

**Plan de inversión para cambiar el uso de combustible diésel a energía eléctrica en las motobombas de riego de las fincas de la Compañía Azucarera Tres Valles (CATV)**

**Luis Eduardo Mejía Cardona**

**ZAMORANO**

Carrera de Gestión de Agronegocios

Noviembre, 2004

# **Plan de inversión para cambiar el uso de combustible diésel a energía eléctrica en las motobombas de riego de las fincas de la Compañía Azucarera Tres Valles (CATV)**

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

presentado por

**Luis Eduardo Mejía Cardona**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2004

El autor concede a Zamorano permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

---

Luis Eduardo Mejía Cardona

Zamorano, Honduras  
Noviembre, 2004

**Plan de inversión para cambiar el uso de combustible diésel a energía eléctrica en las motobombas de riego de las fincas de la Compañía Azucarera Tres Valles (CATV).**

presentado por:

Luis Eduardo Mejía Cardona

Aprobada:

---

Héctor Vanegas, M. Sc.  
Asesor Principal

---

Héctor Vanegas, M. Sc.  
Coordinador Interino de Carrera  
de Gestión de Agronegocios

---

Rodolfo Flores, Ing.  
Asesor

---

Aurelio Revilla, M.S.A.  
Decano Académico Interino

---

Guillermo Berlío, B. Sc.  
Coordinador de Proyectos Especiales  
de Graduación y Pasantías

---

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.  
Rector

## **DEDICATORIA**

A mis padres y hermanos.

Al resto de mi familia.

A mis amigos porque siempre estuvieron en todos los momentos que los necesite.

A todos los que creyeron en mí.

A Dios.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a todas las personas que hicieron posible la realización de este proyecto.

A Erick Herrera por sus consejos y ayudas.

Al Ingenio Azucarero Tres Valles (CATV) por la oportunidad, interés y confianza puesta en mí.

A mis asesores por su dedicación.

## **AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES**

Agradezco al Fondo Papa por el financiamiento brindado para realizar mis estudios de Ingeniero en Gestión de Agronegocios.

Agradezco al Fondo General Zamorano por el financiamiento brindado para realizar mis estudios de Ingeniero en Gestión de Agronegocios.

## RESUMEN

Mejía, Luis. 2004. Plan de inversión para cambiar el uso de combustible diésel a energía eléctrica en las motobombas de riego de las fincas de la Compañía Azucarera Tres Valles (CATV). Proyecto Especial del Programa Ingeniero en Gestión de Agronegocios, Zamorano, Honduras.46p.

CATV en su afán de mejorar su competitividad frente al mercado nacional e internacional busca formas de superar su productividad y rentabilidad. El área de riegos significa el 70% de los costos para la producción de caña de azúcar en finca. El estudio detalla la posibilidad del cambio de uso de combustible diésel a energía eléctrica en las motobombas de riego de CATV. Se analizaron las inversiones, estructura de costos, flujos de efectivo y análisis de riesgo de la operación diésel, la eléctrica y la marginalidad del proyecto. Se encontró que la operación diésel es más costosa y la tendencia acelerada del crecimiento de los precios de este combustible hacen que la operación sea la más riesgosa, con L. 50,224,526 de Costo Actual Neto (CAN) en 10 años. La operación con energía eléctrica demuestra otras ventajas además de las ya vistas sobre la operación diésel, como la disminución de mano de obra, aumento en la productividad de los contratistas que realizan el riego, auditorías más transparentes y un beneficio social a las zonas vecinas de las fincas, también manifiesta una mayor estabilidad en los precios de la energía y el CAN para los diez años fue de L. 43,091,219. El ahorro que trae la implementación del proyecto en 10 años es de un Valor Actual Neto (VAN) de L. 7,133,219 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 72%.

**Palabras claves:** Ahorro, análisis de riesgo, CAN, costo, VAN, TIR.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Autoría.....	ii
Página de firmas .....	iii
Dedicatoria .....	iv
Agradecimientos.....	v
Agradecimiento a patrocinadores .....	vi
Resumen .....	vii
Contenido .....	viii
Índice de cuadros.....	xi
Índice de figuras .....	xii
Índice de anexos .....	xii
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 ANTECEDENTES .....	1
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.4 ALCANCES Y LÍMITES DEL ESTUDIO .....	2
1.4.1. Alcances .....	2
1.4.2 Límites y limitantes .....	2
1.5 OBJETIVOS.....	3
1.5.1 General .....	3
1.5.2 Específicos.....	3

<b>2 METODOLOGÍA.....</b>	<b>4</b>
2.1 DIAGNÓSTICO.....	4
2.2 INVERSIONES.....	4
2.2.1 Operación con diésel .....	4
2.2.2 Operación con energía eléctrica .....	4
2.3 DETERMINACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE COSTOS .....	4
2.3.1 Gasto anual en vehículos livianos .....	5
2.3.2 Gasto anual vehículos pesados .....	5
2.3.3 Reparación de equipos de riego.....	5
2.3.4 Depreciaciones .....	5
2.3.5 Mano de obra.....	5
2.3.6 Consumo anual de diésel .....	6
2.3.7 Consumo anual de energía eléctrica.....	6
2.3.8 Lubricante para motores.....	7
2.3.9 Viajes de cisterna.....	7
2.3.10 Valor de rescate .....	7
<b>2.4 FLUJOS DE EFECTIVO .....</b>	<b>7</b>
2.4.1 Operación con combustible diésel.....	7
2.4.2 Operación con energía eléctrica .....	8
2.4.3 Flujo marginal .....	8
<b>2.5 ANÁLISIS DE RIESGO .....</b>	<b>8</b>
<b>3 RESULTADOS.....</b>	<b>9</b>
3.1 DIAGNÓSTICO.....	9
3.2 INVERSIONES.....	9
3.2.1 Operación diésel .....	9
3.2.2 Operación energía eléctrica .....	9
3.3 ESTRUCTURA DE COSTOS .....	10
3.3.1 Gasto anual en vehículos livianos .....	10
3.3.2 Gasto anual en vehículos pesados .....	10
3.3.3 Reparación de equipos de riego.....	10
3.3.4 Depreciaciones .....	11
3.3.5 Mano de obra.....	11
3.3.6 Consumo anual de la operación con diésel.....	11
3.3.7 Consumo anual de energía eléctrica.....	12
3.3.8 Lubricante para motores .....	13
3.3.9 Viajes de cisterna.....	14
3.3.10 Valor de rescate .....	14

<b>3.4 FLUJOS DE EFECTIVO .....</b>	<b>15</b>
3.4.1 Operación con combustible diésel.....	15
3.4.2 Operación con energía eléctrica .....	15
3.4.3 Flujo marginal .....	15
 3.5 ÁNALIS DE RIESGO.....	 15
 <b>4 CONCLUSIONES.....</b>	 <b>19</b>
 <b>5 RECOMENDACIONES .....</b>	 <b>20</b>
 <b>6 BIBLIOGRAFÍA .....</b>	 <b>21</b>
 <b>7 ANEXOS .....</b>	 <b>22</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

### Cuadro

1.	Reparación anual para un motor diésel.....	10
2.	Reparación anual para un motor eléctrico.....	11
3.	Consumo anual de la operación con diésel.....	12
4.	Consumo anual de la operación con energía eléctrica.....	13
5.	Gasto anual en lubricantes para motores diésel.....	14
6.	Gasto anual en viajes de cisterna.....	14
7.	Estimación de los flujos de caja en lempiras.....	16

**ÍNDICE DE FIGURAS**

## Figura

1.	Tendencia de los precios del diésel.....	12
2.	Tendencia de los precios de la energía eléctrica.....	13
3.	Distribución del CAN de la operación con diésel.....	16
4.	Distribución del CAN de la operación electrificada.....	17
5.	Distribución del VAN del proyecto marginal.....	18

