

ZAMORANO
Carrera de Gestión de Agronegocios

Estudio de factibilidad para producir energía eléctrica a partir de *Eucalyptus camaldulensis* en tiempo de no-zafra para Nicaragua Sugar Estates Limited

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Gestión de Agronegocios en el grado académico de Licenciatura

Presentado por:

Marcel Henri Pallais Herdocia

Honduras
Diciembre, 2002

RESUMEN

P-111ais, Marcel. 2002. Estudio de factibilidad para producir energía eléctrica a partir de *Eucaliptus camaldulensis* en tiempo de no-zafra para Nicaragua Sugar Estates Limited. Proyecto especial, Zamorano, Honduras, p22.

Nicaragua Sugar Estates Limited (NSEL) es propietaria del complejo agro industrial Ingenio San Antonio (ISA). El objetivo del estudio es analizar la factibilidad del proyecto para producir energía eléctrica a partir de *Eucaliptus camaldulensis* en tiempo de no-zafra para NSEL. Este proyecto tiene como propósito generar liquidez en tiempo de no-zafra y aumentar los retornos de la empresa. Así mismo, obtener el beneficio de dilución de los costos fijos de la maquinaria para producir energía y maximizar el uso de la capacidad instalada de la fabrica y los terrenos no aptos para caña de azúcar. Al mismo tiempo, aprovechar las nuevas oportunidades de negocio que se presentan como consecuencia de las transformaciones que se están dando en Nicaragua. El análisis del proyecto se realizó con un modelo estocástico de los flujos incrementales proyectados, asociado a la variación de los coeficientes técnicos de producción. Los coeficientes técnicos considerados en el estudio son, toneladas de madera por manzana de terreno, horas de presión de vapor por tonelada de madera, y energía en kilowatt hora (kwh) por unidad de vapor utilizado. Las probabilidades de variación de los coeficientes técnicos fueron obtenidas del análisis de la base de datos de las primeras producciones de energía con este combustible. Como resultado del análisis de los flujos proyectados desde 1993, hasta el 2010, se obtuvo un valor actual neto positivo de US\$ 2,747,368 y oscila entre US\$ 1,969,311 y 1.JS\$ 3,631,152 con 90% de probabilidad, y la TIR promedio fue de 34% y oscila entre 32% y 36% con 90% de probabilidad, valores muy atractivo para la inversión. Sin embargo se debe considerar que los primeros 10 años del proyecto se obtuvo retornos negativos. Se pudo concluir que es factible producir energía eléctrica a partir de plantaciones de *Eucaliptus camaldulensis* en tiempo de no-zafra para Nicaragua Sugar Estates Limited.

Palabras claves: Producción de energía, dendro-energía, ingresos en tiempo de no-zafra, ingenio azucarero

NOTA DE PRENSA

Producción de dentro-energía

La dentro-energía o energía producida a partir de árboles es muy antigua, pero cuando se trata de producción de energía eléctrica a gran escala en un ingenio azucarero para su venta a la red nacional de un país, que trata de expandir sus servicios y disminuir importaciones de petróleo, es algo totalmente novedoso.

Nicaragua Sugar Estates Limited propietaria del Ingenio San Antonio, el más grande productor de azúcar en Nicaragua, actualmente posee la plantación energética forestal más grande de Centroamérica, aproximadamente 4,890 hectáreas de Eucalipto.

La empresa ha utilizado infraestructura para la producción de energía sólo en tiempo de zafra, es decir, en la época de procesamiento de caña de azúcar.

Un estudio de factibilidad analizó la posibilidad de que la empresa genere energía eléctrica a partir de *Eucaliptus camaldulensis* en tiempo de no-zafra. Se evaluaron los beneficios económicos del proyecto relacionados a la variación de los factores que determinan la productividad.

Los resultados mostraron que la actividad produce flujos positivos a partir del décimo año, y un beneficio neto positivo. El estudio concluye que producir energía eléctrica a partir de *Eucaliptus camaldulensis* para Nicaragua Sugar Estates Limited, es una alternativa factible para generar liquidez en el tiempo de no-zafra.

CONTENIDO

Portadilla	i
Autoría.....	ii
Página de firmas.....	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos.....	v
Resumen	vi
Nota de prensa	vn
Contenido.....	viii
Índice de cuadros ..	ix
Índice de figuras.....	x
Índice de Anexos.....	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Justificación	1
1.2. Límites del Estudio	2
1.3. Objetivos	2
1.3.1. General.....	2
1.3.2. Específicos..	2
2. ANTECEDENTES	3
2.1. El mercado de energía	4
2.2. Aspectos legales.	4
2.3. Aspectos ambientales.....	4
3. METODOLOGIA.....	5
3.1. Recolección de datos	5
3.2. Preparación de modelo incremental	6
4. RESULTADOS y DISCUSION	7
4.1. Variables de entrada	7
4.2. Variables de salida	8
4.2.1. Comportamiento de los costos totales proyectados	8
4.2.2. Comportamiento de los flujos netos proyectados	10
4.2.3", Comportamiento de la TIR Y el VAN .11.11 11	13
5. CON CLUSIONES.....	16
6. RECOMENDACIONES	17
7. BIBLOGRAFIA.....	18

1. INTRODUCCIÓN

Nicaragua Sugar Estates Limited (NSEL) es propietaria del complejo agro industrial Ingenio o San Antonio (ISA), el cual se dedica a la producción de azúcar refinada desde 1890. Actualmente la empresa esta desarrollando un plan de inversiones muy amplio que tiene como propósito modernizar la empresa aumentando los niveles de productividad.

Uno de los objetivos fundamentales de NSEL es el de maximizar el uso de la capacidad instalada de la fábrica, al mismo tiempo aprovechar las nuevas oportunidades de negocio que se presentan como consecuencia de las transformaciones que se están dando en Nicaragua resultantes del proceso democrático y las reformas económicas conducentes a una economía de libre mercado.

