

# **Caracterización y Evaluación de Alternativas Tecnológicas de Secamiento y Almacenamiento de Maíz a Implementar en Colombia**

**Ing. Gloria Mabel Martínez Alvarez**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ingeniería y Administración  
Maestría en Ingeniería Agroindustrial  
Palmira, Colombia

2014



# **Caracterización y Evaluación de Alternativas Tecnológicas de Secamiento y Almacenamiento de Maíz a Implementar en Colombia**

**Ing. Gloria Mabel Martínez Álvarez**

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

**g**

Director:

**Ing. M. Sc. PEDRO VANEGAS MAHECHA**

Línea de Profundización

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ingeniería y Administración  
Maestría en Ingeniería Agroindustrial  
Palmira, Colombia

2014



## Resumen

El objetivo principal de este trabajo fue caracterizar y evaluar diversas alternativas tecnológicas de secamiento y almacenamiento para maíz. En su fase inicial se identificaron los tipos de productores y condiciones de poscosecha actualmente disponibles de los departamentos más productores de maíz: Tolima, Córdoba, Meta, Valle del Cauca, Santander y Huila. Posteriormente se caracterizaron y evaluaron, mediante ponderación, las alternativas de secamiento, arrojando como resultado, que la alternativa de secado en albercas es la mejor para pequeños productores y el secamiento de flujo continuo es la mejor alternativa para medianos y grandes productores. Finalmente, producto del análisis económico se obtuvieron los indicadores financieros de viabilidad: para pequeños productores un VPN: \$3.198.035, TIR: 11,3% y RC/B: 1,10; para medianos un VPN: \$403.647.315, TIR: 12,8% y RC/B: 1,35 y para grandes un VPN: \$1.962.622.019, TIR: 16,5% y RC/B: 1,43, indicadores que permiten la divulgación de las alternativas a los productores de maíz.

**Palabras clave: (secamiento, almacenamiento, maíz, poscosecha, indicadores financieros).**

## Abstract

The main objective of this experiment was to evaluate and characterized different technological alternatives of drying and storage of corn. In its initial phase, were identified the types of producers and postharvest conditions currently available in the most producer departments: Tolima, Córdoba, Meta, Valle del Cauca, Santander y Huila. Subsequently the alternative drying process was characterized and evaluated through weighing. As a result of it, drying pools and continuous flow drying were the most suitable alternatives for small and médium-large producers, respectively. Finally, due to the economical analysis the feasibility of financial indicators are obtained: for small growers \$3.198.035 NPV, 11,3% IRR and 1,10 RC/B; for médium producers, \$403.647.315 NPV, 12,8% IRR and 1,35 RC/B for large producers, \$1.962.622,019 NPV, 16,5% IRR and 1,43 RC/B, indicators. These indicators allow better disclosure of alternatives to all corn farmers.

**Keywords: (drying, storage, corn, postharvest, financial indicators).**

# Contenido

<b>Lista de tablas .....</b>	<b>VII</b>
<b>Lista de Fotos .....</b>	<b>X</b>
<b>Lista de Figuras.....</b>	<b>XI</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>7</b>
Objetivo General.....	7
Objetivos Específicos .....	7
<b>1. Marco Referencial.....</b>	<b>8</b>
1.1 Principales zonas de producción de maíz .....	8
1.2 Generalidades para un secamiento técnico de granos .....	9
1.2.1 Secamiento .....	9
1.2.2 Cuidados en el Secamiento Artificial del maíz .....	11
<b>2. Metodología.....</b>	<b>26</b>
2.1 Caracterización de las Condiciones Existentes en Zonas de Producción .....	26
2.2 Caracterización de los Productores de Maíz .....	26
2.3 Identificación de Alternativas Tecnológicas de Secamiento y Almacenamiento	26
2.4 Identificación del Diagrama de Jerarquías .....	26
2.5 Selección de Criterios .....	27
2.6 Ponderación de Criterios .....	27
2.7 Asignación de Puntajes a las Alternativas .....	28
2.8 Selección de las Alternativas más Apropriadadas .....	28
2.9 Caracterización de Alternativas Tecnológicas de Secamiento y Almacenamiento	29
2.10 Análisis de Viabilidad .....	29
2.10.1 Punto de Equilibrio .....	29
2.10.2 Indicadores.....	29
<b>3. Resultados.....</b>	<b>30</b>
3.1 Caracterización de las condiciones en las zonas de producción.....	30
3.2 Caracterización de los productores .....	33
3.3 Alternativas Disponibles Actualmente .....	33
3.3.1 Opciones de secamiento para pequeños productores (bajos volúmenes de	34
producción). .....	34
3.3.2 Opciones de secamiento para medianos y grandes volúmenes de producción	40
3.3.3 Opciones de Almacenamiento .....	48
3.4 Identificación del Diagrama de Jerarquías .....	52
3.5 Selección Criterios de Ponderación.....	54
3.5.1 Criterios de Ponderación de Alternativas para Pequeños Productores .....	54
3.5.2 Criterios de Ponderación de Alternativas para Medianos y Grandes	55
Productores.....	55
3.6 Asignación de Puntajes a las Alternativas .....	56
3.7 Selección de las alternativas más apropiadas.....	57
3.7.1 Resultado de Ponderación de Alternativas para Pequeños Productores .....	57
3.7.2 Resultado de Ponderación de Alternativas para Medianos y Grandes	58
Productores.....	58

---

3.8	Caracterización de alternativas tecnológicas de secamiento y almacenamiento	61
3.8.1	Alternativa de Secamiento para Pequeños Productores: en Albercas	61
3.8.2	Alternativa de Secamiento para Medianos Productores: Flujo Continuo 200 ton/día	70
3.8.3	Alternativa de Secamiento para Grandes Productores: Flujo Continuo en Silo para 500 ton/día	83
3.9	Análisis de Viabilidad	95
3.9.1	Punto de Equilibrio	95
3.9.2	Análisis de Viabilidad	106
<b>4.</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>108</b>
	<b>Bibliografía</b>	<b>115</b>

## Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Principales Zonas y Área Sembrada de Maíz en Colombia, 2012. (FENALCE, 2013)...	8
Tabla 2. Producción de Maíz en Colombia por regiones en 2012. (FENALCE, 2013) .....	9
Tabla 3. Máxima Temperatura (°C) Segura de Secamiento del Maíz para Diferentes usos Finales. Adaptada de (Hall, 1980). .....	16
Tabla 4. Humedad de equilibrio (base húmeda) a 25°C. Tomada de (ASAE Standards, 2001).19	19
Tabla 5. Humedad de Almacenamiento Segura a (HRE=67%). Tomado de (VanDevender, 2007) .....	20
Tabla 6. Tiempo máximo de almacenamiento de maíz (meses). Adaptada de (VanDevender, 2007). .....	21
Tabla 7. Ponderación de Criterios. ....	27
Tabla 8. Matriz de Ejemplo de Asignación de Puntajes a las Alternativas. ....	28
Tabla 9. Matriz de Ejemplo de Ponderación de Criterios para cada Alternativa. ....	28
Tabla 10. Caracterización de las Condiciones de Producción y Poscosecha de Maíz en cinco Departamentos de Colombia. ....	31
Tabla 11. Clasificación de los productores de maíz por tamaño. Fuente Autor. ....	33
Tabla 12. Ponderación de Criterios para las Alternativas de Secamiento Pequeños, Medianos y Grandes Productores. ....	56
Tabla 13. Asignación de Puntajes a las Alternativas de Secamiento de Pequeños Productores. .....	56
Tabla 14. Asignación de Puntajes a las Alternativas de Secamiento de Medianos y Grandes Productores. ....	57
Tabla 15. Matriz de Ponderación de Criterios para las Alternativas de Secamiento de Pequeños Productores. ....	59
Tabla 16. Matriz de Ponderación de Criterios para las Alternativas de Medianos y Grandes Productores. ....	60
Tabla 17. Caracterización Técnica del Secador para Alternativa Pequeños Productores. (Fuente: Autor). ....	61
Tabla 18. Supuestos Empresariales y Técnicos del Proyecto para Alternativa Pequeños Productores. (Fuente: Autor). ....	62
Tabla 19. Valor y Participación de las Inversiones de Alternativa Pequeños Productores. (Fuente: Autor). ....	63
Tabla 20. Jornales de Alternativa para Pequeños Productores. (Fuente: Autor). ....	64
Tabla 21. Consumo de Operaciones en KWh por Tonelada de Grano. (Fuente: Autor). ....	64
Tabla 22. Costos Totales de Energía Eléctrica de Alternativa Pequeños Productores. (Fuente: Autor). ....	65
Tabla 23. Costos Totales de Combustible (GN) de la Alternativa para Pequeños Productores. (Fuente: Autor). ....	65
Tabla 24. Costos de Silo Bolsa de la Alternativa para Pequeños Productores. (Fuente: Autor). 66	66

Tabla 25. Resumen de Costos Operacionales Totales de Alternativa Pequeños Productores. (Fuente: Autor).....	66
Tabla 26. Cantidad de Total de Toneladas de Maíz Húmedas por Año de Alternativa Pequeños Productores. (Fuente: Autor).....	67
Tabla 27. Servicio de Secamiento de Alternativa Pequeños Productores. (Fuente: Autor).....	67
Tabla 28. Servicio de Bodegaje de Alternativa Pequeños Productores.....	67
Tabla 29. Ventas de Silos Bolsa de Alternativa Pequeños Productores. (Fuente: Autor).....	68
Tabla 30. Resumen de Gastos o Ingresos Totales de Alternativa Pequeños Productores. (Fuente: Autor).....	68
Tabla 31. Flujo de Caja Puro de la Alternativa para Pequeños Productores.....	69
Tabla 32 . Cálculo de los Costos Operativos del Secamiento de Alternativa Pequeños Productores.....	70
Tabla 33. Caracterización Técnica del Secamiento para la Alternativa de Medianos Productores.....	71
Tabla 34. Supuestos Empresariales y Técnicos de la Alternativa para Medianos Productores. (Fuente: Autor).....	72
Tabla 35. Valor y Participación de las Inversiones de la Alternativa para Medianos Productores. (Fuente: Autor).....	73
Tabla 36. Costo Salarial de la Alternativa para Medianos Productores. (Fuente: Autor).....	74
Tabla 37. Gastos Administrativos de la Alternativa para Medianos Productores. (Fuente: Autor).....	74
Tabla 38. Consumo de Operaciones de la Planta en KWh por Tonelada de Grano. (Fuente:EDIAGRO).....	75
Tabla 39. Cálculo de Costos Totales de Energía Eléctrica Alternativa para Medianos Productores. (Fuente: Autor).....	76
Tabla 40. Cálculo de Costos Totales de Combustible de la Alternativa para Medianos Productores. (Fuente: Autor).....	76
Tabla 41. Cálculo de Costos de Silo Bolsa de la Alternativa para Medianos Productores. (Fuente: Autor).....	77
Tabla 42. Resumen de Costos de Ventas Totales de la Alternativa para Medianos Productores. (Fuente: Autor).....	77
Tabla 43. Cálculo Cronológico de Impuestos Alternativa para Medianos Productores. (Fuente: Autor).....	78
Tabla 44. Recibos de Maíz Húmedo de la Alternativa para Medianos Productores. (Fuente: Autor).....	78
Tabla 45. Cálculo del Servicio de Secamiento y Limpieza de la Alternativa para Medianos Productores. (Fuente: Autor).....	79
Tabla 46. Cálculo del Servicio de Bodegaje de la Alternativa para Medianos Productores. (Fuente: Autor).....	79
Tabla 47. Cálculo de Ventas de Silos Bolsa de la Alternativa para Medianos Productores. (Fuente: Autor).....	80
Tabla 48. Resumen de Ventas Totales de la Alternativa para Medianos Productores. (Fuente: Autor).....	80

Tabla 49. Cálculo de los Costos Operativos. (Fuente: Autor). .....	81
Tabla 50. Flujo de Caja Libre Proyecto Puro de la Alternativa para Medianos Productores. ....	82
Tabla 51. Caracterización Técnica del Sistema de Secamiento de la Alternativa para Grandes Productores. (Fuente: Autor). .....	84
Tabla 52. Valor y Participación de las Inversiones de la Alternativa para Grandes Productores. (Fuente: Autor). .....	85
Tabla 53. Costo de Sueldos Personal Requerido de la Alternativa para Grandes Productores. (Fuente: Autor). .....	86
Tabla 54. Gastos Administrativos de la Alternativa para Grandes Productores. (Fuente: Autor). .....	87
Tabla 55. Cálculo de Costos Totales de Energía Eléctrica de la Alternativa para Grandes Productores. (Fuente: Autor). .....	88
Tabla 56. Cálculo de Costos Totales de Combustible de la Alternativa para Grandes Productores. (Fuente: Autor). .....	89
Tabla 57. Cálculo de Costos de Silo Bolsa de la Alternativa para Grandes Productores. (Fuente: Autor). .....	89
Tabla 58. Resumen de Costos de Ventas Totales de la Alternativa para Grandes Productores. (Fuente: Autor). .....	89
Tabla 59. Cálculo Cronológico de Impuestos de la Alternativa para Grandes Productores. (Fuente: Autor). .....	90
Tabla 60. Cantidad de Total de Toneladas Húmedas por Año. (Fuente: Autor). .....	90
Tabla 61. Cálculo del Servicio de Secamiento y Limpieza de la Alternativa para Grandes Productores. (Fuente: Autor). .....	91
Tabla 62. Cálculo del Servicio de Bodegaje de la Alternativa para Grandes Productores. (Fuente: Autor). .....	91
Tabla 63. Cálculo de Ventas de Silos Bolsa de la Alternativa para Grandes Productores. (Fuente: Autor). .....	92
Tabla 64. Resumen de Ventas Totales de la Alternativa para Grandes Productores. (Fuente: Autor). .....	92
Tabla 65. Costos Operativos de la Alternativa para Grandes Productores. (Fuente: Autor). ....	93
Tabla 66. Flujo de Caja Libre Proyecto Puro de la Alternativa para Grandes Productores. ....	94
Tabla 67. Cálculos PE en Cantidad de la Alternativa sin Almacenamiento para Pequeños Productores. (Fuente: Autor). .....	95
Tabla 68. PE en Pesos (\$) de la Alternativa sin Almacenamiento para Pequeños Productores. (Fuente: Autor). .....	96
Tabla 69. PE en Cantidad (ton) de la Alternativa con Almacenamiento para Pequeños Productores. (Fuente: Autor). .....	97
Tabla 70. PE en Pesos (\$) de la Alternativa con Almacenamiento para Pequeños Productores. (Fuente: Autor). .....	97
Tabla 71. PE en Cantidad (ton) de la Alternativa sin Almacenamiento para Medianos Productores. (Fuente: Autor). .....	98
Tabla 72. PE en Pesos (\$) de la Alternativa sin Almacenamiento para Medianos Productores. (Fuente: Autor). .....	99

Tabla 73. PE en Cantidad (ton) de la Alternativa con Almacenamiento para Medianos Productores. (Fuente: Autor).....	100
Tabla 74. PE en Cantidad (ton) de la Alternativa con Almacenamiento para Medianos Productores. (Fuente: Autor).....	101
Tabla 75. PE en Cantidad (ton) de la Alternativa sin Almacenamiento para Grandes Productores. (Fuente: Autor).....	103
Tabla 76. PE en Pesos (\$) de la Alternativa sin Almacenamiento para Grandes Productores. (Fuente: Autor). ....	103
Tabla 77. PE en Cantidad (ton) de la Alternativa con Almacenamiento para Grandes Productores. (Fuente: Autor).....	104
Tabla 78. PE en Pesos (\$) de la Alternativa con Almacenamiento para Grandes Productores. (Fuente: Autor). ....	105
Tabla 79. Criterios para la toma de decisión. (Fuente: Autor).....	106
Tabla 80. Resultado de los Indicadores y Viabilidad de las Alternativas. (Fuente: Autor). .....	107

## Lista de Fotos

	<b>Pág.</b>
Foto 1. Resultado de limpieza de granos. (Fuente: Autor).....	12
Foto 2. Prelimpiadoras artesanales. CIAT – Unidad Básica de Semillas. (Fuente: Autor) .....	13
Foto 3. Características Físicas de un grano de maíz.....	13
Foto 4. Limpieza de granos. (Fuente: Autor).....	14
Foto 5. Máquina aire-zaranda industrial. UBS en CIAT-Palmira. (Fuente: Autor).....	14
Foto 6. Máquina aire-zaranda de laboratorio UNAL-Palmira (Fuente: Autor). ....	14
Foto 7. Máquina de aire-zaranda con cuerpo oscilante. Tomada de: (CEDAR, 2010). ....	16
Foto 8. Secamiento Natural en Mazorca. Tomada en CIAT. (Fuente: Guillermo Giraldo). ....	35
Foto 9. Secamiento natural en celdas o mallas suspendidas. CIAT, UBS. (Fuente: Guillermo Giraldo).....	36
Foto 10. Secamiento parabólico en CENICAFE, Armenia (Quindío). (Fuente: Autor). ....	37
Foto 11. Heldas ó secamiento parabólico en CENICAFE, Armenia (Quindío). (Fuente: Autor). ....	37
Foto 12. Heldas en CENICAFE, Armenia (Quindío). (Fuente: Autor). ....	38
Foto 13. Secamiento natural en celdas o mallas suspendidas. Tomada de: (CIAT, Unidad de Semillas, 1992).....	38
Foto 14. Albercas de Secamiento. Planta SEM LATAM Yumbo, Valle. (Fuente: Autor).....	39
Foto 15. Alimentación Albercas de Secamiento. Planta SEM LATAM Yumbo, Valle. (Fuente: Autor).....	39
Foto 16. Almacenamiento de granos en Silo-Bolsa. Tomada de: (INTA PRECOP II, 2009) .....	52

## Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Funcionamiento de zarandas desbrozadoras y clasificadoras. Adaptado de: (Aguirre & Silmar, 1992) .....	15
Figura 2. Contenido de Humedad de Equilibrio para 1 Arroz, 2 Maíz y 3 Trigo. Tomada de (VanDevender, 2007). .....	18
Figura 3. Contenido de humedad en equilibrio según la ecuación Chung-Pfost. Tomada de (Reed, 2005). .....	19
Figura 4. Relaciones generales entre Control de Gestión, costo de inversión inicial y los costos de energía operacionales para diversos enfoques de secado del grano. Adaptado de (VanDevender, 2007). .....	24
Figura 5. Diagrama de Jerarquías para escoger las alternativas. ....	27
<b>Figura 6. Secamiento natural de patio. Tomada de:</b> (Aguirre & Silmar, 1992).....	35
Figura 7. Secador estacionario de fondo falso con aire calentado. Tomada de: (Aguirre & Silmar, 1992). .....	41
Figura 8. Secador estacionario. Tomada de: (Paliwal, 2011) .....	41
Figura 9. Secador estacionario transportable. Tomada de: (CEDAR, 2010). .....	42
Figura 10. Secador de torre de Flujo Mixto. A.1.3: cámara de combustión; A.15: ventilador para el aire de combustión; A.1.6: conducto de aire para la combustión; A.2: ventilador de aire caliente; A.3: plenum de aire caliente; A.3.2: entrada de aire; A.4.2: cámara de secado (de caballetes); B.1: ventilador de aire frío; B.2: plenum de aire frío; B.3.2: cámara de enfriamiento; C.1: entrada de granos; C.2: depósito de granos; C.6: descarga de granos; F.1: bastidor. Tomada de: (FAO, 1993). .....	44
Figura 11. Secadora de Columnas. Tomada de: (FAO, 1993).....	45
Figura 12. Secado y enfriado en silo. Tomada de: (FAO, 1993).....	46
Figura 13. Secadora de flujo paralelo. ....	47
Figura 14. Diagrama de Jerarquías para Alternativas. (Fuente Autor). ....	53
Figura 15 . PE sin Almacenamiento de la Alternativa para Pequeños Productores. ....	96
Figura 16. PE de la Alternativa con Almacenamiento para Pequeños Productores. ....	98
Figura 17 . PE de la Alternativa sin Almacenamiento para Medianos Productores. ....	100
Figura 18 . PE de la Alternativa con Almacenamiento para Medianos Productores. ....	102
Figura 19 . PE de la Alternativa sin Almacenamiento para Grandes Productores. ....	104
Figura 20 . PE de la Alternativa con Almacenamiento para Medianos Productores. ....	106

# Lista de Símbolos y abreviaturas

## Símbolos con letras latinas

<b>Símbolo</b>	<b>Término</b>	<b>Unidad SI</b>	<b>Definición</b>
<i>Kg</i>	Kilogramos	Kg	
<i>ton</i>	Toneladas	ton	
<i>KJ</i>	Kilojulio	KJ	
<i>T</i>	Temperatura	°C	
<i>Ton/ha</i>	Toneladas por hectáreas	Ton/ha	
<i>m<sup>3</sup></i>	Metros Cúbicos	<i>m<sup>3</sup></i>	

## Abreviaturas

<b>Abreviatura</b>	<b>Término</b>
<i>VPN</i>	Valor Presente Neto
<i>NPV</i>	Net Presente Value
<i>TIR</i>	Tasa Interna de Retorno
<i>IRR</i>	Internal Rate of Return
<i>RC/B</i>	Relación Costo/Beneficio / Cost-Benefits Relation
<i>PE</i>	Punto de Equilibrio
<i>GN</i>	Gas Natural
<i>PG</i>	Prueba de Germinación

# Introducción

¿Esta Colombia preparada para ser nuevamente, después del pos conflicto, una despensa agroalimentaria? Tiene infraestructura para crecer en la producción de granos básicos como el maíz? Puede atender la demanda interna y manejar existencias o stocks de granos producidos nacionalmente para iniciar una etapa de transformación agroindustrial y de agregación de valor de materias primas con gran potencial como el maíz o la soya? Estos interrogantes no los puede resolver un solo trabajo de profundización. Pero es necesario comenzar por algo.

A nivel mundial, el maíz es uno de los cultivos base para la seguridad alimentaria, por su capacidad de transformación a proteína animal ya que es fuente de calorías, tanto en alimentación animal como en humanos. Es considerado el cultivo del siglo por venir.

Debido a los múltiples usos y valor agregado (consumo humano directo, alimentos balanceados, bioetanol, edulcorante, biopolímeros, entre otros) (INTA-PRECOP II, 2010), el maíz se consolida como el más importante de los cereales, superando al arroz y al trigo. Su producción ha sido ascendente en los últimos años a una tasa anual del 2.5%. Incluso proyecciones más recientes del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), estiman que la producción mundial 2013/2014, será de 964.28 millones de toneladas, mientras en el 2012 fue de 862.88 millones de toneladas. Esto podría significar, en la producción mundial de maíz, un incremento año a año del 11.75%.

Colombia ha pasado por varios estadios en cuanto a producción de cereales. En una primera etapa, el cultivo predominante fue el trigo, pero hoy esa infraestructura molinera y de almacenamiento ha caído en desuso y obsolescencia; una segunda fase, fue el desarrollo molinero del arroz, que desde hace más de 30 años llega hasta nuestros días; pero hoy en día, viene resurgiendo con fuerza el maíz y si la globalización mundial funciona, el país no puede escapar a esta tendencia pero se ha detectado que no estamos preparados con una moderna y adecuada infraestructura de almacenamiento de grandes cosechas graníferas. Para almacenar

hay que secar y en la actualidad, en las zonas de producción evaluadas, no se cuenta con secadoras para maíz, ni tampoco, con equipos de prelimpieza para hacer más eficientemente esta labor.

En Colombia, el maíz es el segundo cultivo en área de siembra después del café, y junto con el arroz conforman un área de cereales de un millón de hectáreas, lo que representa un 22% del área agrícola nacional (FENALCE, 2013). En muchas regiones del país, el maíz ha sido considerado un cultivo colonizador en muchas regiones del país por su amplia capacidad de adaptación, pero debido a la falta de infraestructura de secamiento, se maneja como si fuese un producto perecedero, cuando no tiene porqué serlo. Como el café, se puede almacenar al menos por seis meses, mientras sale la próxima cosecha y de esta forma, los pequeños y medianos productores podrían obtener mejores precios del grano comercial.

El mercado nacional de maíz es un mercado de talla mundial, demanda actualmente 5 millones de toneladas anuales principalmente para la preparación de alimentos balanceados para la producción de huevo, pollo, cerdo, leche, peces y carne. En cifras, en el 2012 se sembraron 542.131 ha de maíz tanto tecnificado como tradicional con un rendimiento promedio de 3,45 t/ha para una producción nacional anual de 1.869.970 ton, pero a pesar de esto, ha sido necesario importar 3.188.048 ton de maíz amarillo. Ubicando a Colombia como el octavo importador de maíz a nivel mundial (FENALCE, 2011).