## ÍNDICE DE ANEXOS

### Anexo

1.	Potencia, etapa de construcción y finca de ubicación de los motores actuales.....	22
2.	Motores eléctricos necesarios para el reemplazo.....	23
3.	Cotización de infraestructura eléctrica.....	24
4.	Consumo por hora de litros de diésel y hp eléctricos.....	26
5.	Estadísticas de la regresión lineal de los precios del litro de diésel y el kwh.....	27
6.	Precios y proyecciones de precios del litro de diésel y el kwh en lempiras.....	28
7.	Flujo de caja operación con diésel (Miles de lempiras).....	29
8.	Flujo de caja operación con energía eléctrica (Miles de lempiras).....	30
9.	Flujo de caja marginal (Miles de lempiras).....	31

# **1 INTRODUCCIÓN**

## **1.1 ANTECEDENTES**

CATV, Compañía Azucarera Tres Valles S.A. de C.V., esta asociada a CISA, Central de Ingenios S.A., la cual se encarga de la comercialización y distribución del azúcar producida por todos los ingenios de Honduras. CISA es la encargada de darle cuotas de producción a cada Ingenio para el consumo interno del país y también de asignar los precios de venta del azúcar procesado. CISA impuso una cuota de producción este año a CATV del 14% del total del consumo nacional de azúcar, la sobreproducción de CATV es enviada al mercado mundial donde el precio ofrecido es aproximadamente un 10% sobre los costos de producción dando bajos índices de rentabilidad, por lo tanto, la compañía esta tratando de reducir costos desde hace varios años en la producción de la caña de azúcar y, además, trata de tener una mayor productividad en la obtención de azúcar diversificando o creando mayor cantidad de subproductos. Uno de estos subproductos ha sido la generación de energía eléctrica entre muchos otros, dicha generación prevé construir un lineado eléctrico para asegurar la venta por tres diferentes puntos: Tegucigalpa, Zamorano y Talanga, lo que favorece la viabilidad del cambio hacia motores eléctricos en todas las fincas de CATV.

Existe una creciente preocupación por el uso de combustible diésel en las motobombas de riego por el constante incremento en el precio, cabe recalcar que los motores que utilizan diésel necesitan un costoso mantenimiento, mecánicos de planta y costos de transporte a cada punto de bombeo hecho por carros cisternas. En la estructura actual de costos de producción el pago de la mano de obra se hace a través de contratistas por cada actividad, esto ha ocasionado problemas a la hora de auditar el uso del combustible dado por la empresa a los contratistas, lo que aumenta aún más el interés de CATV de cambiar sus motores hacia energía eléctrica.

Las fincas de producción de caña de azúcar de la Compañía Azucarera Tres Valles (CATV) se encuentran su gran mayoría en la vía a San Francisco en el Municipio de Morocelí, departamento El Paraíso, Honduras. La altura aproximada de las fincas es de 700 msnm La distancia con respecto a las bombas para el riego del Río Choluteca varía en cada caso.

## **1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Los constantes incrementos en los precios del diésel obligan estudiar la posibilidad de cambiar el uso del combustible a energía eléctrica en las motobombas de riego de las

fincas productoras, la actividad completa de riegos significa un 70% de la estructura de costos de finca, por lo tanto para ser más competitivos en el mercado nacional e internacional se analizaron:

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

En las fincas de producción de caña de azúcar de CATV existen altos costos debido al uso de combustible diésel en sus bombas de riego, por lo tanto, con la implementación de este proyecto la empresa quiere reducir los gastos empezando desde la producción de la caña en el campo, aumentando su competitividad y rentabilidad.

### **1.4 ALCANCES Y LÍMITES DEL ESTUDIO**

#### **1.4.1. Alcances**

Con la implementación del proyecto se tuvieron dos tipos de alcances, los que no se pudieron medir:

- Reducción de los costos de mano de obra en los mecánicos de las motobombas y personal de transporte de diésel.
- Se tendrán auditorías más transparentes únicamente calificando el desempeño del contratista en la actividad asignada de riego.
- Ayuda a aumentar la productividad y facilita la forma de hacer convenios con los contratistas externos para el pago de mano de obra en las actividades de riego.

Los alcances que se pudieron medir son:

- Se reducirán los costos de operación con la implementación del proyecto.
- Se midieron el CAN de las dos operaciones, con diésel y con energía eléctrica, el VAN marginal del proyecto y el riesgo de cada uno de los tres escenarios.
- Se proyectaron los precios del diésel y la energía eléctrica.

#### **1.4.2 Límites y limitantes**

- El estudio aplica únicamente a fincas dedicadas a la producción de caña de azúcar entre la vía Ojo de Agua – Guadalajara que estén relativamente cerca de las líneas principales.
- La distancia existente entre CATV y Zamorano, aproximadamente 44 kilómetros, dificultando el transporte entre ambas.
- El tiempo para la realización del estudio.

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 General**

- Estudiar la viabilidad de las inversiones necesarias para la implementación del cambio en el uso de combustible diésel a energía eléctrica en las motobombas de riego de las fincas de producción de caña de CATV.

### **1.5.2 Específicos**

- Elaborar una tabla de inversiones al cambiar los motores de combustión hacia energía eléctrica y la marginalidad del proyecto.
- Proyectar los precios del combustible diésel y energía eléctrica.
- Hallar el riesgo que se incurre en el proyecto.
- Comparar económicamente el proyecto.

## **2 METODOLOGÍA**

### **2.1 DIAGNÓSTICO**

Se identificaron las fincas idóneas para la implementación del proyecto con respecto a dos variables que tenían que poseer las fincas. Las variables fueron que existiera infraestructura eléctrica para construir ramales hasta cada punto de bombeo, esta variable encontraba la viabilidad de cada finca, además, se estudió cuáles fincas poseían la cercanía necesaria a la infraestructura y esta variable identificaba cuáles podrían tener una mayor factibilidad en la elaboración del proyecto.

### **2.2 INVERSIONES**

Se analizaron las inversiones necesarias para las operaciones de diésel y energía eléctrica con respecto a las variables técnicas exigidas por cada una de ellas. Los valores de estas inversiones son precios de mercancías llevadas hasta CATV.

#### **2.2.1 Operación con diésel**

La inversión en la operación diésel únicamente tomó en cuenta el precio de los motores ya que son los únicos que se tendrían que renovar con la implementación del proyecto, dichos precios fueron sacados de compras hechas por CATV.

#### **2.2.2 Operación con energía eléctrica**

La operación con energía eléctrica necesita inversiones en motores, infraestructura eléctrica y bombas eléctricas. El precio de las bombas fue obtenido del área de compras de CATV. INTEC cotizó los precios de los motores e infraestructura eléctrica necesarios para la nueva operación. INTEC cotizó los motores eléctricos con la potencia más parecida a la de los motores diésel utilizados en la actualidad.

### **2.3 DETERMINACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE COSTOS**

Para calcular los costos de ambas operaciones, se contemplaron todas las actividades del proceso en estas estructuras de costos utilizadas en las fincas tomadas en el estudio.

### 2.3.1 Gasto anual en vehículos livianos

Se encontraron las cantidades gastadas en:

$$\text{Gasto anual en vehículos livianos} = \text{Gasto anual en repuestos} + \text{Gasto anual en mano de obra} + \text{Gasto anual en combustible}$$

Estos vehículos son utilizados para las auditorías a campo, puntualmente, en el área de riegos. Este ítem es calculado únicamente para conocer el costo total de ambas operaciones porque es el mismo costo sin afectar la marginalidad del nuevo proyecto.