Nicaragua actualmente no produce dentro de sus fronteras toda la energía que se utiliza en el país, por lo que existe un mercado para la producción de energía sí ésta puede producirse a un menor costo que la importada.

Actualmente el ISA produce energía en tiempo de zafra a partir del vagazo de caña tanto para el consumo de la fabrica como para la venta, pero en tiempo de no-zafra esta capacidad instalada no se está utilizando, por lo que el proyecto analiza la factibilidad de producir energía en esta época a partir de astilla de madera proveniente de plantaciones forestales de *Eucaliptus camaldulensis*.

1.1 Justificación:

- Actualmente en Nicaragua la demanda interna de energía eléctrica es mayor que la oferta interna, por lo que el país se ve obligado a la compra de energía a países vecinos. Existe una oportunidad de negocio sí se puede producir energía para suplir parte de la demanda interna no satisfecha a un costo menor que el de importación. Se conoce por medio de pruebas de producción que se puede producir energía a partir de biomasa provenientes de plantaciones forestales, lo que permite aprovechar la capacidad instalada de la planta en el tiempo de no-zafra.
- No existen estudios exactos del beneficio incremental de producir energía a partir de biomasa obtenida de plantaciones.
Al producir energía en tiempo de no-zafra se obtendrá liquidez necesaria para el inicio del periodo de zafra en el que por 10 general hay escasez.

1.2 Límites del Estudio:

- . Las variedades de Eucalipto plantadas en los últimos períodos son distintas a las de los primeros y se espera que éstas tengan un mayor crecimiento por 10 que puede ocasionar distorsiones en las estimaciones.

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Determinar la factibilidad de producir energía eléctrica a partir de plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* en tiempo de no-zafra para Nicaragua Sugar Estates Limited

1.3.2 Específicos

- Determinar los costos incrementales del proyecto.
 - Estimar los retornos netos con base en el precio del mercado nacional (precio contratado).
 - Analizar la sensibilidad del proyecto ligada a las probabilidades de productividad de las plantaciones.

2. ANTECEDENTES

Nicaragua Sugar Estates Limited (NSEL) a través del Ingenio San Antonio (ISA) ha generado energía para autoconsumo desde comienzos de siglo, como todos los ingenios de su tamaño en América Central. El mismo cuenta en la actualidad con tres generadores que se encuentran en muy mal estado. A comienzos de los años setenta se adquirieron dos calderas diseñadas para trabajar a alta presión y temperatura con el objeto de utilizarlas para activar generadores más eficientes que sustituyeran a los viejos.

No obstante, estas inversiones no se pudieron realizar hasta hace poco con la compra de un nuevo turbo generador, por las condiciones de incertidumbre y el deterioro económico que acompañó a la Revolución Nicaragüense que culminó con la expropiación del ISA

Ha sido tradición de la industria azucarera mundial generar energía para autoconsumo desde comienzos de siglo. No obstante, la comercialización de la electricidad producida por los ingenios es más reciente.

Asimismo la utilización de la biomasa forestal para generar energía data desde hace más de 50 años en los países nórdicos. Sin embargo, la combinación con la actividad azucarera es reciente en los países en vías de desarrollo. Un ejemplo de ello es Brasil que ya dispone de varios ingenios con este esquema (Silva, 2002).

Algunos ingenios que han implementado programas de cogeneración eléctrica para la comercialización son los siguientes: El ingenio Kenana en Sudan (40 MW de capacidad, comercializa 25 MW); el ingenio Lihue en la isla Kauai, en Hawai, Estados Unidos (20 MW de capacidad, comercializa 12 MW); en la isla de Mauritania (toda su industria azucarera exporta excedentes).

Es por eso que países en vías de desarrollo como Nicaragua incrementan sus esfuerzos para co-generar energía en sus ingenios azucareros, ya que éstos representan fuentes de energía barata y confiable que sustituyen las importaciones de petróleo.

Aspectos técnicos del *Eucalyptus camaldulensis* (anexo 1).

2.1. El mercado de energía

El proyecto complementa la venta de energía al instituto nicaragüense de energía (INE) a través de un contrato de compraventa de largo plazo. En dicho contrato se estipulan los precios de venta del kwh de acuerdo a procedimientos establecidos y términos de pagos correspondientes.

De acuerdo a conversaciones que ha sostenido NSEL con INE se puede manifestar, que existe gran interés en el proyecto para producir energía eléctrica de NSEL, ya que INE piensa contar con la inversión privada para ejecutar sus planes de expansión.

2.2. Aspectos legales

Las leyes que afectan el desarrollo del proyecto energético-forestal son las inherentes a la propiedad, comercio y aprovechamiento de recursos naturales.

Los aspectos legales del cultivo forestal están sujetos a los parámetros jurídicos de otros cultivos. En cuanto a las leyes relacionadas con el bosque como recurso natural renovable, las del país solo comprenden lo relacionado a los bosques nativos de origen natural y no cultivado, aunque existen algunos reglamentos emanados por MARENA con la finalidad de motivar la repoblación forestal.

Se puede afirmar que legalmente el manejo del proyecto se ajusta a las leyes y reglamentos generales para cualquier cultivo.

2.3. Aspectos ambientales

La tendencia mundial hoy en día, es la de buscar modelos de producción más sostenibles, desde el punto de vista ambiental y rentable. Dentro de esta estrategia la búsqueda de alternativas que sustituyan la utilización de petróleo en la generación de energía, es una tarea de primer orden, no sólo por los beneficios económicos sino por la búsqueda de fuentes de energía más saludables.

El desarrollo de proyectos e inversiones dirigidas a implementar el cultivo y manejo de recursos naturales mejora la calidad ambiental y la productividad de los sitios donde se implementen. En este caso, el impulsar el programa Energético-forestal en la región occidental de Nicaragua genera cambios no sólo en los aspectos económicos y sociales, sino que mejora significativamente *las* condiciones ambientales, favorece la conservación de suelos, el ciclo hidrológico y brinda refugio a la vida silvestre.

