.:4 kW
- Disyuntor
- 4. B50A
- Interruptor diferencial
- 5. 50A/100mA
- Contador de inyección
- Contador reversible
- Centro de distribución

(Tipo de instalación) Sistema FV conectado a la red con cons	(Dirección de la instalación) Carr. San Luis Col. Sta Elena A Pita Nali 10000 Santo Ana El Salvador	(Dirección del cliente) Carr. San Luis Col. Sta Elena A Pita Nali 10000 Santo Ana El Salvador
(Fases de inyección) 3-Fásico	(Creado por) CNE	(Número de artículo)
(Potencia del sistema) 17.1 kWp	(Aprobado por) SPP-Tenería La Sierrita	(Tipo de documento) Esquema eléctrico
(Empresa) Consejo Nacional de Energía Calle el Mirador y 9a. Calle Poniente No San Salvador	(Fecha de publicación) 23/09/2015	(Hoja) 1

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

Al implementar la metodología de investigación se elaboró un Instrumento Metodológico que se completa con una Metodología que facilita su implementación en las empresas.

Después de aplicar el IM en una mediana empresa del sector industrial, Tenería la Sirenita, se concluye que pueden evaluarse dos recursos energéticos disponibles y significativos: energía solar y desechos orgánicos (biomasa) provenientes del proceso productivo.

Del resultado de la evaluación se concluye que la “Tenería La Sirenita” consume más energía eléctrica que térmica; y que la alternativa más provechosa a la empresa es de generar electricidad con recurso solar fotovoltaico.

Adicionalmente podemos reafirmar que:

- La energía solar fotovoltaica es una de las fuentes más prometedoras de las energías renovables en el mundo. Comparada con las fuentes no renovables, las ventajas son claras: es no contaminante, no tiene partes móviles que analizar y no requiere de mucho mantenimiento.
- No se requiere de una extensa instalación para operar. Los generadores de energía pueden ser instalados de una forma distribuida; por lo cual, los edificios ya construidos pueden generar su propia energía de forma segura y silenciosa. No consume combustibles fósiles. Genera pocos residuos durante su ciclo de vida. No produce ruidos, es totalmente silenciosa.
- Este trabajo se enfoca un sistema de autoconsumo y que contribuye a la des carbonización de la energía y a mejorar la calidad del aire; cuantos menos combustibles fósiles consumamos, más limpio será el aire que respiramos y reduciremos la dependencia energética que tenemos del exterior.
- Ayuda al cumplimiento de los objetivos locales, nacionales e internacionales en materia de energías renovables, con un costo inferior a otros mecanismos tradicionales de suministro.
- Supone un ahorro energético y económico para la fábrica; es decir, permite ahorrar en su factura de energía eléctrica. Es cierto que se debe hacer una inversión inicial, pero sin duda producir tu propia energía eléctrica favorece no solo al ahorro sino al control de la gestión energética. El autoconsumo convierte al usuario en quién tiene el poder sobre el modelo energético, siendo un punto de partida hacia un cambio de modelo que además es sostenible.
- Desde el punto de vista del sistema eléctrico, elimina o reduce las pérdidas asociadas al transporte y a la distribución de la energía, reduciendo así las inversiones asociadas a la red de distribución y aumentando la eficiencia del sistema.
- En general, podríamos decir que el sistema propuesto deberá acompañarse, en un futuro próximo, con la digitalización de la energía y las redes inteligentes, el cambio del sistema y el cambio también de la mentalidad de la sociedad en general.

- El aprovechamiento de la irradiación solar para producir electricidad e inyectarla en la red eléctrica de forma rentable ha sido durante años una aspiración social y económica que hoy es una realidad
- La compañía de distribución eléctrica tiene que hacer las comprobaciones oportunas de la instalación antes de la conexión a la red con tal que todas las protecciones del sistema funcionan correctamente, lo que puede implicar pruebas de conexión durante algunos días.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

CEPAL: Para 2016 economía de El Salvador crecerá 2.4%, por debajo del resto de C.A. (17 de diciembre de 2015). *El Diario de Hoy*.

CAF. (2013). *Una Visión sobre los retos y oportunidades en América Latina y el Caribe*. Corporación Andina de Fomento.

Consejo Nacional de Energía. (s.f.). Recuperado el 15 de septiembre de 2018, de <http://estadisticas.cne.gob.sv/estudios-cne/>

Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social - Fusades. (2001). *La pequeña y mediana empresa en El Salvador: un potencial para el desarrollo*. San Salvador.

Galindo, L. M., Samaniego, J. L., Alatorre, J. E., Ferrer, J., & Reyes, O. (2014). *Paradojas y riesgos del crecimiento económico en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: Naciones Unidas - CEPAL.

Unidad de Transacciones. (s.f.). *Unidad de Transacciones*. Recuperado el 15 de septiembre de 2018, de <http://www.ut.com.sv/reportes>

WEC. (marzo de 2017). *World Energy Council*. Obtenido de Country Profile: file:///C:/Users/asus/Documents/MAGER/15.%20TESIS/bibliografia/Energia%20info%20gral/WEC%20Trilemma_%20Country%20profile.html

World Energy Council. (2014). *Consejo Mundial de la Energía*.

Coordinación de energías renovables; Dirección Nacional de Promoción; subsecretaría de Energía Eléctrica. *Energías Renovables 2008, Energía Biomasa*. Extraído del sitio: https://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro_energia_biomasa.pdf

Rosado Pech, Carlos E.. *Estado del Arte de la Investigación de la Bio masa como Alternativa Energética*, extraído del sitio Web: <http://www.monografias.com/trabajos94/estado-del-arte-investigacion-biomasa-como-alternativa-energetica/estado-del-arte-investigacion-biomasa-como-alternativa-energetica.shtml#ixzz5GjDrHb00>

Consejo Nacional de Energía Enero de 2016; Diseño: Dirección de Mercado Eléctrico”. *“Sector eléctrico de El Salvador, Documento extraído del file:///C:/Users/Norma%20UPR_ANEXO%20I%20DE%20ACUERDO%20367-E-2017.pdf*

Consejo Nacional de Energía. “*Integración de Proyectos Foto Voltaico a la Red Eléctrica de El Salvador*”. Extraído del sitio Web: file:///C:/Users/Downloads/CNE%20-%20presentacion%20para%20PROESA%20(marzo-2016)%20C.%20Najera.pdf