### 2.3.2 Gasto anual vehículos pesados

Los cálculos fueron encontrados de igual manera que el ítem anterior, la única diferencia es que los vehículos pesados son las cisternas de entrega de diésel a cada punto de bombeo. Este ítem afecta únicamente la operación con diésel siendo un ahorro en operación eléctrica.

### 2.3.3 Reparación de equipos de riego

Según INTEC (2000) el gasto anual de reparación para equipos de riego esta dado por un porcentaje de mantenimiento de los motores eléctricos o de diésel, estos porcentajes están dados como información técnica de cada motor, los porcentajes multiplican la depreciación anual dando diferencias en el costo anual de las reparaciones.

### 2.3.4 Depreciaciones

Fueron calculadas en línea recta para ambos casos cambiando el valor de depreciación anual, por la vida útil y por la diferencia en precios de los motores, lo que conlleva a una diferencia en los flujos de efectivo de ambas operaciones.

### 2.3.5 Mano de obra

Según CATV (2003) el cálculo de los costos anuales de mano de obra por hora, se saca de los salarios anuales de los vigilantes, regadores y bomberos de cada finca, dividido por la cantidad de horas regadas por ciclo. Este ítem es el mismo para ambos flujos, pero se sabe que aumentará la productividad con la operación eléctrica, dicho incremento no se puede calcular siendo este otro alcance no medidos del proyecto.

### 2.3.6 Consumo anual de diésel

El costo anual de operación con diésel se calculó con:

$$\text{Costo anual de litros de diésel} = \frac{\text{Consumo de litros por hora}}{\text{litros por hora}} * \frac{\text{Horas de trabajado anual de los motores}}{\text{Horas de trabajado anual de los motores}} * \frac{\text{Proyecciones de precios del litro de diésel}}{\text{Proyecciones de precios del litro de diésel}} * \frac{\text{Factor de eficiencia de los motores}}{\text{Factor de eficiencia de los motores}}$$

El consumo de litros por hora y las horas de trabajo anual de los motores se sacaron del valor promedio que se han tenido en CATV en la última zafra, cabe recalcar que el consumo de litros esta dado por la potencia de cada motor.

La proyección de precios del litro de diésel se hizo con un modelo probalístico en la aplicación @Risk, se tomaron los precios de compra de diésel en diciembre de CATV durante los últimos 10 años, dicha aplicación se corrió con la función de RiskCumul por la poca cantidad de datos que se tenían.

Según INTEC (2000) el factor de eficiencia de los motores diésel esta dado por la pérdida de potencia de este tipo de motor por la alta compresión que deben tener sobre la inyección del diésel a la cámara de aire.

### 2.3.7 Consumo anual de energía eléctrica

El costo anual de energía eléctrica se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Costo anual de energía eléctrica} = \frac{\text{Consumo de caballos de fuerza (hp) por hora}}{\text{Consumo de caballos de fuerza (hp) por hora}} * \frac{\text{Horas trabajadas anualmente}}{\text{Horas trabajadas anualmente}} * \frac{\text{Factor de conversión de hp a kilovatio por hora (kwh)}}{\text{Factor de conversión de hp a kilovatio por hora (kwh)}} * \frac{\text{Proyección de precios del kwh}}{\text{Proyección de precios del kwh}} * \frac{\text{Factor de eficiencia de los motores}}{\text{Factor de eficiencia de los motores}}$$

El consumo de hp por hora, se sacó de la potencia de los motores por la cantidad de motores. Las horas de trabajo por máquina por año se sacaron del valor promedio que se han tenido en CATV en la última zafra. El factor de conversión de un hp a kwh es de 0.746. Los precios del kwh se proyectaron con un modelo probabilístico con la función Riskcumul, dicha proyección se hizo con los precios que se han tenido en CATV durante los últimos 10 años.

Según INTEC (2000) el factor de eficiencia de estos motores está dado por la conversión de energía eléctrica a mecánica, la cual es muy bien aprovechada por su par de giro constante o sea la fuerza con la que gira un eje que no transmite ningún esfuerzo de torsión.

### 2.3.8 Lubricante para motores

El costo de lubricantes por año para motores diésel se determinó con:

$$\text{Costo anual de litros de lubricantes} = \frac{\text{Horas de trabajadas anualmente}}{\text{Horas por cambio de aceite}} * \frac{\text{Cantidad de botes de aceite}}{\text{Precio del bote de aceite}}$$

Según INTEC (2000) el costo de lubricantes por año para motores eléctricos es un factor del 25% del total de costos anuales de lubricantes para motores diésel. Por lo tanto, es otro ahorro en la marginalidad del nuevo proyecto.

### 2.3.9 Viajes de cisterna

El costo anual de viajes de cisterna para transporte de diésel esta dado por:

$$\text{Costo anual de viajes de cisterna} = \frac{\text{Cantidad anual transportada de diésel}}{\text{Capacidad de la cisterna}} * \text{Precio promedio del viaje}$$

La cantidad anual transportada, la capacidad de la cisterna y el precio del viaje dado por la distancia existente entre las fincas al ingenio, estos son valores utilizados en CATV.

### 2.3.10 Valor de rescate

Únicamente aplica a la operación con energía eléctrica, porque la vida útil de los motores es mayor al período de análisis de la operación.

## 2.4 FLUJOS DE EFECTIVO

Se utilizaron las siguientes variables de decisión dadas por CATV para construir tres flujos de efectivo:

- Tasa de cambio de 18.50 lempiras por dólar.
- Tasa de descuento de 25% anual.
- Tasa de inflación de 10% anual.
- Período de análisis del proyecto de 10 años.

### 2.4.1 Operación con combustible diésel

Se construyó un flujo de caja resumiendo las inversiones y estructura de costos determinada para la operación diésel, este flujo muestra los costos de operación total con este tipo de combustible. Además, se calculó el Costo Actual Neto (CAN) de la operación con las variables de decisión dadas por CATV.

### **2.4.2 Operación con energía eléctrica**

Se construyó un flujo de caja resumiendo las inversiones y estructura de costos determinada para la operación con energía eléctrica, este flujo muestra el costo de la operación anual. Se calculó el CAN de la operación. La inversión de infraestructura eléctrica será hecha por CATV pero la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE) descontará dicha inversión de la factura eléctrica del proyecto, la infraestructura quedará en propiedad de la ENEE. ENEE únicamente descontará la cantidad invertida en infraestructura eléctrica, por lo tanto, el costo de oportunidad del dinero de la inversión debe ser absorbido por el proyecto hasta que se descuenta del pago de la factura eléctrica.

### **2.4.3 Flujo marginal**

Se calcularon las diferencias entre las inversiones y estructura de costos de ambas operaciones para analizar la marginalidad de cada uno de los ítems. Además, se calculó el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) del proyecto.

## **2.5 ANÁLISIS DE RIESGO**

Se simularon 2000 observaciones con la aplicación @Risk a los precios del litro de diésel y a los del kwh. Los CAN de ambas operaciones y el VAN del flujo marginal fueron el producto de la simulación. Se analizaron la dispersión de los datos encontrados y sus distribuciones, hallando las medias, mínimos, máximos y desviaciones estándar de los tres flujos de efectivo. Las medias de estos análisis son los valores del CAN de ambas operaciones y el VAN del flujo marginal, los mínimos y máximos son los rangos de los datos proporcionados por sus desviaciones estándar.

## **3 RESULTADOS**

### **3.1 DIAGNÓSTICO**

CATV maneja sus fincas divididas en tres distritos de riego, los cuales abarcan aproximadamente, unas 3,080 hectáreas. Se escogió el primer distrito de riego debido a que cinco fincas del mismo poseen las variables necesarias para la implementación del proyecto, cercanía e infraestructura adecuada, la extensión de dichas fincas es de 642 hectáreas con 17 bombas divididas en ocho puntos de bombeo. Para distribuir el tiempo y las cantidades invertidas se tomaron tres etapas de construcción. La primera etapa acoge nueve bombas de riego, la segunda cinco bombas y la tercera sólo tres bombas (Anexo 1).