3. METODOLOGÍA

3.1. Recolección de datos

La recopilación de los costos incurridos en las plantaciones, se realizó en el Ingenio San Antonio por medio de la revisión de los archivos impresos de AS400 correspondientes a los costos de plantaciones, y los archivos digitales e impresos de BPCS (nuevo sistema con que trabaja NSEL) correspondientes a los gastos incurridos por el área forestal. Luego fueron validados con la colaboración del personal de presupuesto y forestal, para corregir imperfecciones en archivo de cuentas ocasionadas por el cambio de sistema de información y organizar los costos forestales, tanto fijos como variables, en cinco grandes etapas presentadas a continuación:

- Producción de plántulas en vivero
- Preparación y establecimiento de plantaciones
- Mantenimiento de plantaciones
- Cosecha y transporte
- Astillado y proceso de combustión

Los rendimientos esperados de plantaciones, fueron proporcionados por el gerente del área forestal los mismos fueron obtenidos del muestreo de plantaciones realizado durante el año en curso.

Los costos de generación de energía eléctrica fueron proporcionados por presupuesto, obteniendo estos de los archivos en BPCS para el área de generación.

Los factores técnicos de conversión de astilla de madera a vapor y de vapor a energía eléctrica fueron obtenidos de las pruebas de producción con material forestal realizadas en el área de generación.

Los precios de venta se obtuvieron del contrato de compraventa el cual fue proporcionado por el área legal de NSEL.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Variables de entrada

Las variables aleatorias con base en una distribución estadística simulando los diferentes factores técnicos que se pueden obtener en el proceso productivo se comportaron de la siguiente forma:

Las cosechas por manzana varían desde 40 a 140 toneladas con una media de 72 ton/mz aproximadamente, en la simulación de todos los años analizados, existe 5% de probabilidad para rendimientos menores a 45 ton/mz y 95% de probabilidad para rendimientos menores de 107 ton/mz (Cuadro 1).

Para la variable Generación de vapor por tonelada de madera se utilizó una distribución empírica, por lo cual los valores generados estocásticamente son las variaciones porcentuales generadas con una distribución acumulada para la media muestral de 7,126 psi/ton, obtenida de las bases de datos de las primeras producciones y las variaciones simuladas (Cuadro 1).

Para la variable Generación de energía por unidad de vapor se utilizó una distribución empírica, por lo cual los valores generados estocásticamente son las variaciones porcentuales generadas con una distribución acumulada para la media muestral de 0.066764 kwb/psi, obtenida de las bases de datos de las primeras producciones (Cuadro 1).

4.2 Variables de salida

En cuanto a las variables de salida formadas a partir de la sustitución de los valores generados en el flujo de efectivos se obtuvieron las siguientes distribuciones:

4.2.1. Comportamiento de los costos totales proyectados

El total de costos para el año 2003, obtuvo un valor promedio de US\$ 848,090; un mínimo de US\$ 838,640 y un máximo de US\$ 868,172; con una desviación estándar de US\$ 5,624; encontrando que se puede obtener un valor menor de US\$ 840,375 con 5% de probabilidad y menor de US\$ 858,591 con 95% de probabilidad (cuadro 2, figuras 1,2 Y 3).

En la distribución de frecuencia del costo total para el año 2003, y en la función de densidad acumulada del costo total para el año 2003 del costo total acumulado, las líneas verticales delimitan el área con 90% de probabilidad de ocurrencia en ambas (figuras 2 y 3).

En general los costos totales proyectados tienen un rango reducido de variación. Se observa un decrecimiento en los costos de los años 2004 Y 2005 porque en estos periodos se cosecha menor tonelaje de eucalipto. Los costos se normalizan a partir del año 2006 ya que en éste año se alcanza la cosecha de 1000 man7.anas por año que se mantendrá en el proyecto (cuadro 2, figura 1).

La línea central del resumen del comportamiento de los costos totales representa la media de los costos totales de cada año, el área limitada por las dos líneas adyacentes a la central es el área cubierta por mas y menos una desviación estándar, y el área total cubierta es el intervalo en el que se puede ubicar el costo con 90% de probabilidad (figura 1).

Cuadro 2: Estadísticas de los costos totales proyectados

Salida	Estadísticas							
Costo Total	Mínimo	Media	Máximo	Desv. Estándar	x1	1'1	x2	1'2
2003	838,640	868,172	848,090	5,624	840,375	5%	858,591	95%
2004	765,835	792,417	774,255	5,032	767,349	5%	783,650	95
2005	786,203	814,994	795,158	5,328	787,846	<i>solo</i>	805,105	95
2006	854,026	885,887	863,953	5,920	855,830	5%	875,005	95
2007	860,759	892,562	870,666	5,920	862,542	5%	881,724	95
2008	869,546	901,370	879,481	5,920	871,356	5%	890,531	95
2009	866,552	898,487	876,474	5,920	868,351	5%	887,521	95
2010	852,866	884,922	862,757	5,920	854,636	5%	873,815	95

