



TESIS DE GRADO
EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

UTILIZACIÓN DE BIOMASA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Autor: Benjamín Lalanne
Legajo: 45028

Directores de tesis:
Ingeniero Claudio Molanes
Ingeniero Jorge Vilariño

RESUMEN

En el mundo actual, la problemática por la contaminación del medio ambiente ha tomado una relevancia tal que todos los gobiernos del mundo han puesto en sus agendas la necesidad de buscar soluciones concretas a este problema. Principalmente al del aumento del calentamiento global que pareciera ser la principal causa de las últimas catástrofes naturales (terremotos, tsunamis, etc.) que tuvieron graves consecuencias para países enteros.

La generación de energía eléctrica es una de las industrias que más contribuye al aumento del efecto invernadero a través de la emisión constante de gases a la atmósfera. Esta industria utiliza principalmente combustibles fósiles como materia prima para producir la energía que luego se transformará en electricidad. Estos combustibles fósiles tienen dos particularidades que hacen que el hombre necesite con urgencia buscar energías alternativas: por un lado, la contaminación que produce su combustión, y por el otro, el hecho de que no son energías renovables.

En este contexto es que se plantea el siguiente proyecto que busca analizar la factibilidad de construir una central eléctrica que funcione a partir de biomasa que es un tipo de energía limpia y renovable. Se le llama biomasa a cualquier materia orgánica de origen reciente que haya derivado de animales y vegetales como resultado del proceso de conversión fotosintético. La energía de la biomasa deriva del material vegetal y animal, tales como cultivos energéticos o residuos agrícolas y forestales, animales, de industrias agrícolas y forestales y también de aguas residuales urbanas. En el caso del proyecto se quiere aprovechar la energía contenida tanto en el “orujo de oliva” como en la madera obtenida de la poda de los olivos. El orujo de oliva es el residuo que se obtiene en la producción de aceite de oliva, el mismo está conformado por el carozo, la piel y la pulpa de la aceituna. Por lo tanto, el proyecto planea vincularse a la producción de aceite de oliva de manera tal de aprovechar los residuos originados en ella para producir energía eléctrica.

La biomasa posee la ventaja de que es más fácil de almacenar que otras energías limpias como la eólica o la solar. Sin embargo, debido a que contiene menor energía por unidad de masa que los combustibles fósiles, es muy costoso su traslado y, por lo tanto, es necesario que se explote en el lugar donde se origina. De este modo se favorece a las economías locales. Por lo tanto, el proyecto se llevará a cabo en la provincia de Catamarca, la cual es una de las principales productoras de aceite de oliva y de las provincias con más superficie plantada de olivos.

El principio de funcionamiento de la central eléctrica a partir de biomasa es muy similar al de las centrales térmicas actuales. Se realiza la combustión de un combustible (en este caso biomasa) que libera una determinada cantidad de energía utilizada mediante un ciclo Rankine de vapor, para lograr mover una turbina que, conectada solidariamente a un generador eléctrico, genere electricidad.

ABSTRACT

During the last years, the problem around environmental contamination has taken the first place in every government agenda. The global leaders are looking for a concrete solution to this problem. They are mainly trying to face the problem of the growing global warming which appears to be the reason behind the last natural disasters (earthquakes, tsunamis, etc.) that had extreme consequences for some entire countries.

The power generation is one of the industries that contribute the most in the growth of the greenhouse gas concentration through the constant emission of greenhouse gases into the atmosphere. This industry uses mainly fossil fuels as raw material for the production of electricity. These fuels have two particularities which make the need of new sources of energy imminent: on one hand, the pollution associated to their use and, on the other hand, the fact that they are non renewable.

In this context is that the following project is conceived. The project analyses the feasibility of building a power plant that works with biomass which is a “clean” and renewable type of energy. It is call biomass to any organic material of recent origin derivate from animals and vegetables as a result of the process of photosynthesis. The energy in biomass derivates from the animal and vegetable material, such as energetic plantations or material wastes from agriculture and forestation, animals, agriculture and forestall industries and also from urban wastes. The project wants to make use of the material wastes related to the olive oil industry. These wastes are two, one is the final waste of the industrial process for the production of olive oil which is made of the pulp, skin and bone of the olive, and the other is the wood obtained during the pruning of the olive trees. As a consequence of this, the project will be intimately in touch with the olive oil production so as to make use of their wastes in order to produce electric energy.

The biomass possesses the advantage against other clean energies such as wind power or solar energy of being easy to store. However, it is quite expensive to move, this is why it is necessary to be used in the place where it is originated. This encourages the growth of local economies. The project will take place in the province of Catamarca which is one of the first olive oil producers in the country and also one of the provinces with more olive trees plantations.

The working principle of the biomass power plant is the same as the one operating in traditional fossil fuel power plants. A fuel (biomass) is burned and with the energy liberated in this process using a Rankine cycle, a turbine is moved. The turbine works together with an electric generator which generates energy with the movement received from the turbine.

AGRADECIMIENTOS

A Marti por apoyarme durante todo este tiempo

A mis padres por el esfuerzo realizado

A Claudio Molanes por compartirme su conocimiento

A Jorge Vilariño por su generosidad para ayudarme

Utilización de biomasa para la generación de energía eléctrica

ÍNDICE

	Página
Capítulo 1. Introducción	9
Capítulo 2. Generación eléctrica en Argentina	11
2.1. Situación actual de los recursos no renovables	11
2.2. Descripción de los combustibles fósiles	12
2.3. Contaminación generada por la utilización de combustibles fósiles	12
2.4. Situación de la producción de energía eléctrica en Argentina	14
2.4.1. Crisis energética en Argentina	18
2.4.2. Conclusión	20
Capítulo 3. Descripción de la biomasa	21
3.1. Ventajas de la biomasa	22
3.2. Origen de la biomasa utilizada en el proyecto	23
Capítulo 4. Producción oleícola en Argentina	25
4.1. Historia de la producción de aceite de oliva en Argentina	25
4.2. Beneficios del aceite de oliva para la salud	29
4.3. Comercio exterior de la industria oleícola	30
4.4. Exportaciones de aceite de oliva en Argentina	30
4.5. Mercado interno de aceite de oliva	32
4.6. Exportaciones de aceitunas de mesa	33
4.7. Importaciones de aceitunas de mesa y aceite de oliva	35
4.8. Conclusiones del sector oleícola	36
Capítulo 5. Obtención de la biomasa	39
5.1. Producción oleícola	39
5.1.2. Poda	39
5.2. Proceso de elaboración del aceite de oliva	39
5.2.1. Recolección	39
5.2.2. Recepción	40
5.2.3. Separación de hojas, lavado y pesado	40
5.2.4. Molienda	41
5.2.5. Amasado	41
5.2.6. Extracción	41
5.2.7. Separación del aceite	42
5.2.8. Almacenamiento	42
5.2.9. Residuos del proceso	43
5.3. Obtención de la biomasa	44
5.4. Ubicación de la biomasa a utilizar en el proyecto	44
5.5. Características de la biomasa a utilizar	46

Capítulo 6. Dimensionamiento y ubicación de la planta	49
6.1. Dimensionamiento de la planta	49
6.2. Proveedores: descripción y localización	49
6.2.1. Descripción de los proveedores	50
6.2.2. Localización de los diferentes productores	51
6.3. Ubicación de la planta	54
6.4. Abastecimiento de la materia prima	55
6.5. Aspecto social y ambiental del proyecto	57
Capítulo 7. Tecnología actual: centrales térmicas, hidráulicas y nucleares	59
7.1. Central térmica	59
7.2. Central hidráulica	61
7.3. Central nuclear	63
Capítulo 8. Tecnología propuesta	65
8.1. Planta industrial	65
8.2. Esquema de la planta industrial	67
8.2.1. Transporte de la biomasa	68
8.2.2. Recepción	70
8.2.3. Almacenamiento	73
8.2.4. Parrilla	73
8.2.5. Quemadores	75
8.2.6. Caldera	75
8.2.7. Sobrecalentador	79
8.2.8. Turbina de vapor	80
8.2.9. Generador eléctrico	81
8.2.10. Transformador	81
8.2.11. Condensador	81
8.2.12. Bomba	83
8.2.13. Chimenea	83
8.2.14. Cenizas	87
8.3. Ciclo de vapor	87
8.3.1. Cálculos del proyecto	89
Capítulo 9. Análisis económico-financiero	95
9.1. Conclusión estudio económico-financiero	105
Capítulo 10. Conclusión general	107

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, tanto en la Argentina como en el mundo, la preocupación sobre la preservación del medio ambiente ha pasado a ser un tema principal tanto para los gobiernos, como para las empresas que proveen a los ciudadanos con productos y servicios, como para cada habitante de este planeta. La preocupación es lógica y está fundada en el deterioro que está sufriendo la Tierra a causa del uso indiscriminado de recursos naturales y al escaso control que se realizó sobre este uso durante muchos años.

La Organización de Naciones Unidas, expresó su preocupación sobre el cambio climático y los perjuicios que puede ocasionar el mismo en la vida de las personas y se organizó en lo que se llama United Nations Framework Convention on Climate Change. Desde allí se elaboró el Protocolo de Kyoto el cual es un acuerdo internacional entre 37 países industrializados y la comunidad Europea que se proponen como objetivo reducir las emisiones de los gases que causan el calentamiento global en al menos un 5% entre los años 2008 y 2012 comparado al nivel de emisiones del año 1990. Más de 150 años de industrialización lograron que los efectos del cambio climático ya se estén empezando a sentir en las poblaciones y los cultivos. La temperatura global aumentó en el siglo XX en aproximadamente 0,6 °C y acompañando a este proceso, se ha producido una elevación en el nivel del mar que oscila entre los 10 y 20 cm.

Por mucho tiempo se creyó que el uso de petróleo, gas y carbón tendría un límite que estaría dado por las reservas disponibles. Hoy, en cambio, podemos comprobar que la crisis climática antecede al agotamiento de las reservas y que la crisis climática pone un límite claro y urgente al uso de los combustibles fósiles. En este sentido, es que hace ya algunos años, se empezaron a desarrollar nuevas formas de energía que reemplacen a los combustibles fósiles. Estas energías alternativas reciben la denominación de “energías limpias”. Entre ellas se destacan la energía solar, eólica, hidráulica, biomasa, etc. Estas energías no producen emisiones de carbono, son renovables y son por lo tanto más saludables para el medio ambiente que los combustibles fósiles. En el caso del uso de biomasa como generador de energía a partir del calor obtenido durante su combustión, es importante mencionar que el dióxido de carbono producido en este proceso es el mismo que ya se encontraba en la atmósfera y que fue captado en algún momento por la planta. Esto es a diferencia del uso de combustibles fósiles que liberan a la atmósfera dióxido de carbono que se encontraba almacenado bajo tierra.

Por otra parte en la Argentina en particular, se está viviendo una crisis energética desde hace ya varios años. En este momento la producción Argentina de energía eléctrica no alcanza para suplir la demanda nacional y por lo tanto, se está importando energía eléctrica de algunos de nuestros países vecinos.

Teniendo en cuenta estas problemáticas y en vistas de que la energía renovable es lo que se utilizará en el futuro es que este proyecto se desarrolla. La energía eléctrica es una pieza

fundamental para el funcionamiento y desarrollo de la vida en el mundo moderno. A partir del avance tecnológico, el hombre ha creado una serie de necesidades que son suplidas a través de la energía eléctrica. Es muy difícil imaginar a esta altura un mundo sin luz, computadoras, celulares, etc. Por lo tanto, la solución a la problemática actual de deterioro del medio en el que se desarrollan las sociedades es buscar nuevas formas de generar energía que no produzcan daños irreparables al planeta.

En este proyecto lo que se quiere llevar a cabo es la utilización de una energía limpia, la biomasa, para la generación de energía eléctrica. La biomasa a utilizar en este caso son los residuos obtenidos en la elaboración de aceite de oliva, por un lado, se encuentran las ramas y hojas que se obtienen con la poda de la planta de oliva y otras etapas del proceso y por otro lado un residuo propio de la industrialización conocido como “orujo de oliva”. Por lo tanto, el proyecto que se presenta en el siguiente trabajo está vinculado estrechamente a la producción de aceite de oliva y aceitunas de mesa. El trabajo cierra el círculo productivo de estos bienes evitando la generación de residuos en este proceso productivo a través del aprovechamiento de los mismos. Lo que para los productores olivícolas son residuos del proceso, para el proyecto que se planteará a lo largo de este trabajo es la materia prima.

En el caso de las ramas y hojas significan un problema para los productores debido a la gran cantidad de residuos de este tipo que obtienen entre cosecha y cosecha y la falta de lugar para depositarlo. Por otro lado, el orujo es dejado al aire libre sin ningún tipo de tratamiento, sólo se espera a que se seque y luego se quema. Este residuo es contaminante debido a que se descompone generando emisiones de metano, además el lugar donde se deposita genera la proliferación de moscas y produce olores desagradables. Por lo tanto el proyecto ofrece también una solución al problema de manejo de residuos que afrontan las empresas aceiteras en la elaboración de aceite de oliva.

Los beneficios que aporta el proyecto a la sociedad son varios. Entre ellos encontramos: en primera instancia, que se cuida al medio ambiente con la generación de energía eléctrica a partir de la utilización de energía limpia, que desplazaría de la red de suministro parte de la electricidad producida a partir de energía sucia. En segundo lugar, se colabora en la solución de la crisis energética a través de la inversión en producción de energía eléctrica. En tercer lugar, se le daría tratamiento a un residuo que es un problema hoy en día para los productores debido a que ocupa espacio y es contaminante. En cuarto lugar, se genera también una solución para reemplazar los recursos no renovables en la generación de energía eléctrica que podrá ir siendo adaptado a otros ámbitos en el futuro, y por último, se generan nuevos puestos de trabajo en la zona donde se va a desarrollar el proyecto colaborando al desarrollo de la región y alentando nuevos proyectos de este tipo.

2. GENERACIÓN ELÉCTRICA EN ARGENTINA

En este capítulo se describe la situación actual de la industria de generación de energía eléctrica y sus consecuencias para el medio ambiente. La producción de energía eléctrica en la Argentina es actualmente realizada en poco más del 50% a partir de energías “sucias”, es decir, combustibles fósiles que al ser quemados para extraer su energía emiten dióxido de carbono a la atmósfera. Esto se traduce en millones de toneladas de dióxido de carbono liberadas a la atmósfera cada día en Argentina contribuyendo a aumentar el calentamiento global. Además de ser contaminantes para el medio ambiente, este tipo de energías no son renovables, con lo cual la necesidad de buscar tipos de energía alternativas es indispensable para el desarrollo continuo de la sociedad. Por otra parte, la producción de energía eléctrica en Argentina es hoy en día insuficiente para cubrir la demanda doméstica y es por ello que se debe importar energía desde países vecinos. Esto se debe principalmente al congelamiento de las tarifas de servicios públicos por debajo de sus respectivos costos que frenó la inversión en el rubro energético y de extracción de gas, industria muy ligada a la de la electricidad.

2.1. Situación actual de los recursos no renovables

En la actualidad en la Argentina, la mayoría de la energía eléctrica que se produce es generada a partir de recursos no renovables como pueden ser el petróleo, el gas natural, el carbón o la energía nuclear. A partir de la certeza de que estos recursos van a agotarse es que el hombre ha comenzado a investigar y desarrollar nuevas formas de generar energía que sean independientes de estos recursos no renovables. La urgencia por la contaminación que producen en el medio ambiente los combustibles fósiles y los efectos del cambio climático que se empiezan a hacer notar han acelerado este proceso, sin embargo el agotamiento de las reservas de estos recursos pone un fin inalterable al uso de los mismos. La proyección mundial de las reservas energéticas al ritmo de consumo actual es la siguiente.

Recurso	Reservas (años)
Petróleo	38
Gas Natural	60
Carbón	214
Energía Nuclear	248

Tabla 2.1.1. Previsión de reservas energéticas al ritmo de consumo actual.

Fuente: International Energy Agency.

Cómo se puede observar en el gráfico, el petróleo y el gas natural, los 2 combustibles más utilizados en el mundo son los que menos años de vida tienen. Por lo tanto, es muy importante a nivel mundial lograr desarrollar energías que los reemplacen antes de que se agoten al menos en algunos de sus usos, ya que estos combustibles tienen usos muy diversos

dentro de la sociedad. El gas natural es el menos contaminante de los combustibles fósiles y por lo tanto se está intentando reemplazar a los otros con él.

Por otra parte, como se verá más adelante, en la Argentina se produce un 7% de la energía eléctrica total a partir de energía nuclear, la cual no contamina si es correctamente manejada. Por lo que se ve en la tabla, esta energía puede seguir siendo utilizada por muchos años más y puede colaborar para hacer menos dramático el traspaso hacia energías naturales, como la solar, la biomasa, la eólica, etc.

2.2. Descripción de los combustibles fósiles

Se llaman combustibles fósiles a aquellas materias primas empleadas en procesos de combustión que se han formado a partir de plantas y otros organismos vivos que existieron en la Tierra en tiempos remotos. Sus exponentes son el carbón, el petróleo y el gas natural los cuales son compuestos orgánicos formados principalmente por hidrocarburos. A partir de ellos se pueden obtener otros combustibles derivados y subproductos que son luego empleados como materias primas en diversos procesos químicos.

El carbón se origina por descomposición de vegetales terrestres, hojas, maderas, cortezas, y esporas, que se acumulan en zonas pantanosas, lagunares o marinas, de poca profundidad. Los vegetales muertos se van acumulando en el fondo de una cuenca. Quedan cubiertos de agua y, por lo tanto, protegidos del aire que los destruiría. Comienza una lenta transformación por la acción de bacterias anaeróbicas, un tipo de microorganismos que no pueden vivir en presencia de oxígeno. Con el tiempo se produce un progresivo enriquecimiento en carbono. Posteriormente pueden cubrirse con depósitos arcillosos, lo que contribuirá al mantenimiento del ambiente anaeróbico, adecuado para que continúe el proceso de carbonificación.

El petróleo y el gas natural fueron formados por la descomposición anaeróbica de restos de animales y plantas, sobre todo plancton marino, cubiertos por arcilla y tierra durante muchos millones de años y sometidos por tanto a grandes presiones y altas temperaturas.

La principal ventaja que presentan los combustibles fósiles con respecto a otros tipos de generadores de energía, es la alta cantidad de energía que liberan en el proceso de combustión. Por lo tanto presentan una alta eficiencia en los procesos productivos para la generación de energía eléctrica lo que hace que los costos de generación a partir de combustibles fósiles sean bajos.

2.3. Contaminación generada por la utilización de combustibles fósiles

Se denomina efecto invernadero al fenómeno por el cual determinados gases, que son componentes de la atmósfera planetaria, retienen parte de la energía que el suelo emite por haber sido calentado por la radiación solar. Los gases de efecto invernadero (que incluyen el vapor de agua, dióxido de carbono y metano) calientan la atmósfera por una eficiente absorción térmica de la radiación infrarroja emitida por la superficie terrestre, la atmósfera y las nubes. Como resultado de esta absorción, la atmósfera también irradia calor en todas las direcciones, incluyendo hacia abajo a la superficie terrestre. Los gases de efecto invernadero,

por lo tanto, atrapan el calor dentro del sistema superficie-tropósfera. En ausencia del efecto invernadero y una atmósfera gaseosa, la Tierra cuya temperatura media superficial es de 14°C podría estar a -18°C.

Se lo denomina efecto invernadero por su comparación con un invernadero. El vidrio de un invernadero similar a la atmósfera es transparente a la luz solar y opaca a la radiación terrestre, pero confina el aire a su interior, evitando que se pueda escapar el aire caliente (McIlveen, 1986; Anderson *et al*, 1987).

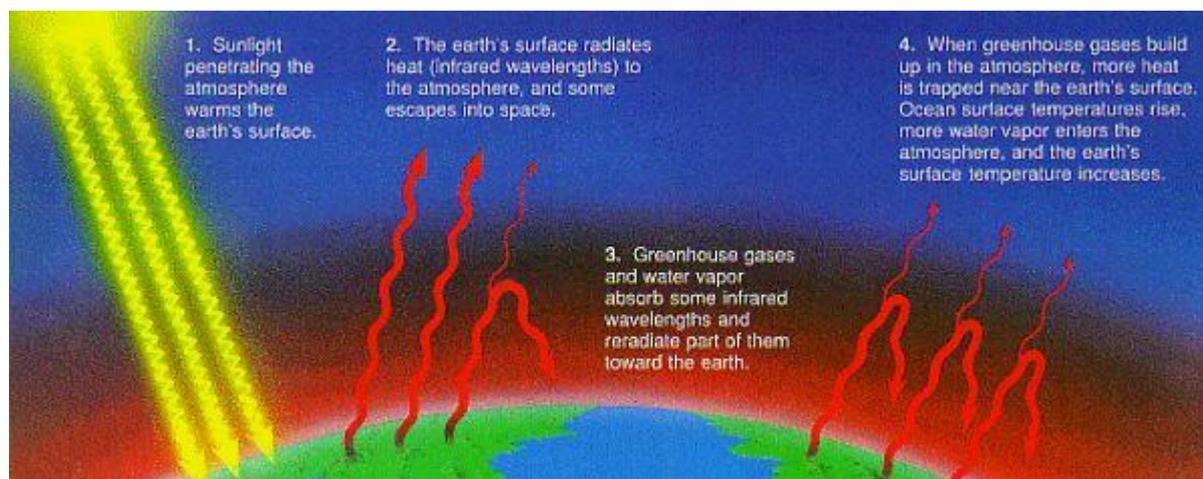


Figura 2.3.1. Efecto invernadero.

Fuente: Miller, 1991.

Las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera han crecido substancialmente desde la revolución industrial, principalmente debidas a la combustión de combustibles fósiles. El incremento en las concentraciones de gases de efecto invernadero, siendo el dióxido de carbono el más importante entre ellos, está vinculado con el incremento en la temperatura global de la Tierra observada durante el siglo XX. Así mismo, el creciente número de catástrofes naturales ocurridas en los últimos años puede de la misma manera asociarse con el cambio climático. Para el siglo XXI las predicciones de los expertos dicen que habrá impactos más severos del cambio climático si es que el aumento en la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera no puede detenerse. Especialmente los países en vías de desarrollo enfrentan grandes riesgos. La estabilización de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera para prevenir los peores impactos (esto es a un nivel entre 450 y 650 ppm) requerirá que las emisiones globales alcancen su pico pronto y a partir de allí comiencen a disminuir. (UNFCCC, Fossil fuels: Technical and economic issues on the horizon 2030-2050 “Physical realities and policy challenges”, 2004)

De todas maneras, los combustibles fósiles no son todos iguales entre sí en cuanto a la cantidad de emisiones de carbono que produce su combustión. Algunos generan más emisiones de carbono que otros como se puede observar a continuación.

Combustible	Factor de Emisión
Gas Natural (NG)	1,951 tCO ₂ /dam ³
Fuel Oil (FO)	3,197 tCO ₂ /t
Gas Oil (GO)	3,176 tCO ₂ /t
Carbón Mineral (CMi) Nacional	2,335 tCO ₂ /t
Carbón Mineral (CMi) Importado	2,803 tCO ₂ /t

Tabla 2.3.1. Factor de emisión por combustible.

Fuente: Secretaría de Energía.

Lo que la tabla 2.3.1 muestra es que por ejemplo en la combustión de 1 tonelada de carbón mineral nacional, se generan 2,335 toneladas de dióxido de carbono que son liberadas a la atmósfera. A partir de esta tabla se puede apreciar con bastante claridad el problema que representa el uso de combustibles fósiles.

La realidad indica que en el mundo la intensidad de las emisiones de dióxido de carbono ha ido disminuyendo desde la revolución industrial. Esto se debe por un lado a que los combustibles utilizados fueron variando hacia los menos contaminantes y por otro lado al aumento en la eficiencia de los procesos que permitió obtener igual cantidad de energía con menor cantidad de combustible. Hoy en día se está realizando el traspaso hacia el gas natural que, de los combustibles fósiles, es el menos contaminante. En el futuro se espera que se use incluso para transporte.

Los efectos contaminantes de estos combustibles no se deben sólo a la emisión de gases de efecto invernadero, sino también al transporte de los mismos (por los derrames) y a los subproductos que de ellos se obtienen (hidrocarburos y derivados tóxicos). Por otra parte contribuyen a la generación de lluvia ácida.

2.4. Situación de la producción de energía eléctrica en Argentina

En la actualidad en la Argentina, la generación de energía eléctrica está repartida en partes prácticamente iguales entre la generación a partir de “energía sucia” y la generación a partir de “energía limpia”. Es decir que aproximadamente el 50% de la energía eléctrica producida en el país es a partir de la utilización de combustibles fósiles, lo que implica una alta contaminación ambiental en la producción de energía eléctrica. A continuación se detalla la

cantidad de energía eléctrica producida en el país por tipo de combustible utilizado para su producción.

Año	Total MW/h	Gas Natural MW/h	Fuel Oil MW/h	Gas Oil MW/h	Carbon MW/h	Uranio MW/h	Hidráulica MW/h	Eólica MW/h
2000	81.058.326	42.381.108	2.224.105	421.321	1.058.104	6.177.108	28.761.822	34.758
2001	82.986.565	37.523.851	500.354	326.396	578.814	7.058.638	36.949.151	49.361
2002	76.636.527	34.378.880	135.915	273.356	157.346	5.820.812	35.796.813	73.405
2003	83.669.786	41.420.076	413.702	273.475	181.040	7.566.289	33.737.251	77.953
2004	91.343.123	48.530.877	3.003.233	539.497	909.408	7.868.603	30.418.990	72.516
2005	96.650.913	48.682.824	4.388.591	895.867	1.542.521	6.873.301	34.192.298	75.381
2006	103.815.339	49.214.756	5.953.185	1.628.592	1.201.892	7.690.909	38.056.365	69.640

Tabla 2.4.1. Generación de energía eléctrica por combustible en Argentina.

Fuente: Secretaría de Energía.

A continuación se presentan los valores anteriores como porcentaje de la generación de energía eléctrica total del país.

Año	Gas Natural	Fuel Oil	Gas Oil	Carbon	Uranio	Hidráulica	Eólica
2000	52,3%	2,7%	0,5%	1,3%	7,6%	35,5%	0,0%
2001	45,2%	0,6%	0,4%	0,7%	8,5%	44,5%	0,1%
2002	44,9%	0,2%	0,4%	0,2%	7,6%	46,7%	0,1%
2003	49,5%	0,5%	0,3%	0,2%	9,0%	40,3%	0,1%
2004	53,1%	3,3%	0,6%	1,0%	8,6%	33,3%	0,1%
2005	50,3%	4,5%	0,9%	1,6%	7,1%	35,5%	0,1%
2006	47,4%	5,7%	1,6%	1,2%	7,4%	36,7%	0,1%

Tabla 2.4.2. Porcentaje de participación de cada combustible en la generación de energía eléctrica total del país.

Fuente: Secretaría de Energía.

Las tablas anteriores muestran claramente cuáles son las dos fuentes de energía eléctrica más importantes en nuestro país, por un lado las centrales térmicas siendo el gas natural el principal combustible y por el otro las centrales hidráulicas que aprovechan la energía contenida en los cauces de agua. Este recurso está bastante bien aprovechado en el país, ya que existen varias centrales de este tipo, sobre todo en el oeste del país junto a la cordillera de Los Andes desde donde surgen gran cantidad de ríos. Mientras que la energía nuclear sería el tercer combustible más utilizado en la generación de energía eléctrica. Es importante también resaltar el hecho de que casi el 85% de la electricidad generada con centrales térmicas es a partir de gas natural, lo que demuestra la tendencia a reemplazar los demás combustibles fósiles por el uso de este que es menos contaminante. Un factor importante y que tiene que ver con el tema del proyecto es la utilización de la energía eólica, que si bien no ha aumentado en los últimos años, sí ha sufrido un cambio radical entre los años 2000 y 2001. Esto representa cómo se logró un avance importante en la búsqueda de nuevas energías para combatir la contaminación ambiental y reemplazar los recursos no renovables. Por otra parte en la tabla no es tomada en cuenta la energía eléctrica generada con energía solar, biomasa o biodiesel por ser esta cantidad completamente despreciable. Se observa también que en los últimos años, la balanza se ha mantenido prácticamente invariable, siendo repartida la torta en casi un 50% para cada tipo de generación con una leve superioridad por parte de las centrales térmicas.

A continuación se presenta el mapa energético nacional donde se muestran las distintas centrales eléctricas de la Argentina y las redes de distribución de dicha energía eléctrica.

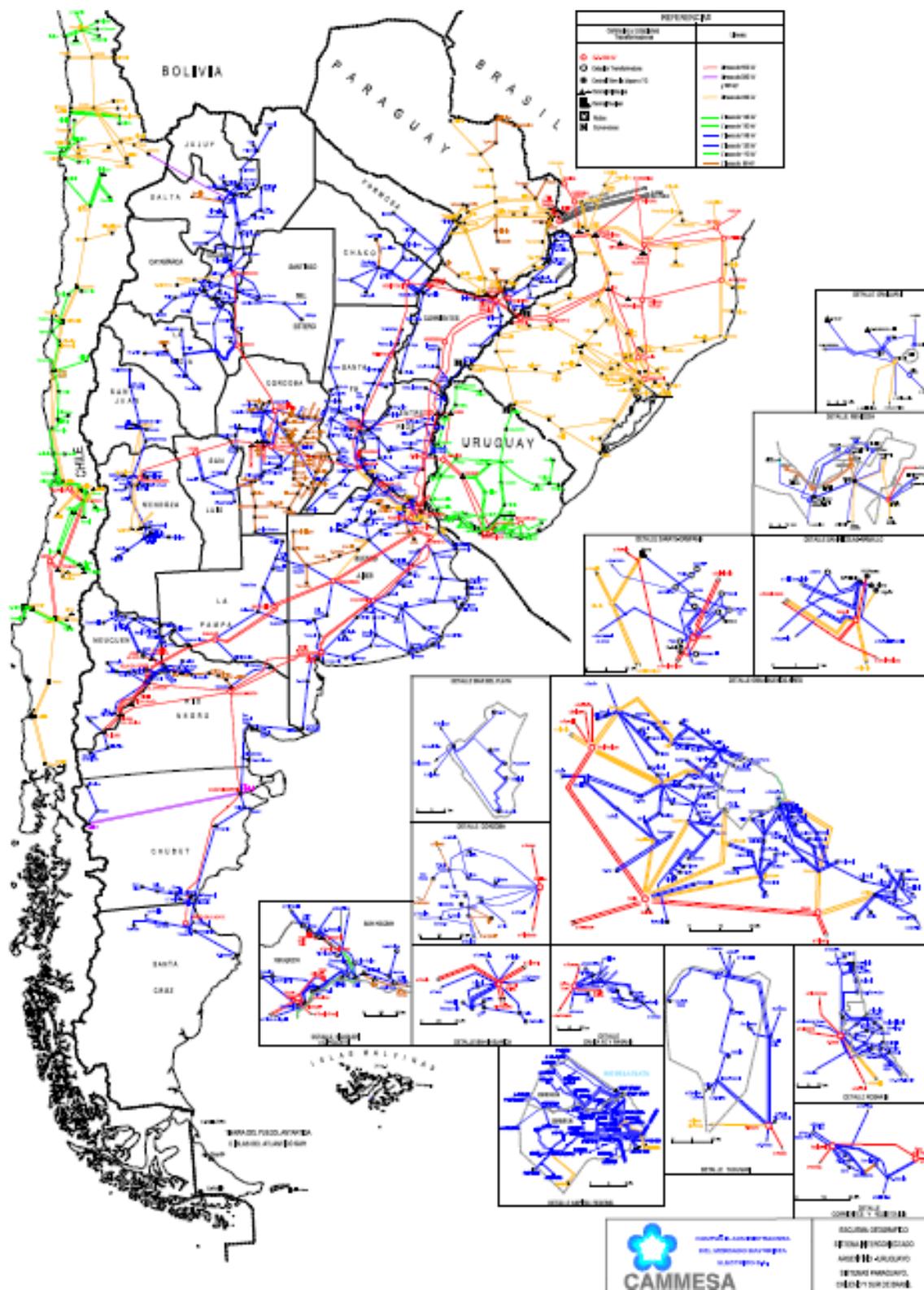


Figura 2.4.1. Mapa energético Argentino.

Fuente: CAMMESA.

Aunque no todas las centrales térmicas contaminan de la misma manera, de hecho el gas natural es el combustible menos contaminante del grupo de los combustibles fósiles, la contaminación producida por estas centrales es muy importante y su reducción debe ser un objetivo a nivel nacional. Lo que la tabla 2.4.1 muestra significa que aproximadamente 60.000.000 de MW/h son producidos con energía sucia. Lo que se traduce en la emisión de CO₂ a la atmósfera y el incremento del efecto invernadero y sus efectos nocivos para el medio ambiente que ya se detallaron en la sección que describe la contaminación que generan los combustibles fósiles. A continuación se detallan las emisiones de CO₂ producidas por la generación de energía eléctrica en el país en los últimos años.