### **3.2 INVERSIONES**

#### **3.2.1 Operación diésel**

Se buscaron los precios de compra de los motores diésel en CATV, los motores han tenido un precio promedio de L. 296,000, por lo tanto se invertirían L. 5,032,000 en los 17 motores.

#### **3.2.2 Operación energía eléctrica**

Los precios de las bombas fueron obtenidos del área de compras de CATV, se estima en un precio de 111,000 lempiras por bomba, el total invertido sería L. 1,887,000. Las cotizaciones de motores eléctricos es de L. 122,087 por cada uno y el total fue de L. 2,075,483 (Anexo 2) y el total en inversiones de infraestructura eléctrica fue de L. 7,534,658 (Anexo 3); dichas cotizaciones de motores eléctricos e infraestructura fueron hechas por INTEC. El costo total de las tres diferentes inversiones en bombas, motores e infraestructura eléctrica fue de L. 11,497,141.

### 3.3 ESTRUCTURA DE COSTOS

#### 3.3.1 Gasto anual en vehículos livianos

Según CATV (2003) anualmente se gastan un total de L. 7,000 en mano de obra, L. 100,000 en repuestos y L. 130,000 en combustible, en las cinco fincas del estudio. El total de gastos anuales en vehículos livianos es de L. 237,000, estos costos no son marginales en el proyecto ya que se utilizan en las mismas cantidades.

#### 3.3.2 Gasto anual en vehículos pesados

CATV (2003) reportó un total de gastos de L. 40,000 en mano de obra, L. 135,000 en repuestos y L. 558,000 en combustible, utilizado en las fincas estudiadas. El gasto total anual de vehículos pesados es de L. 733,000, este ítem es un ahorro marginal en el proyecto ya que se suspende su uso con la electrificación del riego.

#### 3.3.3 Reparación de equipos de riego

INTEC (2000) encontró los porcentajes de reparación para los motores diésel cambiando desde 50% a 90% del primer hasta el décimo año (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Reparación anual para un motor diésel.

<b>Año</b>	<b>Costo por Bomba (L.)</b>	<b>Vida útil años</b>	<b>Depreciación por año (L.)</b>	<b>Porcentaje de reparación (%)</b>	<b>Valor por reparación (L.)</b>
	296,000	10	29,600		
1				50	14,800
2				55	16,280
3				60	17,760
4				65	19,240
5				70	20,720
6				75	22,200
7				80	23,680
8				85	25,160
9				90	26,640
10				95	28,120

INTEC (2000) ratificó que los porcentajes de reparación para motores eléctricos cambiaron desde 50% hasta 75% en los diez primeros años del proyecto (Cuadro 2). Cabe recalcar que durante los últimos 5 años se mantuvieron los porcentajes de reparación igual, lo que incrementa aún más el ahorro marginal en reparaciones de equipo de riego.

**Cuadro 2.** Reparación anual para un motor eléctrico.

<b>Año</b>	<b>Costo por</b>	<b>Vida útil</b>	<b>Depreciación</b>	<b>Porcentaje de</b>	<b>Valor por</b>
<b>Número</b>	<b>Bomba (L.)</b>	<b>años</b>	<b>por año (L.)</b>	<b>reparación (%)</b>	<b>reparación (L.)</b>
	122,087	15	8,139		
1				50	4,070
2				55	4,477
3				60	4,883
4				65	5,290
5				70	5,697
6				75	6,104
7				75	6,104
8				75	6,104
9				75	6,104
10				75	6,104

### 3.3.4 Depreciaciones

La inversión total en motores diésel fue de L. 5,032,000 depreciados a 10 años, dando una depreciación anual de L. 503,200.

La inversión total en motores eléctricos fue de L. 2,075,483 depreciados a 15 años, resultando L. 138,366 de depreciación por año; la mayor vida útil de los motores eléctricos ofrece un beneficio más para la factibilidad del proyecto.

### 3.3.5 Mano de obra

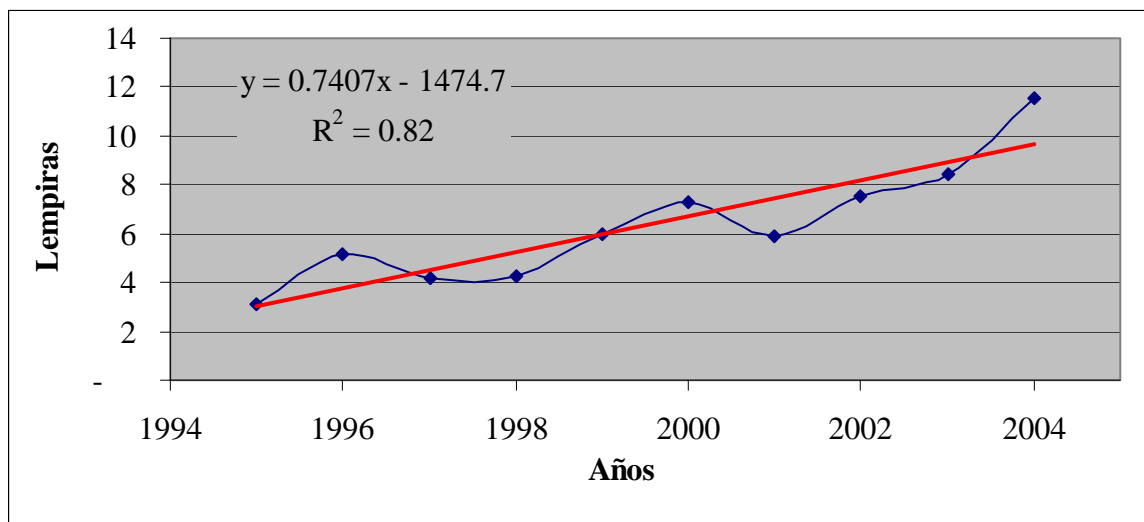
CATV (2003) encontró que el costo total en mano de obra por año fue de L. 2,574,826 y las horas de riego por finca por año fue de 61,272, por lo tanto, el gasto por hora de mano de obra fue de 42.02 lempiras.

### 3.3.6 Consumo anual de la operación con diésel

El consumo por hora de litros de diésel de los 17 motores fue de 320 litros por hora de riego (Anexo 4).

Las proyecciones de precios del diésel se hicieron con una regresión lineal encontrando un  $R^2$  de 82%, que es el porcentaje de variabilidad de la respuesta explicada por la recta de la regresión, lo que establece un alto nivel de asociación. Se encontró un estadístico  $T > 2$  en el intercepto y en la variable X, estableciendo que ambas variables son significativas en el modelo. La Probabilidad (P) de ambas variables es  $P < 0.02$  lo que significa que no se

deben al azar (Anexo 5). La tendencia de los precios muestra un acelerado crecimiento en especial durante los últimos años (Figura 1) (Anexo 6).



**Figura 1.** Tendencia de los precios del litro de diésel.

El consumo anual de diésel en precios actuales es de L. 9,100,000, este costo anual además de crecer por precios altos, también crece por el bajo factor de eficiencia de este tipo de motor (Cuadro 3).