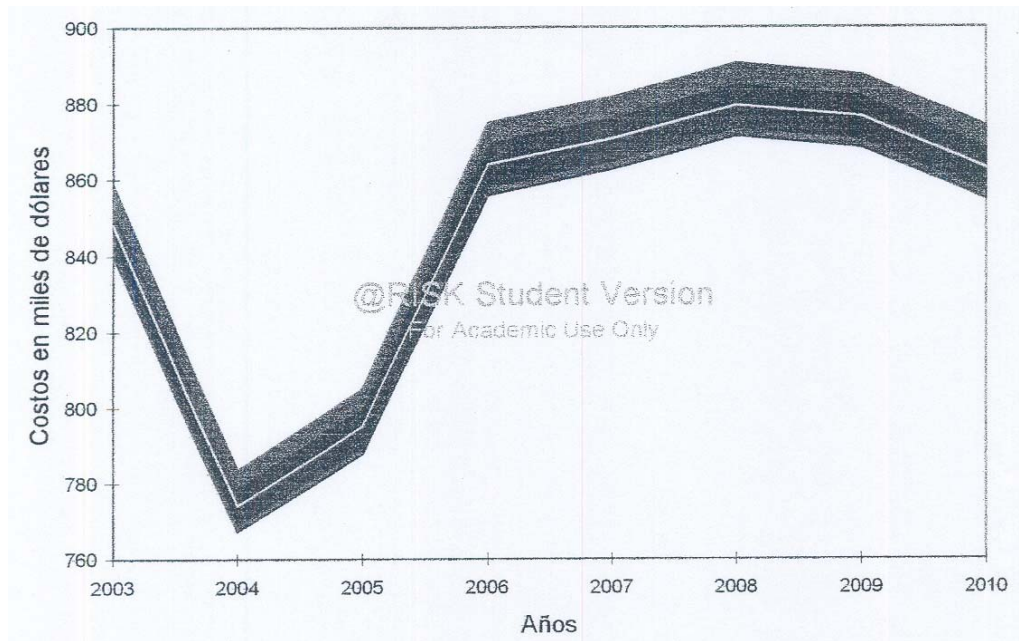


Figura 1: Resumen del comportamiento de los costos totales (2003-2010)

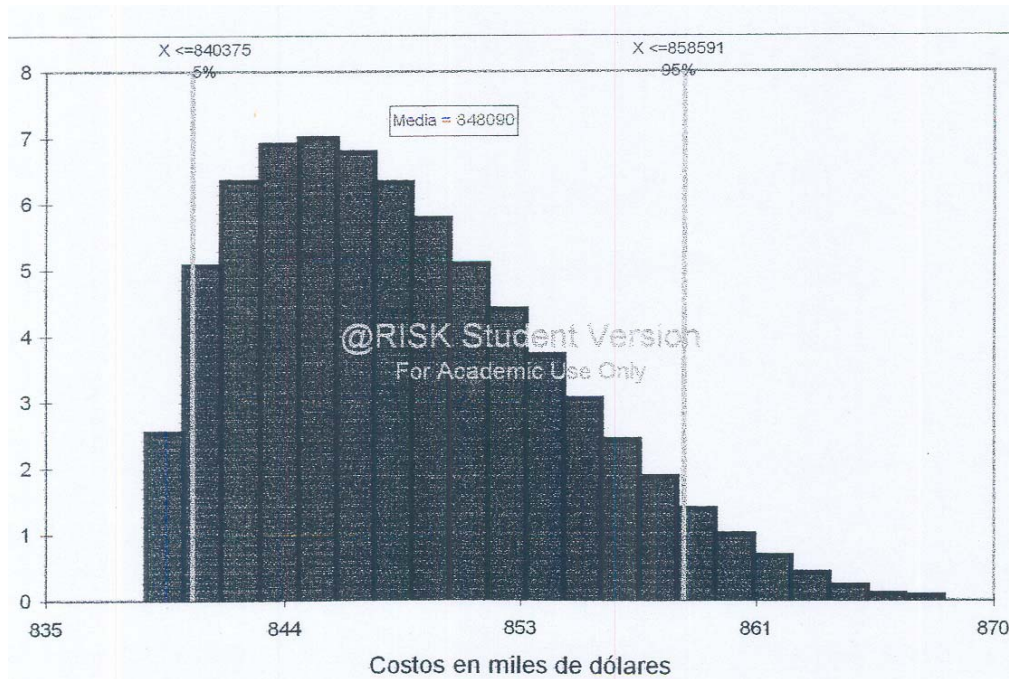


Figura 2: Distribución de frecuencia del costo total para el año 2003

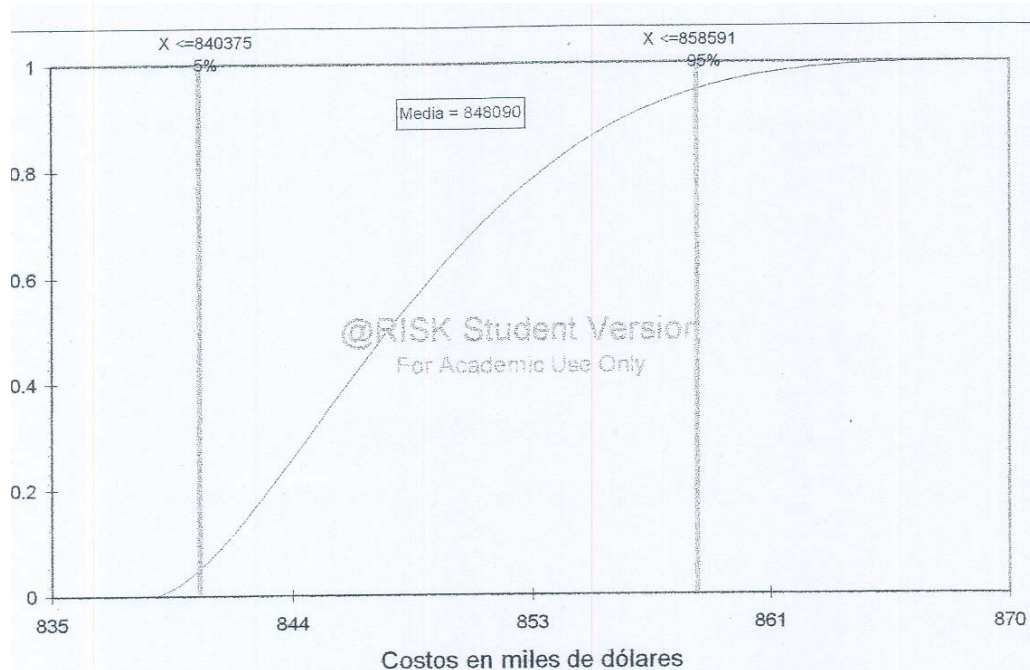


Figura 3: Función de densidad acumulada del costo total para el año 2003

4.2.2 Comportamiento de los flujos netos proyectados

El flujo neto para el año 2003, obtuvo un valor promedio de US\$ 2,097,975; un mínimo de US\$ 1,323,921 y un máximo de US\$ 3,449,164; con una desviación estándar de US\$ 332,956. Se puede obtener un valor menor de US\$ 1,646,629 con 5% de probabilidad y menor de US\$ 2,715,216 con 95% de probabilidad (cuadro 3, figuras 4,5 Y 6).