Año	Emisiones (t CO ₂)
2005	26.639.504
2006	28.372.557
2007	33.124.984

Tabla 2.4.3. Emisiones de CO₂ producidas en la producción de energía eléctrica en la Argentina.

Fuente: Secretaría de Energía.

Estos datos muestran cómo a medida que se va creciendo en la producción de energía eléctrica, también aumentan las emisiones de gases de efecto invernadero. Debido al aumento de la población y al incremento en el consumo de tecnologías que dependen de la energía eléctrica, es evidente que cada vez se va a necesitar producir más energía eléctrica y por lo tanto si las cosas siguen como hasta ahora, se va a generar más y más contaminación del medio ambiente debido a las emisiones de carbono liberadas por el uso de energías sucias.

2.4.1. Crisis energética en Argentina

Hacia fines del año 2003 existía en la Argentina poca preocupación sobre la eventualidad de una crisis energética, al margen de algunas opiniones que resaltaban el hecho de que la crisis contractual –y en particular el congelamiento tarifario por debajo de costos económicos– en los servicios públicos podía repercutir en la forma de cuellos de botella que podían conducir a situaciones de escasez en el sector energético. Sin embargo, en ambientes especializados y en el mismo ámbito oficial, empezaba a percibirse que el congelamiento del precio del gas en boca de pozo podía conducir a una retracción de la oferta (relativa al intenso crecimiento de la demanda). El boceto de lo que después serían los Decretos 180 y 181 del Poder Ejecutivo Nacional (del mes de Febrero de 2004) ya estaba siendo considerado, pero sin apuros, en el mes de Diciembre. Y hacia fin de ese mes, el operador del mercado mayorista de electricidad (CAMMESA) produjo un informe de crisis que concluía que no se percibían problemas de

energía hasta 2005, si bien podían ocurrir problemas de potencia localizados en el invierno y condicionados a la disponibilidad de gas.

Estas dudas sobre el eventual faltante de gas en invierno y la necesidad de empezar a “ajustar” el precio del gas en boca de pozo (y, en menor medida, el precio estacional de la electricidad para grandes consumidores) fueron superadas por los acontecimientos en el transcurso del largo, caluroso y seco verano de 2004, en el que se fue desarrollando un intenso y llamativo faltante de gas natural. Que falte gas en verano, cuando la demanda estacional es baja (y existe capacidad ociosa en los gasoductos) es un síntoma inesperado, es un síntoma de alguna patología en cuanto al equilibrio o balance de los mercados energéticos.

El gobierno reaccionó en Febrero del 2004 con los Decretos mencionados, sin tampoco apurarse demasiado en cuanto su reglamentación o puesta en práctica. Pero para entonces empezaba a ser evidente que mirar solamente el ajuste en el precio de gas en boca de pozo era demasiado poco y demasiado tarde para enfrentar las señales y la evidencia que se venían acumulando. Mientras que la corrección del precio del gas en boca de pozo podía tomarse como la primera –en una lista larga y todavía pendiente– de “remedios estructurales”, la crisis causada por la escasez de gas comenzó a acercarse a los titulares cuando se empezó a trasladar al sector eléctrico. Aquí, un verano demasiado seco y cálido implicaba baja oferta de base (hidráulica) y alta demanda, requiriendo elevada respuesta del parque térmico y –para una programación con bajo fuel por razones técnicas y en particular económicas– un mayor uso de gas natural. Mientras que algunas usinas térmicas que no habían acumulado fuel-oil o no podían cambiar hacia fuel oil (algunas aún localizadas cerca de yacimientos) sufrían racionamiento, la industria manufacturera enfrentaba cortes de gas y electricidad (puntuales) y buscaba soluciones contractuales para garantizar el abastecimiento. (Cont & Navajas, 2004)

Entre el mercado del gas y el eléctrico existen fuertes interrelaciones, no sólo debido a que tanto el gas como la energía eléctrica son sustitutos en el consumo sino a que el primero es un insumo fundamental en la generación eléctrica en Argentina. Por lo tanto, los desequilibrios en la industria del gas tenderán a trasladarse al mercado eléctrico.

El mayor costo de la generación eléctrica fue consecuencia de la necesidad de recurrir a combustibles más caros dada la falta de gas en las centrales térmicas. Como ya se ha señalado, los desequilibrios en la industria del gas son consecuencia del desajuste de su precio relativo. Sin embargo, estos mayores costos no se han visto reflejados en las tarifas. La razón es simple, la ley de emergencia económica no solo las pesificó sino que las congeló hasta tanto no se resuelva la renegociación con las empresas eléctricas.

A partir de la falta de energía eléctrica para suplir la demanda, el gobierno decidió en marzo de 2004 reducir las exportaciones de gas a Chile, Brasil y Uruguay. A su vez se comenzó a importar energía eléctrica desde Brasil, gas natural de Bolivia y fuel oil y gas oil de Venezuela. El fuel oil importado de Venezuela, se utiliza en invierno en las centrales térmicas reemplazando al gas natural ya que el Gobierno no quiere desabastecer el mercado domiciliario y por lo tanto reorienta una parte importante de la producción de gas natural para satisfacer esta demanda. Este fuel oil tiene elevados niveles de azufre lo que lo hace más

contaminante que el fuel oil normal y además tiene la desventaja de ser nocivo para las calderas. Esto sumado a la condición natural del fuel oil de ser más contaminante que el gas natural. Por otra parte, el gas oil importado de Venezuela, con el mismo problema de alto contenido de azufre se vende de 2 maneras en el mercado doméstico nacional, uno más barato y otro más caro ya que se le realiza un tratamiento previo para quitarle el azufre que posee de más. El gas oil con alto contenido de azufre es altamente contaminante y además tiene efectos negativos en los motores de los vehículos.

En el año 2007 se importaron 3.457.581 MW/h sobre un total generado en el país de 108.467.185 MW/h, cifra que representa un 3,18% de la energía eléctrica total consumida en el país durante ese año. Por lo tanto se demuestra que en Argentina hay faltante de energía, y el mismo es un porcentaje bastante alto del consumo local.

2.4.2. Conclusión

A través de lo presentado en este capítulo, se observa con claridad el problema al cual se enfrenta la sociedad a nivel mundial y particularmente la Argentina. Por un lado, en el país se precisan de más inversiones en el rubro energético para poder salir de la crisis que produce faltante de electricidad para las industrias, y por otro lado, se precisa buscar formas alternativas de generar electricidad que no dependan de los combustibles fósiles, ya que los mismos son fuentes de energía no renovable y su uso está ocasionando daños graves e irreparables al medio ambiente. Se debe lograr reemplazar el uso de combustibles fósiles por el de biomasa, energía solar, energía eólica, etc. en la generación de energía eléctrica.

3. DESCRIPCIÓN DE LA BIOMASA

Biomasa es el nombre dado a cualquier materia orgánica de origen reciente que haya derivado de animales y vegetales como resultado del proceso de conversión fotosintético. La energía de la biomasa deriva del material vegetal y animal, tales como cultivos energéticos o residuos agrícolas y forestales, animales, de industrias agrícolas y forestales y también de aguas residuales urbanas.

El cultivo energético, es cualquier tipo de cultivo agrario cuya única finalidad sea proporcionar material para destinarlo a su aprovechamiento energético. Los cultivos que suelen labrar con esta finalidad se caracterizan por dos aspectos concretos. Por una parte, por su alta producción por unidad de superficie y año y, por otra, por los pocos requerimientos que exige su cultivo.

El valor energético de la biomasa de materia vegetal proviene originalmente de la energía solar a través del proceso conocido como fotosíntesis. La energía química que se almacena en las plantas y los animales (que se alimentan de plantas u otros animales), o en los desechos que producen, se llama *bioenergía*. Durante procesos de conversión tales como la combustión, la biomasa libera su energía, a menudo en la forma de calor, y el carbón se oxida nuevamente a dióxido de carbono para restituir el que fue absorbido durante el crecimiento de la planta. Esencialmente, el uso de la biomasa para la energía es la inversa de la fotosíntesis.

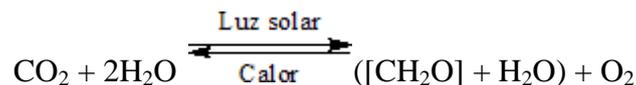


Figura 3.1. Proceso de fotosíntesis.

Este proceso de captación de la energía solar y su acumulación en las plantas y árboles como energía química es un proceso bien conocido. Los carbohidratos, entre los que se encuentra la celulosa, constituyen los productos químicos primarios en el proceso de bioconversión de la energía solar y al formarse aquellos, cada átomo gramo de carbono (14gr) absorbe 112kcal de energía solar, que es precisamente la que después se recupera, en parte con la combustión de la celulosa o de los combustibles obtenidos a partir de ella (gas, alcohol, etc.).

Este proceso demuestra claramente cuál es la principal arma que posee el hombre para luchar contra el calentamiento global y el efecto invernadero: la forestación. La forestación a ultranza reduciría de forma considerable los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera, ya que las plantas utilizan este gas para generar oxígeno. Ahora bien, debido al poco apoyo social que recibe este tipo de medidas contra el que reciben el impulso de la industrialización y el comercio es que no se hace. Los gobernantes no consiguen votos proponiendo medidas ambientales. La sociedad percibe más tangiblemente las ventajas del desarrollo industrial y

del comercio que las desventajas del uso indiscriminado de recursos naturales y del mal cuidado del medio ambiente.

En la naturaleza, en última instancia toda la biomasa se descompone en sus moléculas elementales acompañada por la liberación de calor. Por lo tanto la liberación de energía de conversión de la biomasa en energía útil imita procesos naturales pero en una tasa más rápida. Por lo tanto, la energía obtenida de la biomasa es una forma de energía renovable. Utilizar esta energía recicla al carbón y no añade dióxido de carbono al medio ambiente, en contraste con los combustibles fósiles. El dióxido de carbono liberado en la combustión de la biomasa es el mismo que ya existía en la atmósfera y que había sido captado anteriormente por la planta. En el caso de los combustibles fósiles, el dióxido de carbono obtenido en la combustión se agrega a la atmósfera ya que el mismo se encontraba en un principio depositado bajo la tierra. De todas las fuentes renovables de energía, la biomasa se diferencia en que almacena energía solar con eficiencia. Además, es la única fuente renovable de carbón, y puede ser procesada convenientemente en combustibles sólidos, líquidos y gaseosos.

La biomasa puede utilizarse directamente (por ejemplo combustión de madera para la calefacción y cocinar) o indirectamente convirtiéndola en un combustible líquido o gaseoso (ej.: etanol a partir de cosechas del azúcar o biogás de la basura animal). En el caso del presente proyecto, la energía contenida en la biomasa es utilizada en forma directa e indirecta a la vez, ya que se realiza la combustión directa de la biomasa pero solo como un medio para obtener el resultado final que es la energía eléctrica. La energía neta disponible en la biomasa por combustión es de alrededor de 8MJ/kg para la madera verde, 20MJ/kg para la materia vegetal seca en horno, 55MJ/kg para el metano; en comparación con cerca de 23 a 30MJ/kg para el carbón.

3.1. Ventajas de la biomasa

- La biomasa es una fuente renovable de energía y su uso no contribuye al calentamiento global. De hecho, produce una reducción de los niveles atmosféricos del dióxido de carbono, ya que actúa como recipiente y el carbón del suelo puede aumentar.
- Los combustibles de biomasa tienen un contenido insignificante de azufre y por lo tanto no contribuyen a las emisiones de dióxido de azufre que causan junto con los óxidos de nitrógeno la lluvia ácida. La combustión de la biomasa produce generalmente menos ceniza que la combustión del carbón, y la ceniza producida se puede utilizar como complemento del suelo en granjas para reciclar compuestos tales como fósforo y potasio. Generalmente se debe neutralizar con hidróxido de calcio ya que si no aumenta la acidez del suelo.
- La conversión de residuos agrícolas, de la silvicultura, y la basura sólida municipal para la producción energética es un uso eficaz de los residuos que a su vez reduce significativamente el problema de la disposición de basura, particularmente en áreas municipales.

- La biomasa es un recurso doméstico, que no está afectado por fluctuaciones de precio a nivel mundial o a por las incertidumbres producidas por las fuentes de combustibles importados. En países en vías de desarrollo en particular, el uso de biocombustibles líquidos, tales como biodiesel y etanol, reduce las presiones económicas causadas por la importación de productos de petróleo.

3.2. Origen de la biomasa utilizada en el proyecto

En el proyecto se plantea la utilización de biomasa surgida de la industria oleícola. Por un lado, se utilizan las ramas y hojas producto de la poda de los árboles de olivo y por otro lado se utiliza el orujo de oliva, el cual es un residuo industrial obtenido en el proceso de producción de aceite de oliva. Las ramas obtenidas durante la poda constituyen un inconveniente para el productor de aceite de oliva debido a que ocupan una gran cantidad de espacio y pueden interferir con el crecimiento de las plantas de olivo y su rendimiento. Las mismas no son utilizadas de ninguna manera sino que son dejadas en algún sector esperando pudrirse. El orujo por su parte es dejado en un sector particular hasta que se seca y luego se quema. El mismo genera malos olores y favorece la proliferación de moscas. Por lo tanto, el proyecto cierra el círculo de la producción de aceite de oliva, ya que aprovecha sus residuos para la generación de energía eléctrica. El proyecto toma los residuos generados en la producción de aceite de oliva y los utiliza como materia prima para la generación de energía eléctrica quedando íntimamente ligado a la industria olivícola, ya que dependiendo de su generación de residuos es que se va a contar con materia prima para generar electricidad. Lógicamente, a mayor producción en la industria oleícola, mayor generación de residuos.

4. PRODUCCIÓN OLEÍCOLA EN ARGENTINA

En el siguiente capítulo se presenta la situación de la industria oleícola en Argentina y sus perspectivas a futuro. Dado que el proyecto está íntimamente ligado con esta industria, es de suma importancia conocerla para saber si se contará con la materia prima necesaria para poder llevar adelante el proyecto durante los años de estudio del mismo.

4.1. Historia de la producción de aceite de oliva en Argentina

En el territorio argentino, la actividad oleícola fue introducida por Don Francisco de Aguirre quién plantó en La Rioja los primeros ejemplares traídos del Perú en el año 1562. Durante estos más de 400 años, la actividad atravesó períodos de esplendor y decadencia. El consumo interno de los olivos comenzó a aumentar a principios del siglo XIX con la llegada masiva de inmigrantes latinos que trataron de mantener sus comidas típicas. Con una demanda en aumento y una producción nacional casi inexistente, el comercio se tornó altamente dependiente de los productos españoles hasta que, a principios del siglo XX, los problemas políticos en España dificultaron el comercio y generaron un relativo desabastecimiento del mercado argentino. Así fue como el Gobierno Nacional comenzó a fomentar el cultivo del olivo en distintas regiones del país: en 1932 se promulgó la Ley N° 11.643 llamada de promoción de cultivo del olivo y en 1954, durante la Conferencia Nacional de Olivicultura, se estableció el eslogan “haga patria, plante un olivo”. La fuerte propaganda realizada por el gobierno y por sectores privados derivó en el desarrollo de nuevas zonas de cultivo. Las plantaciones de olivo se extendieron fuera de la zona típica, a los tradicionales valles de la precordillera se le sumaron zonas que antes eran consideradas marginales donde el olivo se comportó de manera favorable. Como por ejemplo, las lomas arcillosas de Entre Ríos, los llanos de Córdoba, la pampa árida y las cuchillas de Dorrego en Buenos Aires. En 1965 la Argentina llegó a contar con un total de 5 millones de plantas de variedades aceiteras, aceituneras y doble propósito, lo que equivale a aproximadamente 50.000 hectáreas. Este desarrollo del cultivo no fue acompañado por una política de asistencia y capacitación a los productores y muchas de las plantaciones fueron abandonadas. En la década del 70, con el crecimiento de la industria nacional de los aceites de semilla se generó una importante campaña publicitaria en contra del consumo de aceite de oliva: el mismo pasó a ser considerado un producto “malo” para el organismo debido a su alto contenido de colesterol. Como consecuencia, la demanda interna de aceite de oliva se vio reemplazada por la demanda de aceite de maíz, que además de ser “sano” era barato. Con esta nueva realidad, el sector elaborador de aceite de oliva argentino ingresó en un período de crisis que duró más de 2 décadas. Cabe aclarar que la industria de aceitunas de conserva siempre fue promisoria en el país.

Hasta principios de la década de 1990, la industria productora de aceite de oliva atravesó un largo período de crisis ocasionada por la infundada campaña de descrédito que soportó el producto debido a su presunto contenido de colesterol, que se sumó al menor precio de los aceites de girasol y maíz. Esto provocó un reemplazo casi total del aceite de oliva por el de semilla en el consumo argentino. A mediados de la década mencionada, las sequías

registradas en la Cuenca del Mediterráneo, el compromiso de reducir los subsidios por parte de la Unión Europea, el aumento de los precios internacionales del aceite de oliva y la posibilidad de aplicar la Ley de diferimiento impositivo ubicaron al olivo en un lugar de privilegio frente a las demás alternativas productivas.

La Ley N° 22.021 de diferimiento impositivo contempla que empresas de cualquier sector puedan diferir el pago de impuestos nacionales durante un período determinado, utilizando ese monto para realizar inversiones en el sector agropecuario. En la plantación de olivos el lapso es de 16 años, luego de los cuales comienza la devolución sin intereses. Las provincias que cuentan con el beneficio de la ley en todo su territorio son Catamarca, La Rioja, San Juan y San Luis (la ley contempla que en esta provincia solo se pueden presentar proyectos de turismo y no productivos). El beneficio también alcanza a la región norte de Mendoza y oeste de Córdoba.

A principios de la década del 90, la Argentina contaba con un total de 29.500 hectáreas plantadas con olivos distribuidas entre las provincias de Mendoza, Córdoba y San Juan. Sin embargo, a partir de la Ley N° 22.021, se comenzaron a plantar olivos en regiones donde antes era imposible por la envergadura de las inversiones que involucraban. Ya que la ley sólo aplica a regiones marginales con dificultades para el desarrollo agropecuario. De este modo ingresaron al circuito productivo los valles áridos de La Rioja, Catamarca y San Juan, lugares con una pluviometría de menos de 300 mm anuales, lluvias, fuertes vientos, marcados fenómenos erosivos y carentes de infraestructura en caminos y red eléctrica. (SAGPyA, 2000)

El olivo es un cultivo que tiene la particularidad de ir aumentando su rendimiento con el tiempo. Hoy en día, el olivo tarda entre 10 y 11 años desde que fue plantado en alcanzar su rendimiento máximo. La ventaja que tiene es que una vez alcanzado ese rendimiento, obviamente con el cuidado correspondiente, la planta sigue dando frutos durante muchos años. Por lo tanto, hay plantaciones que todavía no alcanzaron su máximo rendimiento.



Figura 4.1.1. Rendimiento del olivo por año.

Es importante resaltar las diferencias entre las plantaciones tradicionales y las surgidas en los últimos años. Las plantaciones modernas son de alta densidad, y se les aplican técnicas de manejo más avanzadas (genéticas, de riego y fertilización). La incorporación de nuevas tecnologías permitió, entre otras cosas, aumentar los rendimientos medios estimados de 5-6 ton/ha a 10-12 ton/ha. En relación a los volúmenes de producción, las nuevas plantaciones comenzaron a dar sus frutos a principios de la actual década y por lo tanto comienzan a alcanzar su rendimiento máximo en estos años.

En el marco del Foro Nacional Olivarero actualmente trabajan diferentes instituciones públicas y privadas para favorecer la adaptación de los sectores tradicionales a las nuevas demandas existentes en el mercado, mediante la reconversión de este segmento en producciones con alto valor agregado y una diversificación enfocada a nichos de alta calidad. Esta transformación del sector comenzará a dar sus frutos en los próximos años con el correspondiente derrame económico en cada región involucrada. (SAGPyA, 2008)

En este momento existen plantadas 30.000 hectáreas de olivo en Catamarca, 27.000 en La Rioja y 13.000 en San Juan. Estos datos concuerdan bastante con la predicción hecha por la Dirección Nacional de Alimentos para el año 2010, la cual se detalla a continuación.

Provincia	Superficie plantada con olivos (has)
Catamarca	31.900
La Rioja	29.900
Mendoza	22.144
San Juan	18.680
Córdoba	6.722
Salta	2.000
Buenos Aires	1.800
Tucumán	500
San Luis	899
Santiago del Estero	187
La Pampa	158
Total	114.890

Tabla 4.1.1. Superficie estimada plantada con olivos para el año 2010 en Argentina.

Fuente: Dirección Nacional de Alimentos.

Se puede observar en la tabla 4.1.1 que Catamarca y La Rioja son las provincias con más superficie plantada de olivos. Las mismas han desplazado del primer lugar a Mendoza, la provincia con más tradición olivarera. Esto se debe a la Ley de Diferimiento Impositivo por un lado y por otro lado a la gran adaptación que tuvo el cultivo en estas provincias dónde su rendimiento fue óptimo. Es indudable que la producción olivícola en el país está creciendo de manera sostenida. La Ley de Diferimiento Impositivo fue un gran impulso para el sector olivícola y sobre todo para las provincias como Catamarca y La Rioja, ya que la lógica indica que las plantaciones deberían realizarse en las provincias con mayores rendimientos industriales como lo son Mendoza y San Juan. A continuación se detalla el rendimiento industrial promedio de la aceituna según la provincia.

Rendimiento industrial	
Mendoza	18%
San Juan	18%
La Rioja	14%
Catamarca	14%
Salta	13%
Córdoba	12%

Tabla 6. Rendimiento industrial de la aceituna en la extracción de aceite de oliva por provincia.

Esta tabla muestra el porcentaje de aceite de oliva que se obtiene de la aceituna cuando a esta se la procesa. Se observa la preponderancia de las provincias de San Juan y Mendoza por sobre el resto. Esto que parece insignificante, a la hora de procesar toneladas de aceitunas es un factor determinante desde el punto de vista de los costos industriales, porque la diferencia entre la cantidad de aceite de oliva obtenido en cada caso es muy grande. Esto significa que en lugares con rendimientos más altos, se necesita procesar menos cantidad de aceitunas para obtener la misma cantidad de aceite de oliva que en las regiones de bajo rendimiento y esto afecta directamente a los costos directos de la elaboración.

4.2. Beneficios del aceite de oliva para la salud

Dado que es el aceite más caro del mercado, la alta demanda de aceite de oliva en Argentina y el mundo se explica debido a su sofisticado sabor y a sus especiales características benéficas para la salud, entre las que se encuentran:

- Reduce el nivel de colesterol.
- Disminuye el riesgo de infarto
- Reduce las probabilidades de trombosis arteriales.
- Disminuye la acidez gástrica.
- Ofrece una acción eficaz de protección contra úlceras y gastritis.
- Estimula la secreción de la bilis, y es el mejor absorbido por el intestino.
- Regula el tránsito intestinal.
- Beneficia el crecimiento óseo y permite una excelente mineralización del hueso.
- Es el más conveniente para prevenir los efectos deterioradores de la edad sobre las funciones cerebrales y sobre todo el envejecimiento de los tejidos y de los órganos en general.

- Posee un efecto protector y tónico de la epidermis.
- Contiene vitaminas A y E y polifenoles.

Es importante destacar este punto para poder comprender por qué la demanda de este aceite está en expansión tanto en Argentina como en el mundo.

4.3. Comercio exterior de la industria oleícola

Tal como diez años atrás, la Unión Europea concentra el mayor porcentaje de la producción global, prevaleciendo España por sobre el resto de los países comunitarios. Respecto de la producción de aceitunas de mesa los primeros tres productores mundiales son España (25,4%), Turquía (13,1%) y Egipto, (11,5%). En referencia a la producción de aceite de oliva las primeras tres posiciones corresponden a España (38,9%), Italia (22,3%) y Grecia (13,1%). Según las cifras provisorias de la campaña 2006/7, Argentina ocuparía en la producción mundial de aceituna de mesa y aceite de oliva el 9° y 12° lugar respectivamente en el ranking global de las mismas, según datos de COI (Consejo Oleícola Internacional). Las exportaciones mundiales acompañan el crecimiento global del sector. Las de aceitunas de mesa señalaron un crecimiento del 71,2% en volumen durante la última década -2006/7 vs. 1997/8-, situando a la Argentina entre los primeros cuatro principales vendedores externos mundiales: España con el 39,6%; Turquía con un 12,3%; Marruecos con el 11,9% y nuestro país con 10,9%. Las colocaciones externas de aceite de oliva exhibieron un incremento en volumen del 67,3% en el período mencionado. Con el 2,1%, Argentina ocupó el 10° lugar en el ranking que tiene como protagonistas a Italia (32,3%), Túnez (17,6%), España (16,9%) y Turquía (11,0%). (DNA, 2008). Italia es un caso particular debido a que no todo el aceite que comercializa es producido en ese país. Italia compra aceite de oliva a España y luego lo vende al resto del mundo como si fuese italiano.

4.4. Exportaciones de aceite de oliva en Argentina

En la última década (2006 vs. 1997) las colocaciones externas de aceite de oliva crecieron en volumen un 142,1% y en valor un 149,7%. Alcanzaron en 2006 un volumen de 14.818 toneladas y un monto de US\$ 58,5 millones FOB, máximo valor registrado en esos diez años. Las empresas exportadoras de aceite de oliva evidenciaron en esta década un excepcional incremento, llegándose en 2006 a una participación de 97 firmas, número que casi quintuplica al de las 22 empresas que operaron en 1997. Es importante observar que los 2 principales productores mundiales de aceite de oliva reciben exportaciones de la Argentina, España e Italia, lo que demuestra que el aceite de oliva de nuestro país se diferencia por calidad frente a los demás países.

En la campaña de 1997, el 73% de las colocaciones en volumen y el 71% de su valor correspondieron a la posición de aceite de oliva. Le siguieron las ventas de aceite de oliva refinado, con el 19% del volumen total y 17% de su valor. Hasta mediados de la década analizada esta tendencia continuó, comercializándose en una mayor escala aceite de oliva. En los últimos cuatro períodos, a partir de 2003, la situación se revirtió y predominaron las

ventas de aceite de oliva virgen, que en 2006 representaron el 90% en valor y volumen, frente a colocaciones de aceite de oliva que sólo alcanzaron el 9% del volumen y valor exportado.

Respecto al destino de las exportaciones de aceite de oliva, el transcurso de la última década señaló entre otras cosas un gran incremento en las colocaciones realizadas a EEUU, que junto con Brasil es uno de los principales compradores de la Argentina. Las exportaciones en 2007 se efectuaron a 39 países diferentes.



Figura 4.4.1. Destino de las exportaciones de aceite de oliva argentino en volumen en 2006.

Fuente: Dirección Nacional de Alimentos.

En 2007, Estados Unidos se posicionó como el principal comprador del valor y volumen comercializado continuando con la tendencia registrada en 2006. Este destino absorbió el 44,4% del valor y el 50% del volumen vendido superando la participación obtenida en 2006 (38,7% en volumen y 36,9% en valor). El precio promedio general de las operaciones realizadas a este destino alcanzó un valor de U\$S 3.165 FOB con un retraimiento del 16,0% respecto 2006. Brasil es el segundo comprador, como en 2006, con una concentración del 41,7% y 35,5% en valor y volumen respectivamente y con un precio promedio general de U\$S 4.194 FOB que sufrió una caída de 0,4% respecto el año anterior. Cabe señalar que España pasó de ocupar la tercera posición en 2006 con una participación del 8,0% y 8,3% en volumen y valor, al noveno lugar con una concentración del 0,7% en volumen y 0,6% en valor. Por su parte Italia conserva el cuarto lugar.

Las ventas externas argentinas de aceite de oliva llevadas a cabo en 2007 alcanzaron una nueva marca histórica, registrando un crecimiento del 23,1% en volumen y 11,2% en el valor comercializado respecto 2006. Las mismas alcanzaron un volumen de 18.244 toneladas

generando divisas por U\$S 65,1 millones FOB (DNA, 2008). Todo indica que se van a seguir rompiendo los records productivos y de exportación en los años venideros.

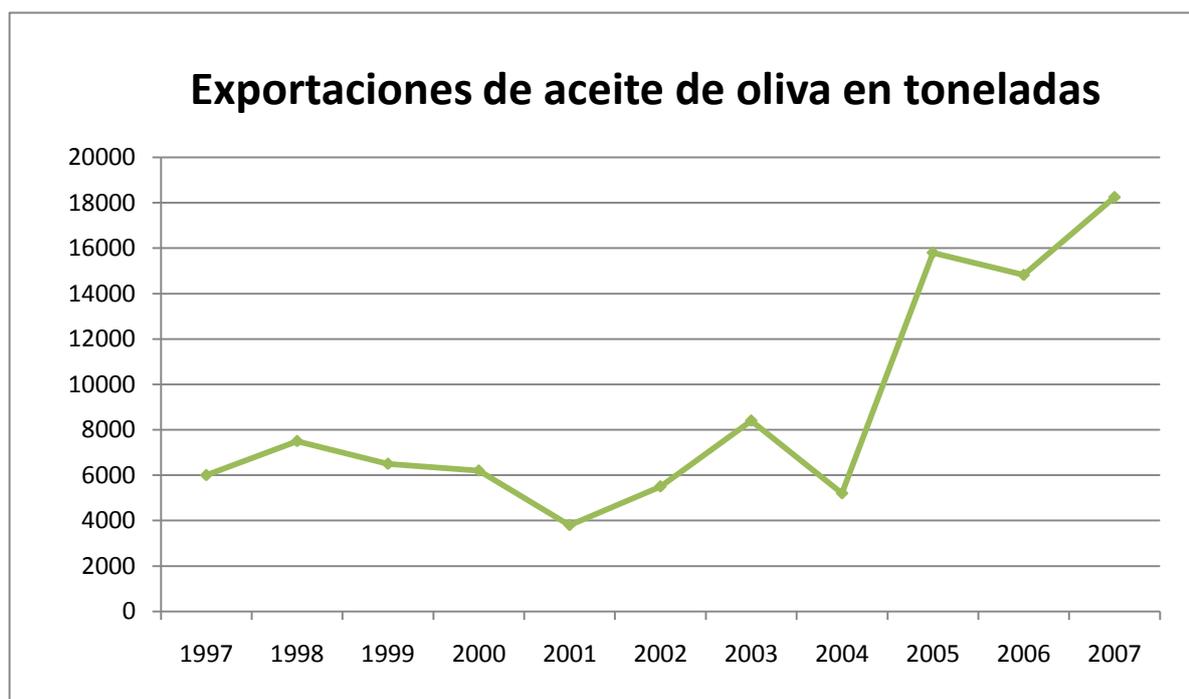


Figura 4.4.2. Exportaciones de aceite de oliva argentino en toneladas por año.

Fuente: Dirección Nacional de Alimentos.

Como se puede apreciar en el gráfico, las exportaciones crecieron hacia 1998 producto de la mayor producción conseguida a través de la situación nacional e internacional que impulsó la producción de aceite de oliva en el país. Luego con la crisis de principio de siglo, hubo una clara disminución en las exportaciones que acompañó al momento económico del país. Sin embargo luego de alcanzar el piso en 2001, la tendencia es creciente. En 2004 y 2006 no se siguió con la tendencia y esto puede ser debido a una mala cosecha.

4.5. Mercado interno de aceite de oliva

La situación favorable del comercio internacional fue una de las razones que impulsó el desarrollo local de esta industria. El tipo de cambio en estos últimos años hizo que fuera aún más rentable la exportación de este producto año a año ya que tiene costos operativos en la moneda local, aunque las líneas productivas son traídas de Europa principalmente. A su vez, todavía se puede crecer mucho más en cuánto a exportaciones de aceite de oliva, ya que la Argentina está ubicada en el décimo lugar. Este es un aliciente importante para los nuevos inversores, dado que significa que el mercado aún tiene más para crecer. Por otra parte el

mercado local también está jugando un rol decisivo en el crecimiento del sector. El consumo interno de aceite de oliva crece año a año y esto también fomenta las inversiones en esta industria. En 2006 el aceite de oliva ocupaba el cuarto lugar entre los aceites más demandados en el consumo interno detrás de los aceites de soja, girasol y maíz. En la década pasada el consumo interno de aceite de oliva se quintuplicó al pasar de 0,03 kg/habitante en 1990 a 0,15 kg/habitante en 1999. Las predicciones estimaban que para el año 2006 el consumo interno llegaría a los 0.45 kg/habitante. Este aumento se debe principalmente a los beneficios que presenta este aceite para la salud.