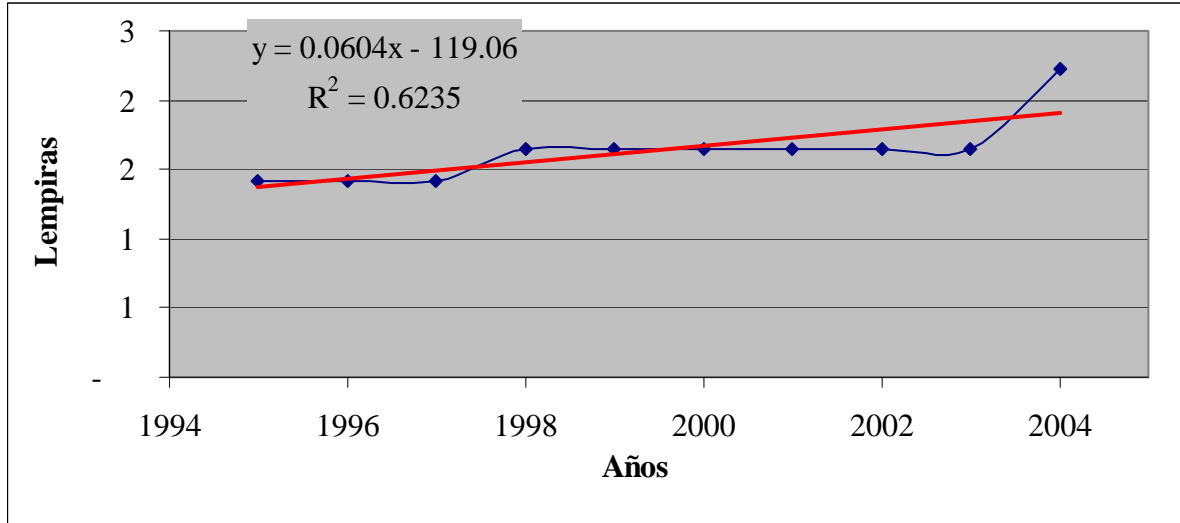
**Cuadro 3.** Consumo anual de la operación con diésel.

Concepto	Unidad	Valor
Litros de diésel	Litro/h	319.87
Horas de trabajo por máquina/año	h/año	1,723.08
Precio del litro de diésel (actual)	L.	11.56
Factor de eficiencia		0.70
<b>Gasto anual de diésel</b>	<b>L.</b>	<b>9,100,000</b>

### 3.3.7 Consumo anual de energía eléctrica

El consumo de los 17 motores fue de 2,975 hp por hora de riego (Anexo 4).

Las proyecciones de precios del kwh realizados con una regresión lineal encontraron que un  $R^2$  de 62%, lo que establece un mediano nivel de asociación. Se encontró un estadístico  $T > 2$  en el intercepto y en la variable X, estableciendo que ambas variables son significativas en el modelo. La Probabilidad de ambas variables es  $P < 0.007$  lo que significa que no se deben al azar (Anexo 5). La tendencia de los precios muestra un acelerado crecimiento en especial durante los últimos años (Figura 2) (Anexo 6).



**Figura 2.** Tendencias de los precios de la energía eléctrica.

El consumo anual de energía eléctrica en precios actuales es de 8,843,256 lempiras, este costo anual no tiene un alto crecimiento debido a que los precios se mantienen por varios años, el factor de eficiencia de este tipo de motor es mayor al factor de eficiencia de un motor diésel lo que significa una reducción en el gasto anual (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Consumo anual de la operación con energía eléctrica.

Concepto	Unidad	Valor
hp eléctricos	hp/h	2,975
Horas de trabajo por máquina/año	h/año	1,723
Factor de conversión hp a kwh		0.75
Precio del kwh (actual)	US\$	0.12
Tipo de cambio	L./US\$	18.50
Factor de eficiencia		0.96
<b>Gasto anual de energía eléctrica</b>	<b>L.</b>	<b>8,843,256</b>

### 3.3.8 Lubricante para motores

En el año se realizan 6,89 cambios de aceite por bomba, durante cada cambio se utilizan 23 botes de aceite en todas las bombas y el precio del bote es de L. 25, lo que resulta en un gasto anual en lubricantes para motores diésel de L. 67,372 (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Gasto anual en lubricantes para motores diésel

Concepto	Unidad	Valor
Horas de trabajo por máquina/año	Anual	1,723
Horas por cambio de aceite	Núm	250
Núm de cambios de aceite/bomba	Núm	6.89
Consumo de botes de aceite/cambio	Unidad	23
Precio del bote de aceite	L.	25.00
<b>Gasto anual de lubricantes</b>	<b>L.</b>	<b>67,372</b>

Según INTEC (2000) el gasto anual en lubricantes para motores eléctricos es un 25% del gasto anual de motores diésel, por lo tanto, el gasto es de L. 16,843 siendo otro ahorro en el proyecto marginal.

### 3.3.9 Viajes de cisterna

Se realizan 134 viajes de la cisterna a los ocho puntos de bombeo durante el año y el precio de cada viaje a esa región esta valorado por CATV en L. 400,00 por viaje, lo que conlleva a un gasto anual de L. 53,600 (Cuadro 6). Este ítem es otro ahorro en la marginalidad del proyecto ya que con la implementación del proyecto se suspende su uso.

**Cuadro 6.** Gasto anual en viajes de cisterna.

Concepto	Unidad	Valor
Combustible anual transportado	Litros	455,403
Capacidad cisterna	Litros	3,407
Número de viajes	Anual	134
Precio por viaje	L.	400
<b>Gasto anual de viajes de cisternas</b>	<b>L.</b>	<b>53,600</b>

### 3.3.10 Valor de rescate

Se tendrá un valor de rescate para los motores eléctricos terminados los 10 años del proyecto de L. 40,696. Este es un ingreso extra en el proyecto marginal ya que estos motores poseen una mayor vida útil que el período de análisis del proyecto.

### **3.4 FLUJOS DE EFECTIVO**

#### **3.4.1 Operación con combustible diésel**

Las inversiones totales necesarias para la operación con combustible diésel fueron de L. 5,032,000, la estructura de costos para el primer y décimo año fue de 10,824,053 y 18,767,052 lempiras, respectivamente. El CAN de la operación fue de L. 50,224,510 (Anexo 7).

#### **3.4.2 Operación con energía eléctrica**

Las inversiones totales en la operación con energía eléctrica fueron de L. 11,497,141, la estructura de costos para el primer y décimo año fue de 9,504,738 y 12,972,113 lempiras, respectivamente. Cabe recalcar que durante el primer año hubo un flujo de efectivo de sólo L. 1,831,714, debido al descuento de la factura eléctrica por parte de ENEE en concepto de infraestructura eléctrica. El CAN de la operación fue de L. 43,091,202 (Anexo 8).

#### **3.4.3 Flujo marginal**

La inversión marginal para el proyecto fue de L. 6,465,161, la estructura de costos marginal para el primer y décimo año fue un ahorro de 1,319,315 y 5,754,939 lempiras, respectivamente. Durante el primer año hubo un ahorro en el flujo de efectivo de L. 7,534,658, correspondido al descuento de la factura eléctrica de ENEE dado por infraestructura eléctrica, por lo tanto, el ahorro total en el flujo de efectivo fue de L. 8,489,138. En el proyecto marginal se encontraron un VAN de L. 7,133,308 y una TIR de 72%.