Desde los años 90's con la apertura económica y la posterior desaparición del Instituto de Mercadeo Agropecuario IDEMA, cuya infraestructura de almacenamiento no quedó al servicio del sector agrícola ni de los granos básicos, se ha ido aumentando el rezago en la infraestructura de secamiento y almacenamiento de maíz en el país, lo cual ha limitado el crecimiento de áreas de siembra en las diferentes zonas productoras.

La entrega del mercado nacional a otros países, a través de Tratados Internacionales de Libre Comercio, conocidos como TLC's, que desgravaron la protección arancelaria, Colombia se ha convertido en importador neto de este cereal, al punto que hay más bodegas en los puertos que en las zonas de producción y las importaciones entran por dobles calzadas mientras las regiones no tienen buenas vías terciarias y secundarias para sacar su producción a los centros de consumo.

Ante el encarecimiento cíclico de los alimentos a nivel mundial y la alta dependencia por comida para una población creciente, el gobierno colombiano ha manifestado su interés en reactivar la agricultura nacional. Aunque aún falta aún mucho por hacer, se considera que para que se reactive el sector agropecuario nacional, primero hay que pensar primero hay que pensar en diseñar una política que le apueste a la producción de alimentos en el país para garantizar seguridad y soberanía alimentaria invirtiendo en infraestructura productiva (secamiento y almacenamiento).

Es fundamental dotar a las regiones de esa infraestructura productiva, para que haya almacenamiento a nivel de fincas, más si se está haciendo agricultura en una zona ecuatorial caracterizada por una alta impredecibilidad de lluvias y donde no se tiene como almacenar las cosechas que se producen.

El país adolece de un modelo de planeación y de alternativas tecnológicas viabilizadas para intentar reducir los problemas de almacenamiento y manejo de inventarios de este grano básico, lo cual limita en gran medida el desarrollo de nuevas zonas de producción agrícola con gran potencial agroalimentario como la Altillanura, el valle del río de la Magdalena y la región Caribe.

El presente trabajo se plantea como una demanda social urgente, encaminada a evaluar soluciones a ese problema limitante del desarrollo agrícola del país y su vulnerabilidad agroalimentaria. Planea, evaluar diferentes alternativas de secamiento y almacenamiento de maíz acorde con el tamaño promedio de los agricultores en sus condiciones de producción, cuyos resultados servirán de insumo técnico que facilite y viabilice la inversión público-privada requerida en este tipo de infraestructura productiva en el campo colombiano.

## Descripción del Problema

En cada ciclo de siembra o semestre agrícola, uno de los principales problemas que enfrentan los agricultores nacionales productores de maíz, es que no poseen una infraestructura adecuada para secar y almacenar lo que cosechan y tampoco poseen infraestructura de acopio regional, por lo que, este grano recién cosechado y húmedo, se comporta como si fuese un producto perecedero, sin serlo, quedando expuestos a una alta volatilidad de precios y a un mayor riesgo por ataque de plagas y hongos del almacenamiento, además de enfrentar abusos de posición dominante del comercio y de la industria con su poder de compra ante el proveedor nacional.

Por otra parte, dada la estacionalidad de las lluvias, los agricultores de una misma región siembran y cosechan en forma simultánea, lo que hacen que salgan a ofertar el producto al mismo tiempo, dando que se formen picos o tacos de cosecha, generando temporalidad en la producción y en los precios en el mercado local o regional. También se da lugar a una oscilación en los precios de compra, lo que conlleva a un desestimulo en la inversión agrícola. Está bien que se siembre al inicio de la temporada lluviosa, pero no que todos salgan a ofertar su cosecha al mismo tiempo.

Al no contar con suficiente infraestructura para secamiento y almacenamiento suficiente, la comercialización se ha convertido, en el cuello de botella para la producción, en un problema limitante en la comercialización. De igual forma, al no disponer de sistemas adecuados para la prelimpieza no se puede garantizar la homogeneidad y mucho menos una calidad uniforme de grandes volúmenes que requiere la industria de concentrados para animales o para consumo humano, condiciones y requisitos que deben cumplir el maíz para una venta en igualdad de condiciones que el maíz importado. Incluso, a veces no es posible uniformizar la humedad del

grano de un mismo producto, ni mucho menos garantizar el suministro de una cantidad determinada con cierta periodicidad.

Si el productor nacional de maíz tuviese opciones apropiadas para la prelimpieza, secamiento y almacenamiento, tendría un mejor control de la oferta al mercado interno e incluso podría lograr un suministro más estable y a mejor precio en la cadena agroindustrial, o programar entregas cuando haya una menor oferta o cuando la industria se lo demande.

## Justificación

En la producción de granos básicos como el maíz, Colombia tiene un gran rezago en infraestructura de secamiento y almacenamiento, motivo por el cual es difícil desarrollar nuevas regiones productoras y de esta manera para reactivar y atender la demanda interna de alimentos para una población creciente.

Dentro de las actuales políticas de gobierno, Colombia está tendiendo a reactivar su agricultura, abriendo ventanas para pensar en agregarle valor y agroindustrializar la producción agrícola, con el fin de exportar productos más elaborados y es por esto que se hace necesario empezar por la evaluación y estudio de opciones de infraestructura de poscosecha para garantizar la disponibilidad de materias primas nacionales en condiciones competitivas durante todo el año, de tal forma que, le permitan al productor y al empresario asegurar los clientes y el mercado, pudiendo así, especializarse como proveedores de un agronegocio o cluster y que desde las zonas de producción se manejen técnicamente existencias bien almacenadas de grano para usos específicos.

El secamiento y almacenamiento apropiado de los granos se convierte en el punto crítico del proceso productivo nacional de maíz.

# Objetivos

## Objetivo General

Caracterizar y evaluar diversas alternativas tecnológicas de secamiento y almacenamiento viables para su implementación en fincas de pequeños, medianos y grandes productores nacionales de maíz.

## Objetivos Específicos

- Diseñar tres paquetes integrales de secamiento-almacenamiento por tipo de productor según las necesidades y opciones de secamiento disponibles a considerar por el tamaño de la explotación agrícola.
- Realizar un estudio económico de viabilidad por tipo de productor de alternativas de secamiento en maíz viables para invertir a nivel de finca o de región.

# 1. Marco Referencial

## 1.1 Principales zonas de producción de maíz en Colombia

Por su gran capacidad de adaptación a diversas condiciones agroclimáticas y socioeconómicas, el maíz en Colombia se encuentra ampliamente distribuido en todas las regiones naturales, por eso, este grano se cultiva desde la Guajira hasta el Amazonas y desde la Costa Pacífica hasta los Llanos Orientales; en situaciones bien contrastantes, desde el nivel del mar hasta 3000 metros de altitud y con precipitaciones desde menos 300 mm al año en la Guajira, hasta 10.000 mm en el Chocó. (FENALCE, 2011).

Como se puede observar en las tablas 1 y 2, para el año 2012, los principales departamentos productores de maíz en Colombia, en su orden fueron: Tolima, Córdoba, Meta, Valle, Santander y Huila. Entre los departamentos productores más importantes, en primer lugar se destaca el departamento del Tolima, ya que, siembra la mayor de área de maicera tecnificada con 56.491 ha para una producción de 280.235 toneladas al año y es el segundo en siembras de maíz tradicional con 28.052 ha para una producción de 106.350 toneladas al año. En el segundo lugar se ubica el departamento de Córdoba con 36.656 ha de maíz tecnificado con una producción de 173.611 toneladas al año y 41.800 ha de maíz tradicional que producen 67.200 toneladas al año. Y en tercer lugar se encuentra el departamento del Meta con 31.928 ha de maíz tecnificado con una producción de 200.147 toneladas anuales. (FENALCE, 2013)

**Tabla 1. Principales Zonas y Área Sembrada de Maíz en Colombia, 2012. (FENALCE, 2013)**

Departamento	Maíz Amarillo Tecnificado (ha/año)	Maíz Blanco Tecnificado (ha/año)	Total Maíz Tecnificado (ha/año)	Maíz Amarillo Tradicional (ha/año)	Maíz Blanco Tradicional (ha/año)	Total Maíz Tradicional (ha/año)	Total (ha/año)
Tolima	35.971	20.520	<b>56.491</b>	14.701	13.351	<b>28.052</b>	<b>84.543</b>
Córdoba	13.656	23.000	<b>36.656</b>	25.000	16.800	<b>41.800</b>	<b>78.456</b>
Meta	23.858	8.070	<b>31.928</b>	350	6.700	<b>7.050</b>	<b>38.978</b>
Huila	9.150	4.980	<b>14.130</b>	15.300	7.700	<b>23.000</b>	<b>37.130</b>
Santander	11.300	350	<b>11.650</b>	16.600	4.300	<b>20.900</b>	<b>32.550</b>
Valle	10.175	9.410	<b>19.585</b>	216	58	<b>274</b>	<b>19.859</b>

Finalizado el 2013, las proyecciones realizadas por FENALCE, muestran que, la tendencia para este año, con relación al incremento del área sembrada respecto al año 2012, el departamento de Córdoba fue el que más incrementó su área sembrada, con un 47%, seguido del Tolima con un 12% y Meta y Huila con un 4%, tal y como se ilustra en la tabla 2.

**Tabla 2. Producción de Maíz en Colombia por regiones en 2012. (FENALCE, 2013)**

Departamento	Maíz Amarillo Tecnificado (ton/año)	Maíz Blanco Tecnificado (ton/año)	Total Maíz Tecnificado (ton/año)	Maíz Amarillo Tradicional (ton/año)	Maíz Blanco Tradicional (ton/año)	Total Maíz Tradicional (ton/año)	Total (ton/año)
Tolima	176.083	104.152	280.235	54.171	52.179	106.350	386.585
Córdoba	64.211	109.400	173.611	40.320	26.880	67.200	240.811
Meta	149.635	50.512	200.147	1.875	38.700	40.575	240.722
Valle	73.057	67.563	140.620	476	124	600	141.220
Santander	58.212	2.080	60.292	35.970	9.530	45.500	105.792
Huila	40.644	22.437	63.081	24.589	12.374	36.963	100.044

## 1.2 Generalidades para un secamiento técnico de granos

### 1.2.1 Secamiento

Para hablar de secamiento, primero debemos entender que los granos son higroscópicos, esto es, absorben o liberan humedad, dependiendo de la humedad relativa del aire circundante y del gradiente del potencial de agua entre el grano y el aire que los rodea, hasta llegar a un punto conocido como humedad en equilibrio, en donde el contenido de humedad de las partes, grano-aire, se igualan y ya no hay transferencia entre ellos.

Es por esto que el secamiento se define como el procedimiento mediante el cual se reduce el contenido de humedad del grano, hasta un nivel que se considera seguro para su almacenamiento. (Adzimah & Seckley, 2009) ) Se entiende que es seguro un nivel de humedad por debajo del cual, se reduce la actividad respiratoria de los granos y se dificulta el ataque de insectos, hongos y levaduras. (Jayas & Ghosh, 2006) y para algunos autores no debe ser superior al 12-13% (Aguirre & Silmar, 1992). El secamiento solo se puede realizar cuando la presión de vapor ejercida por el agua situada en la superficie y en los espacios intersticiales de los granos, es mayor que la presión parcial del vapor de agua en el aire

circundante. Este proceso adiabático involucra simultáneamente la transferencia de calor y masa, el agua del grano se calienta y se evapora, es cedida y transportada mediante flujo de aire para extraerla.

El calor requerido para evaporar el agua del grano proviene solamente del aire empleado para secar, sin transferencia de calor de los alrededores por conducción o radiación.

El secamiento cuenta con muchas clasificaciones dependiendo de múltiples factores como por ejemplo el tipo de secadora utilizado, el tamaño y la forma de los granos, la fuente de energía, etc.. Según (VanDevender, 2007) las estrategias de secamiento de granos se pueden dividir en cuatro: secado natural en el campo, secado con aire ambiente (baja temperatura), secado de alta temperatura y la combinación de secado-aireación. Permitir que el grano en el campo se seque a humedades lo más bajas posible, es el método más ampliamente utilizado, pero incrementan los riesgos por ataque de plagas y enfermedades.

En muchos casos, el secado parcial en el campo, es a menudo utilizado en conjunción con el secado después de la cosecha para alcanzar el contenido de humedad final de almacenamiento de destino. El secamiento natural con aire (baja temperatura) se describe mejor como el llenado total o parcial de los contenedores con el grano recién cosechado y forzar el paso del aire a través de la masa de granos con ventiladores hasta que se alcance el contenido de humedad deseado. El secado a alta temperatura se lleva a cabo ya sea en un silo o en un secador de tipo torre o vertical, con flujo continuo o intermitente; o en secadoras de piso falso o alberca. El aire se calienta a altas temperaturas y es forzado a pasar a través de la masa de grano hasta que tenga la humedad apropiada para almacenarlo.

Las secadoras de tipo torre o vertical, con flujo continuo o intermitente, suelen tener una combinación de secado-aireación, en donde el grano pasa por la cámara de secamiento y permanecen en contacto con el aire caliente por periodos cortos, más o menos 1,5 minutos a una temperatura de 60 - 80°C según el cultivo, y luego, permanecen en reposo por 15 minutos con aire ambiente.

### **1.2.2 Cuidados en el Secamiento Artificial del maíz**

Para el secamiento artificial se modifican las propiedades físicas del aire, tales como: aumentar su temperatura, aumentar su velocidad y reducir su contenido de humedad. Esta condición permite disminuir la humedad del grano hasta una humedad considerada segura para almacenamiento por períodos prolongados sin riesgo de deterioro.

En el caso del maíz si este proceso es demasiado rápido o con temperaturas muy altas, o si termina el proceso de secamiento con enfriamiento del grano no diferido, se inducen choques térmicos por descenso súbito de la temperatura los cuales ocasionan daños severos como fisuras, quebraduras, cristalización, ampollas y pérdida de color de los granos que demerita su calidad en el mercado.

Todos los anteriores efectos repercuten en la molienda seca del maíz y en otros procesos industriales. En granos deteriorados, durante el secamiento su movilización en plantas de beneficio y el transporte a los lugares de destino también incrementan el grano partido.

Para secar volúmenes considerables de granos es necesario limpiar el producto que llega del campo recién cosechado, con la humedad de cosecha y a granel. (Martínez & Garbers, 2010)

- **Limpieza**

La limpieza es la operación que busca eliminar las impurezas de un lote de granos provenientes del campo, las cuales deben ser separadas para obtener una menor cantidad de material contaminante si se requiere secar, pues esto también disminuye la cantidad de humedad a extraer y mejora a su vez la circulación del aire a través de la capa de granos, aumentando la capacidad y eficiencia de los equipos. Por otra parte, si el grano se va a almacenar directamente, es importante realizar esta operación lo más rápido posible, ya que en un lote con impurezas húmedas, se producirá un aumento en su temperatura y por lo

tanto, la respiración de los granos se acelerará, creando un ambiente propicio para la proliferación de hongos e insectos.

La separación se logra gracias a las diferencias que existen entre las propiedades físicas de los granos y las impurezas. Sin embargo, cuando estas son similares o idénticas, resulta ser un proceso más complejo. En este caso, la separación debe basarse en la propiedad cuya diferencia sea más pronunciada, la limpieza se realiza en función de tres características básicas: tamaño, forma y velocidad terminal. Las características de tamaño y forma de un producto interactúan durante el proceso de separación, por lo que es muy importante tenerlas en cuenta para escoger la combinación adecuada en la máquina. Lo cual se aprecia en la foto 1.

**Foto 1. Resultado de limpieza de granos. (Fuente: Autor)**

Existen diferentes tipos de limpiadoras como la neumática tipo artesanal, funciona con el mismo principio de la mesa de gravedad, esto es, separando los granos y la basura por su peso específico por medio de un ventilador artesanal, construido por un cerrajero, se genera una corriente de aire que asciende en forma vertical y se encuentra con el grano y la basura de descenden también en forma vertical. El grano más liviano y la basura son separados por uno de los extremos superiores, en tanto que, el grano de mayor peso específico se recoge en la parte inferior. (Ver Foto 2).

**Foto 2. Prelimpiadoras artesanales. CIAT – Unidad Básica de Semillas. (Fuente: Autor)**

- **Clasificación**

Un grano se clasifica por características físicas tales como: Largo, Ancho, Espesor, Peso Específico; Color; Forma; Textura Superficial; y Conductividad eléctrica, y su separación se logra gracias a las diferencias que existen entre las propiedades físicas de los granos y las impurezas. Sin embargo, cuando estas son similares o idénticas, se convierte en un proceso más complejo. En este caso, la separación debe basarse en la propiedad cuya diferencia sea más pronunciada. Las características de tamaño, y forma de un producto interactúan durante el proceso de separación, por lo que es muy importante tenerlas en cuenta para escoger la combinación adecuada de zarandas en la máquina, lo cual se aprecia en la Foto 3.

**Foto 3. Características Físicas de un grano de maíz.**

De las máquinas más utilizadas en este proceso están las de aire zaranda - MAZ (Ver fotos 4, 5 y 6), las cuales combinan en su mecanismo varios efectos: la agitación vertical y horizontal de las zarandas, y la velocidad del viento generada por dos ventiladores, que arrastran las partículas más livianas. Las zarandas vienen en chapas metálicas de perforaciones redondas y

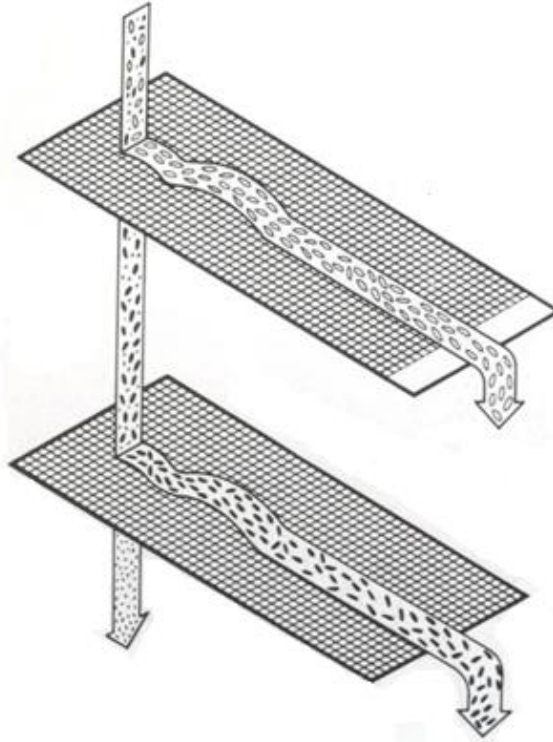
oblongas y la variedad de ellas es extensa, ofreciendo diversas dimensiones de perforaciones tanto, para las redondas como para las oblongas. La disposición de las dos zarandas en la maquina debe ser aquella que permita que el material más grande que el grano quede atrapado en la zaranda superior (desbrozadora), y que el más pequeño pase por la zaranda inferior (clasificadora).

**Foto 4. Limpieza de granos. (Fuente: Autor).**

**Foto 5. Máquina aire-zaranda industrial. UBS en CIAT-Palmira. (Fuente: Autor).**

**Foto 6. Máquina aire-zaranda de laboratorio UNAL-Palmira (Fuente: Autor).**

El principio del funcionamiento de la máquina de aire zaranda está basado en las diferencias de tamaño y forma de los granos y las impurezas tal como se indica en la Figura 1.



**Figura 1. Funcionamiento de zarandas desbrozadoras y clasificadoras. Adaptado de: (Aguirre & Silmar, 1992)**

Existen otros equipos de zarandas con un cuerpo oscilante donde la masa de granos ingresa al equipo y se distribuye por medio de un dosificador regulable a las distintas zarandas que componen el cuerpo principal (Foto 7). Esta separación se consigue mediante la oscilación circular de todo el conjunto, producida por el giro de un volante descontrapesado que transfiere a la masa de grano el movimiento necesario para la separación de tales partículas, recorriendo en forma descendente el área de capa perforada hasta la tolva colectora de grano limpio, las impurezas caen por un sistema de bandejas con salidas laterales donde pueden ser recogidas en bolsas, estas salidas son independientes para impurezas finas y gruesas o conjuntas.

**Foto 7. Máquina de aire-zaranda con cuerpo oscilante. Tomada de: (CEDAR, 2010).**

▪ **Temperatura de secamiento**

En la práctica la temperatura de secamiento depende principalmente de su uso final, como se muestra en la tabla 3, la temperatura máxima segura de secamiento del maíz para semilla es la más baja (43°C) para no afectar su germinación, para venta a granel o procesos de transformación intermedios la temperatura ideal de secamiento es de 54°C y para la alimentación animal la temperatura recomendada es de 82°C.

**Tabla 3. Máxima Temperatura (°C) Segura de Secamiento del Maíz para Diferentes usos Finales. Adaptada de (Hall, 1980).**

Tipo de Maíz	Usos Finales		
	Semilla	Venta para uso comercial	Alimentación animal
En Mazorca Grano	43	54	82

- **Humedad de equilibrio o Contenido de Humedad en Equilibrio - CHE**

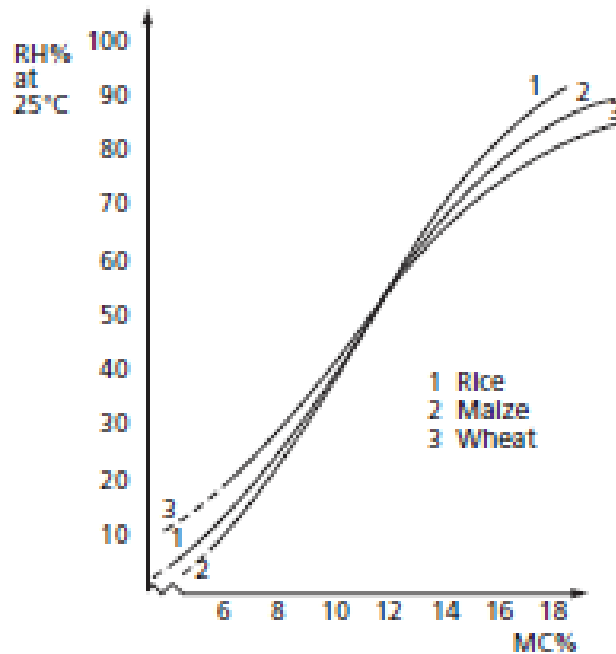
Como ya se mencionó antes, el CHE es el contenido de humedad que alcanza un grano, al ser expuesto indefinidamente a unas condiciones constantes de temperatura y humedad del aire (vapor de agua) circundante o de contacto.

Esto se debe a que la humedad en el grano crea presión de vapor y de una manera similar, la humedad del aire alrededor del grano también crea presión de vapor. La humedad se mueve desde áreas de alta presión de vapor a zonas de baja presión de vapor. Este movimiento continúa hasta que la humedad y las presiones de vapor en el grano y el aire sean iguales. El punto en el cual la presión de vapor del grano y la del aire son iguales, se conoce como el Contenido de Humedad de Equilibrio - CHE. Por lo tanto, la humedad de equilibrio depende de tres factores: la temperatura y la humedad relativa del aire alrededor del grano y del tipo de grano. (VanDevender, 2007), (Reed, 2005) y (Bartosik & Rodríguez, 2010).

Con la temperatura, la humedad de equilibrio varía ligeramente. Para la mayoría de los cereales, se reducirá en aproximadamente un 0,5% por cada 10°C aumentando al mismo porcentaje de humedad relativa del aire.

Cualquier material higroscópico tiene su propio equilibrio, por lo tanto cada grano tiene una curva característica de equilibrio, obtenida por el trazado de un gráfico de contenido de humedad contra la humedad relativa y la temperatura del aire. (FAO, 2011) y (VanDevender, 2007).

En la figura 2 podemos observar el contenido de humedad de equilibrio para diferentes granos, que relacionan una humedad relativa del aire a una temperatura de 25°C y la humedad del grano. Como se puede observar para los tres tipos de grano existe una humedad de equilibrio en común cuando la humedad relativa se encuentra en un rango de 50 a 60% y una temperatura de 11 a 12°C aproximadamente.



**Figura 2. Contenido de Humedad de Equilibrio para 1 Arroz, 2 Maíz y 3 Trigo. Tomada de (VanDevender, 2007).**

Otros referentes como la norma de ASAE (Sociedad Americana de Ingenieros Agrícolas) D245.4 relacionan para el maíz con un contenido de humedad de 14,5%, el contenido de humedad en equilibrio y la humedad relativa del aire a una temperatura del aire de 25°C, 30°C y 35°C, como se muestra en la figura 3. Si el maíz con un contenido de humedad de 14,5% se almacena en un depósito con poco intercambio de aire, la humedad relativa del aire entre los granos se elevará aproximadamente a 73% si el grano y la temperatura del aire son de 25°C, y aproximadamente a 77% si el grano y la temperatura del aire son 35°C. (Reed, 2005).