4.6. Exportaciones de aceitunas de mesa

Las colocaciones externas de aceitunas de mesa alcanzaron en 2006 el mayor volumen y valor comercializado hasta el momento. Continuaron así con la tendencia positiva registrando un crecimiento en la última década de 106,9% y 35,3% en volumen y valor respectivamente. Las operaciones realizadas alcanzan 81.109 toneladas por valor de US\$ 93,3 millones FOB. Las empresas exportadoras de aceitunas de mesa, evidenciaron en esta década un gran incremento: en 2006 participaron 102 empresas, frente a las 68 que comercializaban en el año 1997.

Las ventas externas realizadas por el sector están compuestas en su mayoría por aceitunas de mesa en salmuera, presentación que marca la tendencia de la última década analizada. En 2006 el 81,8% del valor comercializado perteneció a este producto.

Si bien en 2006 el mayor destino de las exportaciones de aceitunas de mesa se realizó a Brasil -como en 1997-, en el transcurso de esta década se registró una disminución paulatina en las colocaciones a este país, apareciendo en forma gradual EEUU y España como compradores de productos de origen argentino. En año 2006 ocuparon el segundo y tercer lugar, respectivamente, en los destinos del valor de las ventas efectuadas. En 2007 las exportaciones de aceitunas de mesa se colocaron en 32 destinos distintos.



Figura 4.6.1. Destino de las exportaciones de aceitunas de mesa argentinas en volumen para 2006.

Fuente: Dirección Nacional de Alimentos.

Se puede observar a partir del gráfico que el porcentaje acumulado por Brasil y Estados Unidos como destino de las exportaciones era de 68,4% en 2006. Para 2007 ya acumulaban el 83,4% entre los dos países, EEUU concentra 24,6% del volumen, destacándose un crecimiento respecto a 2006 en detrimento de las colocaciones realizadas en España, que ascienden al 3,1% del volumen comercializado contra el 19,8% del volumen comercializado en 2006. Canadá se posiciona como 3er. destino, con una participación del 3,5% del volumen, continuando con la misma tendencia de 2006.

En 2007 las exportaciones de aceitunas de mesa alcanzaron un nuevo récord histórico, con un volumen de 90.554 toneladas, que implica un ingreso de divisas por un valor de US\$ 120,5 millones FOB. Las exportaciones de este período (2007), representaron un crecimiento de 29,2% en valor y del 11,6% en volumen, en relación a 2006. (DNA, 2008)

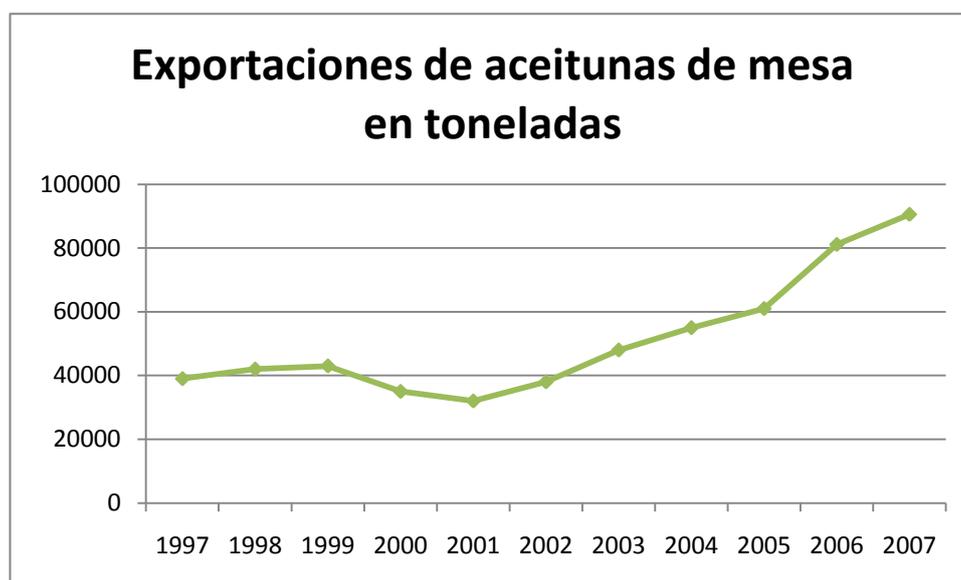


Figura 4.6.2. Exportaciones de aceitunas de mesa en toneladas por año.

Fuente: Dirección Nacional de Alimentos.

El gráfico muestra una tendencia similar a la del aceite de oliva, con exportaciones que crecen hasta el fin de la década pasada, tienen su piso en 2001 y vuelven a emerger con una tendencia creciente más pronunciada que antes de la crisis.

4.7. Importaciones de aceitunas de mesa y aceite de oliva

Las importaciones de aceitunas de mesa y aceite de oliva registran en la última década una caída del 97,9% y 93,2% respectivamente en el volumen adquirido. El valor de las mismas exhibe la misma tendencia, mostrando una caída en los últimos diez años del 94,9% y 86,8% en el caso del aceite de oliva y aceitunas de mesa respectivamente. Esto se debe a diferentes factores. En primer lugar, la decisión de tomar medidas de prevención de la industria local frente al aceite de oliva proveniente de la Unión Europea. Para este fin, Argentina estableció a partir de 1998, derechos compensatorios a la importación de aceite de oliva desde dicho bloque económico en razón de los subsidios que recibe esta producción en los países comunitarios, lo que desde entonces repercutió claramente en las importaciones totales. Cuando esa medida venció, el Ministerio de Economía de la Nación dictó la Resolución 823/2006, que estableció un arancel externo común para el aceite de oliva. A partir del 31 de octubre de 2006 rige un arancel de 31.5% para las siguientes posiciones: 1509.10.00 –aceite de oliva virgen-, 1509.90.10 –aceite de oliva refinado-, 1509.90.90 –aceite de oliva-. Dentro de este contexto las importaciones se vieron afectadas adicionalmente, por la evolución y desarrollo que experimentó el sector olivarero en Argentina.

El origen de las colocaciones realizadas en el país se modificó en el transcurso de esta década. En 1997 el 96,2% del volumen y el 93,2% del valor importado de aceite de oliva eran de origen español, participación que cayó en 1998 luego de la vigencia de los derechos compensatorios aplicados al aceite de oliva proveniente de la Unión Europea. A partir de este último año, se incrementaron las colocaciones de aceite de oliva producido por Turquía. En 2005 la participación en las compras realizadas por Argentina a este país alcanzó un 82,8%, el segundo puesto correspondió el aceite proveniente de Túnez, y recién en tercer puesto el español con el 5,4% de las colocaciones efectuadas. Las compras efectuadas en 2006 por la Argentina ascendieron a las 144 toneladas, por un valor US\$ 874.936 CIF. Ese año, el aceite de oliva español ocupó nuevamente el primer lugar entre nuestros proveedores, encabezando el siguiente ranking: 1° - España (valor: 49.5%, volumen: 47.5%); 2° - Italia (valor: 26.9%, volumen: 22.4%); 3° - Túnez (valor: 23.0%, volumen: 29.4%).

En relación al volumen de aceitunas de mesa importadas, en 1997 las colocaciones realizadas por España representaron el 87,5% del volumen. Tal participación cayó al 41,2 % en el año 2005, superando a las mismas las compras realizadas a China, que proveyó el 43,0%. Las compras realizadas en 2006 alcanzaron las 29 toneladas, por valor de US\$ 98.350 CIF, posicionándose como principales proveedores: España (valor: 91.2%, volumen: 87.5%) e Italia (valor: 5.2%, volumen: 3.0%) seguidos por China, que perdió el protagonismo del año anterior (valor: 3.2%, volumen: 8.7%). (DNA, 2006)

Las compras de aceitunas de mesa de origen extranjero efectuadas en el transcurso de 2007 ascendieron a 28 toneladas por un valor de US\$ 115.890 CIF. Las mismas experimentaron una variación del 17,8% en valor y del -0,2% en volumen respecto a 2006. Las importaciones correspondieron a 9 países. Los principales vendedores fueron España con un 92,9% del valor comercializado, Italia con un 4,0% y China con el 2,6%. En relación a las variaciones interanuales de los principales orígenes de las compras realizadas, se produjo un retraimiento tanto en valor como en volumen con excepción del valor de las importaciones de aceitunas de España (+20,0%). (DNA, 2008)

4.8. Conclusiones del sector oleícola

De lo expuesto anteriormente se puede concluir que la actividad oleícola es una actividad que está en expansión en el país y que todavía tiene posibilidades para seguir creciendo. Hace poco más de 10 años que explotó este sector y los resultados están a la vista. Año a año se rompen records productivos y de recaudación y las tecnologías aplicadas se van actualizando constantemente. Mercados como los de Brasil y Estados Unidos son muy grandes y la posibilidad para crecer allí todavía es amplia. Por otra parte el consumo interno, que elige al aceite de oliva por sus beneficios para la salud, es también un aliciente importante que mantiene en auge a esta industria.

En el proyecto se está dimensionando una planta de generación de energía eléctrica con una vida útil de aproximadamente entre 25 y 30 años. Por lo tanto, resulta de vital importancia para el proyecto saber y conocer cómo funciona y evoluciona el mercado de aceite de oliva y aceitunas en nuestro país, ya que de esta industria, la olivícola, es de donde se obtendrá toda

la materia prima utilizada en la transformación de energía. Es importante conocer hacia dónde va esta industria dado que la planta se nutrirá de sus residuos durante todo lo largo del proyecto. Entonces se debe saber si se va a contar con materia prima durante toda la vida útil de la planta o si se está proyectando realizar una inversión que depende de una industria en extinción. Por otra parte, la planta va a estar ubicada en alguna zona donde se tenga rápido acceso a la materia prima, y esta materia prima se halla en regiones rurales. Con lo cual de verse desabastecida de materia prima, la planta quedaría completamente inútil sin mucha posibilidad de utilizarse para otro fin. Por otra parte, el cultivo del olivo, como ya se ha mencionado, es una planta que da frutos durante muchos años. Con lo cual el productor una vez que se decide a plantar olivos, queda muy comprometido con la industria, ya que primero debe esperar más de 3 años para obtener los primeros frutos y no tiene la facilidad para cambiar de cultivo si es que de repente hay otro que esté teniendo buenos resultados económicos, como puede ser lo sucedido con la soja durante los últimos años. El hecho de que los árboles de olivo vivan tantos años también es bueno para el proyecto desde el punto de vista de la obtención de materia prima, dado que hay muchos olivares en el país que rondan recién los 10 años y otros de menor edad aún.

5. OBTENCIÓN DE LA BIOMASA

En el siguiente capítulo se describe el modo de obtención de la materia prima utilizada en el proyecto, es decir, la biomasa. Se describe cuales son los procesos productivos que generan los residuos que el proyecto toma como materia prima para generar energía eléctrica.

5.1. Producción oleícola

La biomasa a utilizar para el proyecto está vinculada con el cultivo del olivo tanto para la elaboración de aceite de oliva, como para la producción de aceitunas de mesa. Para un máximo rendimiento del olivar, se requiere de cuatro prácticas importantes: abonado, labores, tratamiento fitosanitario y poda. Siendo este último proceso de vital importancia para el desarrollo del proyecto se pasará a describirlo.

5.1.2. Poda

Se define a la poda como la serie de operaciones realizadas sobre los árboles, por las que se modifica la forma natural de su vegetación, vigorizando o restringiendo el desarrollo de las ramas con el fin de darles forma y conseguir la máxima productividad, e incluso restaurar o renovar parte o la totalidad del árbol. Por lo tanto, las funciones de la poda son las siguientes:

- Equilibrar el crecimiento y la fructificación.
- Acortar al máximo el período improductivo.
- Alargar el período productivo.
- No producir un envejecimiento prematuro del olivo.
- Máximo aprovechamiento de la luz y el aire.
- Renovar o sustituir las ramas que muestren signos de decadencia o vejez.
- Regenerar árboles decrepitos e improductivos.

Los productores olivícolas consultados (Olivares Andinos y Grupo Indalo) señalaron que en nuestro país el olivo tiende a crecer más de lo que habitualmente crece en otros países, con lo cual el residuo obtenido a partir de la poda está siendo un inconveniente para ellos debido al gran volumen que ocupa.

5.2. Proceso de elaboración del aceite de oliva

5.2.1. Recolección

El proceso de elaboración del aceite de oliva comienza con la recolección del fruto, o sea de la aceituna, de los olivos. La época adecuada de la recogida debe ser cuando la aceituna tenga su madurez óptima, considerando como tal el tiempo en el que el fruto tenga la máxima cantidad de aceite de las mejores características (estado en el que existen pocos frutos verdes en el árbol y los más atrasados están en madurez). En Argentina, la recolección comienza a

finales de febrero o principios de marzo y finaliza en mayo. El método más tradicional y comúnmente empleado para llevar a cabo esta tarea, es el ordeño. El cual consiste en la recolección a mano de los frutos o, en todo caso, usando un rastrillo adecuado. Las aceitunas se van depositando en un recipiente que lleva colgado la persona que las recoge, que una vez lleno lo vacía en un depósito para su transporte hasta la planta. Para alcanzar las ramas más altas, se emplean escaleras o plataformas. Este método presenta una ventaja muy importante que hace a la calidad del producto final y es que los frutos no se dañan, no se ensucian ni se magullan. Como contrapartida tiene la desventaja de ser un proceso bastante lento.

Otros métodos de recolección son el sacudido y el vareo. Son métodos similares entre ellos, el primero consiste en sacudir las ramas del olivo para hacer caer las aceitunas, mientras que el segundo consiste en golpear directamente la copa del árbol para lograr que caigan las aceitunas. Ambos tienen la desventaja de que pueden producir daño al fruto y de esta manera afectar negativamente la calidad del aceite final. La aceituna debe estar en la almazara antes de cumplidas las 24 horas de su recolección ya que de lo contrario empieza a perder algunas de sus propiedades más importantes porque al ser un fruto con agua vegetal que fermenta y aceite que se oxida, el tiempo de almacenamiento deteriora notablemente la calidad del producto final.

5.2.2. Recepción

Es importante cuidar la aceituna al momento de la recepción. Si la aceituna se maneja en grandes pilas se producen varios fenómenos desfavorables. El más importante es la fermentación producto de la acumulación de humedad y del aumento de la temperatura, en especial en el centro de la pila. Estas fermentaciones traen como consecuencia uno de los defectos más frecuentes en el aceite: el atroje, que es la acumulación de acidez. Si a esto se suma que la aceituna puede sufrir compresiones y aplastamientos que liberan jugos y favorecen el desarrollo de bacterias y hongos, el aceite produce sabores desagradables que obligan a su refinamiento.

Al momento de la recepción también, se debe observar el estado sanitario de las frutas, en especial la ausencia de moho, hongos e insectos. También se evalúa la calidad industrial: presencia de aceituna rota, aplastada, fermentada, levantada del suelo, grado de madurez, etc.

La aceituna recibida debe permanecer en un lugar fresco y a la sombra. En ningún caso se la debe mojar para reducir su temperatura. Para evitar cualquier reacción de deterioro, debe molerse antes de las 24 horas.

5.2.3. Separación de hojas, lavado y pesado

En la almazara la aceituna primeramente se limpia y se lava removiéndole dos tipos de impurezas:

- Hojas y ramas, que son separadas mediante la impulsión de corrientes de aire.

- Tierras, piedras y extraños, que proceden fundamentalmente de frutos recogidos directamente del suelo y que son eliminadas mediante el empleo de lavadoras que inyectan una corriente de agua que las arrastra.

Luego se realiza el pesaje.

5.2.4. Molienda

Luego de esta operación, la aceituna entra en el molino donde se realiza la molienda con trituradores de martillo o muelas de piedra que rompen los tejidos vegetales y liberan el aceite, formando una pasta homogénea.

5.2.5. Amasado

El amasado tiene por objeto formar la fase oleosa continua que permita optimizar el grado de extracción del aceite. Esto se realiza mediante el empleo de batidoras verticales u horizontales, en función del eje de las palas, y requiere de un aporte energético externo que mantenga la masa a una temperatura del orden de los 25-28 °C para disminuir la viscosidad del aceite, lo que se consigue mediante agua caliente que circula por una camisa que rodea el cuerpo de la batidora. En algunas almazaras se añaden coadyuvantes tecnológicos para mejorar el estado de la pasta en el batido, fundamentalmente microtalco natural, que no altera ni las características organolépticas ni físico-químicas de los aceites. Para ello se emplean dosificadores automatizados que inyectan el talco al comienzo del batido.

5.2.6. Extracción

Una vez amasada la pasta de aceituna, se debe separar el aceite del resto de los componentes. Los métodos de extracción del aceite se pueden dividir en dos sistemas: presión y centrifugación.

En el sistema de extracción por presión, la pasta obtenida en el amasado se carga sobre discos filtrantes de fibras naturales o artificiales (llamados capachos o capachetas). Éstos tienen un orificio central por el que se introduce una aguja metálica. Los capachos se apilan en torno a la aguja, y al conjunto se le aplica una fuerza vertical que permita extraer el aceite de los componentes sólidos. La pasta se distribuye en forma de corona o anillo sobre cada uno de los capachos. Debe quedar superficie libre hacia adentro y afuera para asegurar que durante la presión la pasta no se derrame. El tiempo de residencia varía desde los 45 hasta 80 minutos, dependiendo de la presión de trabajo.

En el sistema de extracción por centrifugación, la pasta es sometida a la acción de una fuerza centrífuga que separa los distintos componentes por diferencia de densidades. Para ello se emplea una centrífuga horizontal o decanter. Dentro de este sistema existen dos variantes:

- Sistema de centrifugación de masas en tres fases. Se caracteriza porque se añade agua caliente en el decanter, y éste separa la masa en tres corrientes: aceite, residuos sólidos u orujo y residuos líquidos o alpechín.

- Sistema de centrifugación de masas en dos fases. No se añade agua en el decanter, y éste separa la masa solo en dos fases: aceite y orujo. Como este orujo tiene mayor contenido de humedad, se lo suele llamar alperujo.

El sistema de dos fases tiene la ventaja de demandar menos energía y no generar alpechines. El aceite obtenido presenta un mayor contenido de polifenoles y por ende mayor estabilidad. Por otra parte, el principal problema que supone es que en ciertos casos se pueden producir orujos con alto contenido de aceite.

5.2.7. Separación del aceite

El aceite que sale del decanter contiene todavía impurezas sólidas y algo de agua. El primer sistema que se empleó para esta separación fue la decantación. El aceite permanecía largo tiempo almacenado para que, por su diferencia de densidad, se separe de los otros constituyentes de la mezcla. La principal desventaja de este método es el largo tiempo que demanda, además del prolongado contacto con el aire y los alpechines, que puede afectar la calidad comercial. Como contraparte, al no necesitar agua de lavado, es menor la pérdida de polifenoles y productos aromáticos.

El sistema de decantación es más bien artesanal y por lo tanto es solo aplicable en fábricas de baja capacidad de producción. Es muy difícil que una fábrica moderna lo emplee. En la actualidad, la totalidad de las fábricas de aceite de oliva de tamaño medio a grandes utilizan centrífugas verticales, mucho más veloces y que requieren menos mano de obra.

Estas centrífugas tienen dos bocas de ingreso, para el aceite sucio y el agua de lavado. Las bocas de salida son tres, para los sólidos, el agua y el aceite. No siempre se debe incorporar agua de lavado. En caso de agregar tiene que ser lo suficientemente escasa como para no arrastrar polifenoles y lo suficientemente abundante como para limpiar el aceite. No existe una regla general sobre la cantidad de agua a utilizar; muchos industriales utilizan un litro de agua por cada dos litros de aceite. Se debe realizar periódicamente un análisis del agua de salida de la centrífuga vertical; si la cantidad de aceite supera el 0,1 % en volumen se está agregando agua en forma excesiva.

5.2.8. Almacenamiento

El aceite de oliva es un producto vivo, por lo que hay que tener un cuidado especial a la hora de almacenarlo, ya que si el aceite se almacena en condiciones deficientes experimenta ciertos cambios que lo alteran (como enranciamiento).

El aceite que sale de la etapa de separación se conduce a un tanque intermedio, generalmente de baja capacidad. Sobre él se realizan análisis de acidez, índice de peróxidos y valoración sensorial, para conocer con precisión sus características y así a qué depósito definitivo se lo debe conducir.

La temperatura es uno de los factores que más influye en la conservación del aceite y en el mantenimiento de su calidad. Los depósitos deben ser de acero inoxidable y estar a una

temperatura entre 15 y 18 °C. Se debe tratar que los tanques estén llenos de aceite para evitar que quede oxígeno en su interior. Algunos tanques de depósito vienen provistos de un sistema de inyección de nitrógeno. Este gas inerte se burbujea en el seno del aceite de forma tal que arrastre al oxígeno disuelto y se reduzcan las posibilidades de oxidarse. Cada 30 días se sacan las partículas sólidas que precipitan en el tanque.

Es importante destacar que dado que la cosecha de la aceituna se realiza en tres meses entre mayo y julio, lo mismo ocurrirá con la producción de aceite de oliva. Esto es debido a la necesidad de procesar la aceituna dentro de las 24 horas luego de su cosecha. Por este motivo se hace tan importante la operación de almacenaje, ya que la producción de 3 meses debe ser distribuida durante todo el año. Con lo cual, las plantas suelen trabajar en 3 turnos a la máxima capacidad instalada durante estos 3 meses. En algunos casos se instala más de una línea de producción para poder llegar a cumplir con la demanda.

5.2.9. Residuos del proceso

Como ya se ha dicho anteriormente, los residuos del proceso de elaboración de aceite de oliva son dos: uno sólido, el orujo, y el otro líquido, el alpechín o agua de vegetación. En el caso de los sistemas de centrifugación en 2 fases hay uno solo que es el alperujo.

El alpechín presenta el problema de ser líquido pero contener una alta proporción de material sólido en suspensión, por lo cual los sistemas tradicionales de manejo cloacal no resultan eficientes. La forma más común y económica de manejarlos es a través de piletas de decantación y evaporación. El funcionamiento es por evaporación del agua y no por pérdida de la misma por percolación en el suelo (movimiento normal del agua en el suelo por efecto de su peso, desde la superficie a la napa). Las piletas tienen que ser diseñadas de acuerdo a la capacidad de producción de residuos líquidos que tenga la planta. Generalmente son grandes bateas, parcialmente sobre elevadas, con un recubrimiento impermeable, generalmente un film plástico, que evita la pérdida de agua por percolación. Las piletas deben estar siempre lejos de la fábrica: cuando los alpechines comienzan a descomponerse liberan olores que pueden contaminar el aceite. Además, dan feo aspecto.

Por otra parte, el orujo que está compuesto básicamente por el carozo, la piel y la pulpa de la aceituna, tiene destinos diversos. En este punto, el mismo contiene todavía un porcentaje importante de agua y aceite. El destino del orujo más importante hoy en día a nivel mundial es la extracción de aceite de orujo de oliva, que consiste en el arrastre del aceite residual a través del uso de solventes. Este aceite se comercializa, pero no tiene las propiedades del aceite de oliva debido a que para su obtención se incurre en un proceso químico. En la Argentina no está prácticamente desarrollada esta técnica y por lo tanto representa un porcentaje muy bajo en la industria olivarera. Otros destinos son la elaboración de fertilizantes orgánicos. En algunos casos cuando se perdieron las sustancias fácilmente descomponibles, los residuos, generalmente carozos molidos, son utilizados para consolidar caminos internos de las fábricas o fincas. Sin embargo, lo que se realiza comúnmente en la Argentina, es depositar el residuo en una zona donde se deja secar y una vez seco se quema a la intemperie. Esta práctica, es contaminante debido a que el orujo es un residuo sólido con

humedad suficiente como para descomponerse en un tiempo dado y por otra parte la zona dónde se almacena hasta su quema, es una zona donde se producen malos olores y es propicia para la proliferación de moscas. Por otra parte ocupa un espacio de tierra no menor que queda inutilizado para otras actividades.

Otro residuo del proceso no vinculado exclusivamente a la elaboración de aceite de oliva sino a la explotación del cultivo de oliva, ya sea para extracción de aceite o para elaboración de aceitunas de mesa, son las ramas y hojas provenientes de la poda. Este residuo es un problema para los productores debido a que es especialmente voluminoso y si no es bien tratado, puede interferir en el normal desarrollo de la planta y afectar de este modo su productividad. Se debe retirar de la zona de cultivo y depositar en algún sector dónde no incomode a la producción. En Argentina, según fuentes productoras, hay datos que confirman que el olivo crece excepcionalmente grande, produce hasta 5 veces más vegetación que en Europa. Por lo tanto, con la poda se obtiene mucha cantidad de ramas. Esta madera generalmente es chipeada para reducir su tamaño y luego almacenada en zonas especiales, con el problema de la ocupación de volumen que conlleva. Por el contrario si es dejada en los pasillos entre hileras, puede interferir con el normal desarrollo del olivo ya que no llega a descomponerse como para poder incorporarse al suelo debido a que los suelos son muy secos y el riego por goteo hace que se mojen sólo los árboles. Los chips quedan por años en el suelo sin pudrirse.

5.3. Obtención de la biomasa

La biomasa a utilizar en este proyecto son residuos que en este momento no están siendo utilizados de ninguna manera en nuestro país. En primer lugar, el orujo de oliva, el cual es depositado en una zona donde se deja secar y luego se quema. En segundo lugar, las ramas resultado de la poda, las cuales no cumplen ninguna función más que dificultar el normal desarrollo de la producción y con las cuales no se genera nada.

En este sentido, el proyecto es provechoso también para el productor de aceite de oliva y aceitunas de mesa. El proyecto contribuye a la disposición final de los residuos generados en su actividad y soluciona el problema del almacenamiento de las ramas de la poda.

Por lo tanto, el proyecto obtiene la biomasa de los productores oleícolas retirándola directamente de los campos y plantas productivas.

5.4. Ubicación de la biomasa a utilizar en el proyecto

La biomasa utilizada en el proyecto se encuentra ubicada en la provincia de Catamarca, en la cual existen en la actualidad 30.000 hectáreas plantadas con olivos. Es la provincia con mayor área plantada y es por este motivo que se elige esta provincia, para poder estar cerca de la materia prima y de este modo ahorrar dinero en fletes y que la contaminación generada por los camiones que transportan la materia prima sea mínima. Como la finalidad principal de este proyecto es generar energía eléctrica a partir de energías limpias, sería una contradicción

utilizar fletes que hagan largas horas de viaje y contaminen con las emisiones realizadas por sus motores.

Existen 3 grandes regiones de cultivo en Catamarca:

- Valle Central: valle ubicado entre los cordones del Ambato y del Ancasti.
- Bolsón de Pipanaco: región determinada entre el salar homónimo y el cordón del Ambato.
- Zona de altura: correspondiente a los distintos valles productivos del departamento de Tinogasta.

La distribución de la producción olivícola en la provincia no es equitativa, siendo el Valle Central la región más desarrollada en este sentido con aproximadamente el 57% de las plantaciones, luego el Bolsón del Pipanaco con el 37% aproximadamente de las plantaciones y por último la zona de altura con un 8% aproximadamente.

Si bien las 3 regiones son aptas para el cultivo del olivo, su aptitud agroecológica es diferente. En tal sentido, se observan diferencias importantes en tres factores:

- Heladas tardías: este tipo de accidente climático afecta la producción cuando se producen en el momento de floración o en la primera etapa del cuaje de los frutos.
- Precipitaciones otoñales: la presentación de lluvias en los meses de cosecha afecta la aptitud industrial de la aceituna. Cuando la aceituna tiene "muchísima agua" se marca, disminuye su calidad visual para la elaboración de aceituna de mesa, y tiende a formar emulsiones, dificulta la separación de fases y baja los rendimientos industriales en la extracción de aceite.
- Amplitud térmica: cuando el diferencial térmico diario y/o estacional no es marcado se altera la síntesis de ácidos grasos, tanto en cantidad como en calidad.

Al analizar el comportamiento de las regiones respecto de los parámetros mencionados se encuentran diferencias: el Valle Central presenta el problema de la mayor concentración de precipitaciones otoñales y el escaso diferencial térmico, y Tinogasta la presentación de heladas tardías. En tal sentido, la mejor región de Catamarca para el cultivo del olivo sería el Bolsón de Pipanaco: las precipitaciones en otoño no superan los 70 mm, posee diferencial térmico y no es frecuente la presentación de heladas tardías.

Por lo tanto resulta extraño que no sea el Bolsón de Pipanaco la región más desarrollada, esto tiene explicación al analizar la ubicación de los valles respecto de la red vial nacional, y es este, posiblemente, el factor más importante para el desarrollo del Valle Central: todas las plantaciones se encuentran sobre las rutas que unen la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca con Córdoba o con La Rioja. Al analizar esta variable, tanto las regiones de Tinogasta y Pipanaco presentan una situación de relativo aislamiento respecto al Valle Central. En ambos casos la producción primaria debe estar asociada a la producción industrial debido a que la distancia no permitiría la venta de materias primas de buena calidad industrial.

Dado que en un principio, no existían en Catamarca suficientes plantas industrializadoras, los productores olivícolas debieron asentarse cerca de las rutas que van hacia los compradores de materia prima, los cuales se encontraban en Córdoba y La Rioja principalmente. La distancia hacia esas ciudades es escasa siendo de 150 km y 440 km respectivamente desde la capital Provincial. Más allá del aumento en el costo del flete si se envía desde una zona más alejada de la capital, existe la limitación de que no pueden pasar más de 24 horas entre la cosecha y la entrada de la aceituna al molino, lo cual hace físicamente imposible localizarse lejos de las fábricas porque se echaría a perder la producción. Es por este motivo que los productores decidieron ubicarse en un principio en el Valle Central. Hoy en día, funcionan 19 plantas productoras de aceite de oliva en la provincia. Su ubicación se corresponde con la distribución de las plantaciones.

Otro factor importante tiene que ver con la distribución geográfica de la población, Catamarca es una provincia que contaba con 380.612 habitantes en 2007 (INDEC, 2007) en una superficie de 102.602 km², lo que significa una densidad de 3,7 habitantes por km². Es una de las provincias menos pobladas de la Argentina y su población está nucleada en la región del Valle Central en el denominado Gran San Fernando del Valle de Catamarca donde se concentra más del 50% de la población total de la provincia. Hay que tener en cuenta asimismo, que alrededor del 25% de la población es rural (INDEC, 2001) y que las poblaciones con más de 10.000 habitantes eran tan sólo 6 para el 2001. Analizando esta información resulta bastante lógico que los desarrollos productivos se realicen cerca de la ciudad principal donde se consigue fácilmente mano de obra y demás recursos fundamentales para este tipo de proyectos.

5.5. Características de la biomasa a utilizar

La biomasa que se obtiene es, por un lado el orujo que resulta de la elaboración de aceite de oliva y por otro lado, la madera obtenida durante la poda.

El orujo, posee un poder calorífico inferior (PCI) de 3.800kcal/kg con un 15% de humedad. El poder calorífico es la energía liberada por la combustión total a presión constante de 1 kg de combustible tras llevar los productos de la combustión a 25 °C. En la combustión se forma vapor de agua a partir de hidrógeno que contiene el combustible. Si el estado final del agua generada en la combustión es en fase de vapor (lo más frecuente en las instalaciones de combustión), se denomina *poder calorífico inferior* (PCI). Si por el contrario el estado final del agua producida es líquido (calderas de condensación), se habla de *poder calorífico superior* (PCS). El orujo representa entre un 23 y 35% de la aceituna dependiendo de varios factores como pueden ser el riego, la especie, el clima, etc. A efectos de simplificar los cálculos, se utiliza el promedio, 29%. El mismo a su vez cuenta con la ventaja de que no necesita un pre tratamiento de adecuación para su combustión, aunque se lo puede dejar secar para aumentar su rendimiento. Por otra parte, productores locales estiman que se consiguen entre 6 y 20 toneladas de aceitunas por hectárea dependiendo de la antigüedad del cultivo y de las técnicas utilizadas en la plantación. Nuevamente a efectos de los cálculos, se tomará el promedio como dato para realizar los cálculos que correspondan.

Durante la poda, el productor obtiene una gran cantidad de madera que no tiene intenciones de utilizar en ningún sentido y que por otra parte ocupan lugar y si no son retiradas de la zona de olivares pueden causar inconvenientes en la productividad de las plantas. Para reducir el volumen de este residuo, lo que se hace es chipear la madera. Sin embargo, no todos los productores cuentan con una chipeadora. Por lo tanto, se va a analizar la posibilidad de adquirir una para realizar este proceso y así disminuir el tamaño del flete, el cual va a cargo del proyecto. Se estima que la cantidad de residuo obtenido durante la poda oscila entre 10 y 15 kg por planta por año, dependiendo de la edad de las plantas. Por este motivo a efecto de los cálculos se va a tomar una media de 12,5 kg por planta por año. Por otra parte, la cantidad de plantas por hectárea puede variar entre 200 y 800 plantas por hectárea, dependiendo de si es un cultivo tradicional o moderno. Por lo tanto para realizar los cálculos se tomará la media de 500 plantas por hectárea. La madera del olivo se encuentra disponible para su utilización inmediatamente después de cortada en la poda y posee un poder calorífico similar al del orujo. Por lo tanto, a efectos de simplificar cálculos se tomará también un poder calorífico de 3.800 kcal/kg.