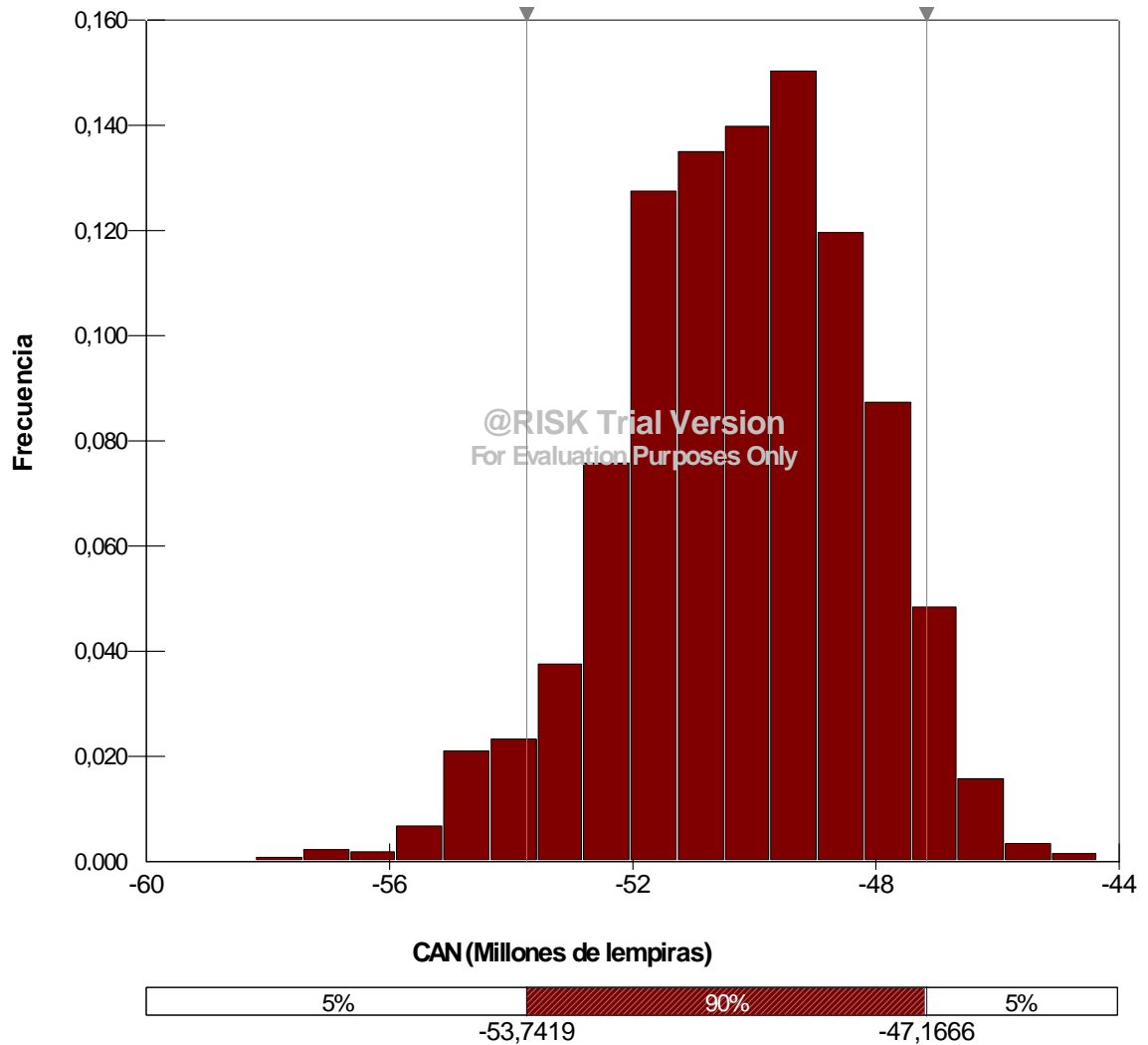
### **3.5 ANÁLISIS DE RIESGO**

La desviación estándar encontrada para el VAN del proyecto marginal fue la mayor de los tres flujos demostrando una alta variabilidad y riesgo, pero el valor mínimo del VAN fue de L. 511,122, lo que significa que con las condiciones actuales siempre va a haber ganancias con la implementación del proyecto. La menor desviación estándar fue la del CAN de la operación con energía eléctrica esto se explica por la poca variación en los precios durante los últimos 10 años ya que sólo ha habido dos cambios en los mismos, caso contrario con los precios del diésel los cuales cambian varias veces al año (Cuadro 7).

**Cuadro 7.** Estimación de los flujos de caja en lempiras.

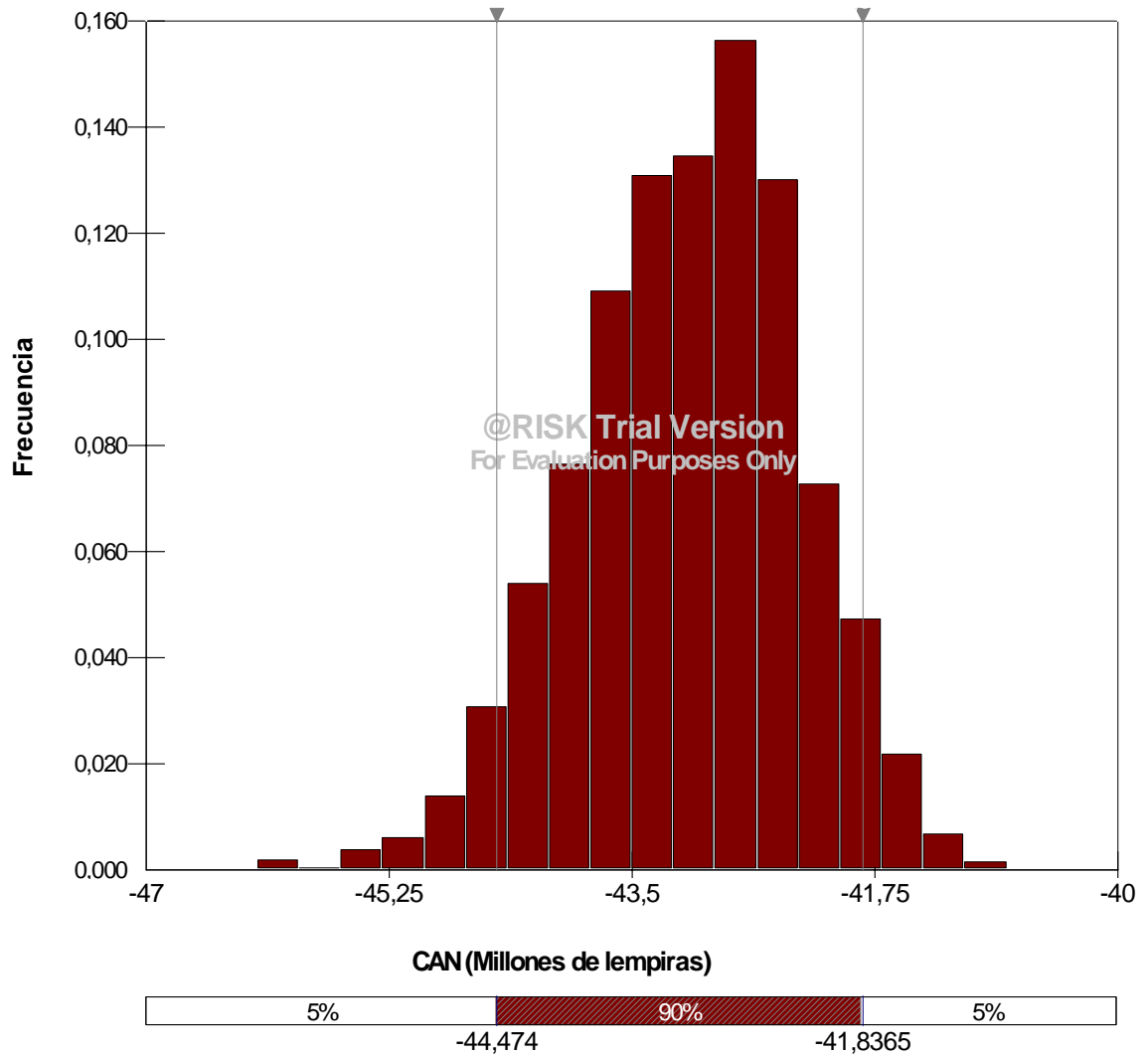
Concepto	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
<b>CAN / Operación diésel</b>	-44,333,250	-58,190,941	-50,224,516	1,999,440
<b>CAN / Operación eléctrica</b>	-40,799,086	-46,197,258	-43,091,219	797,304
<b>VAN (Ahorros) / Marginales</b>	511,122	15,666,678	7,133,297	2,147,503

Un 90% de los datos del CAN del diésel se encuentran entre 47,166,637 y 53,741,875 lempiras, lo que demuestra una alta desviación estándar (Figura 3).