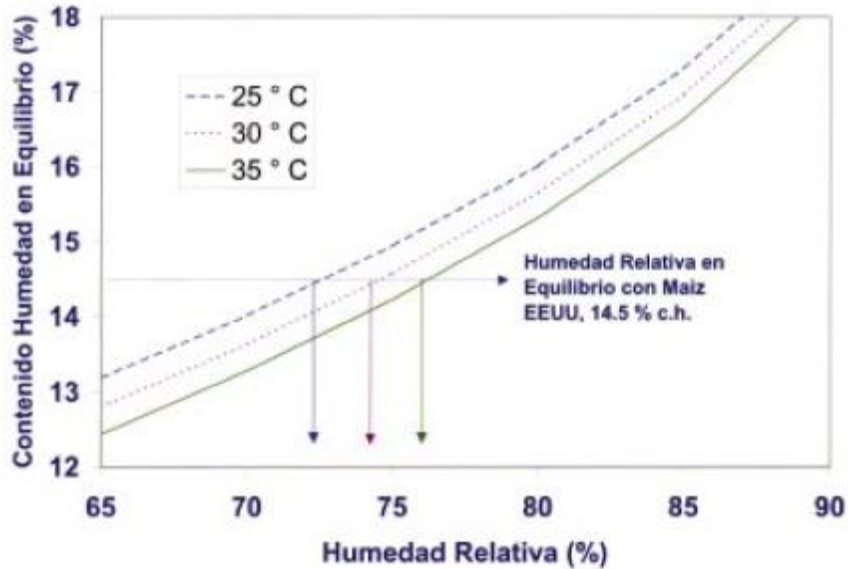


Figura 3. Contenido de humedad en equilibrio según la ecuación Chung-Pfost. Tomada de (Reed, 2005).

De la misma ASAE 245, se construye la tabla 4, que muestran las humedades de equilibrio a 60 y 70% de humedad relativa a 25°C para maíz amarillo y blanco. Sin embargo, al ser la humedad de equilibrio la etapa en donde el grano no gana ni pierde agua, esta no se considera segura para el almacenamiento.

Tabla 4. Humedad de equilibrio (base húmeda) a 25°C. Tomada de (ASAE Standards, 2001).

Grano	Humedad Relativa	
	60%	70%
Maíz Blanco	12,90	14,70
Maíz Amarillo	12,90	14,80

En el comportamiento de los granos almacenados, la humedad de equilibrio tiene mayor importancia que el contenido de humedad del grano, pues la primera indica la disponibilidad de humedad para el desarrollo de los microorganismos, de cuyo nivel de actividad depende la seguridad y calidad del grano. (Castillo N., 2009).

### ▪ Almacenamiento seguro

Los granos necesitan ser almacenados de una manera segura hasta su consumo. El almacenamiento seguro de granos se cumple con la correcta manipulación de dos factores físicos importantes: la temperatura y el contenido de humedad, que previenen la invasión de insectos, ácaros, roedores o aves. (Jayas, White, & Muir, 1995) y (Bartosik & Rodríguez, Contenido de Humedad de Equilibrio, 2010). Igualmente, determinan la rapidez con la que la calidad y el valor del grano reducen su precio en el mercado. (VanDevender, 2007)

Los granos no expuestos a secamiento reducen el tiempo de almacenamiento seguro, aumenta el potencial de pérdidas de calidad y aumenta los descuentos en precio por alta humedad sobre la venta. (Adzimah & Seckley, 2009).

En el almacenamiento existen dos reglas de oro que afectan directamente el CHE. La primera es que, por cada punto que reduzcamos el contenido de humedad de la semilla, se duplica su potencial de almacenamiento. Y la segunda es que, por cada 5 grados centígrados que se reduzca la temperatura de la semilla, se duplica su potencial de almacenamiento.

Con base en estas dos reglas, autores como (Jayas & Ghosh, 2006), han construido mediante experimentación, tablas empíricas donde se relaciona humedad segura de almacenamiento a diferentes temperaturas (0 - 35°C) de diversos tipos de maíz. Por ejemplo para maíz, como se observa en la tabla 5, a una temperatura 0°C, la humedad del maíz recomendada para almacenar es de 15.35% mientras que para una temperatura de 35°C, la humedad del maíz recomendada es de 12.39%. Lo que quiere decir que a mayor temperatura, las humedades deben ser más bajas.

**Tabla 5. Humedad de Almacenamiento Segura a (HRE=67%). Tomado de (VanDevender, 2007)**

Grano	Temperatura (°C)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
Maíz	15,35	14,78	14,28	13,84	13,43	13,06	12,71	12,39
Maíz Dentado	15,58	15,14	14,74	14,37	14,03	13,71	13,40	13,12
Maíz Blanco	15,24	14,76	14,32	13,92	13,54	13,18	12,85	12,53
Maíz en mazorca	16,14	15,56	15,06	14,60	14,19	13,82	13,48	13,16

Con fines más prácticos, también se han construido tablas que muestran el tiempo máximo de almacenamiento del maíz en meses, dependiendo de la temperatura y contenido de humedad del grano. En la tabla 6, se observa que para temperaturas y contenidos de humedad bajos el tiempo de almacenamiento es mayor ya que los procesos de deterioro se hacen más lentos. (Jayas & Ghosh, 2006).

**Tabla 6. Tiempo máximo de almacenamiento de maíz (meses). Adaptada de (VanDevender, 2007).**

Temperatura del Maíz (°C)	Contenido de Humedad (%)						
	13	14	15	16	17	18	24
4.44	150	61	29	15	9,4	6,1	1,3
10	84	34	16	8,9	5,3	3,4	0,5
15.56	47	19	9,2	5	3	1,9	0,3
21.11	26	11	5,2	2,8	1,7	1,1	0,2
26.67	15	6	2,9	1,6	0,9	0,9	0,06

Con base de 0,5% como máximo de pérdida de materia seca - calculado sobre investigaciones de la USDA en Iowa State University. Corresponde a un grado de pérdida de 2% - 3% en puntos dañados.

#### ▪ Cálculo de Mermas o Pérdidas

En el secamiento artificial, se tienen pérdidas de peso debido a la remoción de agua y materia seca contaminante, llamadas “shrink” (en inglés) o mermas las cuales son calculadas y expresadas en porcentaje. Como el maíz se vende generalmente en función de su peso, estas son utilizadas para determinar exactamente el costo total de las pérdidas de peso (Lee, 2012) y (Hicks & Cloud, 1992).

El contenido de agua es de lejos el mayor componente del total de las mermas y la más fácil de calcular (Hicks & Cloud, 1992). Los compradores de granos utilizan diferentes procedimientos para calcular cuánto grano tendrán después del secamiento (Lee, 2012) y (Maier & Bakker-Akerma, 2002).

Se pueden utilizar fórmulas que determinan el peso final del lote, llevando la humedad o impurezas a una final, sobre el cual se realizarán los descuentos y se liquidará el precio al productor. (Martínez & Garbers, 2010).

Según (FAO, 2011), (Maier & Bakker-Akerma, 2002) y (Hellevang, 1995), el peso del grano después del secado se puede encontrar utilizando la siguiente ecuación:

$$W_2 = W_1 - \frac{W_1(M_1 - M_2)}{100 - M_2}$$

$W_1$ = Peso del grano sin secamiento (Kg)

$W_2$ = Peso del grano seco (Kg)

$M_1$ = Contenido de Humedad del grano sin secamiento (Kg)

$M_2$ = Contenido de Humedad del grano seco (Kg)

También se pueden utilizar tablas preelaboradas que indican, teniendo la humedad inicial y la final, la pérdida total en porcentaje o con factores que son multiplicados por el valor inicial de grano que ingresa antes de secamiento (Gaviria, 1989). Otros métodos utilizan monogramas que cumple la misma función, determinar el porcentaje de mermas por humedad. (Aguirre & Silmar, 1992).

Otro factor a considerar, es el las pérdidas o descuentos por impurezas, y como en el caso anterior, también se usan fórmulas como esta para calcularlas (Aguirre & Peske).

$$P_i * p_i = P_f * p_f$$

$P_i$  = Peso inicial del lote

$p_i$  = Pureza inicial

$P_f$  = Peso final

$p_f$  = Pureza final

- **Factores para la selección de una secadora**

Existe una amplia gama de sistemas disponibles para el secamiento de granos que varía del secado en capa fina al sol a sistemas mecanizados y costosos tales como secadores de flujo continuo o intermitente. Sin embargo la selección del sistema de secamiento se rige por una serie de factores o criterios diferentes (Maier & Bakker-Akerma, 2002), (VanDevender, 2007) y (FAO, 2011), que incluyen:

**Velocidad de Cosecha:** Es la capacidad del sistema de seguir el ritmo o la velocidad a la que el grano llega a la bodega sobre una base diaria.

**Volumen total a secar:** Esto puede no ser el volumen total de la cosecha. Si la cosecha normalmente comienza cuando la temporada de lluvias está terminando, puede ser necesario secar la primera parte de la cosecha, pero no la última.

**Sistema de almacenamiento:** En muchos casos, el sistema de almacenamiento y el sistema de secado puede ser la misma estructura. Por ejemplo una alberca de maíz ventilado, que se utiliza para el secado, es posible utilizarla para almacenar el grano empacado posteriormente. Algunos sistemas de secado en silos tienen un doble propósito.

**Costo:** Costos iniciales o de capital y costos de funcionamiento.

**Flexibilidad:** La probabilidad que diferentes granos puedan secados debe ser considerada.

El Banco Mundial considera otros criterios como el costo fijo por tonelada, el tipo de secador, que el secador proporcione fiabilidad y hoja de servicios del fabricante, el consumo de energía específica, las características de calidad del grano, la experiencia del operador, los costos de mantenimiento, los controles de la secadora, las características de contaminación del aire / ruido y la vida útil. No obstante esta misma entidad sugiere que para la selección del sistema de secamiento, se le asigne una calificación del 60% a los costos iniciales de inversión y un 40% a los criterios antes mencionados. (Maier & Bakker-Akerma, 2002).

Dentro del análisis que se realiza a los diferentes factores en general, entre más control de proceso, más se reduce el riesgo potencial. Sin embargo, un aumento en el control se asocia

generalmente con un aumento de los costos de inversión y los costos de energía, tal y como se muestra en la figura 5.

**Figura 4. Relaciones generales entre Control de Gestión, costo de inversión inicial y los costos de energía operacionales para diversos enfoques de secado del grano. Adaptado de (VanDevender, 2007).**

Al momento de elegir un sistema de secado de granos, se deben considerar las prioridades de producción y el grado de control de calidad del grano se deben considerar al momento de elegir un sistema de secado de granos. Si el costo inicial es la prioridad, el productor debe considerar el secado en el campo o secado a baja temperatura del aire natural. Si el objetivo principal del productor es desocupar lo más rápidamente posible el lote, el secado a alta temperatura debe ser evaluado. Y si la calidad del grano es la prioridad, se debe considerar la combinación de secado-aireación. Como con cualquier inversión, costos y rendimientos pueden repartirse entre un número de años. (VanDevender, 2007)

- **Calidad del Grano**

La calidad del grano no se puede definir específicamente para un grano en particular. La calidad del grano depende del tipo de grano y el uso final. Varios factores, tales como

uniformidad y solidez, la prueba de peso, la cantidad de material extraño y susceptibilidad a la rotura, se utilizan para caracterizar la calidad del grano para un uso final particular de un grano. Por ejemplo, para el maíz el rendimiento de harina durante la molienda seca y el rendimiento de almidón durante la molienda en húmedo son importantes. La calidad de grano es afectada por diversos factores ambientales durante el período de producción en campo, las condiciones de cosecha, el manejo posterior a la cosecha (por ejemplo, secado), las condiciones de almacenamiento y transporte; y los procedimientos de manejo. Uno o más de los factores presentes pueden afectar la calidad del grano. (Maier & Bakker-Akerma, 2002) y (Jayas & Ghosh, 2006).

## **2. Metodología**

### **2.1 Caracterización de las Condiciones Existentes en Zonas de Producción**

Con el apoyo de la Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas FENALCE principal representante de los agricultores de maíz en Colombia, y su equipo de trabajo tanto del Departamento Económico como Técnico en las regiones, se obtuvo la información específica sobre las necesidades de secamiento y almacenamiento en cada región propuesta. Además de aspectos como estacionalidad y humedad de cosecha.

También se recolectó información agroclimática de cada zona productora de maíz y las principales fuentes de combustible disponible en cada zona.

### **2.2 Caracterización de los Productores de Maíz**

Mediante revisión estadística, información secundaria y consulta con expertos del gremio de productores FENALCE, se determinaron los tipos de productores por tamaño, de acuerdo a su área y nivel de producción en cada región.

### **2.3 Identificación de Alternativas Tecnológicas de Secamiento y Almacenamiento**

A través de información secundaria y residual, de estudios preelaborados e información recolectada mediante revisión y consultaría con expertos, se identificaron las alternativas de secamiento de maíz en el país.

### **2.4 Identificación del Diagrama de Jerarquías**

Mediante la elaboración de un mapa conceptual o diagrama de jerarquización se tipificó los componentes del problema de decisión para la selección de los criterios. (Figura 4).

*META GENERAL*

*CRITERIOS*

*ALTERNATIVAS*

**Figura 5. Diagrama de Jerarquías para escoger las alternativas.**

## 2.5 Selección de Criterios

La selección de criterios técnicos para la evaluación de las alternativas de secamiento se realizó con segregación de las mismas en dos grupos: alternativas para pequeños y alternativas para medianos y grandes productores de maíz.

## 2.6 Ponderación de Criterios

El método de ponderación utilizado se basa en la priorización o relativa importancia de los criterios. Los valores para ponderar serán 0 (sin importancia), 1 (poca importancia) y 2 (mucho importancia) como se muestra en la tabla 7.

**Tabla 7. Ponderación de Criterios.**

Criterios	Ponderación
Criterio 1	0

Criterio 2	1
Criterio 3	2

## 2.7 Asignación de Puntajes a las Alternativas

Para la asignación de puntajes se realizó un procedimiento similar a la ponderación de los criterios, donde se empleó la valoración directa. Mediante la elaboración de matrices como la que se muestra en la tabla 8, a cada alternativa de secamiento se le asignará un puntaje o valor respecto a la satisfacción del criterio evaluado. La escala de satisfacción para cada criterio que se utilizó fue de 1 a 5 siendo: 1 (bajo), 2 (medio bajo), 3 (medio), 4 (medio alto) y 5 (alto).

**Tabla 8. Matriz de Ejemplo de Asignación de Puntajes a las Alternativas.**

Criterios de Ponderación \ Alternativas de Secado	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Criterio 1	2	1	4	3
Criterio 2	3	5	2	5
Criterio 3	4	5	4	1

## 2.8 Selección de las Alternativas más Apropriadas

Evaluados los criterios se escogieron las alternativas más apropiadas con base en los puntajes más altos obtenidos producto de la ponderación de los mismos. (CICAPSO SAC).

Como se puede observar en la tabla 9, el resultado de la ponderación nos arroja que la mejor alternativa a escoger sería la dos con una calificación de 15 puntos, seguida por la alternativa uno con 11 puntos, la alternativa tres con 10 puntos y por último la alternativa cuatro con 7 puntos.

**Tabla 9. Matriz de Ejemplo de Ponderación de Criterios para cada Alternativa.**

Criterios de Ponderación	Ponderación	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3		Alternativa 4	
		Calificación	Valor Ponderado	Calificación	Valor Ponderado	Calificación	Valor Ponderado	Calificación	Valor Ponderado
Criterio 1	0	2	0	1	0	4	0	3	0
Criterio 2	1	3	3	5	5	2	2	5	5
Criterio 3	2	4	8	5	10	4	8	1	2
		<b>Total Alternativa 1</b>	<b>11</b>	<b>Total Alternativa 2</b>	<b>15</b>	<b>Total Alternativa 3</b>	<b>10</b>	<b>Total Alternativa 4</b>	<b>7</b>

## 2.9 Caracterización de Alternativas Tecnológicas de Secamiento y Almacenamiento

Escogidas las mejores alternativas de secamiento para cada una de las de diferentes regiones y para cada tipo de productor, se caracterizarán con base en los siguientes aspectos: técnico, financiero y operacional.

### 2.10 Análisis de Viabilidad

#### 2.10.1 Punto de Equilibrio

Con base en los resultados de la caracterización financiera se calculó el punto de equilibrio, lo cual se logra calculando, cuánto maíz se debe secar para que las inversiones se paguen.

#### 2.10.2 Indicadores

Con los resultados de los tres principales indicadores la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Valor Presente Neto (VPN) y la Relación Costo-Beneficio (RC/B), calculados según (Chain, 2001), (Alvarez, 2001) y (López, 2003), determinó la viabilidad de cada alternativa.

## 3. Resultados

### 3.1 Caracterización de las condiciones en las zonas de producción.

Las principales zonas de producción de maíz en Colombia (Córdoba, Meta, Valle, Tolima, Huila y Santander) se caracterizaron como se muestra en la tabla 9, con base en nueve factores clave que se describen a continuación:

- Infraestructura de secamiento y almacenamiento disponible actualmente.
- Porcentaje de secamiento de la producción actual (%): que se obtiene de dividir la capacidad de secamiento de la infraestructura actual en el total de la producción actual por región.
- Estacionalidad de cosecha: Son los meses del año en los cuales saldrá la cosecha.
- La humedad relativa: La registrada en los meses o temporada de cosecha.
- Temperatura máxima promedio en los meses de cosecha (°C): Para determinar el tiempo de secamiento o eficiencias técnicas de cada modelo.
- Temperatura mínima promedio en los meses de cosecha (°C): Para determinar el tiempo de secamiento o eficiencias técnicas de cada modelo.
- La fuente de combustible o de energía que hace referencia a la disponibilidad del recurso.
- La cantidad de maíz a secar por productor (ton): Permite establecer el tamaño típico de productor en cada zona.
- La humedad de cosecha del grano que difiere de cada región de acuerdo a factores climáticos y de infraestructura actualmente disponible.

En la tabla 10 se muestra el resultado de esa caracterización por zona de producción de acuerdo con los factores indicados.

Tabla 10. Caracterización de las Condiciones de Producción y Poscosecha de Maíz en cinco Departamentos de Colombia.

Factores	Córdoba	Meta	Valle	Tolima	Huila	Santander
Infraestructura de secamiento y almacenamiento actual	Infraestructura de secamiento (135.000ton en 45 días por 3.000ton/día) Almacenamiento: 85.000 toneladas	En Villavicencio: ALMAVIVA : 30.000-40.000 ton/sem con evacuación + 5.000 ton/sem sin evacuación. INVERSIONES GALEANO: 10.000 ton/sem COOMEAGRO: 15.000 ton/sem En Puerto López COAGROPUERTO: 1.000 ton/sem  Se requiere secar el maíz para alcanzar a hacer dos cosechas al año. Las secadoras actuales son obsoletas (torres muy altas y el maíz se va fermentando). Requiere doble y triple pase para no cristalizarlo.	Infraestructura de secamiento y almacenamiento Caicedonia: 8000ton/sem, Norte: 8.000ton/semestre, Centro: 10.000ton/sem secamiento y 35.000ton/sem almacenamiento	ALMAGRARIO: almacenamiento 17.000 ton/sem y secamiento 9.000 ton/sem., ALMAVIVA: almacenamiento 10.000 ton/sem, TDH (TRANSPORTADORES DEL HUILA - COMERCIALIZADORES):B ODEGAS: almacenamiento 6.000 a 7.000 ton/sem en bulto. ALMADELCO: almacenamiento 200 a 500 ton/sem. Molino en Saldaña almacenamiento de 20.000 ton/sem.  Secamiento de torres con fuente de combustible carbón coque ALMAVIVA y secamiento en patios y no existe mucha secadoras para maíz solo para arroz	Secamiento en plancha patios (\$36/Kg) (Garzón Campoalegre o Neiva), secamiento parabólico y no hay secadoras para maíz solo para arroz y café	Secadoras de torre (COALCESAR y ALMAGRARIO) con capacidad para 20.000 toneladas en la temporada de cosechas.
Porcentaje de secamiento de la producción actual (%)	Secan el 75% de la producción.	Secan entre 30-35% de la producción.	Secan el 37% de la producción.	Secan entre el 15 al 22% de la producción.	Secan entre el 12 al 15% de la producción.	Secan el 25% de la producción.
Estacionalidad de Cosecha y porcentaje de salida en el mismo periodo	Sem A: 20 Agosto – 05 Octubre (90%) No se siembra en el segundo semestre porque se rota con Algodón.	Sem A: Julio - Agosto (84%) Sem B: Enero (49%)	Sem A: Agosto - Octubre (85%) Sem B: Febrero -Abril (83%)	Sem A: Agosto - Septiembre (90%) Sem B: Enero – Febrero (89%)	Sem A: Julio – Septiembre (100%) Sem B: Febrero-Abril (83%)	Sem A: Septiembre- Octubre (81%) Sem B: Enero - Marzo (90%)
Humedad Relativa en los meses de cosecha (%)*	Sem A: Agosto:82,62% Septiembre: 83,75% Octubre: 84,05%	Sem A: Julio: 82,05% Agosto: 79,35% Sem B: Enero: 67,79% Enero y Febrero es época seca y se esperan a que seque en campo.	Sem A: Agosto: 74,20% Septiembre: 75,31% Octubre: 77,61% Sem B: Febrero: 75,31% Marzo: 75,91% Abril: 79,70%	Sem A: Agosto: 58,33% Septiembre: 63,96% Octubre: 71,35% Sem B: Enero: 68,57% Febrero: 68,22%	Sem A: Julio: 60,62% Agosto: 57,41% Septiembre: 59,12% Octubre: 66,59% Sem B: Febrero: 66,25% Marzo: 68,01% Abril: 69,61%	Sem A: Septiembre: 84,41% Octubre: 85,73% Sem B: Enero: 81,03% Febrero: 78,06% Marzo: 78,90%
Temperatura máxima promedio en los	Sem A: Agosto: 32,61°C Septiembre: 32,12°C	Sem A: Julio: 28,54°C Agosto: 29,47°C	Sem A: Agosto: 30,43°C Septiembre: 30,33°C Octubre: 29,21°C	Sem A: Agosto: 34,68°C Septiembre: 33,70°C Octubre: 31,97°C	Sem A: Julio:34,33°C Agosto: 35,28°C Septiembre: 35,16°C	Sem A: Septiembre: 33,02°C Octubre: 32,59°C

meses de cosecha (°C)*	Octubre: 31,86°C	Sem B: Enero: 34,48°C	Sem B: Febrero: 30,29°C Marzo: 30,49°C Abril: 30,49°C	Sem B: Enero: 33,19°C Febrero: 33,19°C	Octubre: 33,18°C Sem B: Febrero: 33,58°C Marzo: 32,99°C Abril: 32,99°C	Sem B: Enero: 39,19°C Febrero: 34,85°C Marzo: 34,61°C
Temperatura mínima promedio en los meses de cosecha (°C)*	Sem A: Agosto: 23,45°C Septiembre: 23,35°C Octubre: 23,49°C	Sem A: Julio: 20,33°C Agosto: 20,48°C Sem B: Enero: 21,26°C	Sem A: Agosto: 18,90°C Septiembre: 18,93°C Octubre: 18,99°C Sem B: Febrero: 18,65°C Marzo: 18,58°C Abril: 22,54°C	Sem A: Agosto: 22,40°C Septiembre: 22,62°C Octubre: 22,48°C Sem B: Enero: 22,79°C Febrero: 22,95°C	Sem A: Julio: 23,16°C Agosto: 23,56°C Septiembre: 23,70°C Octubre: 23,34°C Sem B: Febrero: 23,43°C Marzo: 23,31°C Abril: 23,33°C	Sem A: Septiembre: 22,78°C Octubre: 22,89°C Sem B: Enero: 22,46°C Febrero: 22,78°C Marzo: 23,19°C
Fuente de Combustible Disponible	Gas y carbón categoría no exportable (Puerto Libertador y Montelíbano)**	Carbón coque, Cascarilla de Arroz (Puerto López, Villavicencio y Fuente de Oro)*** y gas	Bagazo de Caña de Azúcar, Carbón coque y cascarilla de café o cisco	Carbón coque y Cascarilla de Arroz (Espinal, Purificación y Saldaña)***	Carbón coque y Cascarilla de Arroz (Nieva y Campoalegre) Cascarilla de café o cisco, Gas (Neiva, Aipe y Yaguará)	Carbón coque y Cascarilla de Arroz (Rionegro y Sabana de Torres)***
Cantidad promedio a secar por productor (ton/sem)	los productores pequeños no secan y venden húmedo en finca Grandes tienen secadora propia 60 a 150ton Entregan en Diabonos y la Soberana	Los productores secan en promedio 200ton/sem	En promedio 100-120ton/semestre	Los agricultores pequeños y medianos no secan ni almacenan, cuando se recolecta lo entregan inmediatamente al comprador y cuando almacenan lo hacen en pequeños volúmenes y en bodegas rusticas. Los agricultores grandes almacenan volúmenes grandes de 500 a 800 toneladas en centros de almacenamiento. Y los que secan manejan un volumen de 100ton/sem	Los productores no secan una cantidad probable puede ser 20ton/semestre	30 toneladas
Humedad del grano a Cosecha (%)	19-22°C (120 días) Secan de 26-27°C a 18°C en un pase y en segundo pase a 14°C	22% Reciben con 22% para bajarlo a 18 en un primer pase. Si está más húmedo cobran triple secamiento, lo cual retrasa las cosechas 15 o más días esperando a que este en 22 cuando se podría cosechar con 28%.	18%	18%	18%	20%

\* **Histórico Estaciones Agroclimáticas Proyecto Cambio Climático FENALCE (promedio desde 1979).** (FENALCE, 2014)

\*\* <http://antoniosanchezjr.com/home/que-es-gecelca-3-y-su-importancia-para-cordoba/> (Sánchez)

\*\*\* [http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/arroz/bol\\_arroz\\_lsem13.pdf](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/arroz/bol_arroz_lsem13.pdf) (DANE, 2012),

### 3.2 Caracterización de los productores

Los factores que permiten determinar el tamaño de los productores de maíz son diferentes, como también lo son el nivel de tecnificación y los costos de producción, pero el principal factor es el área efectiva sembrada, independientemente de su producción o rendimiento por hectárea; es así como resultado del trabajo investigativo realizado en las regiones, se pudo clasificar a los productores de maíz en Colombia en tres grupos, los productores que siembran de una a 15 ha como pequeños agricultores, de 16 a 40 ha como medianos productores y de 41 ha en adelante como grandes productores (Ver tabla 11).