Generalmente, el poder calorífico de los combustibles celulósicos ronda entre los 2.500 y los 4.000 kcal/kg, por lo tanto, si se compara el poder calorífico de la biomasa a emplear en el proyecto con el poder calorífico de ciertos combustibles fósiles, se observa claramente por qué éstos últimos son los más utilizados en las centrales eléctricas.

Combustible	Poder calorífico (kcal/kg)
Gas natural	11.300
Gas Oil	10.200
Fuel Oil	9.950
Carbón	5.800
Orujo	3.800

Tabla 5.5.1. Poder calorífico de diversos combustibles.

Como se puede observar en la tabla, el poder calorífico de los combustibles fósiles es significativamente superior al poder calorífico del orujo, y dentro de los combustibles fósiles, los hidrocarburos son los que poseen el poder calorífico más alto. Por ejemplo, el poder calorífico del gas natural, el combustible más utilizado en la actualidad en la Argentina para la generación de energía eléctrica casi triplica al del orujo. Por lo tanto, en el caso de los combustibles fósiles, con menos masa de combustible se consigue más energía y es por ello que son los más usados en la generación de energía ya que esto incide directamente en los costos y en la eficiencia de las instalaciones.

Utilización de biomasa para la generación de energía eléctrica

Es importante conocer las características de las materias con las que se cuenta, ya que dependiendo de las mismas se podrá calcular cual es la cantidad de biomasa necesaria para poder generar la energía y lograr que la planta tenga un correcto funcionamiento. En base al poder calorífico se puede saber qué cantidad de biomasa será necesario quemar para obtener el calor requerido por el ciclo de vapor de la planta.

6. DIMENSIONAMIENTO Y UBICACIÓN DE LA PLANTA

En el siguiente capítulo se presenta el dimensionamiento de la planta teniendo en cuenta la cantidad de biomasa disponible en la zona y su rendimiento en este tipo de instalaciones. También se presenta un detalle de los posibles proveedores y la cantidad de biomasa a aportar de parte de cada uno de ellos. En función de la ubicación de los proveedores y de las líneas de distribución de electricidad del Sistema Interconectado Nacional (SIN) es que se elige la ubicación de la planta para poder realizar el abastecimiento de la materia prima y la distribución del producto final de la forma más eficiente posible. Se presenta también un detalle de la forma de abastecimiento y se desarrolla la posibilidad de construir una línea de ferrocarril entre la planta y sus proveedores para realizar el mismo. Finalmente se describen los aspectos favorables para la sociedad que presenta el proyecto.

6.1. Dimensionamiento de la planta

La cantidad de biomasa que se precisa por mes depende de los MW/h que se van a producir durante el año. A partir de cálculos realizados (que se desarrollarán más adelante) se arribó a la conclusión de que aproximadamente 10.000 toneladas de biomasa en un año producen 1 MW de potencia durante todo el año. Por otra parte, una planta que genere 3,6 MW de potencia puede abastecer aproximadamente a una población de 10.000 habitantes. En este proyecto, se utilizarán 60.075 toneladas de biomasa en el año, de las cuales un 38% aproximadamente se obtendrá del orujo y el otro 62% aproximadamente proveniente de la poda. Esta cantidad de biomasa proviene de 6.400 hectáreas de olivares plantados en la provincia de Catamarca, lo que representa un 21,3% del total de la biomasa disponible en la provincia teniendo en cuenta que el total es de 30.000 hectáreas de olivos. De esta forma también se garantiza que quede biomasa disponible para poder realizar otros emprendimientos para transformar la energía proveniente de ella. A partir de esta cantidad de biomasa se espera instalar una central con capacidad para producir 6 MW de potencia y que entregará 51.840 MW/h al año descontando 5 días de parada de planta anual para mantenimiento. Con esta potencia se consigue brindar energía eléctrica, un recurso crítico para el normal desarrollo de un país, a aproximadamente 20.000 habitantes. Cifra que representa un 5% de la población total de la provincia de Catamarca y que representa una población mayor que la que presentaba cualquier ciudad catamarqueña en 2001 exceptuando obviamente a la capital provincial.

6.2. Proveedores: descripción y localización

Para el proyecto se realizarán acuerdos con algunos productores de la provincia para poder obtener la biomasa. En este punto se intentará localizar productores que estén a distancias relativamente cortas entre ellos y que integren también todo el proceso industrial de elaboración de aceite de oliva. Para de este modo llevar al mínimo la cantidad de proveedores ya que se podría obtener de ellos los dos tipos de biomasa requeridos por el proyecto, tanto los residuos de la poda como el residuo extraído en la elaboración de aceite de oliva. Por el contrario, si el productor sólo estuviese involucrado en una de las dos etapas, se podría obtener sólo uno de los dos tipos de biomasa involucradas en el proyecto. Con lo cual se

tendría que tratar con más proveedores. Es más fácil mantener relaciones estrechas con pocos proveedores que con muchos. Además se les retira todo el residuo y el beneficio para ellos también es mayor.

6.2.1. Descripción de los proveedores

Entre los productores que proveerán la biomasa para el desarrollo del proyecto se encuentran:

- Olivares Andinos

Situado en la región del Valle Central en Valle Viejo, cuenta con 3.000 hectáreas de olivos destinadas en su mayoría a la producción de aceite de oliva. Su planta elaboradora consta de 2 líneas con capacidad para procesar 200 toneladas de aceituna por día cada una, lo que significa un nivel de producción importante.

- Grupo Indalo

Dedicado a la elaboración de aceite de oliva, posee 2.500 hectáreas de olivos ubicados en la región del Valle de Pomán. La planta localizada en la misma zona, para poder cumplir con la exigencia de la aceituna de ingresar al molino antes de las 24 horas desde su cosecha, posee una capacidad de 340 toneladas de aceituna por día. Es un grupo que realizó fuertes inversiones para poder realizar el proyecto y cuenta con tecnología de avanzada para el desarrollo de sus olivares y la elaboración del aceite. Utilizó para las plantaciones madres seleccionadas con la mejor genética y realizó la clonación de los esquejes en viveros propios. Tiene plantados distintas variedades de aceitunas.

- Aceites de la frontera

Empresa productora de aceite de oliva de alta calidad que cuenta con 700 hectáreas de olivos en la zona de San Fernando del Valle, en Capayán creada en 1997. Forma parte del grupo La Frontera productor de nueces, arándanos, orégano y cría de ganado. En este lugar posee también su planta industrial con una capacidad para procesar aceitunas de 100 toneladas por día. Posee tecnología de avanzada para el cultivo de los olivos y realiza prácticas agronómicas conservadoras: cobertura verde entre hileras, labranza cero y mínimo uso de herbicidas y pesticidas. Cuenta también con diversas variedades de aceituna.

- Olivares de Pomán

Está ubicado en el Bolsón de Pipanaco en el Valle de Pomán donde posee unas 700 hectáreas de olivos, 100 de las cuales son destinadas a la producción de aceitunas de mesa y otras 600 son destinadas a la producción de aceite de oliva. Cuenta con una planta con 3 líneas con capacidad para procesar 70 toneladas de aceitunas diarias cada una. El proyecto se inició en 1997 y cuenta con la más avanzada tecnología para el tratamiento de los olivares y para la producción industrial. Tiene una capacidad de almacenamiento de 1.100 toneladas de aceite de oliva.

A continuación se detalla, el aporte de biomasa que realiza cada productor:

Productor	Orujo (ton/año)	Madera (ton/año)
Olivares Andinos	9.425	15.625
Grupo Indalo	8.874	12.500
Aceites de la Frontera	2.639	4.375
Olivares de Pomán	2.262	4.375
Total	23.200	36.875

Tabla 6.2.1.1. Aporte de biomasa por productor.

A partir de la tabla anterior se observa en qué cantidades aporta cada productor. Los cálculos efectuados para obtener la biomasa que puede proveer cada productor fueron realizados teniendo en cuenta las consideraciones descritas anteriormente en base a datos de los productores tales como la cantidad de hectáreas, cantidad de plantas de olivo, capacidad de las líneas, etc. Con lo cual estos datos pueden variar pero no de forma significativa. Se observa también en la tabla cómo el aporte de toneladas de biomasa proveniente de la poda, es mayor a la cantidad de biomasa aportada por el orujo. A su vez se puede observar que el aporte de biomasa realizado por cada empresa productora es directamente proporcional a la cantidad de hectáreas sembradas que posee, esto es debido a que a estos proveedores se les retirará el 100% de los residuos generados.

6.2.2. Localización de los diferentes productores

En el capítulo anterior se dio una breve descripción de la localización de los productores olivareros que abastecerán al proyecto. A continuación se dará una descripción detallada de la ubicación de cada uno de los proveedores para poder de este modo decidir el mejor lugar para emplazar la central. Esto es dependiendo de la cantidad de materia prima a obtener de cada proveedor y de la distancia hasta el mismo. Lo que se debería hacer en estos casos, es ubicar la planta en el baricentro de la distribución que representan los proveedores. En este proyecto en particular eso sería imposible debido a que la red vial no es lo suficientemente abarcativa como para elegir cualquier lugar del mapa. El problema reside en que al ser una zona de montañas, las rutas y caminos están supeditadas a los caprichos geográficos. Esto corresponde también a que hay dos proveedores ubicados en la zona del Bolsón de Pipanaco y dos proveedores ubicados en el Valle Central, y entre estos dos Valles se levanta el cordón de Ambato que alcanza una altura de 4.300 m en el cerro Manchao. El cordón cae abruptamente hacia el oeste y lo hace de manera más suave hacia el este. Va decreciendo en altura hacia el sur hasta desaparecer en el límite con La Rioja y es por ahí, por la ruta 60 por donde se puede cruzar de un valle a otro. La distancia en línea recta desde un polo proveedor al otro es de aproximadamente 50 km. De todas formas, los proveedores fueron elegidos de modo que estén todos relativamente cerca entre ellos, de modo que la distancia más grande

que hay entre productores es de aproximadamente 170 km. Por lo tanto no se tomará el baricentro geográfico, sino el baricentro de la ruta. Como los proveedores están separados de a dos y sólo existe un camino para llegar del primero al último, para los cálculos sobre dónde ubicar la central se tomará una línea recta que vendría a ser la ruta única para llegar de un lado al otro con los 4 puntos que serían los proveedores. Según la cantidad de materia prima a obtener de cada punto, se ubicará la planta en el baricentro de la ruta para poder optimizar el uso de los fletes.

A continuación se observa el mapa de la provincia de Catamarca con la ubicación de los proveedores:

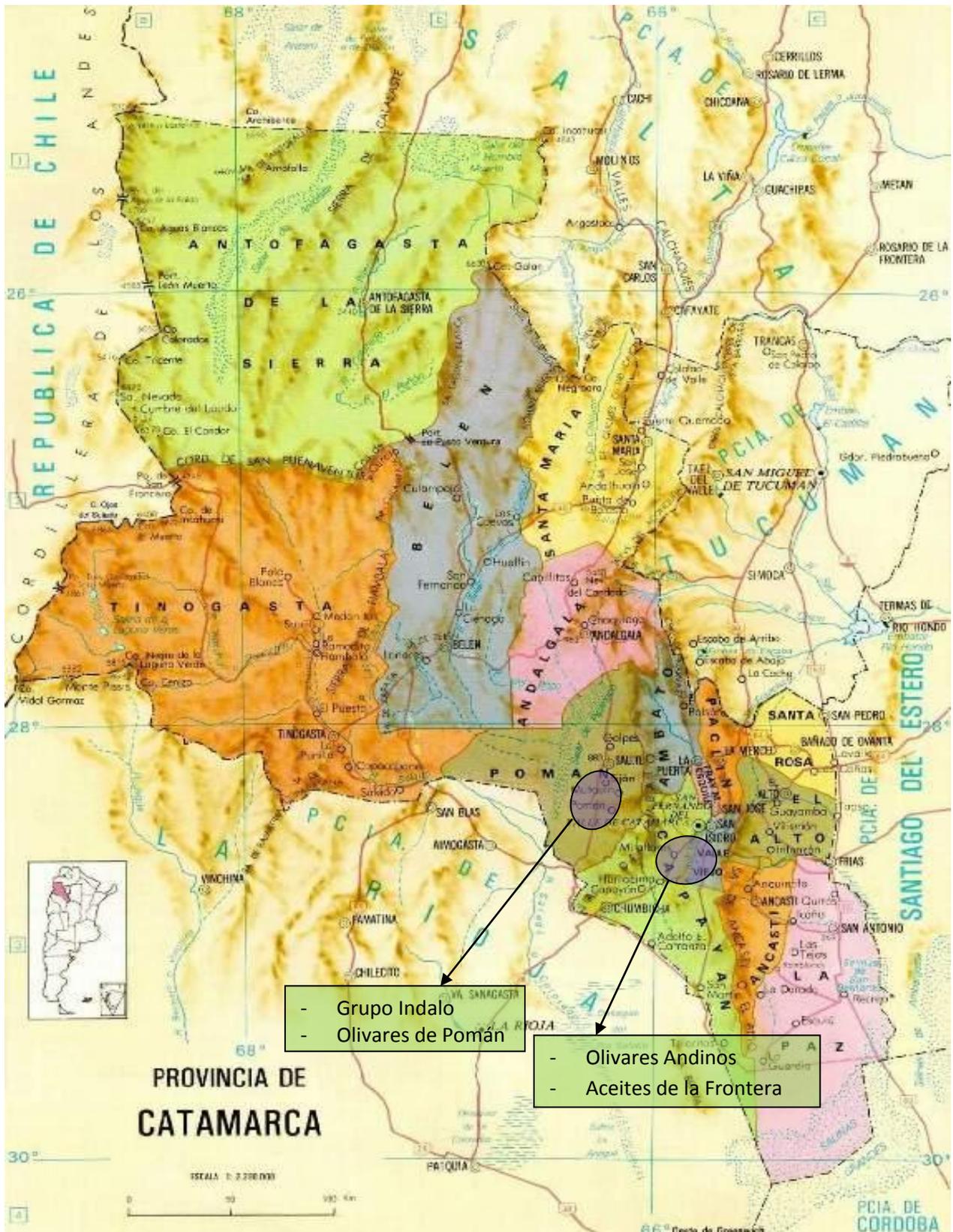


Figura 6.2.2.1. Mapa de localización de los proveedores.

Poniendo la lupa sobre la zona afectada por el proyecto:

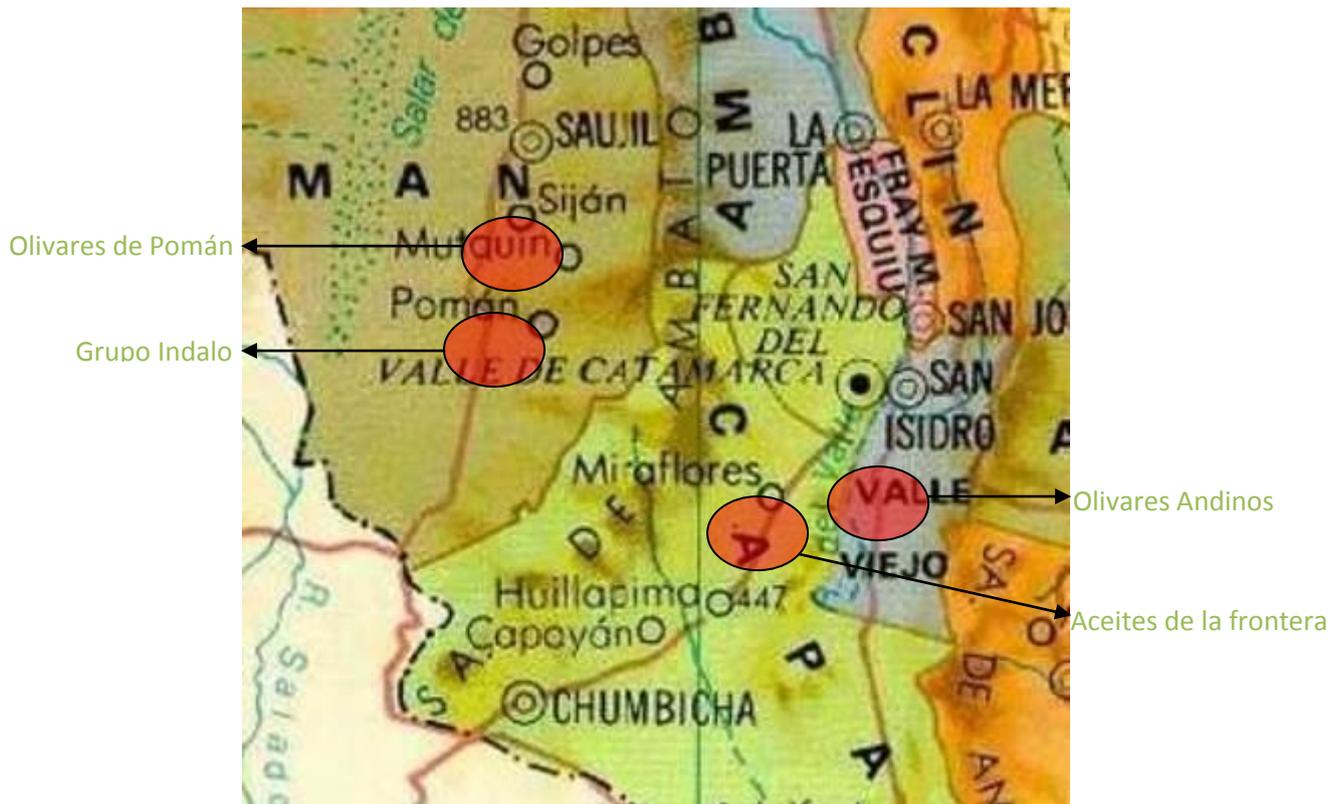


Figura 6.2.2.2. Mapa de localización de los proveedores.

Se puede observar en las figuras anteriores como la ruta nacional 38 que atraviesa la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca, bordea el Cordón de Ambato, se une con la ruta nacional 60 en la provincia de La Rioja y empalma con la ruta provincial 46 que va hacia el norte y atraviesa Pomán y Mutquin. Con lo cual se observa claramente que sólo existe una ruta para ir desde el primer proveedor al último. Si se empieza el recorrido en Olivares Andinos, hay 10 km hasta San Isidro, lindera a San Fernando del Valle, por la ruta provincial número 33. De San Fernando hasta la planta de Aceites de la Frontera hay 25 km por la ruta nacional 38. Luego se sigue por la misma y se realiza el recorrido descrito anteriormente para tomar la ruta provincial 46 que llega a Pomán dónde se ubican las instalaciones del Grupo Indalo luego de andar 131 km desde Aceites de la Frontera. Finalmente realizando 10 km más por la misma ruta hacia el norte se arriba a Mutquin donde se encuentra Olivares de Pomán.

6.3. Ubicación de la planta

A partir de todo lo dicho anteriormente se realizaron los cálculos para encontrar el baricentro sobre la línea que contiene a cada proveedor y se encontró que el mismo está a aproximadamente 78 km del punto de referencia Olivares Andinos. El cálculo realizado fue el siguiente:

$$x = \frac{\alpha_1 \times d_1 + \alpha_2 \times d_2 + \alpha_3 \times d_3 + \alpha_4 \times d_4}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}$$

Siendo α_i la cantidad de materia prima a proveer el proveedor i y d_i la distancia de ese proveedor al origen ubicado en Olivares Andinos. Por lo tanto el primer término de la ecuación anterior es igual a 0.

A la distancia calculada, nos encontraríamos prácticamente en la frontera entre las provincias de Catamarca y La Rioja. La población más cercana a este punto es la ciudad Catamarqueña de Chumbicha con lo cual es allí dónde se va a ubicar la planta generadora de energía eléctrica. La central quedaría entonces ubicada a unos a 38 km de Aceites de la Frontera, 73 km de Olivares Andinos, 93 km del Grupo Indalo y 103 km de Olivares de Pomán aproximadamente. Estas son distancias relativamente cortas y con las cuales se tendría como máximo un poco más de una hora de viaje en una ruta llana, sin embargo aquí el tiempo de viaje es mayor que en un llano debido a que son caminos de montaña dónde no se puede transitar a la velocidad normal sino que se debe transitar más lentamente.

Chumbicha se encuentra próxima a la frontera con La Rioja, es la cabecera departamental del departamento de Capayán y la ciudad más poblada del departamento que contaba con 4.029 habitantes según el censo del 2001, un 23.4% más que en el censo de 1991 lo que indica un crecimiento importante. Fue fundada en 1885 cuando se trazó el ramal del Ferrocarril Noroeste Argentino paralelo a la actual ruta nacional 38.

Para evaluar la forma de venta y distribución de la energía generada por el proyecto se contactó al director provincial de infraestructura energética, el ingeniero Eduardo Tomassi. Las conclusiones de su aporte se detallan a continuación. Sobre la ruta nacional 38 existe una línea de tensión de 33 kV perteneciente al Sistema Interconectado Nacional, a través de la cual llega la energía eléctrica a la zona. La distribución de la energía eléctrica en este caso, como en todo el país se hace por intermedio de CAMMESA (Compañía administradora del mercado mayorista eléctrico sociedad anónima), empresa privada con un propósito público. La misma se encarga de la venta y distribución de la energía. Por lo tanto, la energía eléctrica obtenida en el proyecto se acoplará a la línea de CAMMESA y se le venderá a esta empresa al valor del mercado, luego ellos se encargarán de la distribución de la misma. La electricidad a la salida del generador posee una tensión de aproximadamente unos 15 kV con lo cual se debe colocar un transformador a la salida del mismo para llevarla a los 33 kV requeridos. Para evitar costos elevados en infraestructura para el transporte de la energía, la planta se situará en un terreno sobre la ruta 38 lo que facilitará la conexión de la energía a la red.

6.4. Abastecimiento de la materia prima

Cuando se analiza la forma más conveniente de realizar el transporte de la materia prima hacia la planta se debe mencionar la posibilidad de construir una vía de ferrocarril que una la planta con los 2 polos proveedores. En un proyecto a largo plazo como el que se quiere desarrollar esta alternativa puede ser la mejor, desde el punto de vista económico y desde el Dimensionamiento y ubicación de la planta

punto de vista ambiental. Tal como se hacía en la antigüedad que se construían ferrocarriles para mover grandes volúmenes de mercadería desde el lugar de producción hasta el puerto o los centros de consumo, en este caso se podría construir una vía que una la central con los 2 polos proveedores de materia prima. Al hacer esto se reduciría considerablemente el costo de los fletes, se elevaría la eficiencia de los mismos y se reducirían las emisiones de dióxido de carbono generadas por los camiones.

Para evaluar esta alternativa, se realiza el siguiente análisis. Se deben trasladar 60.075 toneladas de biomasa al año. Cada camión puede transportar aproximadamente 20 toneladas con lo que serían alrededor de 3.000 camiones al año repartidos en los meses de producción de orujo y las podas que serían 6 meses al año. Con lo cual se precisarían 500 camiones por mes, a 20 días hábiles por mes serían 25 camiones diarios. Esto tiene 2 aristas contradictorias, por un lado el empleo generado y el beneficio económico para el sector vinculado al transporte y, por el otro, el costo de abastecimiento en el que incurre el proyecto y la contaminación generada en esta operación. Si tomamos como promedio que los camiones viajan a 80 km/hora y que se tiene en promedio 76 km de viaje hasta la planta, se tienen 2.850 horas de viaje. Como cada camión tiene un motor de aproximadamente 350 HP, se emplearían en el abastecimiento de la planta 997.500 HP/h al año. Si el motor de un camión consume 0,16 kg de gasoil/HP/h se estarían consumiendo 159.600 kg de gasoil al año o bien 185.592 litros de gasoil. Teniendo en cuenta que el factor de emisión de un camión es de 2.683 toneladas de CO₂/1.000 litros, obtenemos una emisión total de 371,84 toneladas de dióxido de carbono a la atmósfera.

Ahora si se analiza la posibilidad de construir un ferrocarril que una a la planta con sus respectivos proveedores entonces se tendría un escenario completamente diferente. Se pueden transportar 500 toneladas de biomasa a partir de una sola locomotora con un motor de alrededor de 2.500 HP. De esta manera se deberían realizar 120 viajes al año repartidos en los meses de producción de materia prima que son 6. Por lo tanto se tendrían 20 viajes por mes que equivalen a 1 viaje por día. Claramente se observa que la eficiencia de este tipo de transporte es ampliamente superior a la del transporte en camiones. Esto tiene una implicancia también desde el punto de vista ambiental ya que una locomotora tiene una autonomía de alrededor de 950 km con un consumo promedio de 4.43 litros de gasoil/ km. Para realizar los viajes anuales requeridos, la locomotora consume entonces 40.400 litros de gasoil, tomando 120 viajes de 76 km en promedio cada uno. Conociendo el factor de emisión de un motor que funciona a gasoil, obtenemos una emisión de dióxido de carbono total asociada al abastecimiento de materia prima de la planta de 108,4 toneladas. Esto representa un 30% de la contaminación generada a partir del uso de camiones para el transporte de la materia prima.

La construcción de un ferrocarril demandaría una fuerte inversión inicial y luego el costo del transporte de materia prima se vería reducido al costo del combustible y de operación. En el caso de utilizar camiones para el transporte de la materia prima, se tendría todos los años un costo fijo de flete relativamente constante. Al ser un proyecto a largo plazo, habría que comparar los flujos de fondos y ver qué opción es más económica. A priori se puede estimar

que el costo del flete superará a la gran inversión realizada en la construcción del ferrocarril con lo cual esta sería la opción más económica, además de poseer las ventajas mencionadas con anterioridad.

De todas formas, no se realizará el análisis económico de la posibilidad de construir el ferrocarril ya que en el escenario político actual de la Argentina sería imposible lograr la aprobación de este proyecto. Esto se debe a que presiones de los sectores vinculados al transporte (sindicato de camioneros, empresas petroleras, empresas de neumáticos y constructoras de caminos) se opondrían enérgicamente a la posibilidad mencionada truncando cualquier intento de llevar adelante esta iniciativa.

Por lo tanto la opción de abastecimiento será a través de camiones como se detalló anteriormente. Si bien existe una cuota de contaminación relativamente importante vinculada a esta alternativa, lo cierto es que lo que se deja de contaminar con la producción de energía a partir de biomasa es mucho más importante. Tomemos por ejemplo el caso de una central térmica que funcione con gas natural que es el combustible fósil menos contaminante de todos. Se sabe que para producir 1MW/h se consumen 0,239 dam³ de gas natural, por lo tanto para producir 6 MW/h como es el caso de la central a construir en el proyecto, se requiere de 1,434 dam³. Siguiendo este razonamiento, en un año de producción de 6 MW/h de energía eléctrica en una central térmica que funcione a partir de gas natural la contaminación generada por emisiones de dióxido de carbono aplicando el factor de emisión presentado al comienzo del presente informe sería de aproximadamente 24.172 toneladas de CO₂ liberadas a la atmósfera. Teniendo en cuenta este dato vemos que las emisiones generadas en el transporte de materia prima realizado por el proyecto no son significativas ya que representan un 1,5% de la contaminación que generaría producir la misma cantidad de energía eléctrica a partir del combustible fósil más inofensivo para el medio ambiente.

6.5. Aspecto social y ambiental del proyecto

La instalación de una central eléctrica que funcione a partir de biomasa es un proyecto que posee dos aspectos muy importantes para nuestro país. Por un lado, su contribución con el desarrollo sustentable y el cuidado del medio ambiente y por el otro, el desarrollo social y económico de la zona donde se emplazará.

Desde el punto de vista ambiental podemos resaltar las siguientes contribuciones realizadas por el mismo:

- Contribuye a reducir un problema existente como lo es el tratamiento del orujo de oliva luego del proceso industrial de extracción de aceite de oliva.
- Disminuye la proliferación de lugares de acumulación de residuos de biomasa no controlada.
- Actúa como un proyecto demostrativo de energía limpia alentando su replicación.
- Disminuye la dependencia de recursos no renovables para la generación de energía.

Utilización de biomasa para la generación de energía eléctrica

-Reduce la emisión de gases de efecto invernadero al reemplazar a la energía generada a través de combustibles fósiles.

Desde el punto de vista social:

-Genera fuentes de trabajo de forma directa con la operación y construcción de la Planta.

-Genera fuentes de trabajo de forma indirecta ayudando a la industria olivícola en su desarrollo.

-Contribuye al desarrollo industrial y comercial de la zona al ofrecer un recurso básico para el desarrollo de estas industrias.

-Colabora en mitigar el problema energético que hoy vive el país y que es otra limitación para el crecimiento y el desarrollo.

-Diversifica las fuentes de generación de electricidad.

7. TECNOLOGÍA ACTUAL: CENTRALES TÉRMICAS, HIDRÁULICAS Y NUCLEARES

En este capítulo se presenta cuales son las tecnologías más desarrolladas al día de hoy para la generación de energía eléctrica. En general, los tres tipos de generación presentados aquí comparten la base de buscar generar un movimiento mecánico que conectado a un generador eléctrico haga rotar el mismo y genere electricidad.

7.1. Central Térmica

El principio de funcionamiento de una central térmica se basa en el intercambio de energía calorífica en energía mecánica y luego en energía eléctrica. Una central térmica es una instalación en donde la energía mecánica que se necesita para mover el rotor del generador y, por lo tanto, obtener la energía eléctrica, se obtiene a partir del vapor formado al hervir el agua en una caldera. El vapor generado tiene una gran presión, y se hace llegar a las turbinas para que en su expansión sea capaz de mover los álabes de las mismas. Una central termoeléctrica clásica se compone de una caldera y de una turbina que mueve el generador eléctrico. La caldera es el elemento fundamental y en ella se produce la combustión del carbón, fuel o gas. También, para aumentar el rendimiento del proceso se incorporan un condensador, que enfría el vapor a la salida de la turbina y una bomba que aumenta la presión del agua a la entrada de la caldera. Este ciclo es el ciclo termodinámico clásico de Rankine.

Independientemente de cuál sea el combustible fósil que utilicen (fuel-oil, carbón o gas), el esquema de funcionamiento de todas las centrales termoeléctricas clásicas es prácticamente el mismo. Las únicas diferencias consisten en el distinto tratamiento previo que sufre el combustible antes de ser inyectado en la caldera y en el diseño de los quemadores de la misma, que varían según sea el tipo de combustible empleado. Una central termoeléctrica clásica posee, dentro del propio recinto de la planta, sistemas de almacenamiento del combustible que utiliza (parque de carbón, depósitos de fuel-oil) para asegurar que se dispone permanentemente de una adecuada cantidad de éste. Si se trata de una central termoeléctrica de carbón (hulla, antracita, lignito, etc.) es previamente triturado en molinos pulverizadores hasta quedar convertido en un polvo muy fino para facilitar su combustión. De los molinos es enviado a la caldera de la central mediante chorro de aire precalentado. Si es una central termoeléctrica de fuel-oil, éste es precalentado para que fluidifique, siendo inyectado posteriormente en quemadores adecuados a este tipo de combustible. Si es una central termoeléctrica de gas los quemadores están asimismo concebidos especialmente para quemar dicho combustible. Hay, por último, centrales termoeléctricas clásicas cuyo diseño les permite quemar indistintamente combustibles fósiles diferentes (carbón o gas, carbón o fuel-oil, etc.). Reciben el nombre de centrales termoeléctricas mixtas.

Una vez en la caldera, los quemadores provocan la combustión del carbón, fuel-oil o gas, generando energía calorífica. Esta convierte a su vez, en vapor a alta temperatura el agua que circula por una extensa red formada por miles de tubos que tapizan las paredes de la caldera.

Utilización de biomasa para la generación de energía eléctrica

Este vapor entra a gran presión en la turbina de la central, la cual consta de tres cuerpos -de alta, media y baja presión, respectivamente- unidos por un mismo eje.

En el primer cuerpo (alta presión) hay centenares de álabes o paletas de pequeño tamaño. El cuerpo a media presión posee asimismo centenares de álabes pero de mayor tamaño que los anteriores. El de baja presión, por último, tiene álabes aún más grandes que los precedentes. El objetivo de esta triple disposición es aprovechar al máximo la fuerza del vapor, ya que este va perdiendo presión progresivamente, por lo cual los álabes de la turbina se hacen de mayor tamaño cuando se pasa de un cuerpo a otro de la misma., Hay que advertir, por otro lado, que este vapor, antes de entrar en la turbina, ha de ser cuidadosamente deshumidificado. En caso contrario, las pequeñísimas gotas de agua en suspensión que transportaría serían lanzadas a gran velocidad contra los álabes, actuando como si fueran proyectiles y erosionando las paletas hasta dejarlas inservibles.