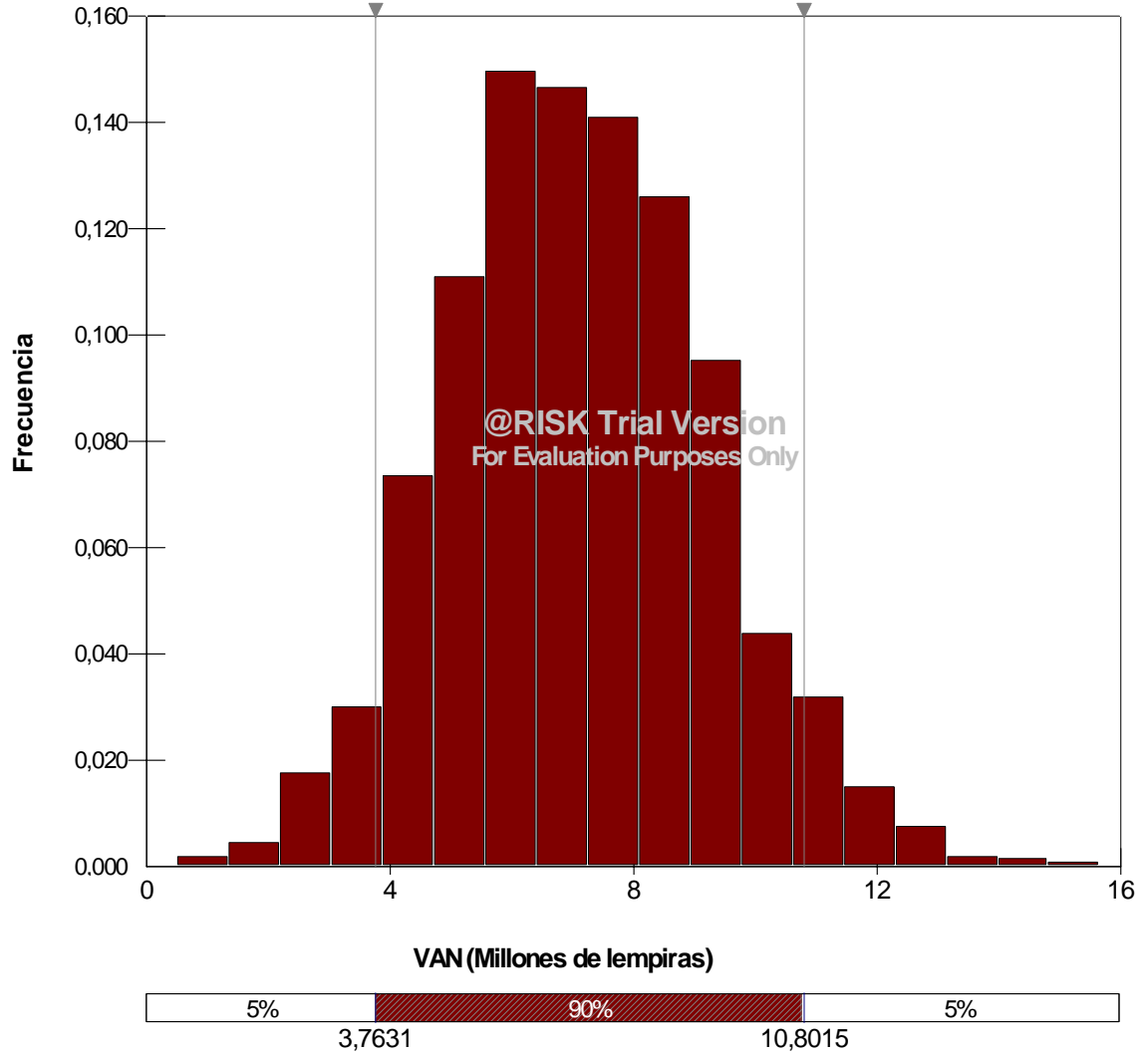
**Figura 3.** Distribución para el CAN de la operación con diésel.

Un 90% de los datos del CAN de la operación con energía eléctrica se concentran entre 41,836,496 y 44,474,031 lempiras, manifestando una baja desviación estándar (Figura 4).



**Figura 4.** Distribución para el CAN de la operación electrificada.

Un 90% de los datos encontrados en el VAN del proyecto marginal se encuentran entre 3,763,133 y 10,801,513 lempiras, lo que revela una alta desviación estándar (Figura 5).



**Figura 5.** Distribución del VAN del proyecto marginal.

## 4 CONCLUSIONES

La tendencia acelerada del crecimiento en los precios del combustible diésel hace ver la necesidad de hacer un cambio inmediato en la fuente de energía de las motobombas de riego de CATV. Existe una tendencia de crecimiento del precio no tan acelerada de la energía eléctrica pero importante en relación al aumento de costos anuales

La construcción de las líneas eléctricas traerá un beneficio social a las zonas vecinas de las fincas, también servirá para la expansión del estudio a las demás fincas de CATV.

El CAN de la operación diésel fue de L. 50,224,526 con una desviación estándar de L. 1,999,440. Además, demuestra mayores costos en vehículos pesados, depreciaciones, reparaciones de equipo de riego, en el consumo de diésel, lubricantes y en viajes de cisterna, también por el precio de los motores diésel se incurre en una mayor inversión en motores.

El CAN de la operación con energía eléctrica fue de L. 43,091,219 con una desviación estándar de 797,304, manifestando una mayor estabilidad en los precios de la energía y menos costos en la operación total.

El estudio mostró una media de ahorros del VAN de L. 7,133,297 y una TIR de 72%, con un ahorro mínimo de L. 511,122 y un ahorro máximo de L. 15,666,768. Este amplio rango en que se encuentra el proyecto demuestra la varianza y riesgo que existe en la nueva inversión.

## **5 RECOMENDACIONES**

Los alcances no medidos deben ser analizados económicamente para hacer más atractiva la inversión por medio de la reducción en mano de obra, la mayor productividad de los contratistas para realizar la actividad de riego y auditorías más transparentes.

Analizar el presente estudio como propuesta para la electrificación del riego en todas las fincas de CATV.

Mantenerse al tanto de los posibles cambios que haya en el mercado mundial del petróleo y las políticas nacionales con diésel y energía eléctrica ya que dichos pueden aumentar el riesgo del proyecto.

## **6 BIBLIOGRAFÍA**

CATV (Compañía Azucarera Tres Valles S.A. de C.V.). 2003. Licitación de electrificación del riego. (correo electrónico). Morocelí, Honduras.

INTEC (Ingeniería, Tecnología y Comercio S.A.). 2000. Electrificación del riego. (correo electrónico). Morocelí, Honduras.