Teniendo en cuenta el tamaño se calcula el área promedio del rango, también se toma como supuesto que un mayor tamaño implica un mayor grado de tecnificación y se asume por lo tanto un incremento del rendimiento independientemente de la zona. En la tabla 9, se puede observar que la producción de un pequeño productor con área promedio de 10 ha y un rendimiento de 6,0ton/ha, será de 60 ton semestrales. Para un productor mediano, con un área promedio de 28 ha y un rendimiento de 7,0 ton/ha la producción será de 196 ton semestrales. Y para un grande productor, con área promedio de 60 ha y un rendimiento de 8,0 ton/ha la producción será de 480 ton o más al semestre.

**Tabla 11. Clasificación de los productores de maíz por tamaño. Fuente Autor.**

Tamaño	Rango de Área (ha)	Área Promedio (ha)	Rendimiento Promedio (ton/ha)	Producción Semestral (ton)
Pequeño	1 a 15	10	6,0	60
Mediano	16 a 40	28	7,0	196
Grande	41 en adelante	60	8,0	480

### 3.3 Alternativas Disponibles Actualmente

Los sistemas de secado se dividen a nivel macro en dos grupos principales: El secado natural utiliza la temperatura del aire ambiente o bien la luz solar directa o el movimiento del aire natural a través de la cosecha. El secado artificial utiliza medios mecánicos (por ejemplo, un ventilador) para mover el aire a través del grano, ya sea, siendo el aire ya sea a temperatura ambiente o calentado artificialmente el mecanismo de secado.

También puede ser continuo o en baches dependiendo de cómo se produce esta operación. El secamiento continuo se utiliza en operaciones a gran escala. O integrados a procesos de manufactura de productos finales, por ejemplo el secamiento de maíz en la producción de cornflakes, allí no se requiere almacenamiento intermedio. Sin embargo, este tipo de equipo de secamiento tiene altos costos y requerimientos. (Adzimah & Seckley, 2009). En la práctica este tipo de secado está acompañado de aire forzado a través de una masa de granos a diferente temperatura. (Jayas & Ghosh, 2006).

### **3.3.1 Opciones de secamiento para pequeños productores (bajos volúmenes de producción).**

#### **En ambientes naturales**

No requiere de conocimiento técnico, las instalaciones son simples y baratas, fáciles de construir y su costo es bajo y los materiales de construcción se encuentran fácilmente en las comunidades (Maier & Bakker-Akerma, 2002).

Es un proceso lento que demora bastante tiempo, las operaciones se realizan manualmente, presenta bajo rendimiento, está sujeto a las condiciones climáticas. (Valdivia, 2011), funciona en zonas con humedad relativa baja (< 60%), esta expuesto al ataque de insectos, pájaros y roedores. Como modelos de él, se presentan los siguientes:

#### **-Secado en patios**

Consiste en aprovechar la radiación solar y el aire circundante, extendiendo los granos o mazorcas en el piso de cemento o sobre un plástico grande y evitando colocar el grano directamente sobre el piso caliente, exponiendo los granos a la acción del sol en un día despejado (Foto 8). Los granos deben ser esparcidos formando ondulaciones y/o surcos para aumentar el área superficial de exposición (Figura 6), éstos últimos deben de ser de máximo 10 centímetros de espesor y deben estar en movimiento aproximadamente cada 30 minutos para evitar gradientes de humedad altos y temperaturas altas en los granos, facilitando así su secamiento.

**Foto 8. Secamiento Natural en Mazorca. Tomada en CIAT. (Fuente: Guillermo Giraldo).**

**Figura 6. Secamiento natural de patio. Tomada de:** (Aguirre & Silmar, 1992).

Este sistema presenta limitantes como, baja capacidad de secado por unidad de área, dependencia de las condiciones climáticas, necesidad de mano de obra para la operación, necesidad de utilizar grandes superficies de secado, en comparación con otras técnicas que requieren menos espacio. Por esta razón, el uso de patios de secado se limita cuando se cosechan volúmenes bajos. (VanDevender, 2007) y (Valdivia, 2011).

#### **-Secamiento en celdas o mallas suspendidas**

Otro método que aprovecha la radiación solar y que puede evitar pérdidas por pisoteo y arrastre, es el secado en bandejas con fondo falso o celdas de malla, las cuales se suspenden a por lo menos unos 50 -60 centímetros del piso, para facilitar el paso del aire por debajo y por encima de la masa de granos, aumentando así la velocidad del secamiento (Foto 9). Se debe

verificar que la capa de granos no supere los cinco centímetros, pues de lo contrario se disminuye la velocidad de secamiento.



**Foto 9. Secamiento natural en celdas o mallas suspendidas. CIAT, UBS. (Fuente: Guillermo Giraldo).**

#### **-Secadores parabólicos (experiencias derivadas de otros granos como el Café)**

Desarrollados por la Federación Nacional de Cafeteros -CENICAFE, los secadores parabólicos son actualmente construidos y utilizados en fincas de pequeños caficultores de diferentes regiones del país. FENALCE, aprovechando esta infraestructura de secamiento del café ha aplicado y adecuado esta alternativa obteniendo sus propias experiencias con gran éxito, secando por ejemplo maíz en mazorca y/o grano.

El empleo de esta tecnología se hace cada vez más importante ya que con las constantes lluvias de zonas de pequeños productores como la cafetera, en zona de ladera, donde su uso es imperante, pues a pesar de las pocas horas de luz solar, el secador mantiene una temperatura que favorece el secado. Estos sistemas se muestran en las fotos 6 y 7.

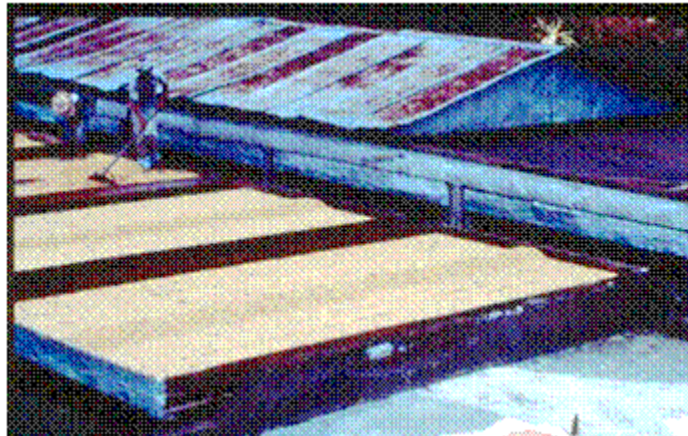
**Foto 10. Secamiento parabólico en CENICAFE, Armenia (Quindío). (Fuente: Autor).**

**Foto 11. Haldas ó secamiento parabólico en CENICAFE, Armenia (Quindío). (Fuente: Autor).**

Según (Oliveros, Ramirez, & Sanz, 2008), los materiales empleados en su construcción tienen diferentes períodos de vida útil, por lo que es necesario reparar los componentes del secador en diferentes tiempos. Es así, como la cubierta plástica y la estructura en guadua pueden tener una vida útil mayor de 3 y 10 años, respectivamente. El piso de concreto puede durar más de 15 años.

#### **-Secamiento en Haldas (derivadas de Café)**

Este sistema también fue desarrollado por la Federación Nacional de Cafeteros-CENICAFE y es un sistema fácil, barato y eficiente que trabaja aprovechando el sol como fuente de calor. Consiste en una serie de bandejas corredizas dispuestas en un cajón con techo, las cuales se pueden sacar y guardarlas en la noche o en época lluviosa. El principal inconveniente es su baja capacidad de secamiento pues en términos de cantidad, se requeriría estructuras muy voluminosas o muchos módulos para contrarrestar su poca capacidad.(Ver foto 12).



**Foto 12. Heldas en CENICAFE, Armenia (Quindío). (Fuente: Autor).**

Para los pequeños agricultores, la Unidad de Semillas del CIAT, desarrollo un sistema artesanal de secador estacionario en madera con piso falso, y una capacidad de secamiento de 2,0 ton/hora. La fuente de calor son cuatro resistencias de una estufa eléctrica y el ventilador es de construcción artesanal por un cerrajero metalmecánico. (Ver Foto 13).

**Foto 13. Secamiento natural en celdas o mallas suspendidas. Tomada de: (CIAT, Unidad de Semillas, 1992)**

### **-Secamiento en Albercas**

Las albercas en Colombia, son unas de las alternativas más utilizadas en arroz y en semillas. Pueden construirse para capacidad pequeña en forma relativamente simple y económica. Su operación no exige mayores conocimientos y su cargue y descargue, aunque se encuentran “mecanizados” utilizan bastante mano de obra.

Cuando la cantidad de grano que se desea secar es pequeña (inferior a 40 o 50 ton), en instalaciones localizadas en las fincas productoras o pequeñas industrias, es más económico realizar el secado con albercas que con volúmenes intermedios, 50 a 70 y 80 ton/día.

Con este sistema se pueden tener módulos de secado de acuerdo al crecimiento de la explotación agrícola. El típico montaje de alberca está formada por un módulo completo de silos de 6m x 5m, con capacidad para 20 ton cada uno (320 bultos), el ventilador de secamiento utiliza motor de 60HP y un quemador de dos galones por hora de diesel (ACPM), la temperatura de secado utilizada es de 35°C a 38°C. Se han previsto transportadores de cargue y descargue, una limpiadora y su elevador. Las condiciones climáticas se han asumido de HR=75% y temperatura de 25°C. (Ver Fotos 14 y 15). (Castillo, 1980).

**Foto 14. Albercas de Secamiento. Planta SEM LATAM Yumbo, Valle. (Fuente: Autor).**

**Foto 15. Alimentación Albercas de Secamiento. Planta SEM LATAM Yumbo, Valle. (Fuente: Autor).**

Expertos en secamiento de semillas, hacen referencia a que estos secadores de lecho fijo se pueden construir con un fondo de lámina perforada de 0,5 a un milímetro de diámetro, formando capas de granel de 0,40 metros a 1 metro de espesor, generalmente se utiliza ventilador centrífugo para una sola o axial para varias albercas.

### **3.3.2 Opciones de secamiento para medianos y grandes volúmenes de producción**

- **Secamiento Artificial**

#### **-Secamiento Estacionario**

Este sistema se caracteriza porque el grano no fluye durante el secamiento, para su aplicación se utilizan secadores de fondo falso que en general demoran 24h para secar cada carga, como se muestra en la figura 7.

Si es en silos, como se muestra en la figura 8, el secamiento se denomina secamiento por lotes en silo ó “batch-in-bin”, ésta es una de las técnicas más económicas y populares en fincas de Estados Unidos. (Bridges, White, & Lower, 1984). El principio básico de esta operación de secamiento es forzar grandes cantidades de aire a través de una capa poco profunda de granos (2.5 a 4 pies), para luego es ser enfriado y almacenado en un silo de almacenamiento. Estos poseen roscas mezcladoras o tornillos sinfín, con el fin de homogenizar la humedad del grano en el interior, pero son más útiles cuando la temperatura de secado es baja (sólo unos grados por encima de la temperatura ambiente). Con temperaturas altas, el sistema funciona como seca-aireación, ya que el grano sale caliente (40 - 60°C) y debe ser enfriado en otro silo. Cuando el silo de almacenamiento está lleno, el silo de secamiento puede ser llenado y el grano seco en capas si es necesario. (Castillo, 2009)

Una de las ventajas de este sistema es la rápida velocidad de secamiento, permitiendo así al productor adaptar grandes velocidades de cosecha con otros tipos de secamiento en baches adicionales (Bridges, White, & Lower, 1984).

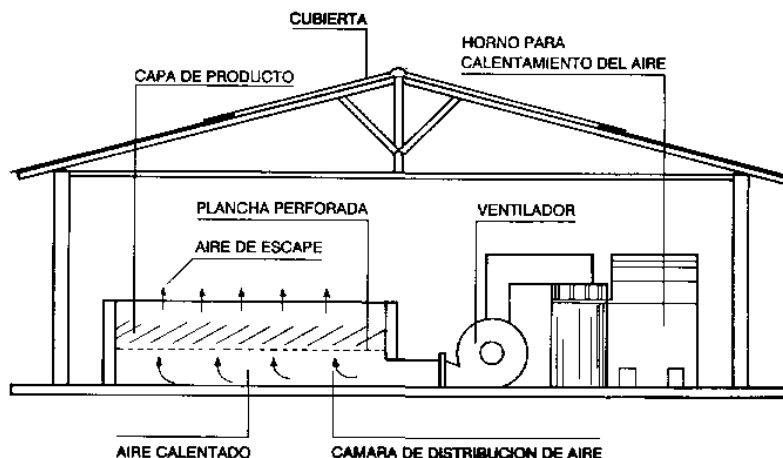


Figura 7. Secador estacionario de fondo falso con aire calentado. Tomada de: (Aguirre & Silmar, 1992).

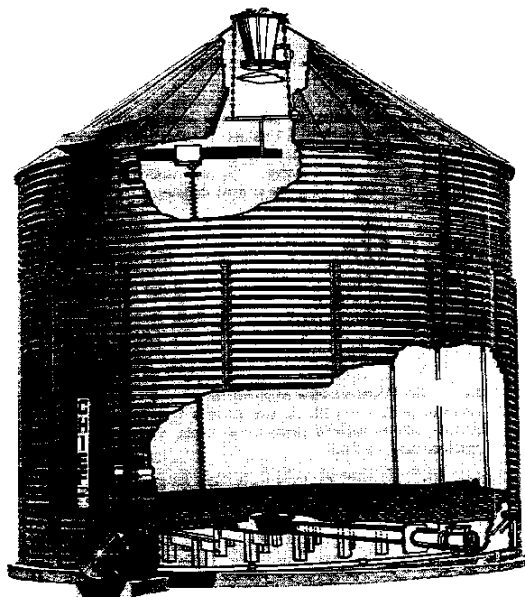


Figura 8. Secador estacionario. Tomada de: (Paliwal, 2011)

La condensación de vapor de agua en la parte superior es uno de los problemas de estos sistemas, ya que puede humedecer las capas superficiales del silo y las que están en contacto con las paredes, quedando el grano expuesto a un potencial deterioro. Cuando una masa de grano húmedo y caliente ingresa al silo una masa de grano húmedo y caliente; y al encender el sistema de aireación se crea una cantidad muy grande de vapor de agua al inicio del secamiento. Es preciso eliminar rápidamente la humedad, para evitar entrar en contacto con las partes frías del techo, paredes y otras partes del silo, por lo que se hace importante la

adaptación de extractores de aire que se ubicarán en el techo del silo. En un secador con una capacidad 36 ton y que trabaja a una temperatura de secamiento de 30 - 40°C, para reducir el contenido de humedad del maíz de 18-13% se requerirán 48 horas y un consumo de combustible de 6,4lt de diesel/ton. (Aguirre & Silmar, 1992).

Finalmente, una de las dificultades del secamiento estático es la baja capacidad de homogeneidad del secado, especialmente en túneles. En los silos de lecho fijo es necesario efectuar paleado del producto.

### **-Secadoras Estacionarias Portátiles**

Dentro de este sistema, existen dentro de este sistema, secadoras estacionarias o por tandas que pueden ser transportables (Figura 9). Se carga la máquina, se enciende el quemador, y se seca el grano; luego se apaga el quemador, y el ventilador funciona sólo con aire frío, hasta enfriar toda la carga. Una desventaja es el espesor de la columna de grano que ocasiona un secado no uniforme, pues el grano en contacto con las chapas calientes sufre un sobrecalentamiento y un sobresecado excesivo, mientras que en el lado opuesto el grano está húmedo y poco caliente. Para reducir estos problemas se aconseja hacer dos pasadas a baja temperatura (70°C), derivando el grano a un silo intermedio, donde pueda reposar, y volver luego a la secadora. Este tipo de secadoras operan con muy baja capacidad y pueden ser empleadas en la propia finca del productor. Siempre y cuando la capacidad de las máquinas cosechadoras sea similar, para no interrumpir la cosecha. (Paliwal, 2011)

**Figura 9. Secador estacionario transportable. Tomada de: (CEDAR, 2010).**

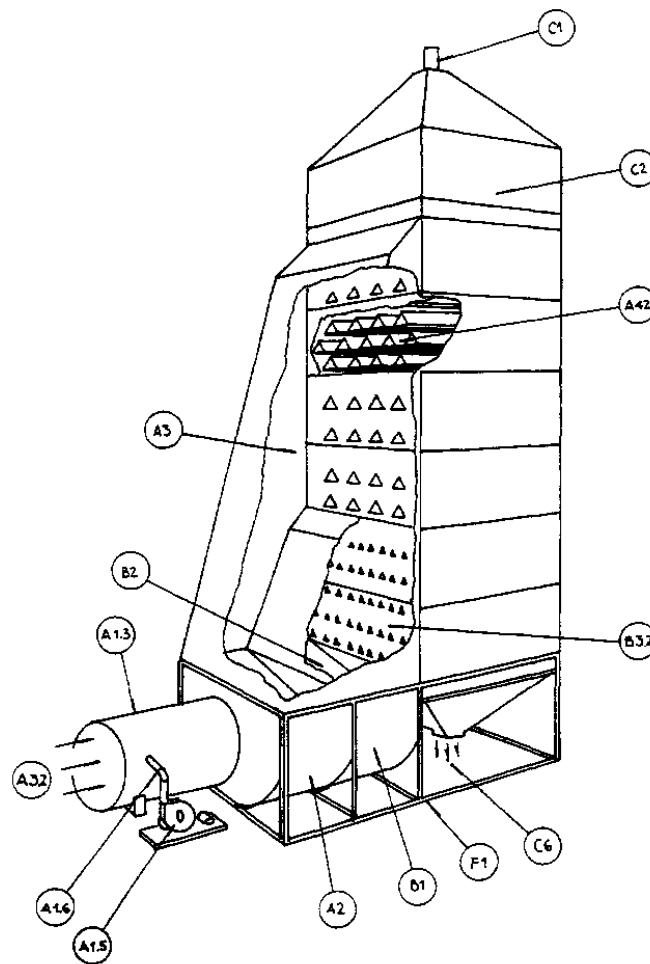
**-Secamiento Continuo**

Este sistema de secamiento es utilizado para grandes volúmenes, en los cuales el grano de maíz está en contacto con el aire caliente durante todo el tiempo. La alimentación del maíz húmedo es por la parte superior del secador y se divide en paredes delgadas formando una capa uniforme que va bajando lentamente hasta llegar al fondo. Para evitar disparidad en la humedad, rara vez se utilizan espesores de más de 30 centímetros de columna de granos. El sistema continuo remueve la humedad al forzar aire caliente (70 a 95°C) a través de láminas verticales tamizadas y la masa de granos. Esto permite que, el secado sea rápido, pero la eficiencia térmica del secado es baja. Para secar maíz con un contenido de humedad inicial de 25% a 13%, se requiere un período de secado de dos o tres horas, seguido por un período de más o menos 30 minutos para el enfriamiento. (FAO, 1993). Si el grano aún está húmedo al salir del secador, se recircula hasta que alcance la humedad final deseada. (Aguirre & Silmar, 1992).

Según (FAO, 1993), los secadores tipo torre se dividen en cuatro, de acuerdo al tipo de flujo o el recorrido del grano y el aire dentro del secador, tal y como se describen a continuación:

**a) Secadora de Flujo Mixto**

Las secadoras de flujo mixto, también llamadas de "caballetes" (Figura 10), tienen como elemento principal, en las zonas de secado y enfriamiento, un conjunto de conductos en forma de V invertida, por donde circula el aire caliente o frío.



**Figura 10. Secador de torre de Flujo Mixto.** A.1.3: cámara de combustión; A.1.5: ventilador para el aire de combustión; A.1.6: conducto de aire para la combustión; A.2: ventilador de aire caliente; A.3: plenum de aire caliente; A.3.2: entrada de aire; A.4.2: cámara de secado (de caballetes); B.1: ventilador de aire frío; B.2: plenum de aire frío; B.3.2: cámara de enfriamiento; C.1: entrada de granos; C.2: depósito de granos; C.6: descarga de granos; F.1: bastidor. Tomada de: (FAO, 1993).

### b) Secadora de Columnas

Las de flujo cruzado, también llamadas "de columnas" poseen columnas o venas rectas por donde circula por gravedad el grano; las columnas están formadas por paredes de chapas perforadas, las que atraviesa el aire caliente (o frío) en forma cruzada o perpendicular al espesor de la columna. Se conocen también secadoras de columnas de forma circular (Figura 11).

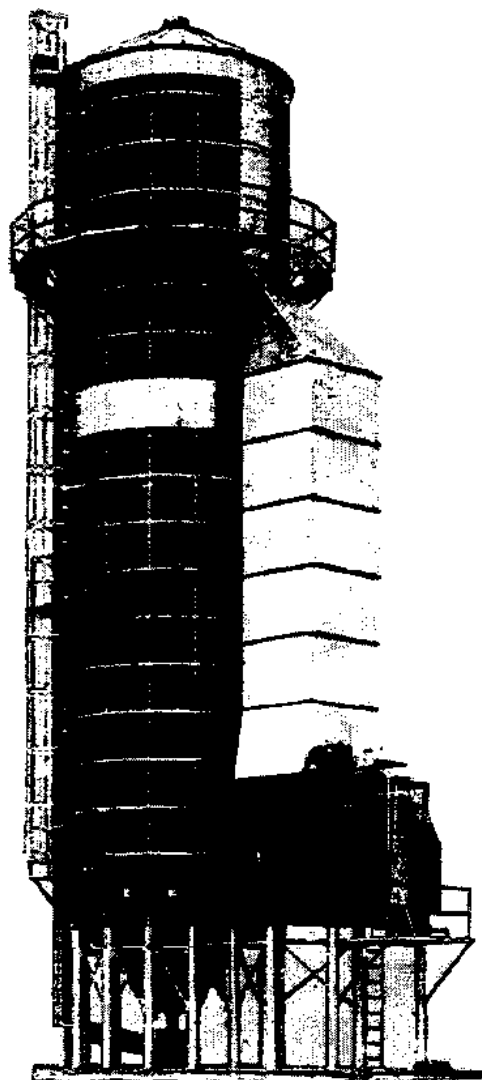


Figura 11. Secadora de Columnas. Tomada de: (FAO, 1993).

### c) Secadoras de flujo contracorriente

Las de flujo contracorriente son aquellas en las que el aire y el grano fluyen en la misma dirección, pero en sentido contrario. En esta secadora el grano fluye hacia abajo y el aire hacia arriba.

Energéticamente, este tipo de secado es muy eficiente, porque el aire que sale a través del grano, sale al ambiente más húmedo, o sea muy saturado, pues recoge una máxima carga de humedad.

El espesor de la capa de grano no suele superar los tres o cuatro metros, porque si se aumenta el espesor de la masa de granos también hay un incremento en la resistencia al paso del aire (Caída de Presión), que produce una disminución de la capacidad de secado.

El equipo puede funcionar todo en caliente y efectuar el enfriamiento en un silo separado (Figura 12) para hacer el proceso en forma continua, aplicando lo que se conoce como "secado combinado".