El vapor de agua a presión, por lo tanto, hace girar los álabes de la turbina generando energía mecánica. A su vez, el eje que une a los tres cuerpos de la turbina (de alta, media y baja presión) se mueve solidariamente al rotor de un generador, produciendo así energía eléctrica. Esta es vertida a la red de transporte a alta tensión mediante la acción de un transformador.

Por su parte, el vapor -debilitada ya su presión- es enviado a unos condensadores. Allí es enfriado y convertido de nuevo en agua. Esta es conducida otra vez a la caldera por intermedio de una bomba que aumenta su presión para que el aprovechamiento del calor sea el máximo. De esta manera se reinicia el ciclo.

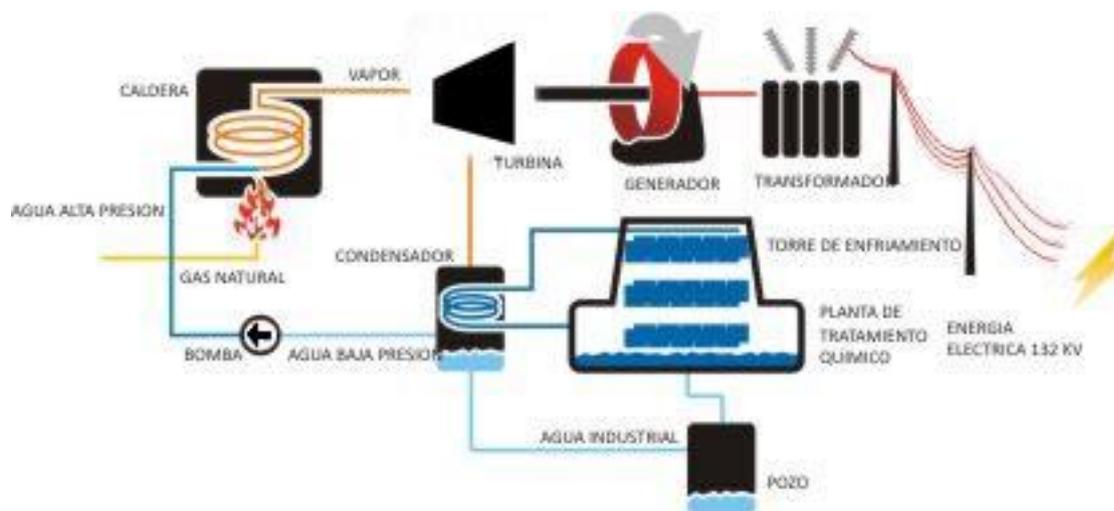


Figura 7.1.1. Esquema de funcionamiento de una central térmica de gas natural.

Fuente: Central Térmica Güemes.

En el esquema se pueden observar las diferentes etapas del proceso. Se puede tener una mayor conciencia de esta forma de la contaminación que genera el uso de este tipo de centrales por estar constantemente emitiendo dióxido de carbono hacia la atmósfera. Hay que tener en cuenta aquí la gran cantidad de centrales que existen de este tipo en el mundo y que se encuentran permanentemente emitiendo dióxido de carbono hacia la atmósfera. Por otra parte, también se comprende lo demandante que es la industria energética en cuanto a su producción, ya que un desabastecimiento de la misma genera una importante alteración en la vida cotidiana de las personas.

7.2. Central Hidráulica

Una central hidráulica es aquella que utiliza la energía potencial del agua almacenada para convertirla en energía mecánica y luego en energía eléctrica. Un sistema de captación de agua provoca un desnivel que origina una cierta energía potencial acumulada. Luego se hace pasar el agua por la turbina, la cual desarrolla un movimiento giratorio que acciona el alternador y produce la corriente eléctrica.

Claramente este tipo de centrales presenta ventajas con respecto a las centrales térmicas anteriormente descritas. Entre ellas encontramos:

-No requieren combustible, sino que usan una forma renovable de energía, constantemente repuesta por la naturaleza de manera gratuita.

-Es limpia, pues no contamina ni el aire ni el agua.

-A menudo puede combinarse con otros beneficios, como riego, protección contra las inundaciones, suministro de agua, caminos, navegación y aún ornamentación del terreno y turismo.

-Los costos de mantenimiento y explotación son bajos.

-Las obras de ingeniería necesarias para aprovechar la energía hidráulica tienen una duración considerable.

-La turbina hidráulica es una máquina sencilla, eficiente y segura, que puede ponerse en marcha y detenerse con rapidez y requiere poca vigilancia siendo sus costes de mantenimiento, por lo general, reducidos.

Cabe señalar del mismo modo una serie de desventajas:

-Los costos de capital por kilovatio instalado son con frecuencia muy altos.

-El emplazamiento, determinado por características naturales, puede estar lejos del centro o centros de consumo y exigir la construcción de un sistema de transmisión de electricidad, lo que significa un aumento de la inversión y en los costos de mantenimiento y pérdida de energía.

-La construcción lleva, por lo común, largo tiempo en comparación con la de las centrales termoeléctricas.

-La disponibilidad de energía puede fluctuar de estación en estación y de año en año.

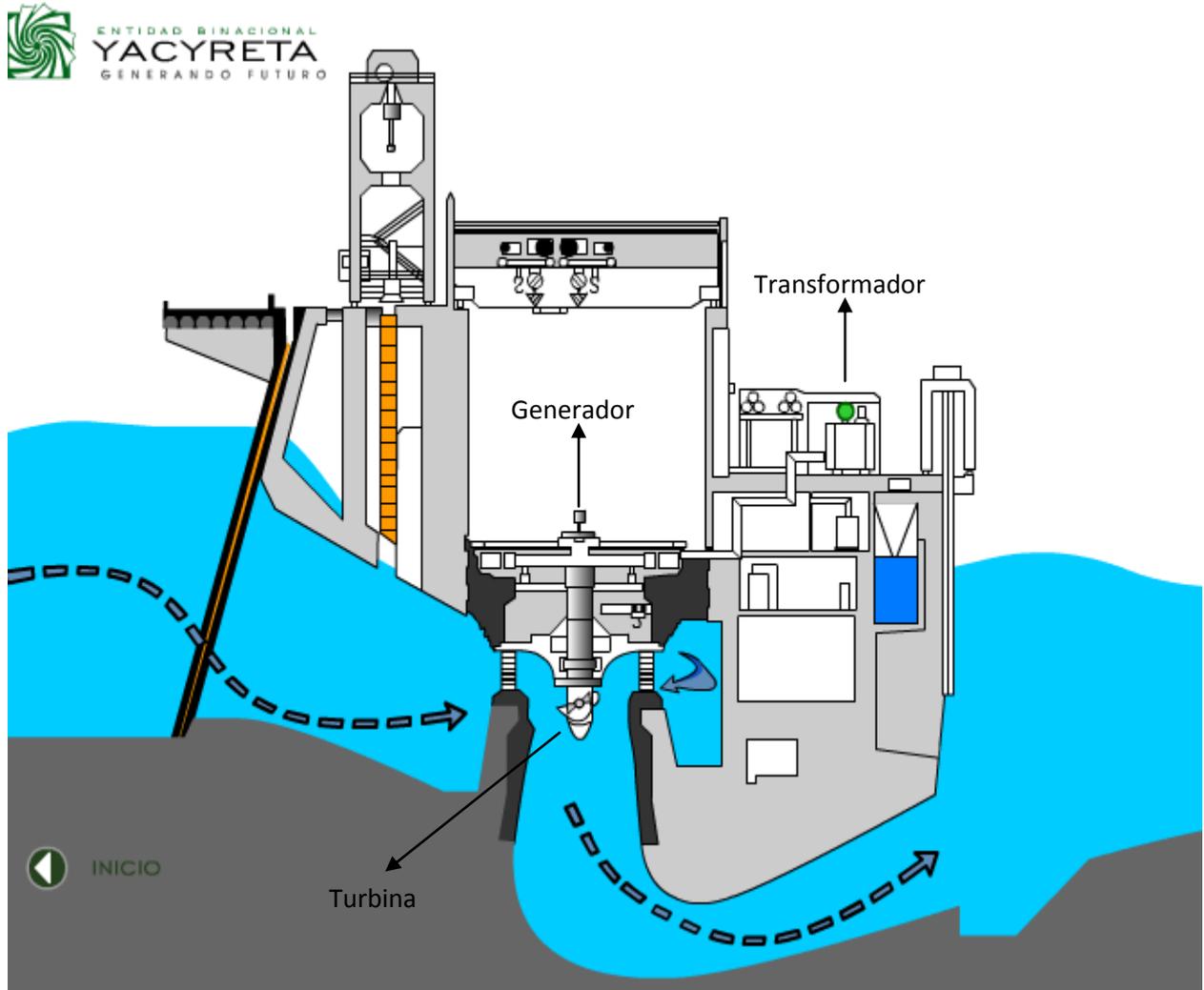


Figura 7.2.1. Corte transversal de una central hidráulica.

Fuente: Yaciretá.

En el esquema de la figura se puede observar como el agua que tiene acumulada una cierta cantidad de energía potencial debido al desnivel entre la entrada y la salida de la represa, pasa por la turbina haciéndola girar. La turbina al mismo tiempo está conectada a un generador eléctrico. Se puede apreciar a simple vista que este tipo de centrales no generan ningún tipo de contaminación, ya que el funcionamiento es mecánico y se aprovecha una fuerza de la naturaleza.

7.3. Central Nuclear

Una central nuclear es una usina generadora de electricidad que tiene un funcionamiento similar al de las centrales térmicas, con la diferencia de que el calor necesario para calentar el vapor que hará girar la turbina y por ende el generador eléctrico, es extraído de una reacción nuclear. Esta reacción nuclear es la fisión de núcleos de átomos de Uranio y se lleva a cabo en un reactor nuclear. En este tipo de central, existen 2 circuitos, uno primario y otro secundario. El circuito primario está conformado por el reactor nuclear, dónde ocurre la fisión nuclear y se genera el calor necesario para obtener el vapor a gran presión que hará girar los álabes de la turbina, y un generador de vapor. El calor generado en el reactor se desplaza a través de agua pesada que circula por las paredes del mismo y por el generador de vapor. El circuito secundario funciona de la misma manera que el circuito de una central térmica dónde la caldera sería el generador de vapor. Allí se consigue vapor a gran presión el cual pasa luego por la turbina haciéndola girar. La misma está conectada solidariamente a un generador que transforma la energía mecánica en eléctrica. El vapor luego de pasar por la turbina pierde presión y se comienza a condensar. Para aumentar la eficiencia del proceso, se lo hace pasar por un condensador y se lleva todo el vapor al estado líquido. Finalmente se bombea al generador de vapor aumentando la presión del fluido.

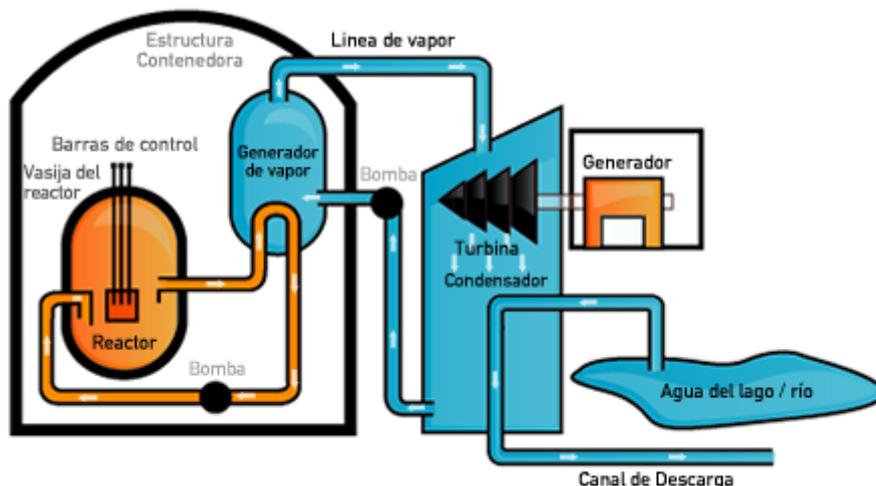


Figura 7.3.1. Esquema de funcionamiento de una central nuclear.

Fuente: Nucleoeléctrica Argentina.

Se puede observar claramente en el esquema los dos circuitos que componen este tipo de centrales. Del mismo modo se observa la semejanza entre este tipo de centrales y las centrales térmicas en cuanto al mecanismo de funcionamiento.

La gran ventaja que presenta este tipo de centrales frente a las centrales térmicas es el hecho de que no emiten gases de efecto invernadero ni ningún otro gas contaminante a la atmósfera. El problema que enfrenta es el limitante natural ya que es un recurso no renovable. Por otra Tecnología actual: centrales térmicas, hidráulicas y nucleares

parte, la fisión nuclear es una reacción que puede ser extremadamente peligrosa si no se realiza de forma controlada y en el espacio adecuado.

Finalmente podemos concluir que en la generación de energía eléctrica se busca que algún tipo de energía pueda lograr realizar un esfuerzo mecánico para convertirlo luego en energía eléctrica. En el caso de las centrales térmicas y nucleares se aprovecha la energía calorífica para mover los álabes de la turbina. En el caso de las centrales hidroeléctricas, se aprovecha la energía potencial del agua. En ambos casos, la presión juega un papel fundamental para conseguir el objetivo que es crear energía mecánica capaz de accionar un generador eléctrico.

8. TECNOLOGÍA PROPUESTA

La central planteada en el proyecto funciona de la misma manera que las centrales térmicas y con el mismo principio de funcionamiento básico de los 3 tipos de centrales descriptos anteriormente, dónde se aprovecha una fuerza para hacer girar una turbina que conectada solidariamente a un generador eléctrico, genere energía eléctrica.

La central térmica a biomasa consta de un circuito de vapor de ciclo Rankine, el cual tiene los siguientes 5 pasos básicos:

- 1- Un flujo de agua es bombeado a través de una bomba hacia una caldera aumentando su presión.
- 2- En la caldera se le entrega calor y por lo tanto se evapora y aumenta su presión y temperatura para pasar de este modo a la turbina.
- 3- En la turbina, el vapor entrega trabajo a la misma y la hace girar. En este proceso se expande perdiendo presión.
- 4- La turbina a su vez está conectada a un generador eléctrico que con la rotación de su eje genera la electricidad.
- 5- El vapor se hace pasar por un condensador que lo devuelve al estado líquido a presión y temperatura constante y de ahí es bombeado nuevamente al circuito.

La tecnología nueva incorporada en este proyecto pasa por la utilización de biomasa en lo que es la generación de calor. La materia prima que utiliza el proyecto para lograr mover la turbina y de ese modo generar electricidad, (como puede ser en los casos actuales el combustible fósil, el uranio o bien el agua) en este proyecto es la biomasa. Esta materia prima presenta las ventajas de ser renovable y limpia, además de lograr un mejor aprovechamiento de una gran cantidad de otros recursos asociados a la biomasa en cuestión, ya que por definición la biomasa es un residuo de otro proceso anterior, con lo cual al utilizarla se aprovecha al máximo el recurso que la precede. Esta nueva tecnología está comenzando a ser utilizada en todo el mundo y está alineada en la dirección en que el mundo marcha debido al compromiso de los líderes políticos más importantes que son conscientes de la necesidad de preservar el medio ambiente haciendo un uso racional de los recursos naturales.

8.1. Planta industrial

En cuanto a la instalación de la planta industrial, a lo largo del proyecto se describirán 2 posibilidades para su construcción y posterior mantenimiento pero para la realización del proyecto se elegirá uno en particular.

Por un lado, existe la posibilidad de contratar los servicios de una empresa como Wärtsilä, la cual es una empresa con sede en Finlandia y que cuenta con una sucursal en Argentina. Wärtsilä fue creada en 1834 y comenzó como un aserradero, hoy en día se especializa en la producción de barcos, principalmente cruceros de lujo y rompehielos (tal es el caso del

Almirante Irizar). Además provee maquinaria para barcos, entre los que se encuentran elementos de propulsión y motores, y además construye centrales eléctricas que se caracterizan por adaptarse de manera excelente al mercado descentralizado de la energía proveyendo plantas con diseños flexibles, de alta eficiencia y con bajos niveles de emisión. La empresa viene desarrollando este tipo de centrales en el mundo y construye bajo un concepto de estructura modular con componentes estandarizados, lo que hace que se aceleren los tiempos de entrega de las plantas. En este momento entrega alrededor de 100 plantas anuales en todo el mundo. Este punto es importante, ya que justamente el proyecto intenta descentralizar la producción de energía eléctrica aprovechando un recurso característico de una región determinada colaborando con el desarrollo de esta región a través de la generación de empleo y el suministro confiable de energía que colaborará en el desarrollo de otras industrias en la zona. La opción que se puede elegir para la construcción de la planta es el modelo conocido como BioPower con la modalidad de entrega “llave en mano”, donde Wärtsilä construye toda la planta incluyendo la alimentación de combustible, la caldera, la turbina, el generador y todos los sistemas auxiliares y la entrega al proyecto con todos los trabajos de instalación incluidos. Las plantas BioPower incorporan la tecnología de combustión patentada BioGrate, que realiza una combustión de la biomasa eficiente y confiable. El diseño correcto de la caldera y un layout de planta cuidadosamente desarrollado, optimizado en las plantas BioPower, asegura una operación continua, sin la necesidad de limpieza constante y ausente de corrosión. Este tipo de planta está altamente automatizada y necesita de poca intervención del hombre en su funcionamiento diario. En este caso se utilizaría una caldera acuotubular.

La segunda opción y posiblemente la más aconsejada para contribuir al desarrollo del país es la instalación de la planta adquiriendo los componentes nacionales y contratando empresas argentinas para la instalación. De hecho, en el proyecto se quiere impulsar la industria nacional, con lo cual esta será la opción elegida para llevarlo a cabo. En este sentido se deberá hacer un trabajo un poco más arduo de planeamiento del layout de la planta, a diferencia de Wärtsilä quien entrega la planta “llave en mano”, pero también se pueden disminuir algunos costos al decidir sobre la disposición de la planta. El único elemento que posiblemente haya que adquirir igualmente a una empresa extranjera será la turbina, ya que las empresas nacionales no han desarrollado tanto estos equipos. Para la turbina se pueden adquirir equipos Siemens o bien Wärtsilä entre otros.

Para lo que es la ingeniería civil del edificio, su disposición y todas las facilidades que requiera, existen en el país numerosas constructoras capaces de llevar adelante un proyecto de este tipo.

La caldera puede ser provista por la empresa Fainser S.A., ex Salcor Caren, que tiene especial experiencia en instalaciones térmicas, generación de vapor, gas natural, recipientes de presión, equipos petroleros, cañerías, estructuras metálicas, equipos auxiliares para instalaciones industriales y sistemas de calefacción y cuenta entre sus clientes con empresas de renombre mundial. O bien puede ser provista por la empresa Daniel Ricca S.A., también especializado en la producción e instalación de calderas con capacidad para combustibles

líquidos, sólidos o gaseosos para diferentes usos, entre ellos la generación de energía eléctrica. Como se puede apreciar de lo expuesto anteriormente, hay una oferta interesante desde la industria nacional para poder suplir las necesidades del proyecto. Por lo tanto se debería fomentar la industria local contratando a alguna de estas empresas para la construcción de un elemento tan importante como lo es la caldera. Estas empresas pueden proveer tanto la caldera como la instalación de todas las cañerías vinculadas con el ciclo de vapor que hace posible la generación de energía eléctrica.

La bomba de recirculación del agua del ciclo puede ser provista por la empresa Kunz S.R.L., la misma desarrolla bombas industriales desde 1947 y es proveedor para las más importantes empresas radicadas en el país entre las cuales figuran centrales termoeléctricas de donde se desprende que poseen experiencia en esta industria.

La turbina deberá ser seguramente importada ya que no se cuenta en el país con empresas con la tecnología necesaria para producción de turbinas. Los proveedores aconsejados son Siemens y la propia Wärtsila.

Como conclusión se puede observar que en la Argentina existe la capacidad y la oferta necesaria para la construcción de una planta como esta. Con lo cual, para el proyecto en cuestión se utilizarán todos los recursos nacionales que se puedan para fomentar la industria nacional.

8.2. Esquema de la planta industrial

A continuación se presenta un esquema en el cual se aprecia el funcionamiento de la planta con todos los elementos que se indican al comienzo del capítulo. En cuanto al esquema, una planta de generación de energía eléctrica de biomasa se asemeja mucho a las tradicionales centrales termoeléctricas de gas, carbón o fuel oil. De hecho el principio de funcionamiento es el mismo. Este punto es desde ya, sumamente positivo para el proyecto debido a que toda la experiencia y conocimientos que se poseen sobre ese tipo de centrales pueden ser aplicados a las centrales de biomasa. El esquema presentado es solo a modo ilustrativo y para que se pueda visualizar mejor el modo de funcionamiento del ciclo, las dimensiones y formas de los distintos elementos que aquí se presentan no son necesariamente coincidentes con la realidad.

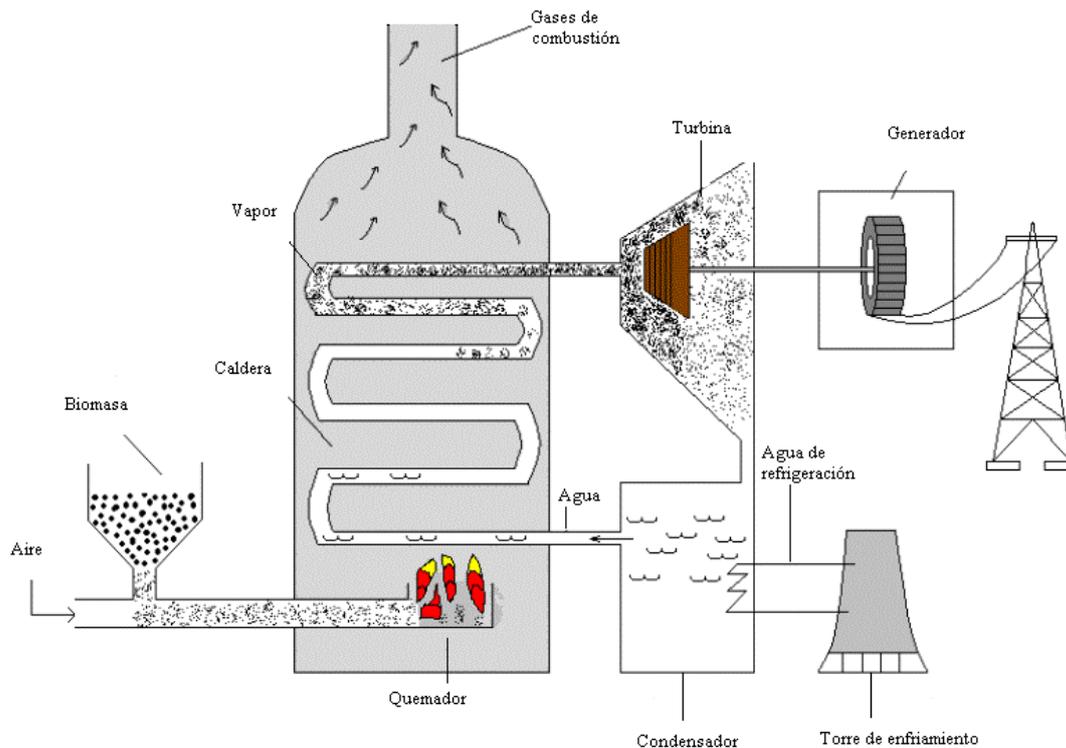


Figura 8.2.1. Esquema de funcionamiento de la planta de generación de energía eléctrica a partir de biomasa.

Si se compara este esquema con el de la figura 7.1.1 de la página 60 se puede comprobar la similitud entre la generación a partir de biomasa y la tradicional central térmica. La gran diferencia pasa por el combustible a ser quemado en el quemador y por lo tanto, la contaminación generada por uno y por otro tipo de central. Teniendo en cuenta el esquema presentado, se hará una breve descripción del funcionamiento de la planta, desde que se obtiene la biomasa hasta que se entrega energía eléctrica a la red.

8.2.1. Transporte de la biomasa

En esta sección es importante realizar el análisis de la conveniencia de adquirir máquinas chipeadoras que disminuyan el volumen de la madera obtenida durante la poda, ya que la misma estará conformada por ramas y hojas que ocuparán un volumen muy superior al que deberían según lo que indica su peso específico y esto puede influir en el costo del flete. El valor de una chipeadora industrial ronda los US\$ 4.000. Para el traslado de la materia prima hacia la planta se utilizarán camiones *Semi* con una capacidad de 60m³. Estos camiones son los más indicados para el traslado de la materia prima, ya que son aptos para los caminos de montaña que deberán transitar y lo suficientemente grandes como para transportar una cantidad importante de materia prima. Los camiones pueden cargar hasta 10 toneladas de material por eje. Este tipo de camiones puede tener distintas configuraciones con distintos precios para trayectos de entre 50 y 100 km como los que se realizarán en el proyecto:

- El camión zorra, que está articulado con un tráiler y posee 3 ejes de carga puede cargar hasta 30 toneladas con un costo de \$ 4.37 por kilómetro.
- El tractor semi con 3 ejes de carga separados puede cargar hasta 30 toneladas y tiene un costo de \$ 4.37 por kilómetro.
- El tractor semi con 2 ejes juntos y uno separado, puede cargar hasta 28 toneladas y tiene un costo de \$ 4.27 por kilómetro
- El tractor semi con dos ejes de carga puede cargar hasta 20 toneladas y tiene un costo de \$ 3.87 por kilómetro.

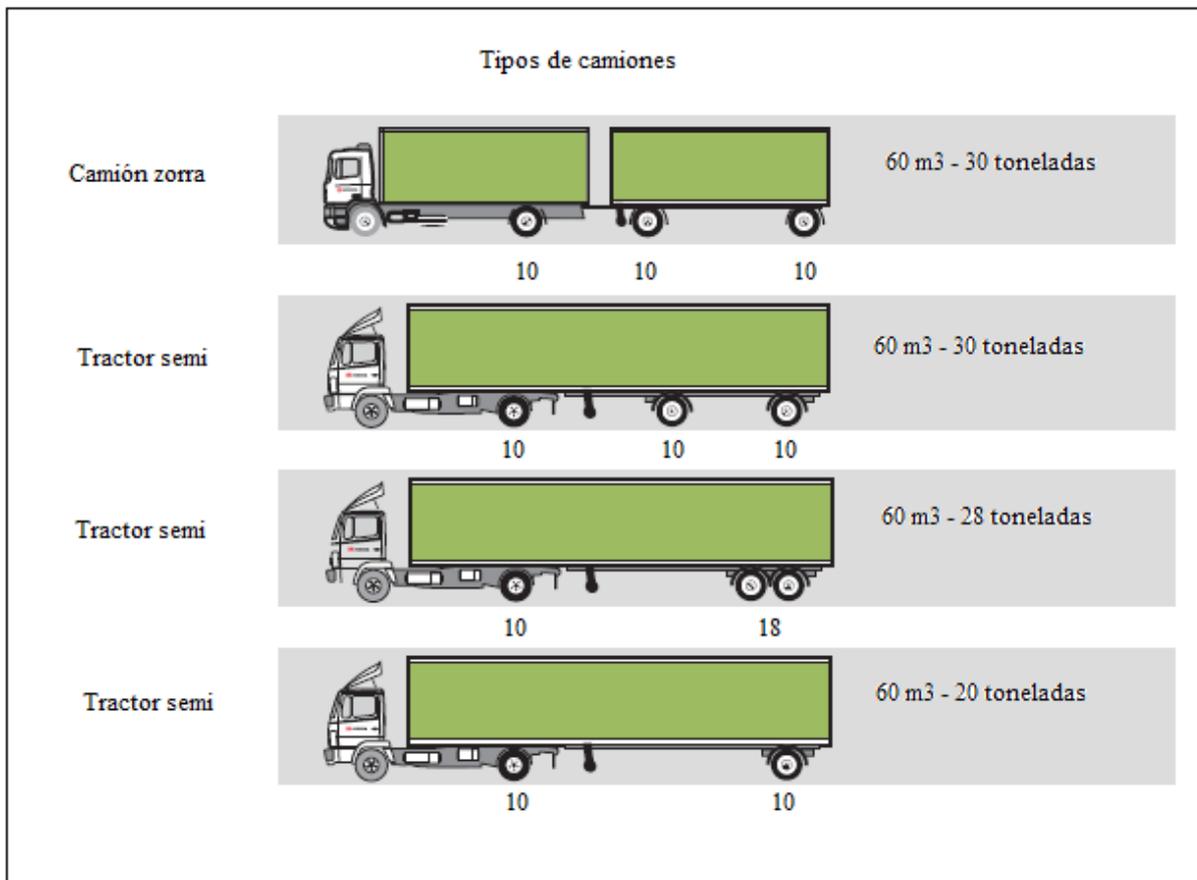


Figura 8.2.1.1. Posibles tipos de camiones a utilizar para el transporte de la materia prima.

Se sabe que una chipeadora puede reducir el volumen de la madera extraída en la poda (con sus respectivas ramificaciones) a un tercio de su volumen bruto, por lo tanto el volumen de la madera en bruto será 3 veces el volumen de la madera chipeada. Suponiendo que la madera chipeada se comporte como un líquido y se amolde al recipiente que lo contiene y sabiendo que su peso específico es de 980 kg/m³ tendríamos que se puede llenar un camión con casi 60 toneladas de madera chipeada. Sin embargo, existe la limitación de carga máxima del

camión, con lo cual no se podría transportar más de las toneladas admitidas por cada tipo de camión. Por lo tanto, cada modelo de camión podrá cargar hasta su límite de peso, esto es 30, 28 y 20 toneladas respectivamente. Ahora bien, si dejamos el producto de la poda en bruto, la misma ocuparía 3 veces el volumen que ocupa la madera chipeada, esto sería alrededor de 90, 84 y 60m³ respectivamente. De aquí se desprende que para el camión *semi* de 2 ejes chipear o no chipear sería prácticamente lo mismo, por lo tanto no serían necesarias las chipeadoras para reducir el volumen ya que se precisarían la misma cantidad de fletes en uno u otro caso (madera chipeada vs. madera sin chipear). El consumo anual de madera será de 36.875 toneladas, si se utilizan los camiones con capacidad para 30 toneladas se necesitará comprar las chipeadoras y el ahorro en fletes será de 614 camiones por año comparado contra los que se necesitarán si se utiliza un camión de 20 toneladas. Si tomamos una ruta promedio de 80 km por viaje tendremos un ahorro anual por utilizar estos camiones de:

$$(1.844 \text{ camiones} \times 3.87 \text{ \$/km} - 1.230 \text{ camiones} \times 4.37\text{\$/km}) \times 80\text{km/camión} = 140.900 \text{ \$/año}$$

La inversión total en chipeadoras es de \$ 60.800 aproximadamente, con lo cual en tan solo un año se recupera la inversión realizada en adquirir los dispositivos para reducir el volumen del producto de la poda.

La adquisición de chipeadoras es importante también, ya que aumentan la densidad superficial de la madera favoreciendo el proceso de combustión. Además hace al producto más dócil para manipular en la carga y descarga de los camiones reduciendo de forma considerable la hora hombre necesaria en esta actividad.

Como conclusión, luego de lo expuesto se deduce que la posibilidad de comprar chipeadoras para reducir el tamaño de la materia prima extraída del proceso de poda y ahorrar en fletes es muy ventajosa para el proyecto desde el punto de vista económico y funcional de la planta. La mejor opción para el traslado de la madera es a través de camiones *semi* de 3 ejes, 60m³ y 30 toneladas de carga máxima. Este es mejor que el camión articulado con tráiler debido a su mayor facilidad para carga y descarga y a su mejor adaptación a los caminos de montaña.

Por otra parte, para el transporte del orujo desde los productores a la planta será también conveniente el camión Semi de 60m³ y 30 toneladas de carga, ya que el orujo cuando es recolectado del proveedor se presenta en forma de pasta y pueden por lo tanto cargarse hasta las 30 toneladas sin excederse de la capacidad del contenedor.

8.2.2. Recepción

Como ya se ha detallado antes, la materia prima arriba a la planta en camiones desde los distintos proveedores durante 6 meses al año. Esto da como resultado la necesidad de acoger un promedio de alrededor de 17 camiones por día durante ese período que va a variar según sea la época de la cosecha o la época de poda:

$$\frac{60075 \text{ ton}}{30 \frac{\text{ton}}{\text{camión}} \times 6 \text{ meses} \times 20 \text{ días}} = 17 \frac{\text{camiones}}{\text{día}}$$

Para lo cual se construirá una playa de estacionamiento para la recepción de la materia prima con capacidad para albergar a tres camiones, uno para la descarga del orujo extraído en la elaboración de aceite de oliva y otros dos para la descarga de la biomasa extraída en la poda del olivo, además de espacio suficiente como para que un camión pueda esperar a ser descargado en la playa de estacionamiento.