En la distribución de frecuencia del flujo neto para el año 2003, y en función de densidad acumulada del flujo neto para el año 2003, las líneas verticales delimitan el área con 90% de probabilidad de ocurrencia en ambas (figuras 5 y 6).

En general los flujos netos proyectados tienen un rango amplio de variación. Se observa un decrecimiento en los flujos netos de los años 2004 y 2005 porque en estos periodos se cosecha menor tonelaje de eucalipto. Los flujos netos se normalizaron a partir del año 2006 ya que en éste año se alcanza la cosecha de 1000 manzanas por año que se mantendrá en el proyecto (cuadro 3, figura 4).

La línea central del resumen del comportamiento de los flujos netos proyectados representa la media de los flujos netos de cada año, el área limitadas por las dos líneas adyacentes a la central es el área cubierta por mas y menos una desviación estándar, y el ara total cubierta es el intervalo en el que se puede ubicar el costo con 90% de probabilidad (figura 4).

Cuadro 3: Estadísticas de los flujos netos proyectados

Salida	Estadísticas								
	Flujo Neto	Mínimo	Media	Máximo	Desv. Estándar	x1	p1	x2	p2
2003	1,323,921	3,449,164	2,097,975	332,956	1,646,629	SO	lo	2,715,216	95%
2004	1,363,737	3,399,909	2,067,606	303,455	1,654,732	5%		2,629,940	95%
2005	1,332,733	3,517,232	2,144,564	329,749	1,696,217	5%		2,750,659	95%
2006	1,330,152	3,861,509	2,228,553	371,381	1,726,073	5%		2,919,460	95%
2007	1,306,762	3,880,220	2,235,762	374,913	1,728,259	5%		2,932,759	95%
2008	1,365,210	3,835,945	2,241,032	378,277	1,724,035	5%		2,944,328	95%
2009	1,298,129	3,699,456	2,258,542	383,025	1,735,816	5%		2,975,674	95%
2010	1,373,267	4,020,994	2,286,252	385,957	1,763,428	5%		3,006,342	95%

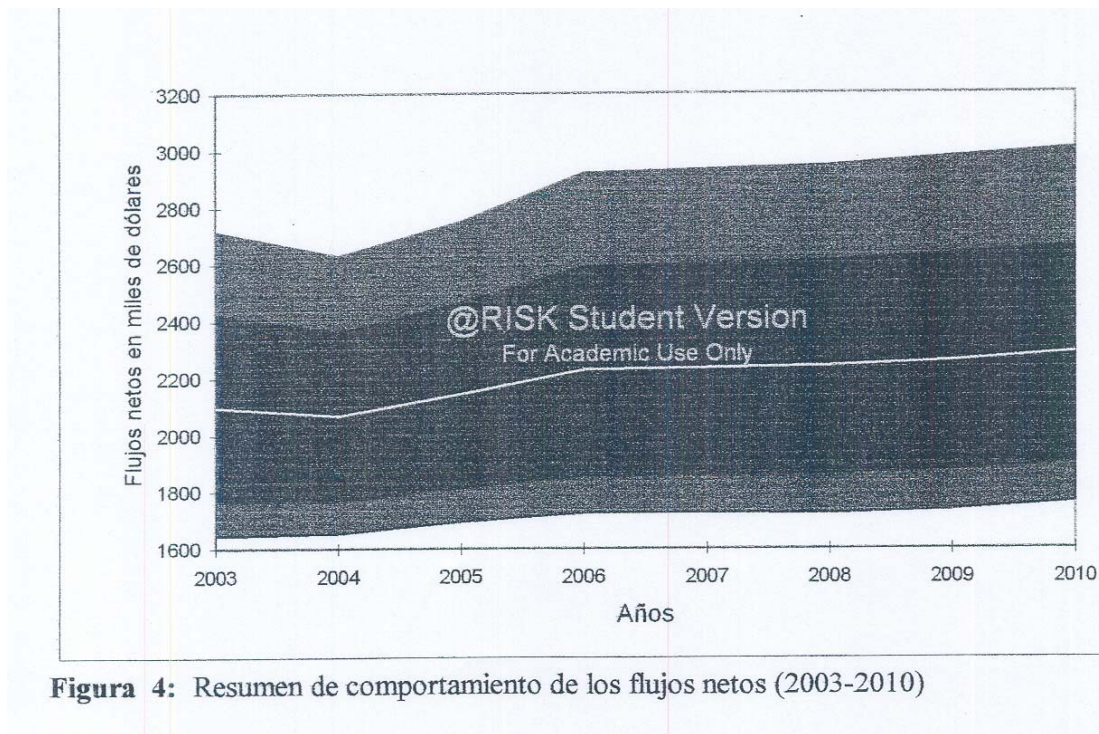


Figura 4: Resumen de comportamiento de los flujos netos (2003-2010)