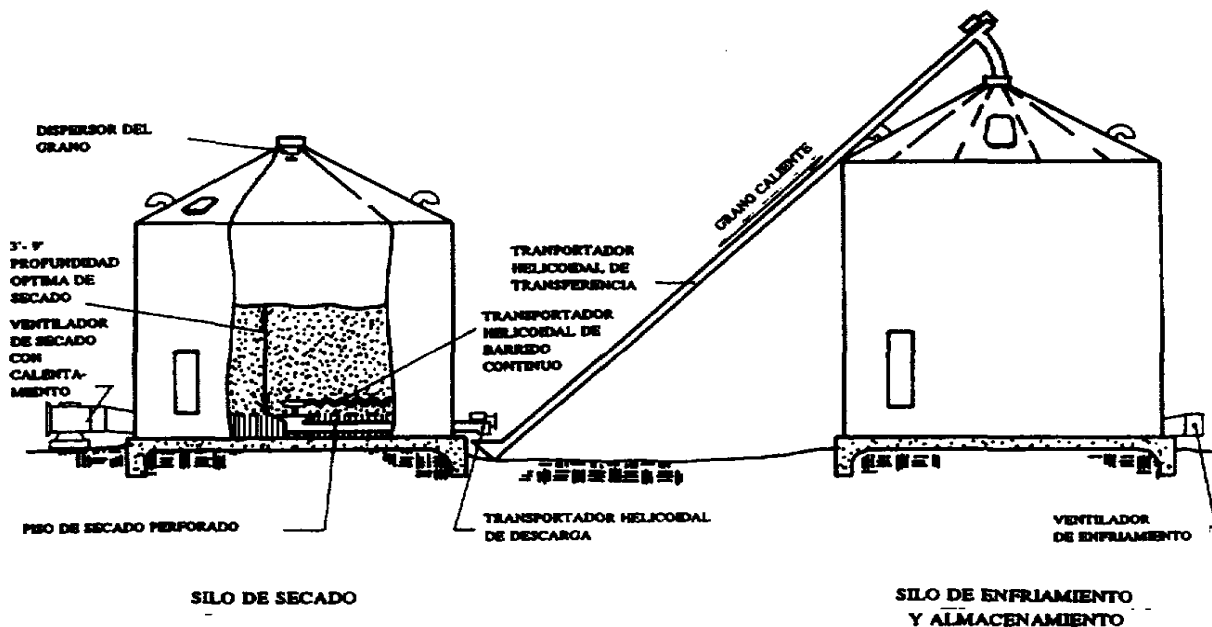


Figura 12. Secado y enfriado en silo. Tomada de: (FAO, 1993).

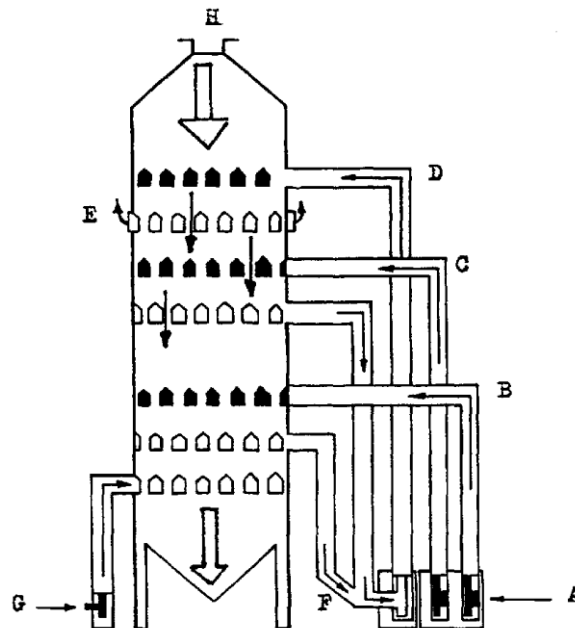
#### d) Secadoras flujo paralelo

Las secadoras de flujo paralelo son las que el aire y el grano marchan en la misma dirección y en el mismo sentido, se conocen como de flujos paralelos (de aire y de grano). En este tipo, el grano y el aire de secado fluyen en la misma dirección y sentido. De esta forma el aire caliente se encuentra con grano frío y húmedo, pero la transferencia de calor y humedad que tiene lugar asegura que la temperatura del grano no alcance la temperatura del aire de entrada y que descienda rápidamente (Ver Figura 13).

Este diseño tiene la ventaja que se pueden emplear temperaturas muy altas del aire, con altas velocidades de secado sin sobrecalentar el grano. El grano está sometido a un tiempo de

permanencia más corto, por lo cual no es muy afectado. Se ha comprobado también que el consumo específico de energía es bajo, lo que significa una buena eficiencia térmica.

En la práctica se ha comprobado que la extracción de humedad por cada tratamiento de flujo paralelo no supera los dos puntos de humedad, de manera que las secadoras comerciales existentes tienen dos o tres etapas, separadas cada una por secciones de reposo. Las máquinas son muy altas, la potencia consumida es elevada y los tiempos de residencia son más prolongados, todo lo cual está limitando, hasta ahora, la difusión de modelos de este tipo, así como su mayor costo inicial.



**Figura 13. Secadora de flujo paralelo.**

A: ingreso de aire al quemador; B C-D: aire caliente en tres etapas; E: salida de aire usado; F: recirculación de aire usado; G: ingreso de aire para enfriamiento; H: entrada de grano húmedo. Tomada de: (FAO, 1993).

### **-Secamiento Intermitente**

Existen secadores especialmente diseñados para el secado intermitente, este sistema también permite la recirculación del grano hasta que alcance la humedad deseada. A diferencia del continuo, el grano entra en contacto con el aire caliente sólo al pasar por la cámara de

secamiento y no durante todo el tiempo que permanece en la torre, lo que significa un menor contacto con el aire de secado y por lo tanto una menor reducción de la humedad, requiriéndose varias recirculaciones o pases. Sin embargo, este sistema es ideal para el secamiento de maíz blanco para la industria de harinas precocidas, ya que, también posee una cámara de reposo que homogeniza la humedad de los granos, lo que facilita su secado posterior y evita las fisuras y el quebrado. En estos secadores, la alimentación de los granos es por la parte superior y el grano desciende lentamente hasta ser descargado en la parte inferior, tienen una cámara de secamiento que utiliza caballetes internos con forma de V invertida que mueven y homogenizan la masa de granos en secamiento y sirven para introducir y remover el aire de secado.

Así, el aire fluye de tres formas dentro de la masa de granos en flujo cruzado, por contracorriente y por acción concurrente, es decir que, los acompaña, los atraviesa y va en contra de ellos, dando como resultado un secado más homogéneo a toda la masa de granos. (Aguirre & Silmar, 1992).

En este sistema, el control de temperatura se puede realizar de manera manual, abriendo y cerrando la compuerta del conducto de entrada del aire secador. Cuando se utiliza madera como fuente de energía calórica, se debe regular los cambios de temperatura colocando un termómetro a la entrada del aire en un sitio visible. Se recomienda de forma preventiva la utilización de termómetros con alarma para que registre cuando se superen los límites permitidos.

Generalmente, el modelo del secador indica su capacidad volumétrica pero su capacidad de secamiento dependerá del tiempo que tarda en reducir la humedad en un tiempo determinado, estos sistemas por ejemplo pueden secar, un rango de 22 a 32ton/día. El consumo de combustible de estos sistemas es más alto, que el del secado estacionario que es térmicamente más eficiente.

### **3.3.3 Opciones de Almacenamiento**

En general hay dos tipos de almacenamiento de granos: en atmósfera normal y en atmósfera modificada (Casini C. R., 2003). El almacenamiento en atmósfera normal, es un

almacenamiento donde el aire que rodea a los granos tiene la misma composición de gases del aire atmosférico. Este tipo de almacenamiento es el más difundido y dentro de ellos se encuentran a los silos metálicos, celda de almacenamiento, silos de malla de alambre, y galpones, etc.

El segundo tipo de almacenamiento es el de atmósfera modificada, que consiste en generar condiciones de hermeticidad tales que, se genere una modificación de los gases de la atmósfera intergranaria, ocasionando una reducción de la concentración de Oxígeno y un aumento en la concentración de dióxido de carbono, actuando como controladores de los procesos respiratorios de hongos e insectos.

En la actualidad existe una nueva tecnología de secamiento que por su versatilidad se ha impuesto. Consiste en el almacenamiento de granos en bolsas plásticas.

El principio básico es similar a un almacenamiento hermético, donde se crea una atmósfera automodificada ya que se disminuye la concentración de oxígeno y aumenta la concentración de anhídrido carbónico que produce un control sobre los insectos y sobre los hongos. Esto es el resultado principalmente de la propia respiración de los granos.

La bolsa plástica es un envase de polietileno de baja densidad, aproximadamente de 235 micrones de espesor, conformada por tres capas y fabricada por el proceso de extrusado. La capa exterior, es blanca y tiene aditivos, filtros de UV y (dióxido de Titanio) para reflejar los rayos solares. La del medio, es una capa neutra y la del interior tiene un aditivo (negro humo), que es protector de los rayos ultravioletas y evita la penetración de la luz. Son muy similares a los envases (sachets) que se usan para muchos tipos de alimentos fluidos (leche, jugos, etc.).

Son fabricadas con una alta tecnología (máquinas extrusoras). La bolsa es un envase, cuyo tamaño puede tener una capacidad de hasta 400 ton de granos. Dependiendo del proveedor las presentaciones pueden ser de: 8, 9 y 10 pies de diámetro y con una longitud de 200 a 250 pies y con espesor de 225 micrones y tienen una garantía ante agentes climáticos (excepto piedra y

granizo) de 18 a 24 meses (INPLEXVENADOS, 2014). También los hay de 5, 6, 8, 9, 10 y 12 pies de diámetro con 60 y 75 m de largo (IPESASILO, 2014).

La máquina embolsadora es un implemento que se utiliza para cargar (depositar) el grano en la bolsa plástica. Consta de una tolva de recepción, un túnel donde se coloca la bolsa y un sistema de frenos, con los cuales se regula el llenado y estiramiento de la bolsa. Se activa por intermedio de la toma de fuerza del tractor, conectada a la embolsadora por intermedio de una barra cardánica. Estas máquinas pueden embolsar aproximadamente de 250 t/h a 300ton/h.

La máquina extractora es un implemento que se utiliza para vaciar la bolsa. Consta de una serie de tornillos sinfin, que tienen por misión tomar el grano de la bolsa y transportarlo hasta la tolva autodescargable. Estas máquinas son activadas por el toma de fuerza del tractor, conectada a la extractora por intermedio de una barra cardánica. Su capacidad de extracción es superior a las 150 t/hora, siendo el valor declarado por las fábricas de 180 t/h (IPESASILO, 2014)

La tolva autodescargable es un carro con una gran tolva que se utiliza para llevar directamente el grano desde la cosechadora a la embolsadora. Esta tolva consta además, de un gran tornillo sinfin que transporta el grano desde este carro a la tolva de la embolsadora. (INTA PRECOP II, 2009)

Algunos autores, (Bartosik R. R., 2009) aseguran que esta práctica es segura, ya que cuando el grano es almacenado a humedad de recibo o valores menores (14,5% para maíz), no se observaron caídas significativas en parámetros como peso hectolitro y granos dañados luego de 150 días de almacenamiento.

En sistemas de almacenaje hermético, la concentración de CO<sub>2</sub> puede utilizarse como indicador de la actividad biológica en la masa de granos en sistemas de almacenaje hermético (Casini & Santa, 2006) y es una herramienta para el monitoreo de almacenamiento de grano, ya que se ha demostrado que cuando aumenta la concentración de CO<sub>2</sub>, indica actividad biológica y por lo tanto problemas de granos daños en los granos dentro de las bolsas. (Bartosik, Cardoso, Ochandio, & Croce, 2007).

Otras variables han sido utilizadas para demostrar la efectividad de este tipo de almacenamiento como la dispersión de humedades dentro de la bolsa que almacena maíz en tres estratos (alto, medio y bajo) en un periodo de 60 días. Donde se observó que al momento del embolsado los valores tienen una varianza promedio de 1,15 (rango entre 24,4 y 10 % de humedad), y a los 30 días la varianza disminuyó a 0,2 (rango entre 17,1 y 14,7 %). Entre los 30 y 60 días de almacenaje, no existe una disminución de la varianza sino que la misma se mantiene (rango entre 17,3 y 14,6 %). Si se analiza el comportamiento de la humedad promedio para granos individuales en maíz, se puede observar que también el diferencial inicial de humedad entre estratos se mantiene en el transcurso del tiempo (nivel de significancia del 0,01 %). Por lo tanto no se observa un aumento de la humedad promedio del estrato superior con respecto a los demás estratos. (Cardoso, 2006).

Sin embargo algunos autores como (Azcone, Shang, Couretot, & Sala, 2007), aducen que el maíz almacenado en bolsa plástica durante 10 meses, muestra una caída del peso hectolítrico que afecta la calidad comercial. Igualmente se ha demostrado que a mayor humedad de almacenaje, mayor riesgo de pérdida de calidad comercial y valor nutricional. Maíces ensilados con 19% de humedad mostraron una mejora en el valor nutricional y consecuentemente en el desempeño de las aves cuando no hubo roturas del bolsón. Como contrapartida se observó una caída de la calidad comercial por menor peso hectolítrico y olor a alcohol. Cuando la humedad de almacenaje fue de 16% las mejoras en la respuesta zootécnica fueron de menor magnitud. La principal causa de pérdida en la respuesta zootécnica de los pollos es debida a la formación de micotoxinas cuando no se aseguran condiciones de anaerobiosis.

Un complemento de esta metodología es la colocación de coberturas (media sombra u otro material), para disminuir la incidencia de la radiación solar sobre las bolsas plásticas, disminuye los efectos de la amplitud térmica (Casini & Santa, 1995) y por ende el riesgo de deterioro. Algunos estudios realizados en maíz y frijol muestran un leve deterioro en el poder germinativo (De Simone, Fili, & Goody, 2007) y en menor grado en el peso hectolítrico, principalmente cuando los valores de humedad son superiores a la de recibo, y cuando se va a almacenar por un período prolongado. (Luque & Casini, 2004).

En caso de frijoles cosechados que presenten daño, producto de enfermedades provocadas por hongos y/o bacterias, el riesgo de deterioro durante el almacenamiento es alto, cualquiera sea el método que se emplee. La recomendación es someterlos a un procesamiento escrupuloso e

inmediato y los granos limpios, así obtenidos, someterlos a industrialización en el corto plazo. (De Simone, Fili, & Goody, 2007)

Partiendo de la humedad de cosecha, que es baja, no hay diferencias significativas entre sol y media sombra. Para los parámetros de calidad industrial no hay diferencias entre sol y media sombra. Para el uso de la bolsa plástica en frijol a la humedad normal de cosecha, el limitante en cuanto al tiempo seguro de almacenamiento es la evolución de la humedad del grano, dado que por pérdida abrupta de humedad se produce el endurecimiento de la testa (impermeabilidad) y la consecuente pérdida de calidad industrial por limitación de absorción y reabsorción. El PG no es una limitante para el almacenamiento en bolsas plásticas. (De Simone & A., 2007)



Foto 16. Almacenamiento de granos en Silo-Bolsa. Tomada de: (INTA PRECOP II, 2009)

### 3.4 Identificación del Diagrama de Jerarquías

En el diagrama de la figura 15, se pudo observar definidos los ocho criterios y las alternativas segregadas en: cinco alternativas de infraestructura de secamiento para pequeños y cuatro alternativas de secamiento para medianos y grandes.

**Figura 14. Diagrama de Jerarquías para Alternativas. (Fuente Autor).**

## 3.5 Selección Criterios de Ponderación

Resultado de las reuniones con un panel de expertos se seleccionaron los criterios técnicos para la evaluación de las alternativas de secamiento antes detalladas tanto para pequeños como para medianos y grandes productores de maíz.

### 3.5.1 Criterios de Ponderación de Alternativas para Pequeños Productores

Se escogieron los siguientes criterios de ponderación para las alternativas de pequeños productores:

- **Control de Temperatura:** Es la temperatura del aire de secado, la cual es necesario regular, pues una temperatura no controlada podría generar daños en el grano, por ejemplo temperaturas altas, ocasionan la aparición de fisuras o roturas en los granos (cristalización) y promueve la formación de “case hardening” que significa granos resacos por fuera y húmedos por dentro (Castillo, 2009). En caso contrario, temperaturas muy bajas con una alta humedad relativa, causa poca homogeneidad en el secado y podría generar la aparición de hongos
- **Tiempo de Secamiento:** Es el tiempo que requiere una cantidad específica del maíz húmedo en alcanzar un valor de humedad deseado mediante secamiento.
- **Capacidad de Secamiento:** Es la reducción de punto de humedad de manera empírica en función del tiempo o duración del secamiento. Las capacidades estarán entonces dadas en porcentaje de reducción de humedad por hora.
- **Volumen de Secamiento:** El volumen de secamiento se refiere al volumen que puede manejar el sistema de secamiento generalmente dado en toneladas soportadas por el sistema.
- **Homogeneidad de secamiento:** La poca uniformidad del secamiento es uno de los factores que más afecta la calidad de los granos, una alta variación en el contenido de humedad puede generar la aparición de hongos y microorganismos los cuales pueden producir metabolitos secundarios como toxinas que hacen los granos no aptos para el consumo. En detrimento de su calidad y generando castigos en el precio del maíz.

- **Personal requerido:** Se refiere al personal que se requiere para realizar las diferentes operaciones de cargue, descargue y manipulación de los granos.

### 3.5.2 Criterios de Ponderación de Alternativas para Medianos y Grandes Productores

Se escogieron los siguientes criterios de ponderación para las alternativas de medianos y grandes productores:

- **Tiempo de Permanencia o de Residencia:** Es el tiempo en el que el maíz está en el sistema de secamiento hasta que alcanza la humedad deseada.
- **Temperatura de Secamiento:** La temperatura de secamiento está determinada principalmente por el sistema utilizado y el uso para el cual se requiera el maíz.
- **Capacidad de Secamiento:** Es la reducción de punto de humedad de manera empírica en función del tiempo o duración del secamiento. Las capacidades estarán entonces dadas en porcentaje de reducción de humedad por hora.
- **Volumen de Secamiento:** El volumen de secamiento se refiere al volumen que puede manejar la secadora generalmente dada en toneladas soportadas por el sistema.
- **Homogeneidad de secamiento:** La poca homogeneidad del secamiento es uno de los factores que más afecta la calidad de los granos, una alta variación en el contenido de humedad puede generar la aparición de hongos y microorganismos los cuales pueden producir metabolitos secundarios como toxinas que hacen los granos no aptos para el consumo. En detrimento de su calidad y generando castigos en el precio del maíz.
- **Personal requerido:** Se refiere al personal que se requiere para realizar las diferentes operaciones de cargue, descargue y manipulación de los granos.

A los criterios se les practicó la ponderación de acuerdo a su importancia con la siguiente calificación: 0 (sin importancia), 1 (poca importancia) y 2 (mucho importancia). En la tabla 12, se muestra el resultado de la ponderación para cada criterio.

**Tabla 12. Ponderación de Criterios para las Alternativas de Secamiento Pequeños, Medianos y Grandes Productores.**

Alternativas de Pequeños Productores		Alternativas de Medianos y Grandes Productores	
Criterios	Ponderación	Criterios	Ponderación
Control de Temperatura	1	Tiempo de Permanencia o de Residencia	1
Tiempo de Secamiento	2	Temperatura de Secamiento	2
Capacidad de Secamiento	2	Capacidad de Secamiento	2
Volumen de Secamiento	2	Volumen de Secamiento	2
Homogeneidad de secamiento	1	Homogeneidad de secamiento	1
Personal Requerido	2	Personal Requerido	1

### 3.6 Asignación de Puntajes a las Alternativas

La asignación de puntaje se realizó de manera similar a la ponderación de los criterios, empleando la valoración directa. Mediante la elaboración de matrices a cada alternativa de secamiento se le asignó un puntaje o valor respecto a la satisfacción del criterio evaluado. La escala de satisfacción para cada criterio que se utilizará será de 1 a 5 siendo: 1 (bajo), 2 (medio bajo), 3 (medio), 4 (medio alto) y 5 (alto).

En las tablas 13 y 14 se muestran las calificaciones o puntajes asignados a cada alternativa dependiendo si era para pequeños, medianos y grandes productores.

**Tabla 13. Asignación de Puntajes a las Alternativas de Secamiento de Pequeños Productores.**

Criterios de Ponderación	Alternativas de Secado				
	Secado en patios	Secamiento en celdas o mallas suspendidas	Secadores parabólicos	Secamiento en Haldas	Secamiento en Albercas
Control de Temperatura	2	2	4	3	4
Tiempo de Secamiento	1	3	3	2	4
Capacidad de Secamiento	3	2	3	3	4

Volumen de secamiento	3	1	1	1	4
Homogeneidad de secamiento	3	2	1	2	3
Personal Requerido	2	1	1	2	2

**Tabla 14. Asignación de Puntajes a las Alternativas de Secamiento de Medianos y Grandes Productores.**

Criterios de Ponderación	Alternativas de Secado	Secamiento Estacionario	Secador Estacionario Portátil	Secamiento flujo continuo	Secamiento Intermitente
Tiempo de Permanencia o de Residencia		1	3	1	4
Temperatura de Secamiento		2	3	3	4
Capacidad de Secamiento		2	3	1	4
Volumen de secamiento		2	3	2	4
Homogeneidad de secamiento		1	2	1	3
Personal Requerido		1	2	2	4

### 3.7 Selección de las alternativas más apropiadas

Evaluados los criterios ponderados para cada una de las alternativas se obtuvieron los siguientes resultados:

#### 3.7.1 Resultado de Ponderación de Alternativas para Pequeños Productores

En la matriz de la tabla 15, se muestran los resultados de la ponderación de criterios de las alternativas para pequeños productores.

En primer lugar, se muestra la alternativa de secado en albercas como la mejor alternativa con una calificación de 35 puntos, seguido de secado en patios con 23 puntos, secadores parabólicos y de heldas con 21 puntos cada uno y finalmente el sistema de secamiento en celdas o mallas suspendidas fue calificado con 18 puntos.

El secado en albercas es modular y muy versátil, permite mejor control de temperatura de secado y manejo para preservar la calidad del grano.

### **3.7.2 Resultado de Ponderación de Alternativas para Medianos y Grandes Productores**

En la matriz de la tabla 16, se muestran los resultados de la ponderación de criterios de las alternativas para medianos y grandes productores.

Como la mejor alternativa para este tipo de productores se ubica, el flujo continuo con una calificación de 35 puntos, seguido del secamiento intermitente con una calificación de 33 puntos, el secado estacionario calificado con 25 puntos y finalmente el secador estacionario portátil con 16 puntos de calificación.

Para medianos productores se plantea una secadora de flujo continuo para 200 toneladas, que puede ser manejada a nivel de finca; mientras que para grandes productores, la secadora de flujo continuo requiere una capacidad de secado de 500 toneladas de maíz húmedo, lo cual implica un manejo empresarial autónomo para prestar servicio a nivel zonal.

Tabla 15. Matriz de Ponderación de Criterios para las Alternativas de Secamiento de Pequeños Productores.

Criterios de Ponderación / Alternativas de Secado	Ponderación	Secado en patios		Secamiento en celdas o mallas suspendidas		Secadores parabólicos		Secamiento en Haldas		Secamiento en Albercas	
		Calificación	Valor Ponderado	Calificación	Valor Ponderado	Calificación	Valor Ponderado	Calificación	Valor Ponderado	Calificación	Valor Ponderado
Control de Temperatura	1	2	2	2	2	4	4	3	3	4	4
Tiempo de Secamiento	2	1	2	3	6	3	6	2	4	4	8
Capacidad de Secamiento	2	3	6	2	4	3	6	3	6	4	8
Volumen de Secamiento	2	3	6	1	2	1	2	1	2	4	8
Homogeneidad de secamiento	1	3	3	2	2	1	1	2	2	3	3
Personal Requerido	2	2	4	1	2	1	2	2	4	2	4
		<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>Total</b>	<b>21</b>	<b>Total</b>	<b>21</b>	<b>Total</b>	<b>35</b>

Tabla 16. Matriz de Ponderación de Criterios para las Alternativas de Medianos y Grandes Productores.

Criterios de Ponderación  Alternativas de Secado	Ponderación	Secamiento Estacionario		Secador Estacionario Portátil		Secamiento flujo continuo		Secamiento Intermitente	
		Calificación	Valor Ponderado	Calificación	Valor Ponderado	Calificación	Valor Ponderado	Calificación	Valor Ponderado
Tiempo de Permanencia o de Residencia	1	3	3	1	1	4	4	3	3
Temperatura de Secamiento	2	3	6	3	6	4	8	4	8
Capacidad de Secamiento	2	3	6	1	2	4	8	3	6
Volumen de Secamiento	2	3	6	2	4	4	8	4	8
Homogeneidad de secamiento	1	2	2	1	1	3	3	4	4
Personal Requerido	1	2	2	2	2	4	4	4	4
		<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>Total</b>	<b>33</b>

### 3.8 Caracterización de alternativas tecnológicas de secamiento y almacenamiento

Escogidas las mejores alternativas de secamiento, se propondrá una alternativa para cada tipo de productor, las cuales se caracterizarán con base en los siguientes aspectos: técnico, económico, financiero y operacional.