La recepción del orujo se llevará a cabo entre los meses de marzo y mayo coincidiendo con los meses en los cuales se da la cosecha de la aceituna. Esto es debido a que la aceituna no puede estar más de 24 horas sin ser procesada para la extracción del aceite de oliva, ya que ello implica una merma en la calidad del producto final. Por lo tanto los camiones deberían estar constantemente retirando el orujo de los distintos proveedores para liberarles el espacio ocupado por el orujo rápidamente y que el mismo no se acumule generando los inconvenientes detallados anteriormente. Los camiones recogerán la biomasa por los proveedores ocupando la capacidad máxima del camión con biomasa de uno o dos proveedores según cuánto sea la producción de los mismos en el día. El orujo representa el 38,6% de la materia prima a utilizar, lo que se traduce en 23.200 toneladas de orujo al año repartidas en los 3 meses de cosecha. Por lo tanto tendremos un total de alrededor de 13 camiones por día durante esos 3 meses (tomando 20 días hábiles por mes).

$$\frac{23200 \text{ ton}}{30 \frac{\text{ton}}{\text{camión}} \times 3 \text{ meses} \times 20 \text{ días}} = 13 \frac{\text{camiones}}{\text{día}}$$

Considerando un tiempo de descarga promedio de 30 minutos entre que el camión entra en la planta, descarga el contenido y sale tendremos que por día se descarga durante 10 horas, con lo cual se establecerán turnos cada 40 minutos para la entrada de los camiones a recepción a fin de evitar que los camiones estén parados esperando y no se generen colas en el estacionamiento. Estos 10 minutos de diferencia se utilizan para preparar el almacén para la próxima descarga o para absorber eventualidades que demoren el arribo o la descarga de algún camión.

El mapa de recolección de orujo de los proveedores está conformado de la siguiente manera:

Productor	Orujo (ton/mes)	Orujo (ton/día)	Orujo (camiones/día)
Olivares Andinos	3.141,7	157,1	5,2
Grupo Indalo	2.958,0	147,9	4,9
Aceites de la Frontera	879,7	44,0	1,5
Olivares de Pomán	754,0	37,7	1,3

Tabla 8.2.2.1. Cantidad de materia prima aportada por cada proveedor al proyecto por día.

En la tabla se puede ver como quedarían configuradas las entregas de los proveedores por mes y por día. Cada día, Olivares de Pomán entregaría 1 camión completo y otro completo en un 30%, como este camión pasa por el Grupo Indalo prácticamente sin desviarse pasará a recolectar la cantidad suficiente de orujo para completar la carga y luego seguirá su viaje hasta la central. Por su parte, el Grupo Indalo completaría 4 camiones y completaría el 20% de otro. Por lo tanto, ese remanente de orujo se dejará en el proveedor hasta que logre completar los camiones. Finalmente, el Grupo Indalo proveerá al proyecto con 4 camiones por día de materia prima y cada 5 días serán 5 camiones completos. En el otro extremo del circuito están Olivares Andinos y Aceites de la Frontera. Desde Olivares Andinos llegarán al proyecto 5 camiones completos por día y un sexto que se llenaría hasta un 20% en Olivares Andinos y se completaría luego con producción de Aceites de la Frontera. Por su parte Aceites de la Frontera provee al proyecto con 1 camión completo cada 2 días.

El restante 61,4% de la materia prima (36.875 toneladas) es producto de la poda. La poda se lleva a cabo durante los meses de invierno al finalizar la cosecha hasta el comienzo de la primavera para aprovechar las ventajas que se mencionaron en el capítulo correspondiente a este asunto. Por lo tanto, durante los siguientes 3 meses se recibirá sólo biomasa extraída a partir de la poda de la planta de olivo. El producto de la poda debe ser retirado inmediatamente del proveedor para resolver el problema de ocupación de espacio y consiguiente intromisión en el normal desarrollo de las plantas. El proveedor por su parte, retirará la madera de los pasillos del olivar y lo juntará en un sector determinado a tal fin para facilitar la carga de los camiones. Con lo cual, durante este período se estarán recibiendo alrededor de 21 camiones por día:

$$\frac{36875 \text{ ton}}{30 \frac{\text{ton}}{\text{camión}} \times 3 \text{ meses} \times 20 \text{ días}} = 21 \frac{\text{camiones}}{\text{día}}$$

Para los cuales se establecerán turnos de la misma manera que para los camiones con orujo. La diferencia está en que estos camiones pueden descargar 2 al mismo tiempo, por lo tanto la operación diaria tomará poco más de 7 horas aproximadamente.

Las entregas de madera realizadas por cada proveedor quedarían conformadas de la siguiente manera:

Productor	Madera (ton/mes)	Madera (ton/día)	Madera (camiones/día)
Olivares Andinos	5.208,3	260,4	13,0
Grupo Indalo	4.166,7	208,3	10,4
Aceites de la Frontera	1.458,3	72,9	3,6
Olivares de Pomán	1.458,3	72,9	3,6

Tabla 6. Cantidad de madera aportada al proyecto por proveedor por día.

En la tabla se observan las entregas de madera que realizaría cada proveedor por día durante los 3 meses que dura el período de poda. Desde Olivares de Pomán arribarán a la planta 3 camiones cargados con su producción y un cuarto camión que se completará en un 60% con producción de Olivares de Pomán y un 40% con producción proveniente del Grupo Indalo. Por su parte el Grupo Indalo proveerá a la planta con 10 camiones diarios de materia prima. Desde el Valle Central, llegarán 13 camiones completos con producción de Olivares Andinos, que en caso de no lograr completar algún camión podrá completarlo con la producción de Aceites de la Frontera, quien por su parte aportará al proyecto 3 camiones diarios más un cuarto camión cada 2 días.

8.2.3. Almacenamiento

La planta cuenta con dos sectores de almacenamiento separados, uno es para la biomasa extraída a partir de la poda y otro para el orujo. Esta diferencia se hace debido a que el orujo posee un porcentaje relativamente importante de humedad y se lo secará utilizando los gases de la chimenea que circularán por el almacén. El orujo está compuesto por el carozo, la piel y la pulpa de la aceituna, residuo obtenido en la elaboración del aceite de oliva durante la molienda y el centrifugado. Al ser molido, sus partículas son lo suficientemente finas como para formar una pasta en estado húmedo, y adaptarse al recipiente que lo contiene en estado sólido. Es importante resaltar que ambos tipos de biomasa tienen una importante superficie por volumen, ya que esto facilitará la combustión de la misma aprovechando mejor su energía y elevando la eficiencia de la combustión. Los docks de descarga estarán elevados y tendrán una leve inclinación para que la materia prima caiga por la acción de su propio peso hacia el fondo una vez que el camión la descargue. Esto tiene dos objetivos, por un lado evitar que la materia prima se acumule en un lugar del almacén que obstruya la descarga de los camiones sucesivos, y por otro lado, la fuerza de gravedad hará que la materia prima esté siempre en la posición requerida por los alimentadores de la caldera y garantice la alimentación continua de la parrilla sin necesidad de la operación del hombre.

8.2.4. Parrilla

Debido a la gran estacionalidad que presenta la materia prima a utilizar, es que se producirá la energía calorífica necesaria para obtener el vapor del ciclo primero utilizando un combustible y luego el otro, con lo cual nunca se mezclarían ambos combustibles en la parrilla. Dado que ambos tienen un poder calorífico muy similar no habría grandes diferencias entre utilizar uno u otro. De todas maneras las parrillas modernas poseen la capacidad de mezclar distintos tipos de biomasa si fuera necesario. La parrilla es el dispositivo donde tiene lugar la combustión de la materia prima para obtener el calor que luego mediante la caldera será entregado al agua del ciclo. La misma está contenida en el hogar de la caldera. Las cenizas obtenidas en la combustión se retiran de la parrilla para poder utilizarlas luego como abono para la tierra por su alto contenido de fósforo y otros nutrientes esenciales para fertilizar la tierra.

Cuando los hogares son de grandes dimensiones, no resulta factible la alimentación y distribución manual del combustible como es en el caso del proyecto. Generalmente, antes de

ingresar a la parrilla se fragmenta el combustible en un molino. En este caso, el orujo ya está molido y la madera esta chipeada, sin embargo, antes de ingresar en la parrilla se los hace pasar por molinos con el fin de generar un tamaño de grano lo más uniforme y pequeño posible que permita una fácil distribución y combustión de la biomasa. La distribución puede ser por medio de sistemas que lo esparcen sobre la grilla mediante paletas rodantes que lo impulsan hacia el interior del hogar de modo de lograr una distribución lo más homogénea posible. O bien, como será en el caso del proyecto a través de carga continua en una parrilla que funciona como una cinta transportadora donde el combustible va quemándose a medida que avanza y cuando la ceniza llega al final del horno cae sobre el cenicero que es a su vez otra cinta transportadora que saca las cenizas de la caldera y las deposita en un cenicero general donde quedan disponibles para su posterior aprovechamiento. Para lograr que este proceso funcione de la mejor manera posible es importante regular la velocidad de la parrilla de manera que se logre la combustión completa de la biomasa en el tiempo que permanece en la parrilla antes de ser depositada en la cinta para la ceniza. En este sentido es que es importante que toda la biomasa en la parrilla tenga el mismo tamaño ya que trozos muy grandes tardarán más en lograr la combustión completa que otros más pequeños y por lo tanto pueden caer brasas al cenicero con la consiguiente pérdida de energía ya que la planta se dimensiona para aprovechar todo el potencial calorífico de la biomasa. A esta pérdida de energía se la denomina “combustión incompleta mecánica” debido a que el funcionamiento mecánico de la parrilla es lo que la produce.

La planta BioPower 8, de Wärtsila, posee un almacén con 6 alimentadores de empuje que descargan el combustible en una cinta transportadora que lo conduce hasta la parrilla. La capacidad de estos alimentadores es de 300 m³ y su intervalo de reabastecimiento es de 20 horas. Por lo tanto teniendo en cuenta que el peso específico de la madera de olivo es de 980kg/m³ se tendrá un abastecimiento de alrededor de 294 toneladas cada 20 horas cuando se utilice este tipo de biomasa. El peso específico del orujo es un poco superior al del agua, con lo cual cuando se utilice orujo en la caldera se tendrá un abastecimiento de aproximadamente 330 toneladas de biomasa. La alimentación de la caldera es totalmente automática. Las plantas provistas por Wärtsila poseen una tecnología patentada de parrillas llamada BioGrate que aprovecha al máximo la energía acumulada en la biomasa. En el sistema BioGrate, el combustible es alimentado en el centro de una parrilla redonda de sección cónica desde abajo. La parrilla es dividida en varios anillos concéntricos dispuestos de modo que anillos fijos se alternen con otros móviles. Los anillos móviles son accionados por un sistema hidráulico que los hace girar alternadamente en el sentido de las agujas del reloj y en sentido contrario, respectivamente. Este diseño distribuye el combustible en forma pareja por sobre toda la superficie de la parrilla en una capa uniforme con el espesor requerido para una combustión perfecta. Un aspecto importante para lograr una combustión altamente eficiente y con bajos niveles de emisión es el manejo adecuado de la admisión de aire de combustión. El suministro de aire se realiza desde debajo de la parrilla penetrando el combustible tras introducirse a través de ranuras existentes en los anillos concéntricos. La distribución del aire es controlada mediante el uso de reguladores de tiro y ventiladores de velocidad controlada, asegurando la obtención de bajos índices de NO_x y CO. El agua contenida en el combustible

que entra en el centro de la parrilla es evaporada rápidamente debido al calor del combustible ardiente que lo rodea y a la radiación proveniente desde las paredes calientes de los ladrillos refractarios. Al llegar al borde de la parrilla, la ceniza cae hacia a un lecho de agua que está ubicado por debajo de la parrilla. Este lecho de agua conduce las cenizas hasta una pileta con una superficie lo suficientemente grande como para lograr la evaporación del agua y poder disponer luego de las cenizas.

8.2.5. Quemadores

Otra opción para la combustión de la materia prima es el uso de quemadores, los mismos son dispositivos más usuales cuando se trata de un combustible líquido o gaseoso por su sistema de funcionamiento: Se bombea el combustible por un tubo donde se eleva su presión y sale por un orificio pequeño donde se mezcla con aire y a través de una llama se consigue la combustión.

Un quemador de combustibles sólidos tiene los siguientes componentes:

1. Ventilador centrífugo de alta eficiencia, capaz de suministrar el comburente a una velocidad que sustenta y distribuye las partículas combustibles en la cámara de combustión.
2. Tolva alimentadora de combustible.
3. Dispositivo dosificador del combustible.
4. Ducto de mezcla "Combustible - Comburente"
5. Dispositivo distribuidor (lanza) de la mezcla hacia el interior del hogar de combustión.

En este caso, la parte más importante es que la materia prima esté pulverizada de forma que al salir hacia el hogar a través de la lanza se produzca la combustión completa de la biomasa y no se pierda parte de su energía.

8.2.6. Caldera

En la caldera se lleva a cabo la generación de vapor y es el elemento principal de este proyecto debido a que en la forma de generar el calor suficiente como para obtener ese vapor es en donde el proyecto se diferencia de la tecnología actual y presenta una alternativa ecológica para la generación de energía eléctrica. En la misma se quema algún tipo de combustible, normalmente algún combustible fósil que al quemarse emite dióxido de carbono a la atmósfera con la consiguiente contaminación del medio ambiente. Los combustibles fósiles son utilizados por su elevado poder calorífico que permite generar grandes cantidades de vapor utilizando poca masa de combustible. En este proyecto se quemará biomasa, la cual no agrega dióxido de carbono a la atmósfera en su combustión y aprovecha residuos de procesos anteriores evitando su disposición final.

Existen dos tipos de calderas distintas: las humotubulares y las acuotubulares. En las primeras, el agua que se convertirá en vapor se encuentra almacenada en algún tipo de tanque o recipiente que se encuentra a la presión adecuada y los gases de combustión circulan por el interior de tubos en contacto con el agua para calentarla. En el caso de las segundas, el agua circula por el interior de tubos que envuelven a los gases de combustión. Cada tipo tiene sus características propias y su campo de aplicación particular. Dentro de estos dos grandes grupos hay subgrupos en donde se producen variaciones en el diseño de las calderas.

Calderas humotubulares

La disposición de los tubos más frecuente es la de tres pasos. El primer paso es el hogar que es donde se quema el combustible, el segundo paso lleva los gases desde la cámara de humos hasta el frente y el tercer paso atraviesa nuevamente la caldera desde la caja de humos frontal hasta la base de la chimenea. En este tipo de calderas, la caldera deberá estar llena de agua hasta su nivel de diseño envolviendo a los pasos y recibiendo calor de ellos.

Existen dos grandes grupos de calderas humotubulares: aquéllas con cámara de humos cuya pared posterior comunica directamente al exterior (aislada por supuesto con ladrillos para evitar accidentes), llamadas de fondo seco y las que tienen la pared posterior dentro del cuerpo de la caldera bañada con el agua llamadas de fondo húmedo. La cámara de humos es la receptora de los gases de combustión calientes pero ya poco incandescentes que salen del hogar y los deriva hacia el primer haz de tubos que sale del hogar (segundo paso). El fondo húmedo aumenta la superficie de calefacción, ya que el agua en contacto con el fondo se calienta también. Otra ventaja es que se prescinde del material refractario que debe aislar la cámara de humos de fondo seco y con esto se disminuye el costo de mantenimiento. La caja de humos frontal y la caja que comunica con la chimenea son en general externas por comodidad constructiva y porque tienen menor costo.

Estas calderas tienen forma cilíndrica porque resisten mejor las presiones internas. En general operan con presiones de 7 a 10 bar y están hechas de acero. El diámetro va de 1 a 3 o 4 metros.

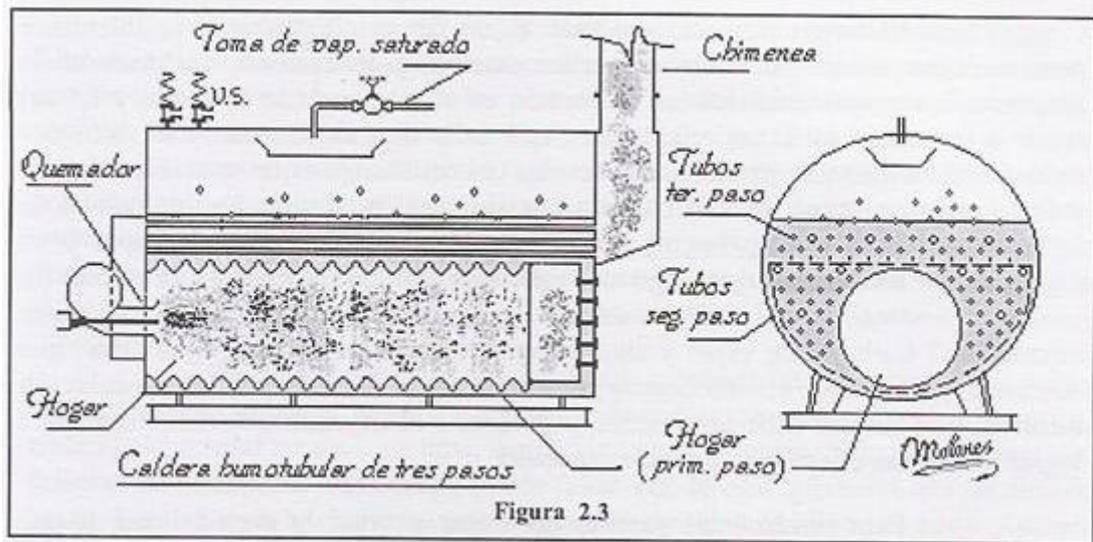


Figura 8.2.6.1. Caldera humotubular.

Fuente: Molanes, 2009. Compendio de vapor y máquinas térmicas.

Funcionamiento

Cuando comienza a calentarse el agua se ventea el aire por encima del nivel del agua y llega un momento en que todo ese espacio está ocupado por vapor. Este espacio es llamado cámara de vapor. A medida que se produzca más vapor, se irá comprimiendo y aumentando de esta forma la presión en la caldera. Cuando se alcanza la presión de trabajo deseada se abre la válvula para enviar el vapor saturado hacia los equipos que lo requieran. La presión se mantendrá constante siempre que se siga generando la misma cantidad de vapor que la que sale. Hoy en día las calderas están automatizadas y el nivel de agua de las mismas se regula en forma automática, de manera que a medida que baja el nivel de agua por evaporación, se alimenta a la caldera con agua. Para evitar que el agua “nueva” enfríe al agua que estaba anteriormente en la caldera se la calienta previamente a través de economizadores aprovechando los gases de combustión antes de su salida a la atmósfera.

Calderas acuotubulares

Las calderas acuotubulares surgieron como una solución para la limitación que presentan las calderas humotubulares para trabajar con altas presiones o grandes capacidades o bien, ambos. Estas calderas constan de un hogar rodeado de tubos, un domo y colectores inferiores que abastecen de agua a los tubos que rodean la caldera. La combustión se produce en el hogar, cuyas paredes son tubos ubicados verticalmente por los cuales circula el agua que se convertirá en vapor, estos tubos reciben el nombre de tubos hervidores y depositan la mezcla de agua con vapor en un cilindro llamado domo principal o domo superior en el cual se

separa el agua del vapor. El agua llega a los tubos hervidores a través de los colectores inferiores.

Las calderas acuotubulares pueden ser de tipo “D” o “A” según la forma de su sección transversal.

Las calderas tipo “D” se construyen para trabajar a presiones entre 30 y 100 bar. El hogar está en un lateral formando la “pancita” de la “D” y en la parte recta, hay un haz de tubos convectivos por donde circula agua desde los colectores al domo superior. Las paredes están conformadas por los tubos hervidores que reciben calor por radiación. En un primer instante, todos los tubos y colectores están llenos de agua, a medida que comienzan a calentarse en los tubos radiantes comienza a formarse vapor que asciende junto con el agua debido a la menor densidad conjunta que presentan. Por otra parte, el agua en los tubos convectivos que recibe menos calor no se evapora por lo tanto tiene una densidad mayor que la que hay en los tubos radiantes y desciende llenando por gravedad los colectores inferiores reponiendo de este modo el agua en los tubos radiantes. Este fenómeno se denomina “de termosifón”. Cuando se alcanza el régimen permanente donde también los tubos convectivos generan vapor y se establece en ellos una corriente ascendente, no habría aporte de agua a los colectores inferiores. Para evitar esto es que se instalan unos tubos que van desde el domo hasta los colectores inferiores por afuera de las paredes del hogar. El vapor del domo se puede hacer pasar por un sobrecalentador para conseguir vapor sobrecalentado aprovechando los mismos gases de combustión. El sobrecalentador consta de una serpentina que atraviesa un espacio con gases de combustión y por la cual pasa el vapor saturado.

Las calderas tipo “A” son similares a las “D” desde el punto de vista del funcionamiento, la diferencia está en que poseen dos colectores inferiores con sendos haces convectivos.

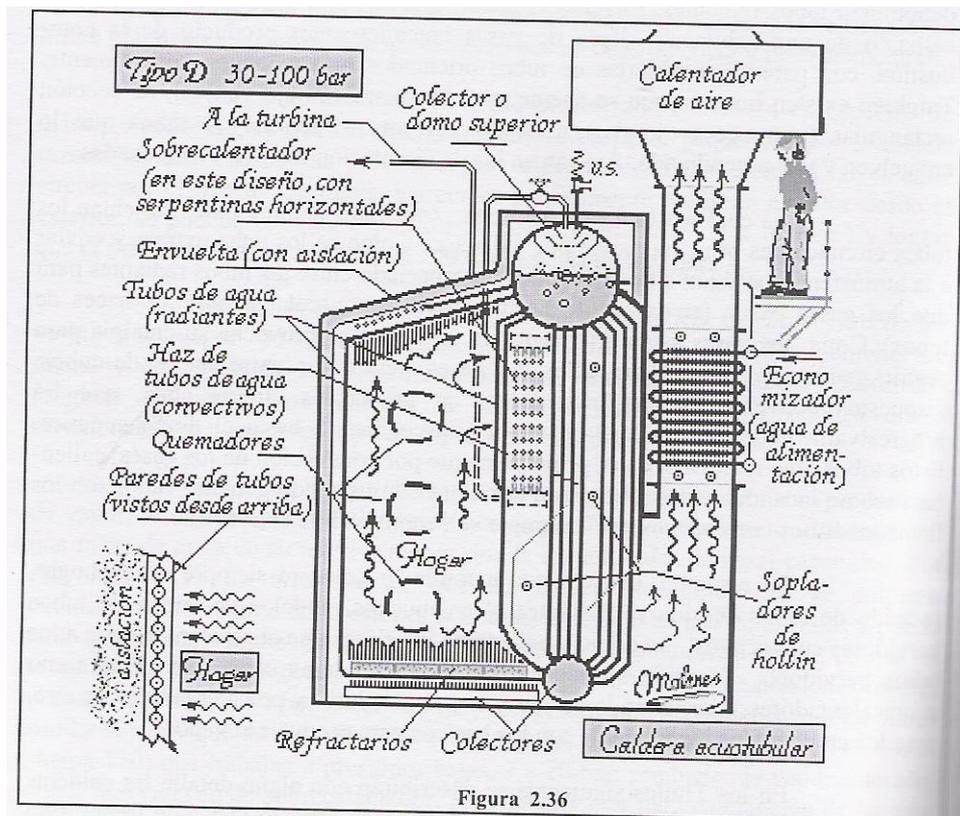


Figura 8.2.6.2. Caldera acuotubular tipo "D".

Fuente: Molanes, 2009. Compendio de vapor y máquinas térmicas.

En el proyecto se utilizará una caldera acuotubular de tipo "D" ya que son las más apropiadas desde el punto de vista de la presión de trabajo, las calderas humotubulares no están preparadas para trabajar a la presión que precisa el proyecto (25 bar). Se instalará un sobrecalentador para lograr obtener vapor sobrecalentado, un economizador que precaliente el agua a la entrada de la caldera y calentadores de aire antes de que ingresen al hogar aprovechando los gases de combustión antes de su salida a la atmósfera. En el hogar se quemará la biomasa utilizando una parrilla debido a que como se queman dos combustibles sólidos diferentes resulta más práctico y preciso que los quemadores. Se deberá programar el avance de la parrilla según el tipo de biomasa que se esté utilizando 2 veces al año para aumentar la eficiencia y evitar pérdidas de energía.

8.2.7. Sobrecalentador

A la salida de la caldera, el vapor que se encuentra saturado, pasa por un sobrecalentador para obtener a la presión de la caldera vapor a una temperatura mayor que la de saturación. Teóricamente este proceso es a presión constante y por lo tanto se tendría vapor sobrecalentado a la presión de trabajo de la caldera, pero en la realidad sucede que se produce

una caída de presión en las serpentinas del sobrecalentador debido a las pérdidas originadas por la viscosidad del fluido. Esta caída de presión puede variar entre un 4 y un 7% dependiendo del diseño del equipo. Es importante sobrecalentar el vapor que está saturado para que cuando el vapor se expanda en la turbina pueda hacerlo evitando que circule por la misma vapor húmedo producto del condensado. La importancia de evitar que haya vapor húmedo en la turbina se debe a que el vapor cuando se expande en la turbina alcanza velocidades de entre 1.000 y 1.450 km/h, con lo cual, si al viajar arrastra gotas de agua, las mismas chocarán contra el acero causando desgaste y roturas en la máquina.

El sobrecalentador consiste en una serie de tubos dispuestos en paralelo con codos de 180° por los cuales circula el vapor saturado y que están en contacto con los gases de combustión luego de que estos abandonan la caldera. De esta forma, el vapor saturado recibe calor para elevar su temperatura hasta convertirse en vapor sobrecalentado.

8.2.8. Turbina de vapor

La turbina de vapor es la máquina principal del ciclo Rankine, ya que el mismo se realiza para poder aprovechar el trabajo mecánico que ella puede entregar al generador eléctrico que tiene acoplado. La turbina convierte la energía de presión (entalpía) en energía mecánica. Cuanto mayor sea el salto entálpico o la diferencia de presión a la entrada y a la salida de la turbina, mayor será la energía entregada por ella.

La turbina consta de una corona de paletas fijas y otra corona de paletas móviles. En la corona de paletas fijas, la turbina convierte la energía de presión en energía cinética. El vapor ingresa en la turbina y pasa a través de las paletas fijas que están dispuestas de tal manera que funcionan como toberas y por medio de una reducción de sección logran acelerar el fluido perdiendo a su vez presión. El vapor acelerado a alta velocidad incide luego en la corona de paletas móviles que puede rotar transformando la energía cinética que había ganado en el paso anterior en trabajo mecánico.

Dada la gran diferencia que se debe obtener entre la presión de entrada y de salida de la turbina es necesario producir esta expansión en distintas etapas, escalonamientos, con el fin de obtener un mejor rendimiento de la operación. Si sólo se realizase la expansión en una etapa los grandes saltos entálpicos determinarían que las velocidades a la salida de las toberas serían excesivamente grandes, lo que impide lograr un funcionamiento eficiente. Las pérdidas en una turbina de n escalonamientos no son iguales a la suma de las pérdidas de n turbinas sino que son menores, ya que los escalonamientos de la turbina son capaces de recuperar parte de la energía degradada en el anterior escalón para generar energía mecánica. Sin embargo a medida que aumenta el número de escalonamientos la máquina se encarece, por lo que hay que buscar un buen equilibrio entre rendimiento y costes.

Las turbinas pueden ser de dos tipos según el movimiento de la corriente de vapor dentro del cuerpo de la turbina: axiales o radiales. En las primeras la circulación del vapor es paralela al eje de la turbina, mientras que en las segundas, la circulación se establece en un plano perpendicular al eje de la turbina. A su vez las turbinas axiales pueden ser de acción o

reacción según el tipo de escalonamiento que posean. En las turbinas de acción la expansión se produce en la corona fija (toberas) y en la corona móvil se produce exclusivamente la transformación de energía cinética en trabajo mecánico sin expansión ni caídas de presión. En las turbinas de reacción, en las paletas móviles, existe la conversión en energía mecánica pero además va acompañada de una caída de presión y por lo tanto hay también expansión que se debe a que la forma del espacio de circulación del vapor sea tal que actúe como tobera tal como lo hace en la parte fija.

8.2.9. Generador eléctrico

Un generador eléctrico es un dispositivo capaz de transformar la energía mecánica en eléctrica. Esta transformación se consigue por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos dispuestos sobre una armadura (estator). Si mecánicamente se produce un movimiento relativo entre los conductores y el campo, se generará una fuerza electromotriz (F.E.M.).

El generador está acoplado a la turbina y recibe de ella la fuerza mecánica suficiente como para poder realizar el movimiento que generará la fuerza electromotriz. La transformación de la energía contenida en la biomasa en energía eléctrica es la razón fundamental para la realización del proyecto.

8.2.10. Transformador

El Transformador es un dispositivo eléctrico que consta de una bobina de cable situada junto a una o varias bobinas más, y que se utiliza para unir dos o más circuitos de corriente alterna (CA) aprovechando el efecto de inducción entre las bobinas. La bobina conectada a la fuente de energía se llama bobina primaria. Las demás bobinas reciben el nombre de bobinas secundarias. Un transformador cuyo voltaje secundario sea superior al primario se llama transformador elevador. Si el voltaje secundario es inferior al primario este dispositivo recibe el nombre de transformador reductor. El producto de intensidad de corriente por voltaje es constante en cada juego de bobinas, de forma que en un transformador elevador el aumento de voltaje de la bobina secundaria viene acompañado por la correspondiente disminución de corriente.

En el caso del proyecto, lo que se utiliza es un transformador elevador, ya que se quiere elevar el voltaje de 15kV a la salida del generador a 33kV para poder acoplar la energía generada por la planta a la red de distribución del Sistema Interconectado Nacional.

8.2.11. Condensador

El condensador extrae el calor latente del agua de trabajo para volver a tener agua líquida. Cuando se utiliza vapor para generar potencia, en este caso moviendo una turbina, utilizando un circuito cerrado, es importante condensar el vapor una vez que sale de la máquina motriz para que resulte económico elevar la presión del agua utilizada en el ciclo para volver a iniciar el proceso. Este proceso debe realizarse a la menor temperatura posible para que el rendimiento del ciclo sea el más alto posible.

Dentro del condensador se forma vacío debido a la importante reducción de volumen específico que sufre el agua al condensar. Este vacío es el que logra dar a la turbina un salto entálpico grande entre la entrada y la salida de la misma, y por lo tanto, colabora en el desarrollo de trabajo y en el aumento del rendimiento térmico.

Para extraer el calor latente del vapor se requiere de una fuente fría, generalmente agua. En general, las grandes centrales térmicas se instalan en las márgenes de ríos, lagos y mares ya que el caudal de vapor que deben condensar es elevado. En estos casos se utiliza un ciclo abierto de agua de refrigeración, donde el agua es tomada de la fuente, circula por el condensador recibiendo calor del vapor a condensar y es nuevamente descargada previo tratamiento para no alterar el ecosistema.

En las zonas donde no se dispone de abundante agua, como es el caso del proyecto, lo que se utiliza para refrigerar es un circuito cerrado de agua con torres de enfriamiento que enfrían el agua con el aire del ambiente. El agua es tomada de un tanque de alimentación y enviada al condensador, luego de recibir el calor a disipar del vapor, el agua es bombeada a la parte superior de la torre donde se rocía hacia abajo perdiendo parte de su calor al entrar en contacto con el aire a menor temperatura que circula de abajo hacia arriba por la torre llevándose parte de ese calor. Luego el agua es llevada nuevamente al tanque de alimentación. Este tipo de refrigeración del condensador implica una eficiencia del ciclo menor que cuando se cuenta con fuentes de agua fría abundante, ya que la temperatura del agua de refrigeración no será tan baja como en el otro caso, por lo tanto, el calor cedido por el vapor en el condensador será menor y por lo tanto el salto entálpico en la turbina será asimismo menor.

En el caso del proyecto, al no contar con un río o lago en la zona de emplazamiento de la central, el condensador precisará contar con un circuito cerrado de agua de refrigeración con torres de enfriamiento. Considerando también que el clima es caluroso en verano, con temperaturas de entre 30 y 40°C y templado en invierno sin gran disminución de la temperatura, el enfriamiento del agua de refrigeración no será el ideal, con lo cual no se obtendrán temperaturas de 15 a 20°C del agua de refrigeración que logran obtener presiones de vapor de 0,05 bar en el condensador.