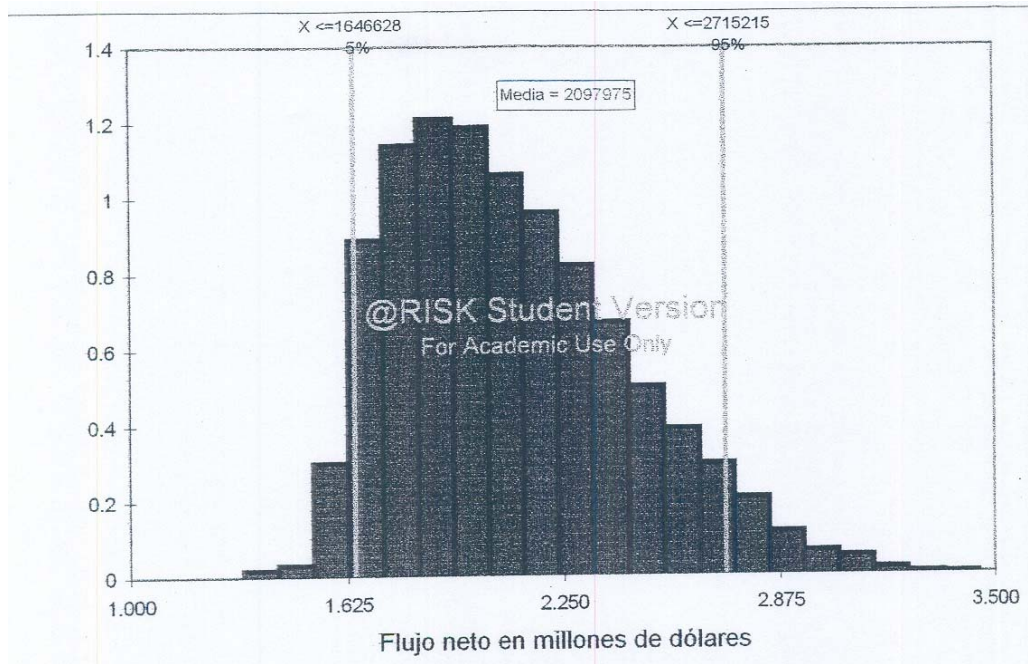


Figura 5: Distribución de frecuencia del flujo neto para el año 2003

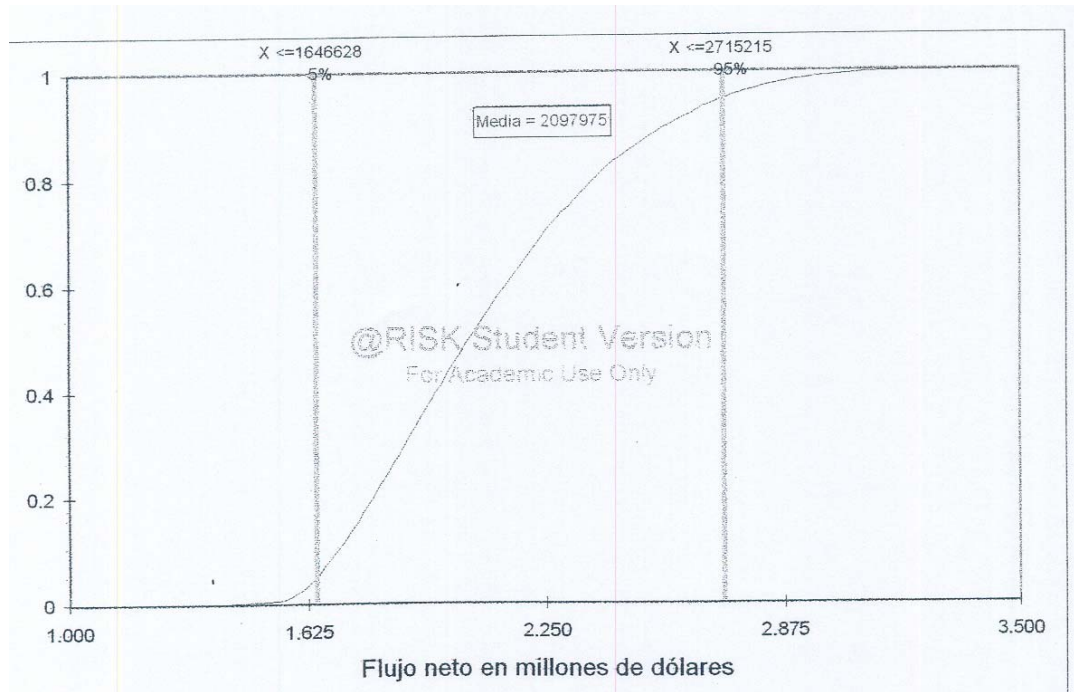


Figura 6: Función de densidad acumulada del flujo neto para el año 2003

4.2.3 Comportamiento de la TIR Y el VAN

Se obtuvo un valor actual neto promedio de US\$ 2,747,368; mínimo de US\$ 1,097,387; máximo de US\$ 4,637,460; con una desviación estándar de US\$ 503,759; encontrando que se puede obtener un VAN menor de US\$ 1,969,312 con 5% de probabilidad y menor de US\$ 3,631,152 con 95% de probabilidad. En el modelo no se observan valores negativos por 10 que supone que las variaciones en la productividad no generan diferencias drásticas que afecten la rentabilidad de proyecto (figuras 7 Y 8).