#### 3.8.1 Alternativa de Secamiento para Pequeños Productores: en Albercas

La primera alternativa contempla un sistema modular de secamiento a gas en alberca de concreto, con capacidad para recibir 120 toneladas húmedas de maíz al año, para un agricultor que en promedio tenga 10 has y produzca semestralmente 60 ton y que se caracteriza de la siguiente forma:

##### a. Caracterización Técnica del Sistema de Secamiento

Las especificaciones del sistema de secamiento se muestran en la tabla 17 y están constituidas por una capacidad de secamiento de 7,5 ton de maíz al día para una reducción de humedad del 22% al 14%, con una temperatura de secamiento de 70°C, un tiempo de secamiento de 48 horas y una velocidad de 0,31ton/h. Igualmente el consumo de combustible estimado es de 10,38 m<sup>3</sup>GN/ton y el de energía eléctrica es de 1,2 KW/h por punto de humedad en el secamiento y de 1,0 KW/h ton de grano por bodegaje o almacenamiento.

**Tabla 17. Caracterización Técnica del Secador para Alternativa Pequeños Productores. (Fuente: Autor).**

Tipo	Características
Capacidad de Recibo	120 toneladas húmedas/año
Capacidad de Secamiento	7,5 ton maíz/día
Humedad Inicial	22%
Humedad Final	14%
Temperatura de Secamiento	70°C
Tiempo de Secamiento	48 horas
Velocidad de Secamiento	0,31 ton/h
<b>Consumo de Combustible</b>	
Gas	10,38 m <sup>3</sup> GN/ton
<b>Consumo de Energía Eléctrica</b>	
Secamiento Maíz	1,2 KW/h por punto de humedad
Bodegaje, manejo de grano seco	1,0 KW/h ton de grano

### b. Caracterización Financiera

La caracterización financiera se realizó bajo la presunción de que el agricultor incurre en gastos de secamiento y bodegaje, a las tarifas convencionales del mercado.

Se elaboró un flujo de caja libre del proyecto puro con un horizonte a 10 años, discriminando el plan de inversiones, los costos operacionales y las ventas, estas últimas con el fin de realizar los cálculos de los indicadores financieros.

Igualmente, para la evaluación financiera, se trabajaron con los siguientes supuestos macroeconómicos, empresariales y técnicos que se muestran en la tabla 16.

**Tabla 18. Supuestos Empresariales y Técnicos del Proyecto para Alternativa Pequeños Productores. (Fuente: Autor).**

Item	Valor
Depreciación de Obras	25 años
Depreciación de Maquinaria	15 años
Depreciación de Activos Intangibles	5 años
Crecimiento Anual de Ingresos de Maíz	9%
Combustible utilizado	Gas Natural
Porcentaje a almacenar en silo bolsa	50%

La alternativa se proyectó según la metodología actual utilizada por la Dirección de Nacional de Planeación, es decir, en pesos constantes (DNP, 2002), lo que significa que sólo habrá incrementos en función de la cantidad de ingresos de maíz anuales en toneladas. Por lo tanto los precios de venta (tarifas) y los costos operacionales (insumos) se mantuvieron constantes durante los 10 años de proyección.

Igualmente se asumió que se cuenta con todo el capital para la realización de las inversiones sin necesidad de financiamiento, es decir que el proyecto se elabora en bruto. Con un capital de trabajo igual a cero lo que significa que sus pasivos corrientes son iguales a sus activos corrientes, es decir que por cada peso que tiene la empresa debe un peso y sus activos corrientes son suficientes para operar.

### Plan de Inversiones

Comprende la inversión inicial constituida por todos los activos fijos, tangibles e intangibles necesarios para operar.

Se realizaron cotizaciones de la maquinaria, montaje, obras civiles, instalaciones eléctricas etc. para el diseño del montaje de secamiento (Ver anexos), obteniendo la tabla 19, donde se pueden observar los valores y participación de todas las inversiones en activos.

**Tabla 19. Valor y Participación de las Inversiones de Alternativa Pequeños Productores. (Fuente: Autor).**

<i><b>Inversiones</b></i>	<b>Valor (\$)</b>	<b>Participación</b>
<i><b>Activos Tangibles</b></i>		
Maquinaria	25.937.500	74%
Obras civiles	2.280.000	6%
Costos de Montaje	6.000.000	17%
<i><b>Activos Intangibles</b></i>		
Imprevistos	1.037.500	3%
<b>Total</b>	<b>35.255.000</b>	<b>100%</b>

El total de las inversiones son del orden de \$35.255.000, los cuales se discriminan así: maquinaria con \$25.937.500, que representó el 74% de las inversiones, seguido de las obras civiles con \$2.280.000, siendo un 6% de las inversiones y finalmente los costos de montaje con \$6.000.000, siendo 17% de las inversiones. Igualmente se calculó un ítem para imprevistos por valor de \$1.037.500 que representó el 3% del total de las inversiones.

### **Costos**

Las proyecciones de los costos de operación del proyecto están en costos variables que dependerán de la cantidad de maíz que se requiera secar y/o almacenar. Estos son jornales, energía eléctrica, combustible y compra de silos bolsa.

### **Costos Variables**

**Jornales:** El valor unitario del jornal se calculó con base en el salario mínimo legal vigente para el año 2014 y todas las prestaciones legales y se estima, como se muestra en la tabla 20, que con tres trabajadores durante 10 días es suficiente para la realización de todo el proceso de secamiento. La alberca de secamiento se ha supuesto estará instalada en la finca productora, por lo que personal de la misma finca se puede capacitar para que opere el sistema de

secamiento y posterior almacenamiento de manera bimestral. Arrojando un valor total de \$491.327 anuales.

**Tabla 20. Jornales de Alternativa para Pequeños Productores. (Fuente: Autor).**

Cálculos	Valor Anual	Unidad
A Número de Jornales	3	#
B Valor del Jornal Diario (más prestaciones)	32.755,11	\$
C Días laborados	10	#
D Semestres	2	#
<b>E Total (E=A*B*C*D)</b>	<b>491.327</b>	<b>\$</b>

**Consumo de Energía:** Los costos de energía eléctrica se han estimado con base en el consumo de KWh por tonelada de grano y por cada operación. El costo de cada KWh se ha presupuestado a razón de \$400, suponiendo que la planta contará con servicio de energía eléctrica de la red nacional. En la tabla 21, se muestran los consumos por operación.

**Tabla 21. Consumo de Operaciones en KWh por Tonelada de Grano. (Fuente: Autor).**

Operación	KWh por ton de grano	Tarifa (\$)
Secamiento Maíz (por punto de humedad)	1,2	400
Bodegaje, manejo de grano seco	1,0	400

En la tabla 22, se muestran los cálculos para encontrar el costo total de energía que requiere el montaje para su funcionamiento en el primer año. Se tiene primero las toneladas que se van a recibir que se multiplica por la tarifa y por el costo de cada operación.

En este mismo orden, se tienen las toneladas para secamiento anuales que se multiplican por el consumo de la operación de secamiento por punto de humedad (1,2KWh por tonelada de grano) y como la remoción de humedad es de ocho puntos (de 22% a 14%) se multiplica por ocho y por la tarifa del KWh que es \$400. Entonces obtiene el costo de energía para el secamiento \$460.800.

Adicionalmente se estima el costo energético del manejo de cargue y descargue de silos bolsa en \$43.535, para un total de \$504.335 anuales en costos de energía eléctrica.

**Tabla 22. Costos Totales de Energía Eléctrica de Alternativa Pequeños Productores. (Fuente: Autor).**

Cálculos	Valores	Unidad
<b>A Toneladas al año para secamiento</b>	<b>120</b>	<b>Ton</b>
B Humedad Removida	11,163	Ton
<b>C Toneladas al año para almacenamiento (C=A-B)</b>	<b>109</b>	<b>Ton</b>
D Reducción de puntos de humedad (22-14%)	8	Puntos
E Consumo Operación de Secamiento Maíz (por punto de humedad)	1,2	KWh/ton
F Consumo Operación de Bodegaje, manejo de grano seco	1,0	KWh/ton
G Tarifa Energía Eléctrica	400	\$/KWh
<b>H Costo Total Energía para Secamiento (H=A*D*E*G)</b>	<b>460.800</b>	<b>\$</b>
<b>I Costo Total Energía para almacenamiento (embolsado y descargue) (I=C*F*G)</b>	<b>43.535</b>	<b>\$</b>
<b>J Total Costos de Energía Eléctrica (J=H+I)</b>	<b>504.335</b>	<b>\$</b>

Consumo de Combustible (Gas Natural): Para realizar el cálculo del consumo de gas natural (GN), se tiene que el total de kilogramos de agua que eliminados son 11.163 Kg y si de la literatura sabemos que la energía térmica necesaria para la remoción de un kilogramo de agua son 4.178,02 kJ (3.960 BTU), entonces el consumo energético total son 46.638.376,75 kJ (44.204.651 BTU). Según (ECOPETROL, 2014) el poder calorífico del gas natural promedio en Colombia es de 37.788,94 kJ/m<sup>3</sup> (35.817 BTU/m<sup>3</sup>), por lo tanto el consumo total de gas natural son 1.234 m<sup>3</sup> que con una tarifa comercial de gas natural de \$1.035,43/m<sup>3</sup>, entonces el costo total de combustible para el primer año será de \$1.277.908. (Ver tabla 23).

**Tabla 23. Costos Totales de Combustible (GN) de la Alternativa para Pequeños Productores. (Fuente: Autor).**

Cálculos	Valores	Unidad
A Humedad removida	11.163	Kg
B Energía térmica necesaria para evaporar agua	4.178,02	kJ/Kg de agua
<b>C Consumo energético total (C=A*B)</b>	<b>46.637,69</b>	<b>kJ</b>
D Capacidad calórica del gas natural	37.788,94	kJ/m <sup>3</sup>
<b>E Consumo total de gas natural (E=C/D)</b>	<b>1.234</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
F Precio del combustible (tarifa comercial)	1.035	\$/m <sup>3</sup>
<b>G Total (G=E*F)</b>	<b>1.277.908</b>	<b>\$</b>

**Costo Silos Bolsa (Almacenamiento):** Se tiene el supuesto de almacenar el 50% de grano limpio y seco de maíz anualmente es decir el 53 ton y si el costo del silo bolsa por tonelada de grano es de \$8.500, entonces el costo total de almacenamiento será de \$453.307, como se muestra en la tabla 22.

**Tabla 24. Costos de Silo Bolsa de la Alternativa para Pequeños Productores. (Fuente: Autor).**

Cálculos	Valores	Unidad
A Cantidad de Grano limpio y seco	107	Ton
B Porcentaje a Almacenar	50	%
<b>C Cantidad a almacenar (C=A*B)</b>	<b>53</b>	<b>Ton</b>
D Costo silo bolsa	8.500	\$/ton
<b>E Valor total almacenamiento (E=C*D)</b>	<b>453.307</b>	<b>\$</b>

En resumen, los costos operacionales totales se encuentran constituidos, en su orden, por el gas natural con un costo de \$1.277.908 y una participación del 57%, seguido por la energía eléctrica con un costo de \$504.335 y una participación del 23% y finalmente el costo de los silos bolsa con un costos de \$453.307 y una participación del 20%. Como se observa en la tabla 23, el valor total de los costos operaciones totales fue de \$2.235.550.

**Tabla 25. Resumen de Costos Operacionales Totales de Alternativa Pequeños Productores. (Fuente: Autor).**

Costos de Ventas	Valor Anual (\$)	Participación (%)
Combustible (Gas Natural)	1.277.908	57%
Energía Eléctrica	504.335	23%
Costo Silo Bolsa	453.307	20%
<b>Totales</b>	<b>2.235.550</b>	<b>100%</b>

## Ingresos

Como se indicó los gastos en los que incurriría el agricultor al optar por la opción de secar y almacenar, se asimilaron como ingresos, sin descartar el que se pueda prestar este mismo servicio a agricultores de la zona con las mismas tarifas o con tarifas variables de acuerdo al mercado. Gastos que se discriminan en tres: el servicio de secamiento, servicio de bodegaje y silos bolsa.

**Servicio de Secamiento:** En la tabla 26, se tiene la cantidad total de toneladas húmedas a recibir por año para el servicio de secamiento, así como su participación por semestre que será de 60 ton por cada uno.

**Tabla 26. Cantidad de Total de Toneladas de Maíz Húmedas por Año de Alternativa Pequeños Productores. (Fuente: Autor).**

Cantidad de Maíz Húmedo a recibir por Año (ton)	Participación por semestre (%)	Cantidad de Grano Sem A (ton)	Cantidad de Grano Sem B (ton)
120	50	60	60

Para el servicio de secamiento, como se aprecia en la tabla 27, se ha previsto que la tarifa sea de \$50.000 por tonelada. Para un total de ingresos por este concepto de \$6.000.000.

**Tabla 27. Servicio de Secamiento de Alternativa Pequeños Productores. (Fuente: Autor).**

Cálculos	Valor	Unidad
A Tarifa Comercial	50.000	\$
D Cantidad de Grano a Secar	120	Ton
<b>E Ventas Totales (E=C*D)</b>	<b>6.000.000</b>	<b>\$</b>

**Servicio de Bodegaje:** Por otro lado, se estima que los meses de bodegaje sean dos por semestre, que corresponderán a los meses posteriores al pico de la cosecha. El servicio de bodegaje tiene una tarifa comercial del 0,90% del valor de la tonelada de maíz con un precio supuesto de \$700.000/ton, es decir una tarifa de \$6.300/ton-mes. Igualmente se estima que se almacene solo el 50% del grano seco para un total de 53ton/año para un ingreso total por este servicio de \$1.343.922, como se muestra en la tabla 28.

**Tabla 28. Servicio de Bodegaje de Alternativa Pequeños Productores.**

Cálculos	Valor	Unidad
A Meses de Bodegaje Semestre A	2	Meses
B Meses de Bodegaje Semestre B	2	Meses
<b>C Total de Meses de Bodegaje Año (C=A+B)</b>	<b>4</b>	<b>Meses</b>
D Tarifa Bodegaje	6.300	\$ton/mes
E Cantidad de Grano Limpio y Seco	107	ton/año
F Porcentaje de Grano a Almacenar	50	%
<b>G Cantidad a almacenar (G=E*F)</b>	<b>53</b>	<b>ton/año</b>
<b>H Valor total almacenamiento (H=C*D*G)</b>	<b>1.343.922</b>	<b>\$</b>

**Silos Bolsa:** Se ha supuesto que los agricultores pequeños que utilicen los servicios de almacenaje en silos-bolsa por un valor de \$8.500/ton. Las cifras anuales correspondientes a los silos bolsa se muestran en la tabla 29.

**Tabla 29. Ventas de Silos Bolsa de Alternativa Pequeños Productores. (Fuente: Autor).**

Cálculos	Valor	Unidad
A Costo Comercial de Silo Bolsa	8.500	\$/ton
D Cantidad	53	Ton
<b>E Valor Total de Venta de Silos Bolsa (E=C*D)</b>	<b>453.307</b>	<b>\$</b>

En la tabla 30 se muestra el resumen de ingresos totales, siendo el servicio de secamiento el componente que más participa con un 77% con un valor de \$6.000.000, el servicio de bodegaje participa con un valor del 17% con un valor de \$1.343.922 y los silos bolsa que participan con un 6% con un valor de \$453.307. Para un valor total de \$7.797.229 anuales.

**Tabla 30. Resumen de Gastos o Ingresos Totales de Alternativa Pequeños Productores. (Fuente: Autor).**

Ventas Totales	Valor (\$)	Participación (%)
Servicio de secamiento	6.000.000	77
Servicio de Bodegaje	1.343.922	17
Venta de Silos bolsa	453.307	6
<b>Totales</b>	<b>7.797.229</b>	<b>100</b>

### Flujo de Caja

El flujo de caja proyectado a un horizonte de diez años, arrojó como resultado los siguientes indicadores financieros: VPN de \$3.198.035 con una tasa del 10%, TIR de 11,3% lo que significa que se recuperará un 11,3% de la inversión inicial realizada y una RC/B de 1,19, lo que representa una ganancia de 10% por cada peso invertido es decir que en la medida en que la inversión aumente será mucho mejor para el proyecto (DNP, 2002). (Ver tabla 31).

#### c. Caracterización Económica: Costos Operativos del Secamiento

Se realizó el cálculo de los costos operativos con base en el costo de la energía eléctrica y el combustible (gas natural) y la cantidad de toneladas de maíz húmedas a ingresar de manera anual, arrojando como resultado que el costo del secamiento por tonelada fue de \$14.418 y el costo por kilogramo de \$14,418, tal y como se muestra en la tabla 32.



Tabla 32 . Cálculo de los Costos Operativos del Secamiento de Alternativa Pequeños Productores.

Cálculos	Valor Anual	Unidad
A Energía Eléctrica	452.240	\$
B Combustible (Gas Natural)	1.277.921	\$
<b>C Costos Totales Sin Almacenamiento(C=A+B)</b>	<b>1.730.162</b>	<b>\$</b>
D Toneladas Húmedas de Maíz	120	Ton
<b>E Costo Total por Tonelada (E=C/D)</b>	<b>14.418</b>	<b>\$</b>
<b>F Costo Total por Kilogramo (I=H/1000)</b>	<b>14,42</b>	<b>\$</b>

### 3.8.2 Alternativa de Secamiento para Medianos Productores: Flujo Continuo 200 ton/día

Del estudio realizado por (EDIAGRO, 2013) para FENALCE, para la construcción de una planta de secamiento de diferentes granos, se adaptó para recibir solo maíz. Esta alternativa contempla la creación de asociaciones de productores o toma de esta opción por parte de asociaciones de productores medianos de maíz ya constituidas, de como mínimo 38 productores con 28 ha cada uno y que se estiman obtienen rendimientos promedios de 7,0 ton/ha, para un total de 7.500 ton semestrales, es decir 15.000 ton anuales. Esto indica que se requiere una planta que opere 37,5 días al semestre con una capacidad de secamiento de cercana a las 200ton/día, para que cumpla con la producción estimada de 15.000 ton húmedas año de maíz. La prestación del servicio se contempla para ellos mismos y/o para agricultores de la zona con el fin de generar ingresos adicionales.

Se caracterizó esta alternativa teniendo en cuenta cuatro aspectos: técnico, financiero, y operativo.

#### a. Caracterización Técnica Secador

La caracterización técnica se realizó al sistema de secamiento o secadora propiamente dicha, lo que permitió determinar los consumos de combustible y energía eléctrica, para el análisis de factibilidad y viabilidad del proyecto, como se muestra en la tabla 33.

La capacidad de recibo de la planta es de 15.000 ton húmedas/año y con una capacidad de secamiento de 200 ton/día. Suponiendo unas condiciones de recibo del maíz con un nivel de impurezas inicial de 4% y humedad inicial de 22%, al final del proceso se obtendrá maíz con un nivel de impurezas de 2% y una humedad final de 14%.

Dentro de los usos que se le dará al maíz que manejará en la planta se tiene los dos más comunes: para alimentación animal y harinas para arepas, para lo cual se maneja temperatura de secamiento relativamente baja 70°C en un periodo de 24 horas para una velocidad de secamiento de 8,33 ton/h.

La operación de la secadora permite el uso de dos combustibles alternativos (carbón coke o cascarilla de arroz). Cuyo consumo se estima en 10,96 Kg/ton de carbón coke ó 32,89 Kg/ton de cascarilla de arroz.

El consumo de energía eléctrica se discrimina de acuerdo al tipo de operaciones así: recibo y prelimpieza 1,1 KW/h ton de grano, secamiento de maíz 1,2 KW/h por punto de humedad y bodegaje, manejo de grano seco 1,0 KW/h por tonelada de grano.

**Tabla 33. Caracterización Técnica del Secamiento para la Alternativa de Medianos Productores.**

<b>Tipo</b>	<b>Características</b>
<b>Capacidad de Recibo</b>	14.200 ton-húmedas/año
<b>Capacidad de Secamiento</b>	200 ton-maíz/día
<b>Impurezas Inicial</b>	4%
<b>Impureza Final</b>	2%
<b>Humedad Inicial</b>	22%
<b>Humedad Final</b>	14%
<b>Temperatura de Secamiento</b>	70°C
<b>Tiempo de Secamiento</b>	24 horas
<b>Velocidad de Secamiento</b>	8,33 ton/h
<b>Consumo de Combustible</b>	
<b>Carbón Coke</b>	10,96 Kg/ton
<b>Cascarilla de Arroz</b>	32,89 Kg/ton
<b>Consumo de Energía Eléctrica</b>	
<b>Recibo y Prelimpieza</b>	1,1KW/h ton de grano
<b>Secamiento Maíz</b>	1,2 KW/h por punto de humedad
<b>Bodegaje, manejo de grano seco</b>	1,0 KW/h ton de grano

### b. Caracterización Financiera

La caracterización financiera se realizó mediante la elaboración del flujo de caja libre del proyecto puro, discriminando el plan de inversiones, los costos operacionales, los impuestos y las ventas.

Para la evaluación financiera, se tienen los siguientes supuestos macroeconómicos, empresariales y técnicos que se muestran en la tabla 34.

**Tabla 34. Supuestos Empresariales y Técnicos de la Alternativa para Medianos Productores. (Fuente: Autor).**

Item	Valor
Depreciación de Obras	25 años
Depreciación de Maquinaria	15 años
Depreciación de Activos Intangibles	5 años
Crecimiento Anual de Ingresos de Maíz	9%
Provisión Impuesto de Renta	33%
Anticipo de Tributario Año 3 (% sobre el impuesto de renta)	40%
Anticipo de Tributario Año 4-10 (% sobre el impuesto de renta)	75%
Combustible utilizado	Carbón Coke
Porcentaje a almacenar en silo bolsa	50%

La alternativa se proyecta según la metodología actual utilizada por la Dirección de Nacional de Planeación en pesos constantes (DNP, 2002), lo que significa que sólo habrá incrementos en función de la cantidad de ingresos de maíz anuales en kilogramos. Por lo tanto los precios de venta (tarifas), los gastos de administración, los costos de ventas (insumos), los gastos mantenimiento se mantendrán constantes durante los 10 años de proyección.

Igualmente se asume que se cuenta con todo el capital para la realización de las inversiones sin necesidad de financiamiento, es decir que el proyecto se elabora en bruto. Con un capital de trabajo igual a cero lo que significa que sus pasivos corrientes son iguales a sus activos corrientes, es decir que por cada peso que tiene la empresa debe un peso y sus activos corrientes son suficientes para operar.

### Plan de Inversiones

Comprende la inversión inicial constituida por todos los activos fijos, tangibles e intangibles necesarios para operar.

Se realizaron cotizaciones de la maquinaria, montaje, obras civiles, instalaciones eléctricas etc. para el diseño de la planta de secamiento (Ver anexos), obteniendo la tabla 35, donde se pueden observar los valores y participación de todas las inversiones en activos.

**Tabla 35. Valor y Participación de las Inversiones de la Alternativa para Medianos Productores. (Fuente: Autor).**

<i>Inversiones</i>	<b>Valor</b>	<b>Participación</b>
<i>Activos Tangibles</i>	<b>(\$)</b>	<b>(%)</b>
Maquinaria	1.724.699.500	70
Maquinaria para almacenamiento	64.657.500	3
Obras civiles	362.082.000	15
Costos de Montaje	181.041.000	7
<i>Activos Intangibles</i>		
Costos de Ingeniería e Interventoría	60.347.000	2
Imprevistos equipos y montajes mecánicos	69.393.500	3
<b>Total</b>	<b>2.462.220.500</b>	<b>100</b>

El total de las inversiones son del orden de \$2.462.220.500, los cuales se discriminan así: maquinaria con \$1.794.093.000, que representa el 73% de las inversiones, seguido de las obras civiles con \$362.082.000, que representa el 15% y finalmente los costos de montaje con \$181.041.000, que representan un 7% de las inversiones, siendo estos tres los activos más representativos del total de las inversiones.

### **Costos**

Las proyecciones de los costos de operación del proyecto clasificados en fijos y variables. Dentro de los costos fijos se tienen sueldos, gastos de administración. Y para los costos variables se cuentan costos de energía, combustible, compra de silos bolsa y de ventas en general.

### **Costos Fijos**

**Sueldos:** Se ha supuesto que la planta de secado estará instalada en una finca productora y que parte de su administración y control será realizada por personal de la misma finca.

Se tiene contemplado que la planta funcione con un administrador, un laboratorista o auxiliar técnico, un auxiliar y un temporal en tiempo de cosecha con un valor de sueldo mensual y anual que se muestra en la tabla 36.

Los cálculos de los sueldos se realizaron con base en el salario mínimo legal vigente para el año 2014 y todas las prestaciones legales.