Funcionamiento

Para el funcionamiento del condensador se precisa de una diferencia de temperaturas entre el vapor a condensar y el agua de refrigeración, y una determinada superficie de intercambio. En este caso se utilizará un condensador de sección circular, 2 pasos y un intercambiador de calor de superficie de tipo tubular (los más usados, aunque puede ser de placas también) ya que es el más utilizado en instalaciones donde las cantidades de vapor a condensar son reducidas o moderadas, hasta 200 toneladas/hora. Como se verá más adelante, la masa de vapor en el ciclo del proyecto no excederá esta cantidad. La forma de construcción de 2 pasos sirve para facilitar el acceso al condensador y de esta forma realizar las tareas de mantenimiento y limpieza de los tubos por medio del cabezal de recirculación. Generalmente, el condensador se ubica debajo de la turbina para acentuar el salto entálpico e impedir el

ingreso de aire, el vapor entra por la parte superior del condensador perpendicular a los tubos de circulación de agua de refrigeración y sale por la parte inferior del condensador. Mientras condensa, el vapor está entregando calor latente, teóricamente a temperatura constante, mientras que el agua de refrigeración recibe calor sensible, con lo cual, la temperatura del agua de refrigeración aumenta entre 6 y 12°C.

8.2.12. Bomba

Una bomba es una máquina que se utiliza para desplazar un fluido líquido en contra de un gradiente de presión, esto significa que lo lleva desde un lugar donde la presión es menor a otro donde la presión es mayor. Las bombas se utilizan para distribuir y conducir líquidos en lugares donde no se puede realizar por gravedad.

En la instalación del proyecto, la bomba ocupa un lugar principal en el ciclo Rankine, pues la misma debe llevar el líquido condensado a muy baja presión hasta la caldera que está a una presión mucho más elevada. En las centrales reales, por lo tanto, no es solo una bomba la que realiza este trabajo sino que son dos: una que lleva el fluido de trabajo desde el condensador hasta un tanque de alimentación, y otra que lo recoge del tanque de alimentación y lo introduce en la caldera. El tanque de alimentación suele tener un desaireador para eliminar el aire que pueda estar disuelto en el agua luego del condensado y que si llega a la caldera favorece la oxidación del acero. El desaireador calienta el agua mientras está en reposo para lograr que ésta elimine de forma espontánea el aire contenido en ella, tanto el oxígeno como el dióxido de carbono.

Las bombas absorben potencia de otra máquina para poder entregar trabajo al fluido. En el proyecto, las bombas estarán alimentadas con energía eléctrica generada en la misma planta al igual que el resto de la instalación eléctrica.

8.2.13. Chimenea

Luego de pasar por la caldera y el sobrecalentador y de aprovechar el calor contenido en ellos, los gases provenientes de la combustión son liberados a la atmósfera luego de superar una serie de pasos.

Inmediatamente después de salir del sobrecalentador, se utilizan para precalentar el agua antes de su ingreso en la caldera, este dispositivo recibe el nombre de economizador, y se utilizan también para precalentar el aire que se requiere para la combustión en el calentador de aire.

Luego de aprovechar toda su entalpía remanente, los gases de la combustión pasan a través de un precipitador electrostático, el cual impide el paso de las cenizas que puedan haber fluido junto con los gases. Un precipitador electrostático es un dispositivo utilizado para la descontaminación del aire que utiliza las fuerzas eléctricas para la remoción de la fracción sólida de un efluente, dirigiendo las partículas hacia las placas del colector. Las partículas se cargan mediante el choque con iones gaseosos creados por la ionización del aire entre los electrodos, tras la carga las partículas siguen las líneas de campo producidas por el alto

voltaje hasta la superficie del electrodo colector. Las partículas son eliminadas de las placas de forma automática a través de un sistema de golpeteo y recolectadas en una tolva que se evacúa automáticamente y por lo tanto no necesita detenerse para vaciarse. En este caso, las cenizas recolectadas en el electrodo serán conducidas hasta el cenicero general al igual que las cenizas obtenidas en la combustión para tenerlas disponibles para su posterior utilización como mejoradores de suelo.

Una vez que la ceniza es retirada, los gases pasan entubados por el almacén de orujo para quitarle de esta forma la humedad contenida en el mismo y lograr una combustión más eficiente en la parrilla.

Aplicando el modelo gaussiano se puede obtener el impacto en el recurso aire de las emisiones gaseosas que libera la planta luego de la combustión de la biomasa. De esta manera se puede verificar que las emisiones gaseosas cumplen con los requisitos dispuestos por la ley vigente y que las concentraciones máximas de los gases al nivel de inmisión no superen los máximos permitidos. Con estos datos se puede diseñar la altura que deberá tener la chimenea para cumplir con las normas vigentes.

Se conocen de antemano los siguientes datos:

- Contaminantes a evaluar: En este caso se evalúa solo el monóxido de carbono.
- D_s : Diámetro de salida de los gases.
- V_s : Velocidad de salida de los gases.
- u : Velocidad del viento.
- T_s : Temperatura de salida de los gases.
- T_a : Temperatura atmosférica.
- g : Aceleración de la gravedad.
- x : Distancia desde la salida de gases hasta la población.

Cálculo de la sobreelevación del penacho

La sobreelevación del penacho es la altura máxima que alcanzan los gases una vez que salen por la chimenea. Para calcular la sobreelevación del penacho se utilizan las ecuaciones de Briggs. El ascenso del penacho dependerá de las condiciones atmosféricas y de la primacía del efecto de elevación por la flotación o por la velocidad de salida de los gases. Se calculan los parámetros Fb en m^4/s^3 para el flujo por flotación y Fm en m^4/s^2 para el flujo por cantidad de movimiento, dados por:

$$Fb = gV_s D_s^2 \left(\frac{\Delta T}{4T_s} \right) \quad Fm = V_s^2 D_s^2 \frac{T_a}{4T_s} \quad \Delta T = T_s - T_a$$

Se debe analizar la salida de los gases para condiciones neutras o inestables (estabilidades A, B, C, D, E, F), ya que en la zona del proyecto suele haber vientos bastante fuertes. Cuando la temperatura de salida de los gases es mayor o igual que la atmosférica como en el caso del

proyecto, debe determinarse si el ascenso está dominado por la flotación o por la cantidad de movimiento.

Para ello se calcula una diferencia de temperatura de corte ΔT_c

$$\text{Para } Fb < 55 \quad \Delta T_c = 0,029 T_s \frac{V_s^{1/3}}{D_s^{2/3}}$$

Si $\Delta T \geq \Delta T_c$, predomina la flotación y la sobreelevación del penacho se calcula:

$$\text{Para } Fb < 55 \quad \Delta h = 21,425 \frac{F_b^{3/4}}{u}$$

Cálculo de la altura efectiva de la chimenea

La altura efectiva de la chimenea (H) se calcula como:

$$H = h (m) + \Delta h (m)$$

En donde: $h (m)$ = Altura real de la chimenea.

$\Delta h (m)$ = Sobreelevación del penacho de humo.

Determinación del Caudal de Emisión

$$E(g/s) = P \left(\frac{\text{ton}}{\text{año}} \right) * f \left(\frac{g}{\text{ton}} \right) * \frac{1}{\alpha} \left(\frac{\text{año}}{\text{días}} \right) * \frac{1}{\beta} \left(\frac{\text{día}}{h} \right) * \frac{1}{3600} \left(\frac{h}{s} \right)$$

Siendo:

$P(\text{ton/año})$ = Biomasa que se quema por año.

$f(g/\text{ton})$ = Factor de emisión, es función del contaminante

α = días durante los que se trabaja en el transcurso del año.

β = horas de trabajo por día

Coeficientes de dispersión σ_y y σ_z

Se les conoce como σ_y y σ_z (m) a los Desvíos Standard o Coeficientes de Dispersión de la distribución de concentración del contaminante en el penacho según el eje horizontal y vertical respectivamente. Estos desvíos resultan función de la turbulencia de la atmósfera (clase de estabilidad) y de la coordenada x a la que estemos calculando la concentración del contaminante. La turbulencia de la atmósfera depende de la insolación, de la nubosidad, de la velocidad del viento, etc., definiéndose seis clases de estabilidad atmosférica (A, B, C, D, E, F). Siendo la clase A la de mayor inestabilidad y la F, la de máxima estabilidad. La forma de calcular ambos desvíos viene dada por las siguientes ecuaciones:

$$\sigma_y = a x^n$$

$$\sigma_z = b x^n$$

Siendo a, b y n, parámetros experimentales que dependen de la clase de estabilidad.

Clase de estabilidad	Valor del parámetro		
	a	b	n
A	0,4	0,41	0,91
B	0,36	0,33	0,86
C	0,36	0,3	0,86
D	0,32	0,22	0,78
E	0,31	0,16	0,74
F	0,31	0,06	0,71

Tabla 8.2.13.1. Parámetros experimentales a, b y n para el cálculo de los coeficientes de dispersión.

Determinación de la Concentración Máxima a Nivel Suelo

Se determina la concentración de contaminante, en la dirección del viento a nivel de inmisión, lo que implica que $z = 0$, $y = 0$ en la siguiente ecuación.

$$c_{(x,0,0,H)} (\mu g / m^3) = \frac{10^6 * E \left(\frac{g}{s} \right)}{\pi \sigma_z \sigma_y u (m/s)} * e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{H}{\sigma_z} \right)^2}$$

De todas las concentraciones posibles que se verifican sobre el eje x, interesa la máxima.

$$c_{m\acute{a}x} (\mu g / m^3) = \frac{0.234 * 10^6 * E \left(\frac{g}{s} \right)}{u (m/s) * H^2} * \frac{\sigma_z}{\sigma_y}$$

De aquí se obtiene la coordenada x donde se produce la concentración máxima:

$$x_{m\acute{a}x} = \sqrt[n]{\frac{H}{b\sqrt{2}}}$$

Siendo:

H: altura efectiva de la chimenea (m)

b y n: parámetros experimentales que se obtienen de la tabla 8.2.13.1 de la página 86, en función de la clase de estabilidad.

Los valores admisibles de concentración de CO según la resolución 242/97 están en los 10 mg/m³ promedio para 8 horas, con lo cual habría que ajustar las concentraciones que se obtuvieron de la aplicación del modelo gaussiano, ya que el mismo está estipulado para 1 hora. Para llevar esta concentración a 8 horas, se debe aplicar la siguiente ecuación:

$$C_{8hs} = 0,7 C_{1h}$$

De esta forma, se busca que la chimenea sea lo suficientemente alta como para que la concentración máxima a nivel del suelo sea menor a la permitida en la resolución 242/97 para los casos tanto de mayor inestabilidad como para los de mayor estabilidad. Por lo tanto, para el caso del proyecto, la chimenea deberá tener 25 metros de altura aproximadamente.

8.2.14. Cenizas

Las cenizas obtenidas como residuo en la generación de energía eléctrica y que se recolectan tanto en la parrilla como en la chimenea se utilizarán como mejoradores de suelo y se venderán en este sentido a productores agrícolas de la zona. Una vez obtenidas se las combinará con hidróxido de calcio para neutralizar su Ph y luego se pelletizarán para poder comercializarlas como fertilizantes para el suelo. Este es otro aspecto ambiental importante del proyecto, ya que no solo presenta una solución para aprovechar residuos de procesos industriales y agrícolas anteriores, sino que además el proyecto no genera ningún residuo de envengadura ya que cierra el ciclo completamente.

8.3. Ciclo de vapor

La base de funcionamiento de la central descrita en el proyecto es a partir de un ciclo Rankine de vapor. Se opera en un ciclo cerrado para ahorrar en el fluido de trabajo (agua). En el proyecto se trabajará con un ciclo Rankine con sobrecalentamiento ya que el mismo permite obtener vapor a una temperatura mayor a la de saturación y por lo tanto una mayor entalpía que la que corresponde al vapor saturado. Dado que es una planta pequeña, esta es la mejor configuración desde el punto de vista costo – eficiencia.

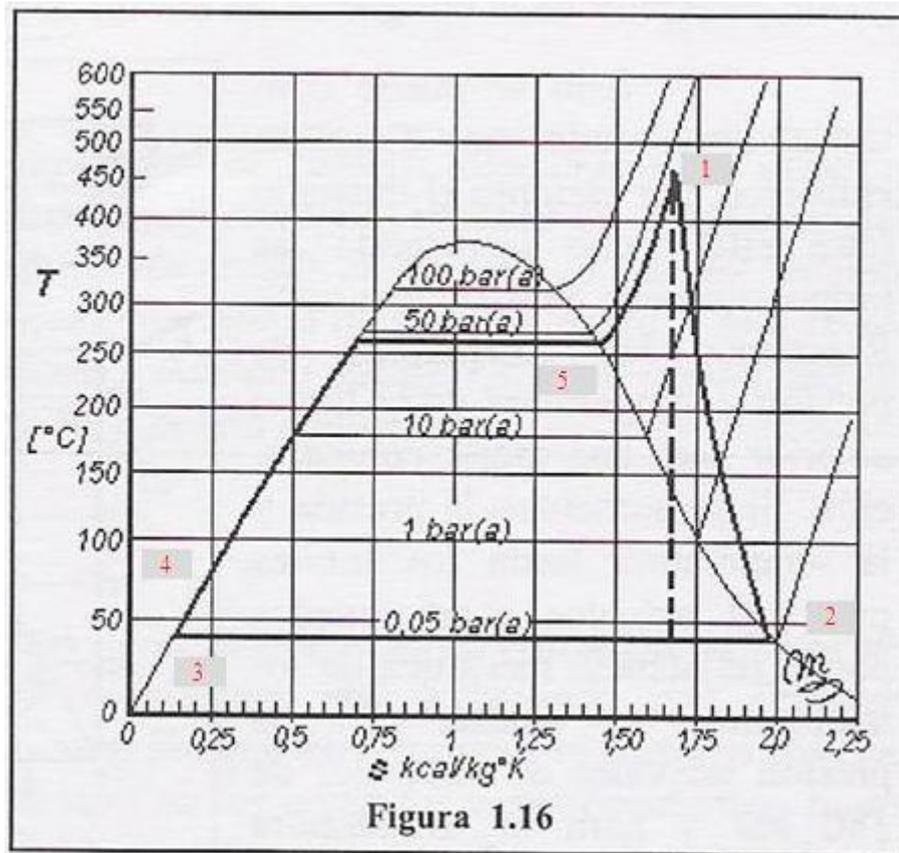


Figura 8.3.1. Diagrama T-S de un ciclo Rankine con sobrecalentamiento

Fuente: Molanes, 2009. Compendio de vapor y máquinas térmicas.

El diagrama muestra como es la evolución del fluido de trabajo a lo largo del ciclo Rankine no ideal. Dentro de la campana el agua se encuentra tanto en estado líquido como en estado gaseoso.

Para poder operar con la sustancia de trabajo se requieren determinados elementos que ya fueron nombrados oportunamente:

- 1- Una máquina destinada a producir el trabajo deseado (turbina): Esta trabaja aprovechando la energía almacenada en el fluido en forma de presión y temperatura. Es el elemento fundamental de la instalación, ya que es a través del cual se capitaliza la energía contenida en la biomasa.
- 2- Un generador de vapor (caldera): Está diseñada para producir vapor de la forma más eficiente posible, y el requerimiento que debe satisfacer es producir una cantidad dada de vapor con una presión y temperatura determinadas.

- 3- Condensador: Es un equipo destinado a condensar el vapor que sale de la máquina productora de trabajo útil para llevarlo al estado líquido. La razón por la cual se lo incorpora es porque resulta más económico elevar la presión de un líquido (agua) con una bomba que comprimir un gas o vapor.
- 4- Bomba: Es una segunda máquina, compresora en lugar de expansora como la que se mencionó en primer término. Absorbe trabajo de otra fuente para poder elevar la presión del agua para que ésta pueda reingresar al generador de vapor. El accionamiento de la bomba puede ser cualquiera, como por medio de un motor eléctrico, un motor de combustión interna o una máquina de vapor, lo que resulte más adecuado. En este caso en particular será a través de un motor eléctrico que funcione a partir de la misma energía eléctrica generada por la planta.
- 5- Sobrecalentador: El mismo será utilizado en el proyecto para elevar el rendimiento y la capacidad de generación del sistema. Cómo se procede a sobrecalentar depende de la planta. Existen plantas donde el sobrecalentador es un equipo independiente, provisto de su propia fuente térmica, quemando algún tipo de combustible. También hay plantas probablemente las más numerosas, donde el sobrecalentador es un aditamento de la caldera, tanto externo como interno, o una combinación de ambos, de modo de usar como fuente caliente los gases de combustión antes de que salgan por la chimenea.

En el Diagrama T-S se pueden observar los diferentes estados del agua en el ciclo. El número 1 indica el momento antes de ingresar en la turbina. En este instante se tiene vapor sobrecalentado, el mismo pasa por la turbina expandiéndose y entregando trabajo a la misma. En el caso ideal, se conserva la entropía y el resultado de la expansión daría como resultado un vapor húmedo, lo cual no es aconsejable para la turbina. Pero al considerar el rendimiento de la misma, se obtiene una situación real de vapor con un título cercano a 1 (vapor saturado).

En la turbina se pierde presión, por lo tanto el instante 2 es el momento justo antes de ingresar al condensador a una presión baja. En el condensador se lleva el vapor saturado a líquido saturado manteniendo constantes la presión y la temperatura. Aquí arribamos al punto 3 que es a la salida del condensador y a la entrada de la bomba.

En la bomba se produce la compresión adiabática, durante la cual en una bomba ideal se conserva la entropía. A la salida de la bomba tenemos el punto 4, a la entrada de la caldera.

En la caldera se eleva la temperatura manteniendo constante la presión y se lleva el agua a vapor saturado. En este punto (5) se coloca el sobrecalentador para llevar el vapor saturado a vapor sobrecalentado y obtener de este modo una mayor potencia en la turbina.

8.3.1. Cálculos del proyecto

En la planta del proyecto se quieren producir 6.000 kW las 24 horas del día durante 360 días al año para que se acoplen al Sistema Interconectado Nacional a través de la línea de 33 kV junto a la ruta 38 que une la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca con Chumbicha, Tecnología propuesta

ciudad donde se emplazará la central del proyecto. Por lo tanto si se proyecta un rendimiento del generador del 85%, un rendimiento en la turbina del 82% y un rendimiento en la bomba del 70%; se pueden calcular las características en el fluido de trabajo de la siguiente manera:

$$\text{Potencia} = \text{Potencia}_{\text{salida del generador}} = 6.000 \text{ kW}$$

Entonces:

$$\text{Potencia}_{\text{salida turbina}} = \text{Potencia}_{\text{alimentación del generador}} = \text{Potencia} / \eta_{\text{generador}} = 6.000 / 0,85 = 7.060$$

$$\text{Potencia}_{\text{entrada turbina}} = \text{Potencia}_{\text{salida turbina}} / \eta_{\text{turbina}} = 7.060 / 0,76 = 9300 \text{ kW}$$

Esta es la potencia que debe ser suministrada por el vapor. El objetivo de la planta es lograr generar vapor con las características tales que en su expansión en la turbina le entreguen a la misma esta cantidad de potencia. Para realizar los cálculos del ciclo que permitan obtener este vapor y por consiguiente esta potencia se utilizan las tablas de vapor y el diagrama de Mollier. A través de estos cálculos se puede dimensionar la planta y saber en forma precisa cual es el estado del fluido de trabajo en cada etapa del proceso, la presión de trabajo de la caldera y las condiciones de la expansión en la turbina.

Si se fija la temperatura del vapor en 480°C (temperatura a la cual funcionan muchas plantas de este tamaño) y se estima el título del vapor a la salida de la turbina en 0,99 se tantea para encontrar las condiciones de entrada a la misma que hagan el mejor uso de la instalación. En este caso, las condiciones a la entrada de la turbina deberán ser las siguientes (se utiliza el diagrama del ciclo 8.3.1 de la página 80 para las referencias):

$$P_1 = 22 \text{ bar}; T_1 = 480^\circ\text{C}; h_1 = 3410 \text{ kJ/kg} \text{ (Diagrama de Mollier)}$$

La turbina descarga a un condensador a un vacío del 90%, es decir, una presión absoluta de 0,1 bar. Esta es la mínima presión que se puede conseguir en la zona donde será emplazada la planta, ya que no se cuenta con una fuente de agua fría abundante que permita condensar a menor presión. El agua de refrigeración deberá transitar un ciclo cerrado con torres de enfriamiento que permiten transferir el calor del agua que las atraviesan al medio ambiente. Se debe tener en cuenta que la temperatura del aire en la zona del Valle Central llega a los 40 °C en verano y es templado en el invierno. Como ya se explicó anteriormente, el rendimiento térmico de la instalación baja debido a que no se puede maximizar la diferencia de entalpía a la entrada y a la salida de la turbina. Según lo que se ve en el Diagrama T-S, la expansión ideal en la máquina estaría dando un vapor húmedo con cerca del 20% de agua líquida, lo cual es excesivo para una turbina, pero al considerar el rendimiento de la misma, se obtiene un vapor casi saturado. Conociendo la presión en el punto 2, 0,1 bar, podemos obtener la entalpía ideal a la salida de la turbina a partir del diagrama de Mollier ya que se conserva la entropía.

$$h_{2s} = 2.320 \text{ kJ/kg}$$

Considerando entonces el rendimiento de la turbina obtenemos la entalpía real en el punto 2:

$$\eta_t = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_{2s}}$$

$$h_2 = 2.513,75 \text{ kJ/kg}$$

Esto da como resultado un título de 0,98 el cual es aceptable. Para obtener el título se precisa de la siguiente fórmula:

$$h = h_l + x(h_v - h_l)$$

Donde x representa el título de composición del fluido de trabajo siendo 0, líquido saturado y 1 vapor saturado.

Por lo tanto si la presión a la entrada de la turbina será de 22 bar, la presión de trabajo de la caldera deberá ser mayor para contemplar las pérdidas de presión por fricción contra las paredes a lo largo de las cañerías de distribución del vapor y las pérdidas en los accesorios, y las pérdidas que ocurran en el sobrecalentador, todas debido a la viscosidad del fluido. Si se supone que las pérdidas de presión en las cañerías serán de un 5% y en el sobrecalentador de un 6% se tendrá entonces:

$$P_{\text{salida sobrecalentador}} = 22 \text{ bar}/0,95 = 23,2 \text{ bar}$$

$$P_{\text{entrada sobrecalentador}} = P_{\text{salida caldera}} = 23,2 \text{ bar}/0,94 = 24,6 \text{ bar}$$

Por lo tanto, la presión de trabajo de la caldera será de 24,6 bar.

Conociendo el salto entálpico real en la turbina se puede obtener la masa de vapor necesaria para obtener los 9.300 kW.

$$W_t = m (h_2 - h_1)$$

$$m = 10,37 \text{ kg/s}$$

Se considera generalmente en este tipo de instalaciones un 2% de pérdidas por fugas al exterior y un 8% de pérdidas por purgas en la caldera, con lo cual resulta un caudal de masa de vapor un 10% superior al necesario para dar trabajo a la turbina y conseguir la potencia deseada. La masa de vapor en la caldera será:

$$m = 11,52 \text{ kg/s}$$

El vapor entra al condensador en el punto 2 y sale condensado en el punto 3. En esta etapa no se efectúa ningún trabajo pero hay un intercambio importante de calor puesto que el vapor cede todo su calor latente a algún medio refrigerante, en este caso agua. Conociendo la presión a la cual se condensa se pueden obtener las características del fluido de trabajo en el punto 3 del ciclo a partir de las tablas de vapor, esto es a la entrada de la bomba, ya que el mismo corresponde al líquido saturado a esa presión.

$$P_3 = 0,1 \text{ bar}; T_3 = 45,81^\circ\text{C}; h_3 = 137,8 \text{ kJ/kg}$$

En el punto 3 el agua se encuentra saturada a la presión del condensador (0,1 bar) e idealmente y a los efectos de los cálculos a la temperatura de saturación. En la realidad se encuentra un poco por debajo de la misma. A partir de aquí se debe elevar la presión del agua a una presión suficiente como para que ingrese a la caldera. En el circuito real existen dos bombas, una de extracción de condensado que bombea el agua hasta el tanque de alimentación que incorpora un desaireador y trabaja a una presión de 0,3 a 1 bar y otra que la toma de este y lo introduce en la caldera para la generación de vapor. A efectos de simplificar los cálculos se tomarán las dos bombas como una sola bomba que eleva la presión a la salida del condensador hasta la presión de la caldera utilizando la siguiente ecuación que se aplica a las bombas, mediante la cual se pueden obtener las propiedades termodinámicas del fluido a la entrada de la caldera. En el diagrama T-S, estos dos puntos, la entrada y la salida de las bombas son coincidentes ya que en este proceso en condiciones ideales la entropía y la temperatura se conservan:

$$h_{\text{entrada}} - h_{\text{salida}} \approx V_{\text{entrada}} (P_{\text{entrada}} - P_{\text{salida}})$$

Se obtiene entonces la entalpía ideal para el punto 4:

$$h_{4s} = 140,26 \text{ kJ/kg}$$

Utilizando la misma expresión de rendimiento que para la turbina se calcula la entalpía real del fluido en el punto 4 y el resto de sus características:

$$P_4 = 24,6 \text{ bar}; T_4 = 33,1^\circ\text{C}; h_4 = 139,52 \text{ kJ/kg}$$

Se registra un ligero aumento de la temperatura debido a que el proceso no es ideal.

Luego de ser comprimido de forma adiabática en la bomba, el fluido ingresa en la caldera donde aumenta su temperatura hasta la de ebullición, recibiendo calor sensible, alcanza luego el estado de vapor saturado seco recibiendo calor latente a temperatura constante (224°C). En este punto se tiene vapor saturado con las siguientes características:

$$P_5 = 24,6 \text{ bar}; T_5 = 224^\circ\text{C}; h_5 = 2.803,1 \text{ kJ/kg}$$

El calor necesario en la caldera para lograr obtener vapor saturado a esa presión se calcula como la diferencia de entalpías entre la salida y la entrada a la misma.

$$Q_{\text{caldera}} = m (h_5 - h_4)$$

$$Q_{\text{caldera}} = 30.707 \text{ kW}$$

Considerando que la biomasa empleada en el proyecto posee un poder calorífico de 3.800 kcal/kg como ya se describió antes, se obtiene la masa necesaria que hay que quemar en la caldera para conseguir el calor deseado.

$$3.800 \text{ kcal/kg} = 15.910,6 \text{ kJ/kg}$$

Si se deben producir 30.707 kW de calor significa que se deben quemar:

$$m_{\text{biomasa}} = \frac{30.707 \text{ kJ/s}}{15.910,6 \text{ kJ/kg}} = 1,93 \text{ kg/s}$$

Se deben quemar 1,93 kg de biomasa por segundo en la caldera para lograr conseguir el caudal de vapor que permita accionar la turbina para generar la energía deseada, en una hora se consumirán 6.940 kg de biomasa y en un día 166,7 toneladas. Por lo tanto, en 360 días se necesitará contar con 60.075 toneladas de biomasa. Se observa entonces, que la planta está correctamente dimensionada y que la biomasa que se precisa para poder producir los 6 MW de potencia es exactamente la establecida en el cuadro 6.2.1.1 de la página 51.

Luego de pasar por la caldera, el vapor recibe nuevamente calor sensible para sobrecalentarse hasta los 480°C, todo a presión relativamente constante (como se vio al comienzo de la explicación, se pierde presión en el sobrecalentador). Las condiciones del fluido a la salida del sobrecalentador son equivalentes a las condiciones a la entrada de la turbina en 1. Por lo tanto, el calor empleado para obtener el vapor en las condiciones propicias para mover la turbina está dado por el salto entálpico que supone llevar el líquido saturado a vapor sobrecalentado.

$$Q_{c+s} = m_s(h_1 - h_4) + m_c(h_5 - h_4)$$

$$Q_{c+s} = 37.000 \text{ kW}$$

Este calor es el calor que se debe entregar al vapor para que éste pueda generar el trabajo deseado. Por lo tanto, se deduce que para poder obtener energía eléctrica primero se debe generar energía térmica. La relación entre el trabajo total producido y el calor total que se debió transferir al fluido para ello es lo que se conoce como rendimiento térmico. En este caso el mismo es:

$$\eta_{\text{térmico}} = W_{\text{total}} / Q_{\text{total}} = 896,25 \text{ kJ/kg} / 3.270 \text{ kJ/kg} = 27.4\%$$

Este es un rendimiento que si bien es relativamente bajo comparado con las grandes centrales eléctricas donde el rendimiento térmico suele ser de alrededor del 45%, para las dimensiones de la planta del proyecto es un rendimiento aceptable. Igualmente, una manera de aumentar el rendimiento es usar fuentes térmicas residuales (condensados, vapor obtenido de purgas, etc.) para precalentar el agua de alimentación antes de su paso por el economizador. Esto se estudiaría en una segunda fase del anteproyecto.

9. ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO

El análisis siguiente sirve para determinar la factibilidad del proyecto desde el punto de vista económico-financiero, ya que si bien el hecho de generar energía eléctrica sin consecuencias negativas para el medio ambiente debería ser una prioridad tanto para el sector público como para el sector privado, la realidad indica que sólo se llevará a cabo si se obtienen réditos económicos. Es por esto que el siguiente análisis se llevará a cabo desde el punto de vista del inversor.

El análisis económico financiero del proyecto en cuestión se efectúa para un período de 10 años. Para todos estos años se detallarán el Cuadro de Resultados, el Balance y el Flujo de Fondos que permitan calcular el VAN, la TIR y el periodo de repago de la inversión y a través de estos valores se analiza la conveniencia de invertir o no en un proyecto de estas características. Para que se comprenda mejor que significan cada uno de estos parámetros que permiten evaluar la factibilidad del proyecto, se expone una pequeña explicación a continuación.

VAN (Valor Actual Neto): Es el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La forma de calcularlo consiste en descontar al momento actual, es decir, actualizar mediante una tasa todos los flujos de caja futuros del proyecto. A este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto. Si este valor es positivo, significa que el proyecto es rentable. Cuanto mayor sea el VAN, más rentable será el proyecto.

TIR (Tasa Interna de Retorno): Es la tasa de descuento que hace que el VAN de una inversión sea igual a cero. Para evaluar positivamente al proyecto, la TIR debe ser mayor o igual a la tasa esperada por el inversor.

Periodo de repago: Es el plazo en el que se recupera la inversión. Cuanto menor sea el periodo de repago más atractivo será el proyecto.

La inversión inicial en un proyecto de este tipo se estima en US\$ 2 millones por MW instalado. En este proyecto se montará una central con capacidad para producir 6 MW con lo cual se calcula una inversión inicial de US\$ 12 millones. Es preciso que las ganancias obtenidas por la operación de esta central permitan recuperar esa inversión en el menor tiempo posible y generar suficiente ganancia como para que sea atractivo invertir en un proyecto de estas características.

A continuación se presenta el Cuadro de Resultados del proyecto para los 10 años de análisis mediante el cual se obtienen el margen operativo bruto y la utilidad neta del proyecto.

Utilización de biomasa para la generación de energía eléctrica

CUADRO DE RESULTADOS											
A) Ingresos:											
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Tarifa eléctrica para la venta a la red (u\$/kWh)	0.082	0.085	0.087	0.090	0.092	0.095	0.098	0.101	0.104	0.107	0.110
Tasa estimada de incremento de esa tarifa		3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
Volumen de electricidad que se vende a la red (mWh)	50,803	50,803	50,803	50,803	50,803	50,803	50,803	50,803	50,803	50,803	50,803
Tasa estimada de incremento de ese volumen		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Ingresos por venta de energía eléctrica a la red		4,294	4,422	4,555	4,692	4,832	4,977	5,127	5,280	5,439	5,602
Venta de subproductos (pellets fertilizantes)	10 us\$/Ton	90.11	92	94	96	98	99	101	104	106	108
Tasa estimada de incremento de ese importe inicial		2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
Ingresos por venta de subproductos		92	94	96	98	99	101	104	106	108	110
Ingresos por venta de bonos de carbono	14 us\$/TonCO2	460.17	469	479	488	498	508	518	529	539	550
Subsidio Ley Nacional 26.190	0.015 \$/KWh		195	199	203	207	212	216	220	224	229
Tasa estimada de incremento de esos ingresos		2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
Otros ingresos		665	678	692	705	720	734	749	764	779	794
TOTAL DE INGRESOS OPERATIVOS		5,050	5,194	5,342	5,495	5,651	5,813	5,979	6,150	6,325	6,506
B) Gastos:											
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Costo de transporte de la biomasa	11.65 \$/Ton	2.987	3.077	3.169	3.264	3.362	3.463	3.567	3.674	3.784	3.898
Tasa estimada de incremento de ese precio		3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
Volumen de consumo de biomasa (Tn)	60,075	60,075	60,075	60,075	60,075	60,075	60,075	60,075	60,075	60,075	60,075
Tasa estimada de incremento de ese volumen		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gastos derivados del abastecimiento de biomasa		185	190	196	202	208	214	221	227	234	241
Mantenimiento de la instalación	100	103	106	109	113	116	119	123	127	130	134
Compra de materiales químicos	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	81
Coste de personal	750	773	796	820	844	869	896	922	950	979	1,008
Seguros, servicios, alquileres, derechos y otros	80	82	85	87	90	93	96	98	101	104	108
Tasa estimada de incremento de esos gastos		3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
Honorarios Desarrollador / Gerenciamiento	375	375	375	375	375	375	0	0	0	0	0
Gastos de operación y mantenimiento	1,365	1,395	1,425	1,457	1,489	1,523	1,182	1,218	1,254	1,292	1,331
TOTAL DE GASTOS OPERATIVOS		1,580	1,616	1,653	1,691	1,731	1,396	1,438	1,481	1,526	1,572
MARGEN OPERATIVO BRUTO (A-B)		3,471	3,578	3,689	3,803	3,921	4,416	4,541	4,668	4,800	4,935
- Amortización		1,300	1,300	1,300	1,300	1,300	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
UTILIDAD BRUTA		2,171	2,278	2,389	2,503	2,621	3,216	3,341	3,468	3,600	3,735
- Intereses		688	563	438	313	188	62	0	0	0	0
Beneficio antes de impuestos		1,483	1,716	1,952	2,191	2,433	3,154	3,341	3,468	3,600	3,735
Impuesto a las ganancias	35%	35%	35%	35%	35%	35%	35%	35%	35%	35%	35%
- Impuestos		519	601	683	767	852	1,104	1,169	1,214	1,260	1,307
BENEFICIO NETO		964	1,115	1,269	1,424	1,582	2,050	2,171	2,254	2,340	2,428

Tabla 9.1. Cuadro de resultados del proyecto.