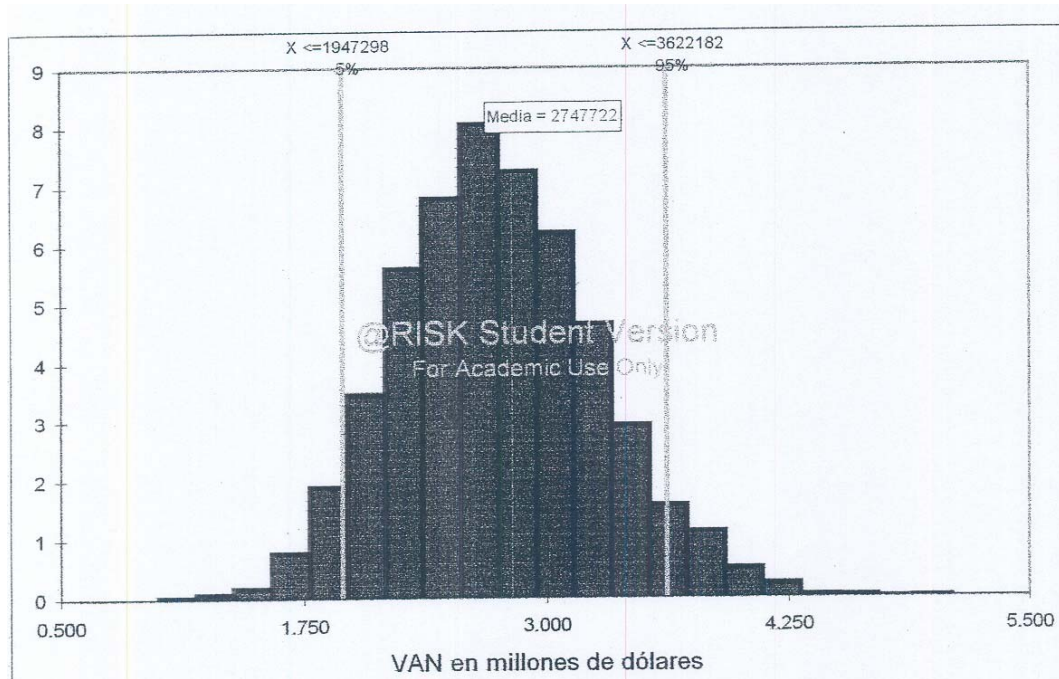


Figura 7: Distribución de frecuencia del VAN

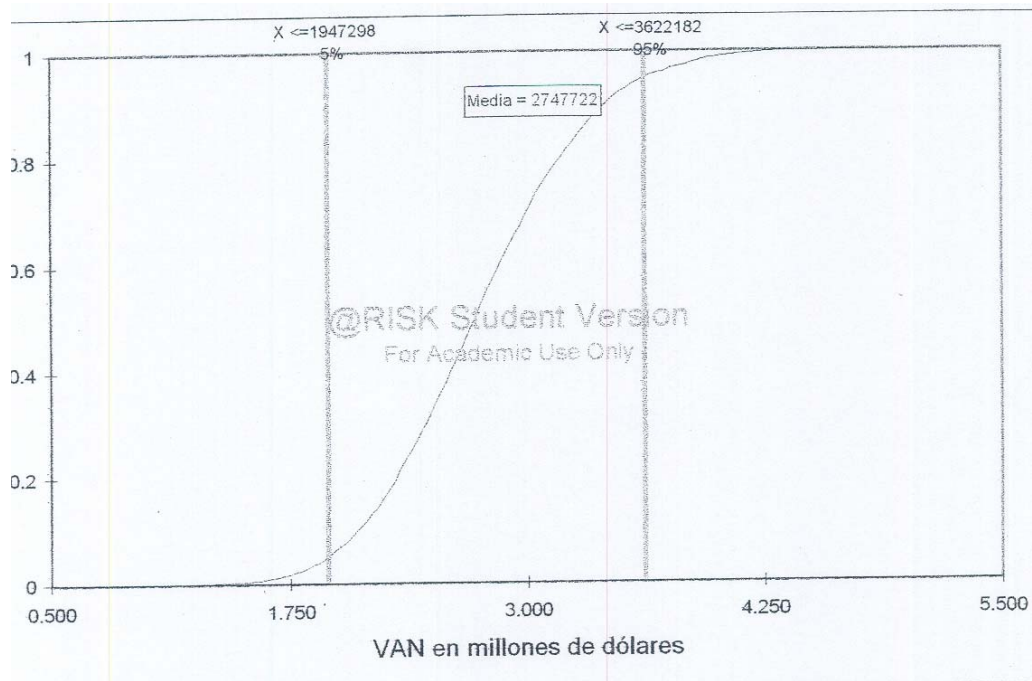


Figura 8: Función de densidad acumulada del VAN

Se obtuvo una tasa interna de retorno promedio de 34%, mínima de 30%, y máxima de 39%, con una desviación estándar de 1%; acertando que los inversionistas pueden obtener una TIR menor de 32% con 5% de probabilidad y menor de 36% con 95% de probabilidad, esto indica que es muy poco probable una TIR igual a la tasa de descuento, lo que equivale a un valor presente neto de cero (figuras 9 y 10).