## **7 ANEXOS**

**Anexo 1.** Potencia, etapa de construcción y finca de ubicación de los motores actuales.

<b>ETAPA NÚMERO I</b>		
<b>Finca</b>	<b>Potencia del motor diésel (hp)</b>	<b>Cantidad</b>
Guadalajara	168	1
	185	1
	220	1
	229	1
Palo Verde (abajo)	220	1
Granadilla	166	1
	168	1
	185	2
<b>Total</b>		<b>9</b>

<b>ETAPA NÚMERO II</b>		
<b>Finca</b>	<b>Potencia del motor diésel (hp)</b>	<b>Cantidad</b>
Los Ticos	166	1
Palo Verde (arriba)	80	1
	160	3
<b>Total</b>		<b>5</b>

<b>ETAPA NÚMERO III</b>		
<b>Finca</b>	<b>Potencia del motor diésel (hp)</b>	<b>Cantidad</b>
Flor Azul	110	1
	184	1
	214	1
<b>Total</b>		<b>3</b>

<b>TOTAL</b>		<b>17</b>
--------------	--	-----------

**Anexo 2.** Motores eléctricos necesarios para el reemplazo.**ETAPA NÚMERO I**

<b>Número de motores</b>	<b>hp actual</b>	<b>hp eléctrico</b>	<b>Precio del Motor (US\$)</b>	<b>Precio total (US\$)</b>	<b>Precio total (L.)</b>
3	185	200	7,325	21,974	406,513
3	168	150	5,989	17,968	332,399
2	220	250	9,031	18,062	334,147
1	230	250	9,031	9,031	167,073
<b>9</b>					<b>1,240,132</b>

**ETAPA NÚMERO II**

<b>Número de motores</b>	<b>hp actual</b>	<b>hp eléctrico</b>	<b>Precio del Motor (US\$)</b>	<b>Precio total (US\$)</b>	<b>Precio total (L.)</b>
4	166	150	5,989	23,957	443,199
1	80	75	2,900	2,900	53,650
<b>5</b>					<b>496,849</b>

**ETAPA NÚMERO III**

<b>Número de motores</b>	<b>hp actual</b>	<b>hp eléctrico</b>	<b>Precio del Motor (US\$)</b>	<b>Precio total (US\$)</b>	<b>Precio total (L.)</b>
1	110	100	3,648	3,648	67,494
1	184	200	7,325	7,325	135,504
1	214	200	7,325	7,325	135,504
<b>3</b>					<b>338,502</b>

**TOTAL**

<b>17</b>					<b>2,075,483</b>
-----------	--	--	--	--	------------------

**Anexo 3.** Cotización de infraestructura eléctrica.**ETAPA NÚMERO I**

<b>Ítem</b>	<b>Concepto</b>	<b>Valor (US\$)</b>	<b>Valor (L.)</b>
1	Tramites y permisos ENEE, levantamiento y diseño	5,286	97,792
2	Extensión de líneas primarias		
	2.1.- Postes	5,553	102,736
	2.2.- Cables y herrajes	33,615	621,882
3	Transformadores	38,584	713,806
4	Acometidas y protección de motores	49,887	922,901
5	Mano de obra	8,453	156,381
6	Transporte y almacenaje de material	2,488	46,020
7	Dirección y utilidades	32,071	593,306
8	Imprevistos	10,847	200,668
<b>Subtotal</b>		<b>186,783</b>	<b>3,455,491</b>

**ETAPA NÚMERO II**

<b>Ítem</b>	<b>Concepto</b>	<b>Valor (US\$)</b>	<b>Valor (L.)</b>
1	Tramites y permisos ENEE, levantamiento y diseño	5,286	97,792
2	Extensión de líneas primarias		
	2.1.- Postes	6,750	124,881
	2.2.- Cables y herrajes	16,948	313,545
3	Transformadores	38,217	707,008
4	Acometidas y protección de motores	24,022	444,404
5	Mano de obra	3,082	57,019
6	Transporte y almacenaje de material	1,555	28,762
7	Dirección y utilidades	12,840	237,541
8	Imprevistos	5,629	104,140
<b>Subtotal</b>		<b>114,329</b>	<b>2,115,093</b>

**ETAPA NÚMERO III**

<b>Ítem</b>	<b>Concepto</b>	<b>Valor (US\$)</b>	<b>Valor (L.)</b>
1	Tramites y permisos ENEE, levantamiento y diseño	5,286	97,792
2	Extensión de líneas primarias		
	2.1.- Postes	8,179	151,316
	2.2.- Cables y herrajes	30,926	572,137
3	Transformadores	14,207	262,831
4	Acometidas y protección de motores	19,453	359,882
5	Mano de obra	4,391	81,242
6	Transporte y almacenaje de material	1,555	28,762
7	Dirección y utilidades	15,947	295,022
8	Imprevistos	6,221	115,089
	<b>Subtotal</b>	<b>106,166</b>	<b>1,964,074</b>
<hr/>			
	<b>TOTAL INVERSIÓN</b>	<b>407,279</b>	<b>7,534,658</b>

**Anexo 4.** Consumo por hora de litros de diésel y hp eléctricos.

<b>ETAPA NÚMERO I</b>					
<b>Número de motores</b>	<b>hp actual</b>	<b>hp eléctrico</b>	<b>Total hp eléctrico</b>	<b>Litros de diésel por motor/h</b>	<b>Total litro de diésel</b>
3	185	200	600	18.9	56.8
3	168	150	450	15.1	45.4
2	220	250	500	28.4	56.8
1	230	250	250	28.4	28.4
<b>9</b>			<b>1800</b>	<b>22.7</b>	<b>187.4</b>

<b>ETAPA NÚMERO II</b>					
<b>Número de motores</b>	<b>hp actual</b>	<b>hp eléctrico</b>	<b>Total hp eléctrico</b>	<b>Litros de diésel por motor/h</b>	<b>Total litro de diésel</b>
4	166	150	600	15.1	60.6
1	80	75	75	11.4	11.4
<b>5</b>			<b>675</b>	<b>13.2</b>	<b>71.9</b>

<b>ETAPA NÚMERO III</b>					
<b>Número de motores</b>	<b>hp actual</b>	<b>hp eléctrico</b>	<b>Total hp eléctrico</b>	<b>Litros de diésel por motor/h</b>	<b>Total litro de diésel</b>
1	110	100	100	13.2	13.2
1	184	200	200	18.9	18.9
1	214	200	200	28.4	28.4
<b>3</b>			<b>500</b>	<b>20.2</b>	<b>60.6</b>

<b>TOTAL</b>					
--------------	--	--	--	--	--

**Anexo 5.** Estadísticas de la regresión lineal de los precios del litro de diésel y el kwh.

	<b>Diésel</b>			<b>kwh</b>		
	<b>Valor</b>	<b>Estadístico t</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Estadístico t</b>	<b>Probabilidad</b>
<b>Intercepto</b>	(1,475)	(6.01)	1.75E-02	(119)	(3.59)	7.08E-03
<b>Variable X</b>						
<b>1</b>	0.74	6.04	3.11E-04	0.06	3.64	6.59E-03
<b>R<sup>2</sup></b>	0.82			0.62		

**Anexo 6.** Precios y proyecciones de precios del litro de diésel y del kwh en lempiras.

<b>Período</b>	<b>Precio del litro de diésel</b>		<b>Precio del kwh</b>	
	<b>Observado</b>	<b>Proyectado</b>	<b>Observado</b>	<b>Proyectado</b>
1995	3.08	3.01	1.42	1.37
1996	5.15	3.75	1.42	1.43
1997	4.22	4.50	1.42	1.49
1998	4.29	5.24	1.65	1.55
1999	6.00	5.98	1.65	1.61
2000	7.28	6.72	1.65	1.67
2001	5.86	7.46	1.65	1.73
2002	7.57	8.20	1.65	1.79
2003	8.46	8.94	1.65	1.85
2004	11.56	9.68	2.22	1.91
2005		10.42		1.97
2006		11.16		2.03
2007		11.90		2.09
2008		12.64		2.15
2009		13.38		2.21
2010		14.12		2.27
2011		14.86		2.33
2012		15.61		2.39
2013		16.35		2.45
2014		17.09		2.51