**Tabla 36. Costo Salarial de la Alternativa para Medianos Productores. (Fuente: Autor).**

Personal	Sueldo Mensual (\$)	Sueldo Anual (\$)
Administrador	2.000.000	35.480.000
Laboratorista-auxiliar técnico	1.500.000	26.610.000
Auxiliar	1.000.000	17.740.000
Temporales (en cosecha)	1.800.000	31.932.000
<b>Total</b>		<b>111.762.000</b>

**Gastos Administrativos:** Los gastos administrativos contemplan los servicios públicos, servicio de aseo, insumos de papelería, aseo y cafetería por un valor mensual de \$2.450.000 y cuyo valor se discriminan en la tabla 37.

**Tabla 37. Gastos Administrativos de la Alternativa para Medianos Productores. (Fuente: Autor).**

Gastos Administrativos	Valor Mensual (\$)	Valor Anual (\$)
Servicio de Teléfono/Internet	700.000	8.400.000
Servicio de Agua	500000	6.000.000
Servicio de Correo	150.000	1.800.000
Servicio Aseo (jornal/día)	400.000	4.800.000
Papelería	300.000	3.600.000
Cafetería	200.000	2.400.000
Elementos Aseo	200.000	2.400.000
<b>Total</b>	<b>2.450.000</b>	<b>29.400.000</b>

**Mantenimiento:** El mantenimiento anual se calcula como el 2% de las inversiones que arroja un valor de \$49.244.410.

### Costos Variables

**Costos de Ventas:** Los costos de las ventas son representados por los consumos de energía, combustible y material prima para secar la cantidad de maíz a recibir. Y que se discriminan a continuación:

**Consumo de Energía:** Los costos de energía eléctrica se han estimado con base en el consumo de KWh por tonelada de grano y por cada operación. El costo de cada KWh se ha presupuestado a razón de \$400, suponiendo que la planta contará con servicio de energía eléctrica de la red nacional. En la tabla 38, se muestran los consumos por operación.

**Tabla 38. Consumo de Operaciones de la Planta en KWh por Tonelada de Grano. (Fuente:EDIAGRO).**

Operación	KWh por ton de grano	Tarifa (\$)
Recibo y Prelimpieza	1,1	400
Secamiento Maíz (por punto de humedad)	1,2	400
Bodegaje, manejo de grano seco	1,0	400

En la tabla 39, se muestran los cálculos para encontrar el costo total de energía que requiere la planta para su funcionamiento el primer año. Se tiene primero las toneladas que se van a recibir y prelimpiar que se multiplica por la tarifa y por el costo de la operación, para obtener el costo total de la operación de recibo y prelimpieza anual. Segundo se tienen las toneladas para secamiento anuales que son calculadas teniendo en cuenta el supuesto de un valor de impurezas al momento del recibo de 4% y 2% antes de secamiento para una cantidad de 14.700 ton anuales, que se multiplican por el consumo de la operación de secamiento por punto de humedad (1,2KWh por tonelada de grano) y como la remoción de humedad es de ocho puntos (de 22% a 14%) se multiplica por ocho y finalmente la tarifa del KWh.

Entonces se tiene que el costo de energía para las operaciones de recibo y prelimpieza es de \$6.600.000 anuales y del secamiento \$56.448.000. Adicionalmente se estima el costo energético del manejo de cargue y descargue de silos bolsa en \$5.333.023, para un total de \$68.381.023 anuales en costos de energía eléctrica.

**Tabla 39. Cálculo de Costos Totales de Energía Eléctrica Alternativa para Medianos Productores. (Fuente: Autor).**

Cálculos	Valores	Unidad
A Toneladas al año para Recibo y Prelimpieza	15.000	Ton
B Impurezas (4-2%)	300	Ton
<b>C Toneladas al año para secamiento (C=A-B)</b>	<b>14.700</b>	<b>Ton</b>
D Humedad Removida	1.367	Ton
<b>E Toneladas al año para almacenamiento (E=C-D)</b>	<b>13.333</b>	<b>Ton</b>
F Reducción de puntos de humedad (22-14%)	8	puntos
G Consumo Operación de Recibo y Prelimpieza	1,1	KWh/ton
H Consumo Operación de Secamiento Maíz (por punto de humedad)	1,2	KWh/ton
I Consumo Operación de Bodegaje, manejo de grano seco	1,0	KWh/ton
J Tarifa Energía Eléctrica	400	\$/KWh
<b>K Costo Total Recibo y Prelimpieza (K=A*G*J)</b>	<b>6.600.000</b>	<b>\$</b>
<b>L Costo Total Secamiento (L=C*F*H*J)</b>	<b>56.448.000</b>	<b>\$</b>
<b>M Costo Total Electricidad Recibo Secamiento y Prelimpieza (M=K+L)</b>	<b>63.048.000</b>	<b>\$</b>
<b>N Electricidad manejo a silos, cargue y descargue (N=E*I*J)</b>	<b>5.333.023</b>	<b>\$</b>
<b>Ñ Total Costos de Energía Eléctrica (Ñ=M+N)</b>	<b>68.381.023</b>	<b>\$</b>

**Consumo de Combustible (Carbón Coke):** Respecto al consumo de combustible (carbón coke), como se muestra en la tabla 40 se tiene que según la literatura la energía térmica necesaria para la remoción de un kilogramo de agua son 4.178,02 kJ (3.960 BTU) y como el total de kilogramos de agua que eliminados son 1.367.442 Kg. Se tiene que el consumo energético total son  $5,71 \times 10^9$  kJ (5.415.069.767 BUT) y si se tiene que la capacidad calórica del coke es de 31.651,68 kJ/Kg (30.000 BTU/Kg), entonces el consumo total de carbón coke son 180.502 Kg, siendo el precio de combustible \$350/Kg, el costo total de combustible para el primer año será de \$63.175.814.

**Tabla 40. Cálculo de Costos Totales de Combustible de la Alternativa para Medianos Productores. (Fuente: Autor).**

Cálculos	Valores	Unidad
A Humedad removida	1.367.442	Kg
B Energía térmica necesaria para evaporar agua	4.178,02	kJ/Kg de agua
<b>C Consumo energético total (C=A*B)</b>	<b><math>5,71 \times 10^9</math></b>	<b>kJ</b>
D Capacidad calórica del coke	31.651,68	kJ/Kg
<b>E Consumo total de coke (E=C/D)</b>	<b>180.502</b>	<b>Kg</b>
F Precio del combustible en la planta	350	\$/Kg
<b>G Total (G=E*F)</b>	<b>63.175.814</b>	<b>\$</b>

**Costo Silos Bolsa (Almacenamiento):** Como se supone que se almacenará el 50% de grano limpio y seco de maíz es decir el 6.666 ton y si el costo del silo bolsa por tonelada de grano es

de \$8.500, entonces el costo total de almacenamiento será de \$56.663.372, como se muestra en la tabla 41.

**Tabla 41. Cálculo de Costos de Silo Bolsa de la Alternativa para Medianos Productores. (Fuente: Autor).**

Cálculos	Valores	Unidad
A Cantidad de Grano limpio y seco	13.333	Ton
B Porcentaje a Almacenar	50	%
<b>C Cantidad a almacenar (C=A*B)</b>	<b>6.666</b>	<b>Ton</b>
D Costo silo bolsa	8.500	\$/ton
<b>E Valor total almacenamiento (E=C*D)</b>	<b>56.663.372</b>	<b>\$</b>

Los costos de venta totales son representados, en su orden, por la energía eléctrica con una participación del 36% y un valor de \$68.381.023, seguido por el combustible coke con 34% y un valor de \$63.175.814. Y finalmente el costo de los silos bolsa con una participación del 30% y un valor de \$56.663.372. Como se muestra en la tabla 42, el valor total de los costos de ventas totales fue de \$192.033.321.

**Tabla 42. Resumen de Costos de Ventas Totales de la Alternativa para Medianos Productores. (Fuente: Autor).**

Costos de Ventas	Valor Anual (\$)	Participación (%)
Energía Eléctrica	68.381.023	36
Combustible (Carbón Coke)	63.175.814	34
Silos Bolsa	56.663.372	30
<b>Totales</b>	<b>192.033.321</b>	<b>100</b>

**Impuestos:** Los impuestos según los supuestos ya mencionados, se calcularon como se muestra en la tabla 43, para el primer año, según la legislación actual, con pago año fiscal vencido. Para el segundo año en adelante, se paga solamente el impuesto de renta que equivale el 33% de la utilidad bruta del año inmediatamente anterior. Para el tercer año se realiza un anticipo tributario y que equivale al 40% del impuesto de renta de ese mismo año. Y del cuarto al décimo año el anticipo tributario equivaldrá al 75% del mismo impuesto de ese mismo año. La recuperación de estos anticipos se comienza a reflejar a partir de cuarto año en adelante.

**Tabla 43. Cálculo Cronológico de Impuestos Alternativa para Medianos Productores. (Fuente: Autor).**

Impuestos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
<b>A Utilidad Bruta</b>	<b>\$ 146.957.727</b>	<b>\$ 190.583.666</b>	<b>\$ 239.247.739</b>	<b>\$ 292.291.578</b>
B Impuesto de Renta	0	33%	33%	33%
<b>C Valor Impuesto de Renta (C2=A1*B), (C3=A2*B)...</b>	<b>0</b>	<b>\$ 48.496.050</b>	<b>\$ 62.892.610</b>	<b>\$ 78.951.754</b>
D Anticipo Tributario	0	0	40%	75%
<b>E Valor Anticipo Tributario (E3=C3*D), (E4=C4*D)...</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>\$ 25.157.044</b>	<b>\$ 59.213.815</b>
<b>F Recuperación Anticipo Tributario (F4=-E3)...</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>\$ 25.157.044</b>
<b>G Impuestos período (G=C+E-F)</b>	<b>0</b>	<b>\$ 48.496.050</b>	<b>\$ 88.049.654</b>	<b>\$ 113.008.525</b>

### Ventas

Los ingresos por concepto de ventas se discriminan en tres: el servicio de secamiento y limpieza, servicio de bodegaje y la venta de los silos bolsa.

**Servicio de Secamiento y Limpieza:** En la tabla 44, se tiene la cantidad total de toneladas húmedas de maíz y con impurezas a recibir por año para el servicio de secamiento y limpieza, así como su participación por semestre que será de 7.500 toneladas.

**Tabla 44. Recibos de Maíz Húmedo de la Alternativa para Medianos Productores. (Fuente: Autor).**

Cantidad de Maíz Húmedo a recibir por Año (ton)	Participación por semestre (%)	Cantidad de Grano Sem A (ton)	Cantidad de Grano Sem B (ton)
15.000	50	7.500	7.500

Para este servicio, como se aprecia en la tabla 45, se ha previsto cobrar una tarifa de secado de \$37.500 por tonelada, un 75% más económica que la tarifa comercial promedio del mercado que es de \$50.000 por tonelada. Para un total de ingresos por este concepto de \$562.500.000.

**Tabla 45. Cálculo del Servicio de Secamiento y Limpieza de la Alternativa para Medianos Productores. (Fuente: Autor).**

Cálculos	Valor	Unidad
A Tarifa Comercial	50.000	\$
B Coeficiente de Reducción Tarifa Comercial	75	%
<b>C Tarifa a Cobrar (C=A*B)</b>	<b>37.500</b>	<b>\$</b>
D Cantidad de Grano a Secar	15.000	ton
<b>E Ventas Totales (E=C*D)</b>	<b>562.500.000</b>	<b>\$</b>

**Servicio de Bodegaje:** Se estima que los meses de bodegaje sean dos por semestre, que corresponderán a los meses posteriores al pico de la cosecha. El servicio de bodegaje se estima sea una tarifa de 0,54% mensual, inferior en un 36% la tarifa comercial que es de 0,90%. Igualmente se estima que se almacene solo el 50% del grano limpio y seco para un total de 6.666 ton/año para un ingreso total por este servicio de \$60.476.484, como se muestra en la tabla 46.

**Tabla 46. Cálculo del Servicio de Bodegaje de la Alternativa para Medianos Productores. (Fuente: Autor).**

Cálculos	Valor	Unidad
A Meses de Bodegaje Semestre A	2	Meses
B Meses de Bodegaje Semestre B	2	Meses
<b>C Total de Meses de Bodegaje Año (C=A+B)</b>	<b>4</b>	<b>Meses</b>
D Tarifa Bodegaje	2.268	\$-ton/mes
E Cantidad de Grano Limpio y Seco	13.333	ton/año
F Porcentaje de Grano a Almacenar	50	%
<b>G Cantidad a almacenar (G=E*F)</b>	<b>6.666</b>	<b>ton/año</b>
<b>H Valor total almacenamiento (H=C*D*G)</b>	<b>60.476.484</b>	<b>\$</b>

**Venta de Silos Bolsa:** Se ha supuesto que los agricultores que utilicen los servicios de almacenaje en silos-bolsa reembolsando su costo a la empresa, más un margen del 10% para cubrir costos de inventarios y de administración. Las cifras anuales correspondientes a ingresos de los silos bolsa se muestran en la tabla 47.

**Tabla 47. Cálculo de Ventas de Silos Bolsa de la Alternativa para Medianos Productores. (Fuente: Autor).**

<b>Cálculos</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
A Costo Comercial de Silo Bolsa	8.500	\$/ton
B Margen	10	%
<b>C Costo para Venta de Silo Bolsa (C=A*B)</b>	<b>9.350</b>	<b>\$/ton</b>
D Cantidad	6.666	Ton
<b>E Valor Total de Venta de Silos Bolsa (E=C*D)</b>	<b>62.329.709</b>	<b>\$</b>

En la tabla 48 se observa el resumen de ventas totales, siendo el servicio de secamiento y limpieza el componente que más participa con un 82% e ingresos por valor de \$562.500.000, el servicio de bodegaje y venta de silos bolsa participan ambos con un 9%, con \$60.476.484 y \$62.329.709, respectivamente.

**Tabla 48. Resumen de Ventas Totales de la Alternativa para Medianos Productores. (Fuente: Autor).**

<b>Ventas Totales</b>	<b>Valor (\$)</b>	<b>Participación (%)</b>
Servicio de secamiento y limpieza	562.500.000	82
Servicio de Bodegaje	60.476.484	9
Venta de Silos bolsa	62.329.709	9
<b>Totales</b>	<b>685.306.193</b>	<b>100</b>

### **Flujo de Caja**

El flujo de caja se proyectó a un horizonte de 10 años, arrojando como resultado los siguientes indicadores financieros: VPN de \$403.647.315 con una tasa del 10%, TIR de 12,8% lo que significa que se recuperará un 12,8% de la inversión inicial realizada y una RC/B de 1,35, lo que representa una ganancia de 35% por cada peso invertido es decir que en la medida en que la inversión aumente será mucho mejor para el proyecto (DNP, 2002). (Ver tabla 50).

#### **c. Caracterización Económica: Costos Operativos del Secado**

Se determinaron los costos operativos del secamiento sin almacenamiento por tonelada y por kilogramo, con base en todos los costos anuales para el secamiento de 15.000 toneladas húmedas de maíz con las que operará la planta en el primer año. Como se muestra en la tabla

49, el costo por tonelada húmeda que ingresa es de \$21.109 y por kilogramo es de \$21,109 con las características de humedad e impurezas al ingreso y finales antes descritas.

**Tabla 49. Cálculo de los Costos Operativos. (Fuente: Autor).**

<b>Cálculos</b>	<b>Valor Anual</b>	<b>Unidad</b>
A Energía Eléctrica	63.048.000	\$
B Combustible (Carbón Coke)	63.175.814	\$
C Sueldos	111.762.000	\$
D Mantenimiento	49.244.410	\$
E Gastos de Administración	29.400.000	\$
<b>F Costos Totales Sin Almacenamiento(F=A+B+C+D+E)</b>	<b>316.630.224</b>	\$
G Toneladas Húmedas de Maíz	15.000	Ton
<b>H Costo Total por Tonelada (H=F/G)</b>	<b>21.109</b>	\$
<b>I Costo Total por Kilogramo (I=H/1000)</b>	<b>21</b>	\$



### **3.8.3 Alternativa de Secamiento para Grandes Productores: Flujo Continuo en Silo para 500 ton/día**

Del mismo estudio realizado por (EDIAGRO, 2013) para FENALCE, para la construcción de una planta de secamiento de diferentes granos, se adaptó para recibir solo maíz. Esta alternativa contempla la creación de asociaciones de productores o toma de esta opción por parte de asociaciones de productores medianos de maíz ya constituidas, de como mínimo 34 productores con 60 ha cada uno y que se estiman obtienen rendimientos promedios de 8,0 ton/ha, para un total de 16.250 ton semestrales, es decir 32.500 ton anuales. Esto indica que se requiere una planta que opere 33 días al semestre con una capacidad de secamiento de cercana a las 500ton/día, para que cumpla con la producción estimada de 32.500 ton húmedas año de maíz. La prestación del servicio se contempla para ellos mismos y/o para agricultores de la zona con el fin de generar ingresos adicionales.

Igual que la planta de secamiento con capacidad para 200ton/día, se caracterizó la otra opción para productores grandes con una capacidad de secamiento de 500ton/día.

Se caracterizó esta alternativa teniendo en cuenta cuatro aspectos: técnico, financiero, operativo y social.

#### **a. Caracterización Técnica del Sistema de Secamiento**

La caracterización técnica se realizó básicamente al sistema de secamiento y se resume en la tabla 49. Donde se tiene que la capacidad de recibo de la planta es de 32.500 toneladas/año de maíz húmedo, con una capacidad de secamiento de 500 toneladas/día. Suponiendo unas condiciones de recibo del maíz con un nivel de impurezas inicial de 4% y humedad inicial de 22%, finalizando con un nivel de impurezas final de 2% y una humedad final de 14%.

Al igual que el sistema de secamiento para medianos productores, dentro de los usos que se le dará al maíz que se manejarán en la planta, se tiene los dos más comunes: para alimentación animal y harinas para arepas, para lo cual se maneja temperatura de secamiento relativamente baja 70°C en un periodo de 24 horas para una velocidad de secamiento de 20,83ton/h.

La operación de la secadora permite el uso de dos combustibles alternativos (carbón coke o cascarilla de arroz). Cuyo consumo se estima en 4,62 Kg/ton de carbón coke ó 13,87 Kg/ton de cascarilla de arroz.

El consumo de energía eléctrica se discrimina de acuerdo al tipo de operaciones así: Recibo y prelimpieza 1,1 KW/h ton de grano, secamiento de maíz 1,2 KW/h por punto de humedad y bodegaje, manejo de grano seco 1 KW/h por tonelada de grano.

**Tabla 51. Caracterización Técnica del Sistema de Secamiento de la Alternativa para Grandes Productores. (Fuente: Autor).**

Tipo	Características
Capacidad de Recibo	32500 toneladas húmedas/año
Capacidad de Secamiento	500 ton maíz/día
Impurezas Inicial	4%
Impureza Final	2%
Humedad Inicial	22%
Humedad Final	14%
Temperatura de Secamiento	70°C
Tiempo de Secamiento	24 horas
Velocidad de Secamiento	20,83 ton/h
<b>Consumo de Combustible</b>	
Carbón Coke	4,62 Kg/ton
Cascarilla de Arroz	13,87 Kg/ton
<b>Consumo de Energía Eléctrica</b>	
Recibo y Prelimpieza	1,1KW/h ton de grano
Secamiento Maíz	1,2 KW/h por punto de humedad
Bodegaje, manejo de grano seco	1,0 KW/h por punto de grano

#### **b. Caracterización Financiera**

La caracterización financiera se realizó mediante la elaboración del flujo de caja libre del proyecto puro, utilizando los mismos supuestos macroeconómicos, empresariales y técnicos que la alternativa para medianos productores.

Igualmente se asume que se cuenta con todo el capital para la realización de las inversiones sin necesidad de financiamiento, es decir que el proyecto se elabora en bruto. Con un capital de

trabajo igual a cero lo que significa que sus pasivos corrientes son superiores o iguales a sus activos corrientes, es decir que por cada peso que tiene la empresa debe un peso y sus activos corrientes son suficientes para operar.

### Plan de Inversiones

El plan de inversiones comprende la inversión inicial constituida por todos los activos fijos, tangibles e intangibles necesarios para operar.

Se realizaron cotizaciones de la maquinaria, montaje, obras civiles, instalaciones eléctricas etc. para el diseño de la planta de secamiento, obteniendo la tabla 52, donde se pueden observar los valores y participación de todas las inversiones en activos.

**Tabla 52. Valor y Participación de las Inversiones de la Alternativa para Grandes Productores.**  
(Fuente: Autor).

<i>Inversiones</i>	<b>Valor (\$)</b>	<b>Participación (%)</b>
<b><i>Activos Tangibles</i></b>		
Maquinaria	3.634.898.500	69%
Maquinaria para almacenamiento	89.632.500	2%
Obras civiles	915.713.000	17%
Costos de Montaje	381.540.300	7%
<b><i>Activos Intangibles</i></b>		
Costos de Ingeniería e Interventoría	127.187.500	2%
Imprevistos equipos y montajes mecánicos	146.261.000	3%
<b>Total</b>	<b>5.295.232.800</b>	<b>100%</b>

El total de las inversiones son del orden de \$5.295,232.800, los cuales se discriminan así: maquinaria con \$3.634.898.500, que representa el 69% de las inversiones, seguido de las obras civiles con \$915.713.000, que representa el 17% y finalmente los costos de montaje con \$381.540.300, que representan un 7% de las inversiones, siendo estos tres los activos más representativos del total de las inversiones.

### Costos

Las proyecciones de los costos de operación del proyecto clasificados en fijos y variables. Dentro de los costos fijos se tienen sueldos, gastos de administración Y para los costos variables se cuentan costos de energía, combustible, compra de silos bolsa y de ventas en general.

### Costos Fijos

**Sueldos:** Adicional al personal que requería el anterior montaje, este, dado su mayor tamaño y complejidad de manejo, necesitará una administración autónoma, naturalmente más costosa. Por lo que se requiere adicionalmente un gerente, celaduría, jefe de planta y un mecánico. Los valores de sueldo mensual y anual se muestran en la tabla 53.

Los cálculos del componente salarial se realizaron con base en el salario mínimo legal vigente para el año 2014 y todas las prestaciones legales.

**Tabla 53. Costo de Sueldos Personal Requerido de la Alternativa para Grandes Productores.**  
(Fuente: Autor).

Personal	Sueldo Mensual Neto (\$)	Sueldo Anual con prestaciones sociales (\$)
Administrador	2.000.000	35.480.000
Laboratorista-auxiliar técnico	1.500.000	26.610.000
Auxiliar	1.000.000	17.740.000
Temporales (en cosecha)	1.800.000	31.932.000
Gerente	5.000.000	88.700.000
Celaduría	3.000.000	53.220.000
Jefe de Planta	2.000.000	35.480.000
Mecánico	1.200.000	21.288.000
<b>Total</b>	<b>17.500.000</b>	<b>310.450.000</b>

**Gastos Administrativos:** Los gastos administrativos se suponen sean similares a los gastos del montaje anterior, que contemplan los servicios públicos, servicio de aseo, insumos de papelería, aseo y cafetería por un valor mensual de \$2.450.000 y cuyo valor se discriminan en la tabla 54.

**Tabla 54. Gastos Administrativos de la Alternativa para Grandes Productores. (Fuente: Autor).**

<b>Gastos Administrativos</b>	<b>Valor Mensual (\$)</b>	<b>Valor Anual (\$)</b>
Servicio de Teléfono/Internet	700.000	8.400.000
Servicio de Agua	500000	6.000.000
Servicio de Correo	150.000	1.800.000
Servicio Aseo	400.000	4.800.000
Papelería	300.000	3.600.000
Cafetería	200.000	2.400.000
Elementos Aseo	200.000	2.400.000
<b>Total</b>	<b>2.450.000</b>	<b>29.400.000</b>

**Mantenimiento:** El mantenimiento anual se calcula como el 2% de las inversiones para un valor de lo que arroja un valor de \$105.904.656 para el primer año.

#### **Costos Variables**

**Gastos Ventas:** Los gastos de las ventas se calculan como el 5% de las ventas en general para un valor de \$74.241.504 para el primer año.

#### **Costos de Ventas**

Los costos de las ventas son representados por los consumos de energía, combustible y material prima para secar la cantidad de maíz a recibir. Que se discriminan a continuación:

**Consumo de Energía:** Igual que la alternativa para medianos productores, los costos de energía eléctrica se han estimado con base en el consumo de KWh por tonelada de grano y por cada operación. Como se indicó en la tabla 39.

Los cálculos para encontrar el costo total de energía que requiere la planta para su funcionamiento el primer año. Se tiene primero las toneladas que se van a recibir y prelimpiar que se multiplica por la tarifa y por el costo de la operación, para obtener el costo total de la operación de recibo y prelimpieza anual. Segundo se tienen las toneladas para secamiento anuales que son calculadas teniendo en cuenta el supuesto de un valor de impurezas al momento del recibo de 4% y 2% antes de secamiento para una cantidad de 14.700 toneladas anuales, que se multiplican por el consumo de la operación de secamiento por punto de

humedad (1,2KWh por tonelada de grano) y como la remoción de humedad es de ocho puntos (de 22% a 14%) se multiplica por ocho y finalmente la tarifa del KWh.