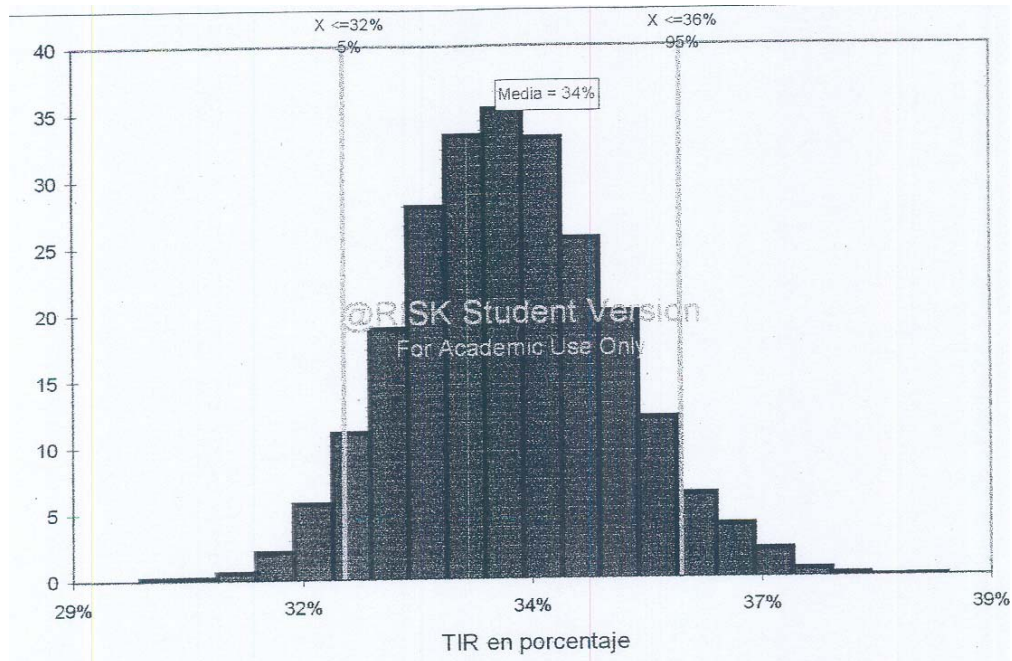


Figura 9: Distribución de frecuencia de la TIR

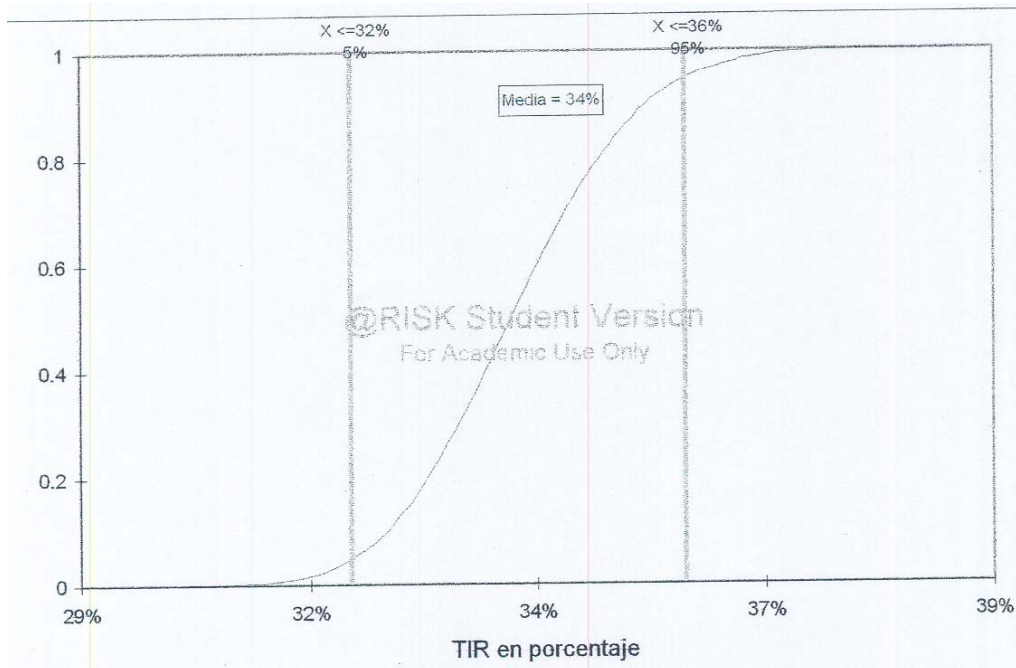


Figura 10: Función de densidad acumulada de la TIR

5 CONCLUSIONES

Se determinó que los costos totales proyectados del estudio en todos los años tienen un promedio de US\$ 826,354, y se alejan de la media con una desviación estándar de US\$ 5,688, es decir que el costo anual del proyecto entre los años 2003 a 2010 se ubique en menos de US\$ 837,709 con 5% de probabilidad y de US\$ 856,138 con 95% de probabilidad.

Se estima que los retornos netos de cada uno de los próximos 7 años se ubican en menos de US\$ 1,708,972 con 5% de probabilidad y en menos de US\$ 2,856,255 con 95% de probabilidad, con una media US\$ 2,193,724 y una desviación estándar de US\$ 356,245.

El proyecto tiene un VAN altamente sensible a la variación de los coeficientes técnicos que determinan la productividad del proyecto, aunque estos no afectan la factibilidad ya que para los valores encontrados en el 90% probable el VAN tiene un recorrido de US\$ 1,674,883 entre los valores límites (5% y 95% de probabilidad).

La TIR es menos sensible que el VAN ya que la media es 34% y el recorrido de los valores entre los cuales se puede ubicar la TIR con más de 5% de seguridad y menos de 95% de seguridad es 4%, es decir que esta se estima entre 32% y 36% valor muy atractivo para inversión. Se debe considerar que los primeros 10 años del proyecto se obtuvo retornos negativos.

Es factible producir energía eléctrica a partir de plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* en tiempo de no-zafra para Nicaragua Sugar Estates Limited, ya que en el análisis de los flujos generados por el proyecto desde su fecha de inicio en 1993 hasta las proyecciones para el 2010, se obtuvo un valor actual neto positivo.

6 RECOMENDACIONES

- Utilizar este tipo de análisis para las producciones de energía eléctrica con otros combustibles.
- Considerar para futuros estudios las nuevas oportunidades de negocios a las que se puede brindar la producción forestal.
- Evaluar la variabilidad de. la producción por hectárea de acuerdo a los registros de cosecha para próximos estudios. Para asegurar mayor validez estadística.

7 BIBLIOGRAFÍA

- BRENES E. 2002. Comunicación personal. Zamorano, Honduras
- LA WRENCE J. GITMAN. 1997. Fundamentos de administración financiera. Oxford University Press México, S.A de C.V. México. séptima edición. p1077
- MONTROY A OLIVER J. 1995. El Eucalipto. Ediciones multi-prensa. Madrid, España. P125.
- OTAROLA A; SILVA P. 1986. Una estrategia forestal para estimular el manejo de plantaciones energéticas. Managua, Nicaragua.
- SILVA P. 2002. Comunicación personal. NSEL, Nicaragua
- TECNOPLAN S.A. Ingeniería Forestal Energética. Volumen III Ingeniería del Proyecto. Tomo C. Managua, Nicaragua.