En el cuadro las cifras están expresadas en miles de dólares y se toma el valor del dólar a \$3,9/US\$. En cada ítem del mismo se coloca una tasa de incremento que tiene que ver con el aumento del precio esperado año a año de ese ítem debido tanto a inflación como a cambios en el tipo de cambio.

Entre los ingresos del proyecto se tiene principalmente la venta de energía eléctrica a la red Nacional administrada por CAMMESA. El precio de venta a CAMMESA del MW/h es de \$ 320 y se venden a la red 50.803 MW/h por año, ya que se descuenta el 2% del total producido para consumo interno de la central. El precio de venta puede ir subiendo, pero los MW/h suministrados no se modificarán ya que la planta está dimensionada para funcionar al máximo de su capacidad.

El segundo ingreso del proyecto está dado por la venta de los subproductos obtenidos en el proceso de generación de energía eléctrica, esto es la ceniza que se obtiene durante la combustión de la biomasa. La misma combinada con hidróxido de calcio para alcalinizar su pH, es un excelente fertilizante para el suelo por su alto contenido de fósforo y potasio. Las cenizas se comercializan pelletizadas y el precio de venta por tonelada de ceniza pelletizada está en los US\$ 10. Por lo tanto, sabiendo que la masa de cenizas obtenidas en la combustión es de aproximadamente un 15% de la masa inicial, esto es 60.075 toneladas de biomasa, se pueden calcular los ingresos por la venta de las cenizas.

El tercer ingreso que obtiene el proyecto es el de los *bonos de carbono* creados en el Protocolo de Kyoto. Los bonos de carbono son un mecanismo internacional de descontaminación para reducir las emisiones de carbono y otros gases contaminantes al medio ambiente; es uno de los tres mecanismos propuestos en el Protocolo de Kyoto para la reducción de emisiones causantes del calentamiento global o efecto invernadero (GEI o gases de efecto invernadero).

El sistema ofrece incentivos económicos para que empresas privadas contribuyan a la mejora de la calidad ambiental y se consiga regular la emisión generada por sus procesos productivos, considerando el derecho a emitir CO₂ como un bien canjeable y con un precio establecido en el mercado. La transacción de los bonos de carbono —un bono de carbono representa el derecho a emitir una tonelada de dióxido de carbono— permite mitigar la generación de gases de efecto invernadero, beneficiando a las empresas que no emiten o disminuyen la emisión y haciendo pagar a las que emiten más de lo permitido.

Las reducciones de emisiones de GEI se miden en toneladas de CO₂ equivalente, y se traducen en Certificados de Emisiones Reducidas (CER). Un CER equivale a una tonelada de CO₂ que se deja de emitir a la atmósfera, y puede ser vendido en el mercado de carbono a países Anexo I (industrializados, de acuerdo a la nomenclatura del protocolo de Kyoto). Los tipos de proyectos que pueden aplicar a una certificación son, por ejemplo, generación de energía renovable o limpia, mejoramiento de eficiencia energética de procesos, forestación, limpieza de lagos y ríos, etc. Es decir, proyectos como el que se detalla en este estudio.

En un esfuerzo por reducir las emisiones que provocan el cambio climático en el planeta, como el calentamiento global o efecto invernadero, los principales países industrializados -a excepción de Estados Unidos- han establecido un acuerdo que establece metas cuantificadas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para el 2012: al menos un 5% menos que las emisiones mundiales del año 1990. Para cumplir se están financiando proyectos de captura o abatimiento de estos gases en países en vías de desarrollo, acreditando tales disminuciones y considerándolas como si hubiesen sido hechas en su territorio. Por lo tanto, por ejemplo, una empresa en Francia que tiene altas emisiones de carbono y no las puede reducir, decide comprar bonos de carbono que se dejan de emitir a la atmósfera a raíz de un proyecto en Argentina para evitar ser penalizada por el gobierno de su país.

El administrador del Sistema Interconectado Nacional, CAMMESA, elabora un ranking de productores de energía eléctrica de acuerdo al nivel de contaminación en la producción del

MW/h que posee cada productor. En base a ese ranking va haciendo uso de los MW instalados según sea la demanda del momento. Los productores limpios tienen el beneficio de estar siempre a la cabeza de ese ranking, con lo cual, se aseguran que siempre venderán todo lo producido y además desplazan de la red a productores más contaminantes. Actualmente en el mercado los bonos de carbono tienen un valor de US\$ 14 por tonelada de carbono que se disminuye. El factor de emisión de la red eléctrica argentina es de 0,647 toneladas de carbono por MW/h producido. El proyecto al generar 50.803 MW/h de energía limpia al año desplaza de la red nacional el equivalente a 32.869 toneladas de carbono, con lo cual vende esa cantidad de toneladas al mercado de bonos de carbono.

El último ingreso del proyecto viene dado a raíz de la Ley Nacional 26.190. Esta ley declara de interés nacional la generación de energía eléctrica a partir del uso de fuentes de energía renovables con destino a la prestación de servicio público como así también la investigación para el desarrollo tecnológico y fabricación de equipos con esa finalidad. Establece como objetivo lograr una contribución de las fuentes de energía renovables hasta alcanzar el 8% del consumo de energía eléctrica nacional, en el plazo de 10 años a partir de la puesta en vigencia del presente régimen. Como se detalló al principio de este trabajo, la generación de energía eléctrica a partir del uso de fuentes renovables en Argentina exceptuando la generada a partir de energía hidráulica es tan solo del 0,1% del total de la energía generada en el país. Con el propósito entonces de incentivar el desarrollo de proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables es que la Secretaría de Energía de la Nación otorgará un subsidio para remunerar en hasta \$ 0,015/kWh efectivamente generados por sistemas de energía geotérmica, mareomotriz, biomasa, gases de vertedero, gases de plantas de depuración y biogás, a instalarse que vuelquen su energía en los mercados mayoristas o estén destinados a la prestación de servicios públicos. Por lo tanto el ingreso obtenido a partir de este subsidio es de \$ 0.015/ kWh por los 50.803 MW/h que produce la planta del proyecto y que vuelca al Sistema Interconectado Nacional a través de la línea de 33 kV sobre la ruta Nacional N° 38.

Hasta aquí se detallaron los ingresos operativos del proyecto, a continuación se explican los gastos operativos de la central.

El primer gasto es por el costo de flete de transporte de la biomasa desde su ubicación original en los campos de olivos y en las plantas de producción de aceite de oliva hasta la planta del proyecto. La obtención de la biomasa utilizada como materia prima en el proyecto no tiene ningún costo para el mismo ya que presenta un beneficio tanto para los productores que la obtienen como para la sociedad local, a los primeros les resuelve un problema de espacio y de tratamiento de residuos, mientras que a la sociedad la beneficia a raíz de la contaminación que evita. El abastecimiento de la materia prima, que fue explicado anteriormente, se hará en camiones *semi* de 60 m³ de capacidad y 30 toneladas de carga con un costo de \$ 4,37/km. Si se considera un trayecto promedio de 80 km y se tiene un total de 60.075 toneladas a transportar por año, se obtiene tanto el costo de transporte por tonelada como el costo total de flete por año. Estos serían todos los costos asociados a la obtención de la materia prima.

Por otra parte se tienen los gastos por costos de operación y mantenimiento de la planta. Entre los cuales se encuentra: el mantenimiento de la instalación, la compra de materiales químicos (tanto para mantenimiento de la caldera y demás instalaciones como para tratamiento de las cenizas), costo del personal (se calculan 30 personas con un sueldo promedio de \$ 5.000), seguros, alquileres y otros. Todos estos gastos operativos se ajustan año a año a una tasa estimada de incremento. Entre estos egresos, se encuentran los honorarios del desarrollador del proyecto, los mismos se calculan como un 15% de la inversión inicial a ser pagados en 5 años.

La diferencia entre los ingresos operativos descritos recientemente y sus respectivos gastos operativos es lo que se denomina margen operativo bruto. Para obtener la utilidad bruta se deben restar al margen operativo bruto los costos fijos no imputables que corresponden a gastos de administración y ventas, y las amortizaciones. En este caso se considera que no hay costos fijos no imputables, ya que no se requiere fuerza de ventas y todos los costos fijos fueron incluidos en los gastos de operación y mantenimiento. Las amortizaciones se pueden ver claramente en el cuadro a continuación.

CÁLCULO DE LA AMORTIZACIÓN											
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversión inicial en inmovilizado	12,000										
Período de amortización (años)		10									
Inversión inicial en gastos amortizables	500										
Período de amortización (años)		5									
Amortización del inmovilizado		1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
Amortización de los gastos amortizables		100	100	100	100	100	0	0	0	0	0
TOTAL AMORTIZACIÓN		1,300	1,300	1,300	1,300	1,300	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200

Tabla 9.2. Amortizaciones. Cifras en miles de dólares.

Como se explicó en el comienzo de este capítulo, la inversión inicial que supone una central eléctrica de estas características es de aproximadamente US\$ 2 millones por MW instalado. Como en la central del proyecto se planea producir 6 MW de potencia, la inversión en capital inmovilizado es de US\$ 12 millones. Esta inversión se amortiza en los 10 años de estudio que se consideran para el análisis de la inversión. Los activos fijos, van perdiendo su valor por el pasaje del tiempo, uso u obsolescencia. Esto es reconocido por las autoridades, quienes fijan la cantidad de años en que debe amortizarse cada tipo de bien de uso. La amortización no es una erogación real de dinero, pero se la considera como un gasto en el cuadro de resultados para poder contemplar la importante inversión que se hace en activos fijos, restando en los resultados, de manera tal que se reducen los impuestos proporcionales a las ganancias. Por lo tanto, en el cuadro de resultados, en concepto de amortizaciones por la inversión en la instalación de la central con todos sus componentes fundamentales se descontarán US\$ 1,2 millones al año. Por otra parte, se realiza una inversión inicial en gastos amortizables, estos son vehículos, computadoras, edificios administrativos, etc. que poseen un período de

Utilización de biomasa para la generación de energía eléctrica

amortización de 5 años. Esta inversión es de US\$ 500.000, por lo tanto cada año se deducirán del cuadro de resultados US\$ 100.000 por la inversión en estos gastos amortizables.

Luego de obtener la utilidad bruta se deben deducir en el cuadro de resultados los intereses que paga el proyecto a raíz de la deuda que contrae para poder financiar la inversión inicial en activos fijos para la instalación de la planta. Al resultado obtenido en esta cuenta se lo llama beneficio antes de impuestos y se utiliza para calcular el impuesto a las ganancias que deberá pagar el proyecto. Si este beneficio antes de impuestos es negativo, o sea que se tienen pérdidas por la operación de la planta, se obtiene un crédito fiscal que se podrá utilizar luego para saldar el impuesto a las ganancias cuando el beneficio antes de impuestos sea positivo. A continuación se presenta un cuadro con la estructura de la deuda que se contrae para financiar la importante inversión inicial necesaria para poder comenzar a operar.

CÁLCULO DEL SERVICIO DE LA DEUDA											
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversión en inmovilizado y gastos amortizables	12,500										
Porcentaje que se financia con recursos propios	50%										
Porcentaje que se financia con deuda	50%										
Importe del capital inicial	6,250										
Importe inicial de la deuda	6,250										
Plazo de amortización (años)	6										
Capital a amortizar anualmente		1,042	1,042	1,042	1,042	1,042	1,042	-	-	-	-
Importe de la deuda a final de cada año	6,250	5,208	4,167	3,125	2,083	1,042	0	0	0	0	0
Importe medio de la deuda en cada año		5,729	4,688	3,646	2,604	1,563	521	0	0	0	0
Tipo de interés de referencia (Banco Nación)	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Margen sobre el Banco Nación	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%
Tipo de interés de la deuda	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%
Interés anual		688	563	438	313	188	62	0	0	0	0
Servicio de la deuda anual (Interés + Capital)		1,729	1,604	1,479	1,354	1,229	1,104	0	0	0	0

Tabla 9.3. Cálculo del servicio de la deuda. Cifras en miles de dólares.

En el cuadro se puede observar cual será la estructura de la deuda, 50% de la inversión inicial se financiará con capital propio y el otro 50% se financiará a través de un crédito otorgado por el Banco Provincia. Este préstamo se amortiza en 6 años, con lo cual se tiene un préstamo por US\$ 6,25 millones para el cual hay que amortizar anualmente US\$ 1,042 millones. Hoy en día en el mercado el interés que se puede obtener es de un 12%, esto es 7 puntos por encima de los 5 que ofrece el Banco Nación y que se toman de referencia. De aquí se obtienen los intereses anuales que se deberán pagar para saldar la deuda.

Con el beneficio antes de impuestos se obtiene el valor de impuesto a las ganancias que se deberá pagar anualmente. El impuesto es de un 35% del beneficio antes de impuestos. En el caso del proyecto, al poder vender siempre toda la energía eléctrica producida, el beneficio neto año a año es siempre positivo y por lo tanto siempre se deberá pagar impuesto a las ganancias.

El cuadro de resultados demuestra que año a año y operativamente, el proyecto es rentable y se obtienen muy buenos resultados. La gran diferencia entre los ingresos operativos y los gastos operativos es debido a la venta de energía eléctrica al mercado, por lo tanto, el hecho de poder siempre vender el 100% de lo producido es un factor determinante para que el proyecto sea rentable año a año. Igualmente hay que analizar el VAN y la TIR para comprobar que esos buenos resultados anuales son suficientes como para recuperar la inversión en un plazo relativamente corto y obtener ganancias tales que sea conveniente invertir en este proyecto en vez de hacerlo en otro.

Con el resultado del Margen Bruto obtenido en el Cuadro de Resultados se puede obtener el Flujo de Fondos para el servicio de la deuda. Este Flujo indica el dinero con el que se contará año a año para poder devolver el préstamo.

CÁLCULO DEL FLUJO DE FONDOS PARA EL SERVICIO DE LA DEUDA										
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Margen operativo bruto	3,471	3,578	3,689	3,803	3,921	4,416	4,541	4,668	4,800	4,935
- Impuestos	519	601	683	767	852	1,104	1,169	1,214	1,260	1,307
- Incremento de necesidades operativas de fondos (NOF)	152	4	4	5	5	5	5	5	5	5
Cálculo del NOF:										
Caja necesaria como % de los ingresos operativos	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
Caja necesaria	152	156	160	165	170	174	179	184	190	195
Clientes como % de los ingresos operativos	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
Clientes	51	52	53	55	57	58	60	61	63	65
Proveedores como % de los ingresos operativos	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
Proveedores	51	52	53	55	57	58	60	61	63	65
(NOF como % de los ingresos operativos)	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
NOF	152	156	160	165	170	174	179	184	190	195
Flujo de caja disponible para el servicio de la deuda (FCD)	2,800	2,974	3,002	3,032	3,064	3,308	3,366	3,449	3,534	3,622

Tabla 9.4. Flujo de fondos para el servicio de la deuda. Cifras en miles de dólares

El Flujo de Fondos para el servicio de la deuda se obtiene en principio de igual manera que cualquier flujo de fondos, esto es el Margen Operativo Bruto, ingresos operativos menos gastos operativos, menos los impuestos que se pagan año a año. A este Flujo de Fondos se le debe restar también el incremento en las necesidades operativas de fondos que vendría a ser la caja mínima con que debe contar el proyecto para su operación. Como esta caja mínima es un requisito que debe cumplir el proyecto, no se puede utilizar para pagar deuda y por lo tanto es deducida del flujo de fondos del cuadro anterior. Las necesidades operativas de fondos se calculan como la caja mínima necesaria más los créditos por ventas a clientes menos las deudas comerciales con los proveedores. A los efectos de los cálculos, todos estos valores están calculados como porcentaje de los ingresos operativos de la planta. Con el valor anual del flujo de fondos para el servicio de la deuda se puede obtener el ratio de cobertura de la deuda que lo que indica es cuán bien (o mal) se llega a cubrir la deuda año a año.

Utilización de biomasa para la generación de energía eléctrica

CÁLCULO DEL RATIO DE COBERTURA DEL SERVICIO ANUAL DE LA DEUDA (RCSD)										
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Flujo de caja disponible para el servicio de la deuda	2,800	2,974	3,002	3,032	3,064	3,308	3,366	3,449	3,534	3,622
Servicio a la deuda anual (SD)	1,729	1,604	1,479	1,354	1,229	1,104	0	0	0	0
Ratio de cobertura del servicio anual de la deuda (RCSD)	1.62	1.85	2.03	2.24	2.49	3.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabla 9.5. Ratio de cobertura de la deuda. Cifras en miles de dólares.

En el cuadro anterior se aprecia lo bien que se llega a cubrir la devolución de la deuda año a año gracias a los buenos resultados operativos del proyecto.

Se presenta entonces el Balance del proyecto antes del reparto de dividendos.

BALANCE ANTES DEL REPARTO DE DIVIDENDOS											
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Caja necesaria	0	152	156	160	165	170	174	179	184	190	195
Caja suplementaria	0	1,071	2,440	3,963	5,641	7,476	9,679	13,046	16,495	20,029	23,651
Clientes	0	51	52	53	55	57	58	60	61	63	65
Inmovilizado neto	12,000	10,800	9,600	8,400	7,200	6,000	4,800	3,600	2,400	1,200	0
Gastos amortizables netos	500	400	300	200	100	0	0	0	0	0	0
Total Activo	12,500	12,473	12,548	12,776	13,160	13,702	14,712	16,885	19,141	21,482	23,912
Proveedores	0	51	52	53	55	57	58	60	61	63	65
Deuda principal	6,250	5,208	4,167	3,125	2,083	1,042	0	0	0	0	0
Total Pasivo	6,250	5,259	4,219	3,178	2,138	1,098	58	60	61	63	65
Beneficios del año	0	964	1,115	1,269	1,424	1,582	2,050	2,171	2,254	2,340	2,428
Reservas acumuladas	0	0	964	2,079	3,348	4,772	6,354	8,404	10,575	12,829	15,169
Capital	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250
Total Patrimonio Neto	6,250	7,214	8,329	9,598	11,022	12,604	14,654	16,825	19,079	21,419	23,847
Total Pasivo + Patrimonio Neto	12,500	12,473	12,548	12,776	13,160	13,702	14,712	16,885	19,141	21,482	23,912

Tabla 9.6. Balance antes del reparto de dividendos. Cifras en miles de dólares.

En el Balance, la caja necesaria se calculó cuando se realizó el flujo de fondos para el servicio de la deuda, es una cantidad de dinero líquido necesario impuesto por el proyecto. La caja suplementaria es el flujo de caja disponible para dividendos acumulada, esto es la resta entre el flujo de fondos para el servicio de la deuda y el servicio de la deuda. Los clientes son los créditos por ventas de energía eléctrica y cenizas. Finalmente, todos los anteriores más el inmovilizado neto y los gastos amortizables netos amortizados año a año forman los Activos del proyecto.

Por otra parte, el Pasivo está conformado por los proveedores, esto son las deudas comerciales con proveedores, y la deuda principal que es la deuda que se contrae con el banco para poder hacer la inversión inicial.

Por último, el Patrimonio neto está conformado por las utilidades netas acumuladas más el capital invertido.

El Pasivo más el Patrimonio neto deben ser iguales al Activo para todos los años.

Ahora bien, dado que los inversores desean obtener sus dividendos por el capital invertido en el proyecto, se deben calcular los dividendos distribuibles por el mismo. La idea del proyecto es pagar todos los dividendos posibles año a año. El hecho de distribuir dividendos obligará a recalcular el Balance del proyecto, ya que la extracción de dividendos significa una disminución del Patrimonio neto y de los Activos. En el siguiente cuadro se observa el cálculo de los dividendos distribuibles, los mismos están limitados por los beneficios netos del año.

CÁLCULO DE LOS DIVIDENDOS DISTRIBUIBLES

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Flujo de caja para el servicio de la deuda (FCD)	2,800	2,974	3,002	3,032	3,064	3,308	3,366	3,449	3,534	3,622
Servicio de la deuda anual (SD)	1,729	1,604	1,479	1,354	1,229	1,104	0	0	0	0
Flujo de caja disponible para dividendos (FCDiv = FCD-SD)	1,071	1,369	1,523	1,678	1,835	2,204	3,366	3,449	3,534	3,622
FCDiv acumulado	1,071	2,440	3,963	5,641	7,476	9,679	13,046	16,495	20,029	23,651
Beneficios del año	964	1,115	1,269	1,424	1,582	2,050	2,171	2,254	2,340	2,428
Dividendos repartibles anualmente	964	1,115	1,269	1,424	1,582	2,050	2,171	2,254	2,340	2,428

Tabla 9.7. Dividendos distribuibles. Cifras en miles de dólares.

En el cuadro se observa que el Flujo de Fondos para el servicio de deuda menos el servicio de deuda es positivo, este resultado es el Flujo de Fondos disponible para dividendos. Ahora bien, no se puede distribuir dividendos por un monto mayor al beneficio neto anual obtenido, por lo tanto, los dividendos que se distribuirán estarán limitados por el resultado del ejercicio. La diferencia entre el Flujo de Fondos disponible para dividendos y el beneficio neto se da debido a que en el beneficio neto se restan las amortizaciones y los intereses. Como se observa en el cuadro, año a año se repartirán todos los beneficios del proyecto en forma de dividendos para los inversores.

Con este nuevo panorama se calcula el Balance del proyecto luego del reparto de los dividendos distribuibles.

Utilización de biomasa para la generación de energía eléctrica

CÁLCULO DEL BALANCE TRAS EL REPARTO DEL TOTAL DE LOS DIVIDENDOS REPARTIBLES											
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Caja necesaria	0	152	156	160	165	170	174	179	184	190	195
Caja suplementaria	0	107	361	615	868	1,122	1,276	2,471	3,666	4,860	6,055
Clientes	0	51	52	53	55	57	58	60	61	63	65
Inmovilizado neto	12,000	10,800	9,600	8,400	7,200	6,000	4,800	3,600	2,400	1,200	0
Gastos amortizables netos	500	400	300	200	100	0	0	0	0	0	0
Total Activo	12,500	11,509	10,469	9,428	8,388	7,348	6,308	6,310	6,311	6,313	6,315
Proveedores	0	51	52	53	55	57	58	60	61	63	65
Deuda principal	6,250	5,208	4,167	3,125	2,083	1,042	0	0	0	0	0
Total Pasivo	6,250	5,259	4,219	3,178	2,138	1,098	58	60	61	63	65
Reservas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Subvención	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Capital	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250
Total Patrimonio Neto	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250
Total Pasivo + Patrimonio Neto	12,500	11,509	10,469	9,428	8,388	7,348	6,308	6,310	6,311	6,313	6,315

Tabla 9.8. Balance luego del reparto de dividendos. Cifras en miles de dólares.

En el Balance se observa que lo único que cambió fue la disminución del Patrimonio neto debido al retiro de los dividendos año a año con la consiguiente disminución de la caja suplementaria en el Activo, la cual pasa a ser la diferencia entre el Flujo de Fondos disponible para dividendos y el beneficio neto del año.

Por último, se detalla el flujo de fondos del proyecto desde el punto de vista del inversor, esto es teniendo en cuenta el capital invertido y los dividendos repartibles. A través del flujo de fondos se obtienen el VAN, la TIR y el período de repago de la inversión, todos los indicadores necesarios para poder juzgar la conveniencia o no de invertir en un proyecto. Para el cálculo del VAN se aplica una tasa de descuento del 10%. No se considera un valor residual del proyecto.

FLUJO DE FONDOS											
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Capital invertido	6250										
Dividendos repartibles anualmente	0	964	1115	1269	1424	1582	2050	2171	2254	2340	2428
Tasa de descuento aplicable para calcular el VAN	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Factor de descuento a esa tasa	1.0000	1.1000	1.2100	1.3310	1.4641	1.6105	1.7716	1.9487	2.1436	2.3579	2.5937
Dividendos descontados	0	876	922	953	973	982	1,157	1,114	1,052	992	936
VA de los dividendos		9,957									
VAN de la inversión		3,707									

Tabla 9.9. Flujo de Fondos del proyecto para el inversor. Cifras en miles de dólares.

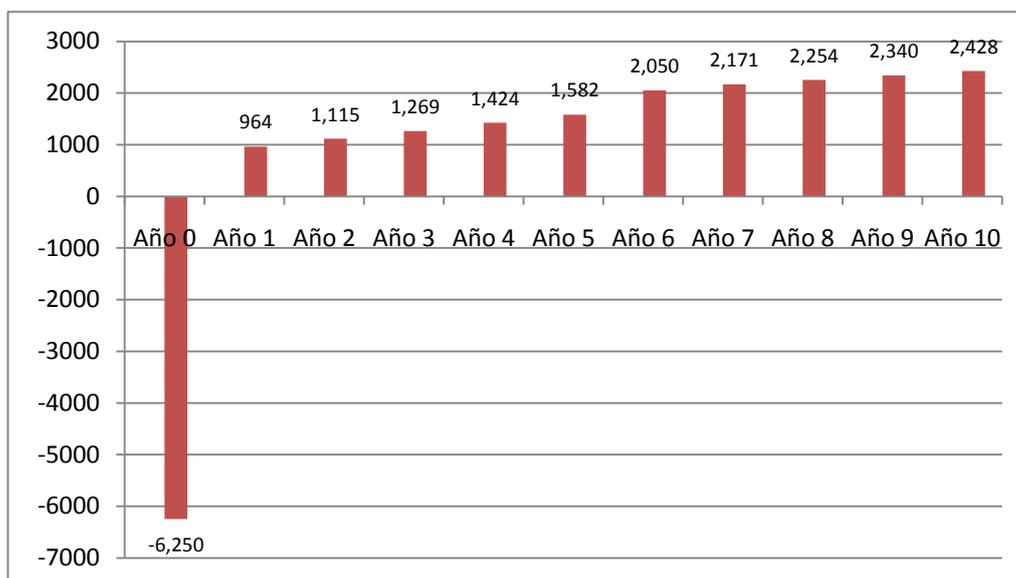


Figura 9.1. Flujo de fondos del proyecto para el inversor. Las cifras están expresadas en miles de dólares.

A partir de este Flujo de Fondos se obtiene un VAN de US\$ 3,707 millones para el inversor en los 10 años de período de estudio del proyecto, esto significa una TIR del 20,18% y un período de repago de 4 años y 11 meses.

9.1. Conclusión estudio económico-financiero

Finalmente observando los números del proyecto se puede apreciar que el mismo resulta ser muy atractivo para invertir ya que tiene un VAN alto, una TIR que supera a las tasas ofrecidas en otros mercados y un período de repago relativamente corto. Por otra parte, aporta seguridad al inversor el hecho de saber que el principal ingreso operativo del proyecto, la venta de energía eléctrica a la red, no depende del mercado ni de estrategias de marketing y ventas, ya que la misma se venderá siempre debido a lo que ya se explicó de que CAMMESA tiene la obligación de poner en los primeros puestos del ranking de abastecimiento de energía a los productores de energía limpia. Además, el país está atravesando una crisis energética que lo lleva a importar energía desde los países limítrofes, con lo cual, quiere decir que la demanda de energía es superior a la oferta nacional. En el mismo sentido, el mercado de bonos de carbono es un ingreso no menor que se tiene por la sola operación de la planta y que si bien es un arma importante para combatir el calentamiento global, teniendo en cuenta los comentarios luego de la última cumbre mundial sobre medio ambiente realizada en Copenhague se puede inferir que se lanzarán en el corto plazo nuevos incentivos para la generación de energía limpia. Por otra parte, si bien se debe realizar una fuerte inversión inicial, el proyecto resulta ser rentable año a año consiguiendo resultados positivos desde el primer año de operación y repartiendo los respectivos dividendos desde el primer año.

10. CONCLUSIÓN GENERAL

El problema de contaminación del medio ambiente es un problema cada vez más abordado por la sociedad y sus respectivos líderes mundiales, ya que las consecuencias negativas para el ser humano del deterioro del medio ambiente son cada vez más perceptibles e importantes. La emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera y el consiguiente calentamiento global es uno de los principales problemas que enfrenta la sociedad actual junto a la contaminación de ríos y napas y la deforestación. La principal causa de emisión de gases de efecto invernadero está dada por las centrales termoeléctricas en el proceso de generación de energía eléctrica. Por lo tanto generar energía limpia es un desafío para la humanidad que cada vez cobrará mayor importancia, con lo cual creo que este proyecto es pionero en Argentina y colaborará a estimular el desarrollo de proyectos similares. Existen en Argentina una inmensa cantidad de posibilidades de realizar proyectos de este tipo utilizando biomasa para la generación de energía eléctrica. Este proyecto puede servir de modelo para que otras personas puedan pensar en cómo aprovechar residuos de diferentes procesos para generar energía. Si bien 50.803 MW/h al año representan menos del 1% de la producción nacional de energía eléctrica, la tendencia va a comenzar a revertirse a partir de la realización de este tipo de proyectos. Por otra parte, el proyecto presenta una alternativa de generación de energía eléctrica a partir de recursos renovables como contraposición a la generada con energías no renovables, que en nuestro país superan el 50% de la producción nacional. Como se presentó en el estudio, la biomasa utilizada por el proyecto representa tan solo un 20% de la biomasa disponible en la provincia de Catamarca y la industria olivícola se encuentra en expansión con lo cual se puede asumir que se contará con este recurso por muchos años más, sobre todo si se tiene en cuenta que la vida útil de los olivos ronda los 100 años. En todos los países desarrollados del mundo el desarrollo sustentable es una materia muy importante a la cual se le están dedicando numerosos estudios y es la dirección en la cual se avanza. El desarrollo sustentable consiste en satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades. Debe darse un desarrollo en el cual exista un equilibrio entre lo social, lo económico y el medio ambiente, donde se pueda satisfacer las necesidades de la sociedad mediante una actividad económica y un progreso tecnológico que permita que el medio ambiente se recupere al mismo ritmo que es afectado por la actividad humana. Considero que el proyecto presentado en este estudio logra estimular las 3 partes de la ecuación, colaborando con el desarrollo social de la región generando trabajo, brindando un servicio fundamental para el mundo moderno y a su vez hace un uso sustentable del medio ambiente.

El proyecto presenta una gran cantidad de aspectos positivos para el país, a saber:

- Genera energía eléctrica a partir de energía limpia sin agregar gases de efecto invernadero a la atmósfera.
- Colabora en la solución de la crisis energética nacional invirtiendo para generar energía eléctrica en un sector donde las inversiones vienen disminuyendo debido a las políticas seguidas en los últimos años.

Utilización de biomasa para la generación de energía eléctrica

- Aprovecha un residuo de un proceso industrial que produce contaminación local.
- Soluciona un problema de espacio para los productores olivícolas retirando los residuos de la poda de sus campos.
- Aprovecha su residuo principal evitando generar residuos.
- Utiliza una fuente de energía renovable para la generación de energía eléctrica.
- Genera empleo en una provincia del interior con la construcción y operación de la planta colaborando de este modo con el desarrollo de la región.
- Fomenta la industria nacional relacionada con los elementos que constituyen a las centrales eléctricas invirtiendo en productos nacionales.
- Genera dividendos para sus inversores que se pueden traducir en más inversión en el país.
- Implementa nueva tecnología para la generación de energía eléctrica y sirve de modelo para otros proyectos similares.

Observando la gran cantidad de impactos positivos que produce el desarrollo del proyecto en el país podemos concluir que su implementación es muy ventajosa para el futuro desarrollo del país.