Entonces se tiene que el costo de energía para las operaciones de recibo y prelimpieza es de \$14.300.000 anuales y del secamiento \$122.304.000. Adicionalmente se estima el costo energético del manejo de cargue y descargue de silos bolsa en \$11.554.884, para un total de \$148.158.884 anuales en costos de energía eléctrica. (Ver tabla 55).

**Tabla 55. Cálculo de Costos Totales de Energía Eléctrica de la Alternativa para Grandes Productores. (Fuente: Autor).**

Cálculos	Valores	Unidad
A Toneladas al año para recibo y prelimpieza	32.500	ton
B Impurezas (4-2%)	650	ton
<b>C Toneladas al año para secamiento (C=A-B)</b>	<b>31.850</b>	<b>ton</b>
D Humedad Removida	2.963	ton
<b>E Toneladas al año para almacenamiento (E=C-D)</b>	<b>28.887</b>	<b>ton</b>
F Reducción de puntos de humedad (22-14%)	8	Puntos
G Consumo Operación de Recibo y Prelimpieza	1,1	KWh/ton
H Consumo Operación de Secamiento Maíz (por punto de humedad)	1,2	KWh/ton
I Consumo Operación de Bodegaje, manejo de grano seco	1,0	KWh/ton
J Tarifa Energía Eléctrica	400	\$/KWh
<b>K Costo Total Recibo y Prelimpieza (K=A*G*J)</b>	<b>14.300.000</b>	<b>\$</b>
<b>L Costo Total Secamiento (L=C*F*H*J)</b>	<b>122.304.000</b>	<b>\$</b>
<b>M Costo Total Electricidad Recibo Secamiento y Prelimpieza (M=K+L)</b>	<b>136.604.00</b>	<b>\$</b>
<b>N Electricidad manejo a silos, cargue y descargue (N=E*I*J)</b>	<b>11.554.884</b>	<b>\$</b>
<b>Ñ Total Costos de Energía Eléctrica (Ñ=M+N)</b>	<b>148.158.884</b>	<b>\$</b>

- **Consumo de Combustible (Coke)**

Respecto al consumo de combustible carbón coke, como se muestra en la tabla 56, se tiene que según la literatura, la energía térmica necesaria para la remoción de un kilogramo de agua son 4.178,02 kJ (3.960 BTU) y como el total de kilogramos de agua que eliminados son 2.962.791Kg. Se tiene que el consumo energético total son  $1,24 \times 10^{10}$  kJ (11.732.651.163 BUT) y si se tiene que la capacidad calórica del coke es de 31.651,68 kJ/Kg (30.000 BTU/Kg), entonces el consumo total de carbón coke son 391.088 Kg, siendo el precio de combustible \$350/Kg, el costo total de combustible para el primer año será de \$136.880.930.

**Tabla 56. Cálculo de Costos Totales de Combustible de la Alternativa para Grandes Productores. (Fuente: Autor).**

Cálculos	Valores	Unidad
A Humedad removida	2.962.791	Kg
B Energía térmica necesaria para evaporar agua	4.178,02	kJ/Kg de agua
<b>C Consumo energético total (C=A*B)</b>	<b>1,24 x10<sup>10</sup></b>	<b>kJ</b>
D Capacidad calórica del coke	30.000	BTU/Kg
<b>E Consumo total de coke (E=C/D)</b>	<b>391.088</b>	<b>Kg</b>
F Precio del combustible en la planta	350	\$/Kg
<b>G Total (G=E*F)</b>	<b>136.880.930</b>	<b>\$</b>

- **Costo Silos Bolsa (Almacenamiento)**

Como se supone que se almacenarán el 50% de grano limpio y seco de maíz es decir 14.444 ton y si el costo del silo bolsa por tonelada de grano es de \$8.500, entonces el costo total de almacenamiento será de \$122.770.640, como se muestra en la tabla 55.

**Tabla 57. Cálculo de Costos de Silo Bolsa de la Alternativa para Grandes Productores. (Fuente: Autor).**

Cálculos	Valores	Unidad
A Cantidad de Grano limpio y seco	28.887	ton
B Porcentaje a Almacenar	50	%
<b>C Cantidad a almacenar (C=A*B)</b>	<b>14.444</b>	<b>ton</b>
D Costo silo bolsa	8.500	\$/ton
<b>E Valor total almacenamiento (E=C*D)</b>	<b>122.770.640</b>	<b>\$</b>

Los costos de venta totales son representados, en su orden, por la energía eléctrica con una participación del 36% y un valor de \$148.158.884, seguido por el combustible carbón coke con 34% y un valor de \$136.880.930. Y finalmente el costo de los silos bolsa con una participación del 30% y un valor de \$122.770.640. Como se muestra en la tabla 58, el valor total de los costos de ventas totales fue de \$407.810.453.

**Tabla 58. Resumen de Costos de Ventas Totales de la Alternativa para Grandes Productores. (Fuente: Autor).**

Costos de Ventas	Valor Anual (\$)	Participación (%)
Energía Eléctrica	148.158.884	36%
Combustible (Carbón Coke)	136.880.930	34%
Costo Silo Bolsa 5%	122.770.640	30%
<b>Totales</b>	<b>407.810.453</b>	<b>100%</b>

## Impuestos

Los impuestos según los supuestos ya mencionados, se calcularon como se muestra en la tabla 59, para el primer año, según la legislación actual, con pago año fiscal vencido. Para el segundo año en adelante, se pagará solamente el impuesto de renta que equivale el 33% de la utilidad bruta del año inmediatamente anterior. Para el tercer año se realizará un anticipo tributario y que equivale al 40% del impuesto de renta de ese mismo año. Y del cuarto al décimo año el anticipo tributario equivaldrá al 75% del mismo impuesto de ese mismo año. La recuperación de estos anticipos se comenzara a reflejar a partir de cuarto año en adelante.

**Tabla 59. Cálculo Cronológico de Impuestos de la Alternativa para Grandes Productores. (Fuente: Autor).**

Impuestos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
<b>A Utilidad Bruta</b>	\$217.403.184	\$292.926.310	\$378.127.124	\$471.443.952
B Impuesto de Renta	0	33%	33%	33%
<b>C Valor Impuesto de Renta (C2=A1*B), (C3=A2*B)...</b>	0	\$71.743.051	\$96.665.682	\$124.781.951
D Anticipo Tributario	0	0	40%	75%
<b>E Valor Anticipo Tributario (E3=C3*D), (E4=C4*D)...</b>	0	0	\$38.666.273	\$93.586.463
<b>F Recuperación Anticipo Tributario (F4=-E3)...</b>	0	0	0	-\$38.666.273
<b>G Impuestos período (G=C+E-F)</b>	0	\$71.743.051	\$135.331.955	\$179.702.141

## Ventas

Los ingresos por concepto de ventas se discriminan en tres: el servicio de secamiento y limpieza, servicio de bodegaje y la venta de los silos bolsa.

**Servicio de Secamiento y Limpieza:** En la tabla 60, se tiene la cantidad total de toneladas húmedas y con impurezas a recibir por año para el servicio de secamiento y limpieza, así como su participación por semestre que será de 16.250 toneladas.

**Tabla 60. Cantidad de Total de Toneladas Húmedas por Año. (Fuente: Autor).**

Cantidad de Grano Húmedo a recibir por Año (ton)	Participación por semestre (%)	Cantidad de Grano Sem A (ton)	Cantidad de Grano Sem B (ton)
32.500	50	16.250	16.250

Para este servicio, como se aprecia en la tabla 61, se ha previsto cobrar una tarifa de secado de \$37.500 por tonelada, un 75% más económica que la tarifa comercial promedio del mercado que es de \$50.000. Para un total de ingresos por este concepto de \$1.218.750.000.

**Tabla 61. Cálculo del Servicio de Secamiento y Limpieza de la Alternativa para Grandes Productores. (Fuente: Autor).**

Cálculos	Valor	Unidad
A Tarifa Comercial	50.000	\$
B Coeficiente de Reducción Tarifa Comercial	75	%
<b>C Tarifa a Cobrar (C=A*B)</b>	<b>37.500</b>	<b>\$</b>
D Cantidad de Grano a Secar	32.500	Ton
<b>E Ventas Totales (E=C*D)</b>	<b>1.218.750.000</b>	<b>\$</b>

**Servicio de Bodegaje:** Se estima que los meses de bodegaje sean dos por semestre, que corresponderán a los meses posteriores al pico de la cosecha. El servicio de bodegaje se estima sea una tarifa de 0,32% mensual, es decir, un 36% la tarifa comercial que es del 0,90%. Igualmente se estima que se almacene solo el 50% del grano limpio y seco para un total de 14.444 ton/año, para un ingreso total por este servicio de \$131.032.381, como se muestra en la tabla 62.

**Tabla 62. Cálculo del Servicio de Bodegaje de la Alternativa para Grandes Productores. (Fuente: Autor).**

Cálculos	Valor	Unidad
A Meses de Bodegaje Semestre A	2	Meses
B Meses de Bodegaje Semestre B	2	Meses
<b>C Total de Meses de Bodegaje Año (C=A+B)</b>	<b>4</b>	<b>Meses</b>
D Tarifa Bodegaje	2.268	\$ton/mes
E Cantidad de Grano Limpio y Seco	<b>28.887</b>	ton/año
F Porcentaje de Grano a Almacenar	50	%
<b>G Cantidad a almacenar (G=E*F)</b>	<b>14.444</b>	<b>ton/año</b>
<b>H Valor total almacenamiento (H=C*D*G)</b>	<b>131.032.381</b>	<b>\$</b>

**Venta de Silos Bolsa:** Se ha supuesto que los agricultores que utilicen los servicios de almacenaje en silos-bolsa reembolsarán su costo a la empresa, más un margen del 10% para cubrir costos de inventarios y de administración. Las cifras anuales correspondientes a ingresos de los silos bolsa se muestran en la tabla 63.

**Tabla 63. Cálculo de Ventas de Silos Bolsa de la Alternativa para Grandes Productores. (Fuente: Autor).**

<b>Cálculos</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
A Costo Comercial de Silo Bolsa	8.500	\$/ton
B Margen	10	%
<b>C Costo para Venta de Silo Bolsa (C=A*B)</b>	<b>9.350</b>	<b>\$/ton</b>
D Cantidad	14.444	Ton
<b>E Valor Total de Venta de Silos Bolsa (E=C*D)</b>	<b>135.047.703</b>	<b>\$</b>

En la tabla 64, se muestra el resumen de ventas totales, siendo el servicio de secamiento y limpieza el componente que más participa con un 82% e ingresos por valor de \$1.218.750.000, el servicio de bodegaje y venta de silos bolsa participan ambos con un 9%, con \$131.032.381 y \$135.047.703, respectivamente, para un total de \$1.484.830.084.

**Tabla 64. Resumen de Ventas Totales de la Alternativa para Grandes Productores. (Fuente: Autor).**

<b>Ventas Totales</b>	<b>Valor (\$)</b>	<b>Participación (%)</b>
Servicio de secamiento y limpieza	<b>1.218.750.000</b>	82
Servicio de Bodegaje	<b>131.032.381</b>	9
Venta de Silos bolsa	<b>135.047.703</b>	9
<b>Totales</b>	<b>1.484.830.084</b>	100

## **Flujo de Caja**

El flujo de caja se proyectó a un horizonte de 10 años para la planta con capacidad para 500 ton/día, arrojando como resultado los siguientes indicadores financieros: VPN de \$213.125.806 aplicando una tasa del 10%, TIR de 10,8% lo que significa que se recuperará un 10,8% de la inversión inicial realizada y una RC/B de 1,37, lo que representa una ganancia de 37% por cada peso invertido es decir que en la medida en que la inversión aumente será mucho mejor para el proyecto (DNP, 2002). (Ver tabla 65).

### **a. Caracterización Económica: Costos Operativos del Secado**

Se determinaron los costos operativos del secamiento sin almacenamiento por tonelada y por kilogramo, con base en todos los costos anuales para el secamiento de 32.500 toneladas

húmedas de maíz con las que operará la planta en el primer año. Como se muestra en la tabla 65, el costo por tonelada húmeda que ingresa es de \$22.486 y por kilogramo es de \$22.

**Tabla 65. Costos Operativos de la Alternativa para Grandes Productores. (Fuente: Autor).**

<b>Cálculos</b>	<b>Valor Anual</b>	<b>Unidad</b>
<b>A Energía Eléctrica</b>	148.158.884	\$
<b>B Combustible (Carbón Coke)</b>	136.880.930	\$
<b>C Sueldos</b>	310.450.000	\$
<b>D Mantenimiento</b>	105.904.656	\$
<b>E Gastos de Administración</b>	29.400.000	\$
<b>F Costos Totales Sin Almacenamiento (F=A+B+C+D+E)</b>	<b>730.794.470</b>	\$
<b>G Toneladas Húmedas de Maíz</b>	32.500	ton
<b>H Costo Total por Tonelada (H=F/G)</b>	<b>22.486</b>	\$
<b>I Costo Total por Kilogramo (I=H/1000)</b>	<b>22</b>	\$



### 3.9 Análisis de Viabilidad

Se calculó el punto de equilibrio o cuánto maíz se debe secar para que las inversiones se paguen.

#### 3.9.1 Punto de Equilibrio

##### a. Alternativa para Pequeños Productores

Se calculó el margen de contribución y el punto de equilibrio (PE) de la alternativa para pequeños productores sin incluir el servicio de almacenamiento, tal y como se observa en la tabla 67 y en la figura 15, obteniendo como resultado un margen de contribución de \$35.582/ton en valor positivo, lo que significa que la alternativa es rentable. Por otro lado, se calculó el punto de equilibrio, observándose que se requiere una cantidad de ingresos de mínimo 55 toneladas de maíz, es decir un 46% de lo que se proyecta recibir, para que la alternativa sea sostenible sin generar pérdidas ni ganancias.

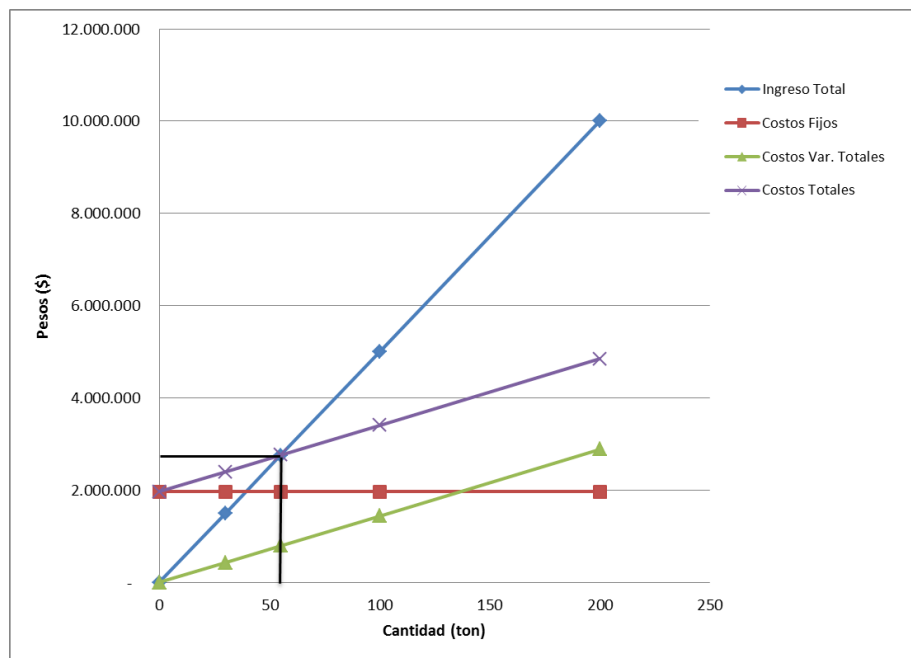
**Tabla 67. Cálculos PE en Cantidad de la Alternativa sin Almacenamiento para Pequeños Productores. (Fuente: Autor).**

Cálculos	Valor Anual	Unidad
<b>Costos Variables</b>		
A Energía Eléctrica	452.240	\$
B Combustible (Gas Natural)	1.277.921	\$
<b>C Total Costos Variables (C=A+B)</b>	<b>1.730.162</b>	\$
D Toneladas Húmedas de Maíz	120	Ton
<b>E Costo Variable Unitario (E=C/D)</b>	<b>14.418</b>	<b>\$/ton</b>
F Tarifa del Servicio	50.000	\$/ton
<b>G Margen de Contribución (G=F-E)</b>	<b>35.582</b>	<b>\$/ton</b>
<b>Costos Fijos</b>		
H Sueldos	1.965.307	\$
<b>I Total Costos Fijos (I=H)</b>	<b>1.965.307</b>	\$
<b>J Punto de Equilibrio en Cantidad (J=I/G)</b>	<b>55</b>	<b>Ton</b>

En pesos se calculó el margen de contribución de esta alternativa que es de \$4.269.838 anuales con un índice de contribución de 71,16% y un punto de equilibrio en pesos de \$27.617, lo que quiere decir que se requiere obtener en ingresos esta cantidad de dinero anualmente para poder operar de manera sostenible y obtener el margen e índice de contribución antes mencionado. (Ver tabla 68).

**Tabla 68. PE en Pesos (\$) de la Alternativa sin Almacenamiento para Pequeños Productores.**  
(Fuente: Autor).

Cálculos	Valor Anual	Unidad
<b>Ingresos</b>		
A Servicio de secamiento y limpieza	6.000.000	\$
<b>B Ingresos Totales (B=A)</b>	<b>6.000.000</b>	<b>\$</b>
<b>Costos Variables</b>		
C Energía Eléctrica	452.240	\$
D Combustible (Coke)	1.277.921	\$
<b>E Total Costos Variables (E=C+D)</b>	<b>1.730.162</b>	<b>\$</b>
<b>F Margen de Contribución Total (F=B-E)</b>	<b>4.269.838</b>	<b>\$</b>
<b>G Índice de Contribución Total (G=F/B)</b>	<b>71,16</b>	<b>%</b>
<b>Costos Fijos Totales</b>		
H Sueldos	1.965.307	\$
<b>I Total Costos Fijos (I=H)</b>	<b>1.965.307</b>	<b>\$</b>
<b>J Punto de Equilibrio en Pesos (J=I/G)</b>	<b>27.617</b>	<b>\$</b>



**Figura 15 . PE sin Almacenamiento de la Alternativa para Pequeños Productores.**

Se calculó el punto de equilibrio contemplando el servicio de almacenamiento, para este caso el margen de contribución se redujo a \$18.196/ton y el punto de equilibrio sería de 62 ton anuales para que el proyecto sea rentable, un 51% de lo que proyecta recibir el proyecto para que sea sostenible. (Ver tabla 69 y figura 16).

**Tabla 69. PE en Cantidad (ton) de la Alternativa con Almacenamiento para Pequeños Productores. (Fuente: Autor).**

Cálculos	Valor Anual	Unidad
<b>Costos Variables</b>		
A Energía Eléctrica	452.240	\$
B Combustible (Gas Natural)	1.277.921	\$
C Costo Silo Bolsa	453.307	\$
<b>E Total Costos Variables (E=A+B+C+D)</b>	<b>2.183.469</b>	<b>\$</b>
F Toneladas Húmedas de Maíz	120	Ton
<b>G Costo Variable Unitario (G=E/F)</b>	<b>18.196</b>	<b>\$/ton</b>
H Tarifa del Servicio	50.000	\$/ton
<b>I Margen de Contribución (I=H-G)</b>	<b>31.804</b>	<b>\$/ton</b>
<b>Costos Fijos</b>		
J Sueldos	1.965.307	\$
<b>K Total Costos Fijos (K=J)</b>	<b>1.965.307</b>	<b>\$</b>
<b>L Punto de Equilibrio en Cantidad (L=K/I)</b>	<b>62</b>	<b>Ton</b>

En la tabla 70, se calculó en pesos igualmente el margen de contribución de esta alternativa contemplando el servicio de almacenamiento, que es de \$5.613.760 anuales con un índice de contribución de 72,0% y un punto de equilibrio en pesos de \$27.297, lo que quiere decir que se requiere estos ingresos de dinero como mínimo anualmente para poder operar y obtener ese margen e índice de contribución antes referido.

**Tabla 70. PE en Pesos (\$) de la Alternativa con Almacenamiento para Pequeños Productores. (Fuente: Autor).**

Cálculos	Valor Anual	Unidad
<b>Ingresos</b>		
A Servicio de secamiento y limpieza	6.000.000	\$
B Servicio de Bodegaje	1.343.922	\$
C Venta de Silos bolsa	453.307	\$
<b>D Ingresos Totales (D=A+B+C)</b>	<b>7.797.229</b>	<b>\$</b>
<b>Costos Variables</b>		
E Energía Eléctrica	452.240	\$
F Combustible (Coke)	1.277.921	\$
G Costos Silo Bolsa	453.307	\$
<b>H Total Costos Variables (H=E+F+G)</b>	<b>2.183.469</b>	<b>\$</b>
<b>I Margen de Contribución Total (I=D-H)</b>	<b>5.613.760</b>	<b>\$</b>
<b>J Índice de Contribución Total (J=I/D)</b>	<b>72,00</b>	<b>%</b>
<b>Costos Fijos Totales</b>		
K Sueldos	1.965.307	\$
<b>N Total Costos Fijos (N=K)</b>	<b>1.965.307</b>	<b>\$</b>
<b>L Punto de Equilibrio en Pesos (L=N*J)</b>	<b>27.297</b>	<b>\$</b>

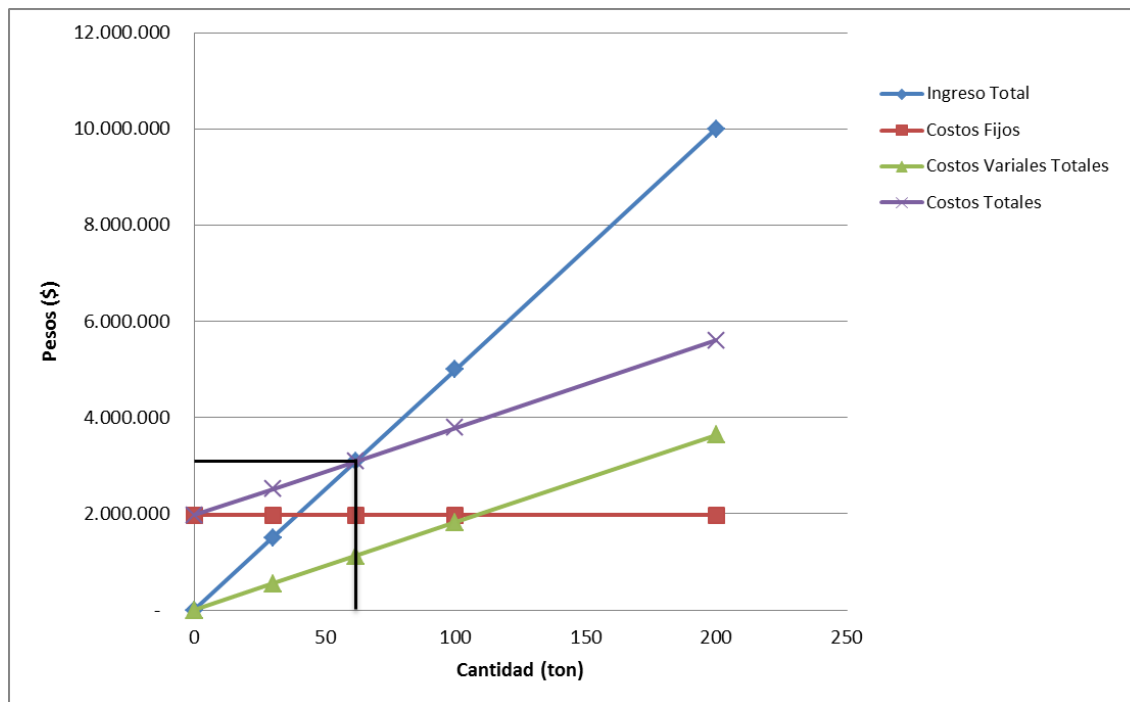


Figura 16. PE de la Alternativa con Almacenamiento para Pequeños Productores.

### b. Alternativa para Medianos Productores

Se calculó el margen de contribución y el punto de equilibrio de la alternativa para medianos productores sin incluir el servicio de almacenamiento, tal y como se muestra en la tabla 69, obteniendo como resultado un margen de contribución de \$28.730/ton en valor positivo, lo que significa que la alternativa es rentable. Por otro lado, se calculó el punto de equilibrio, observándose que se requiere una cantidad de ingresos de mínimo 6.628 toneladas de maíz, es decir un 44% de lo que se proyecta recibir, para que la alternativa sea sostenible sin generar pérdidas ni ganancias. (Ver tabla 71).

Tabla 71. PE en Cantidad (ton) de la Alternativa sin Almacenamiento para Medianos Productores. (Fuente: Autor).

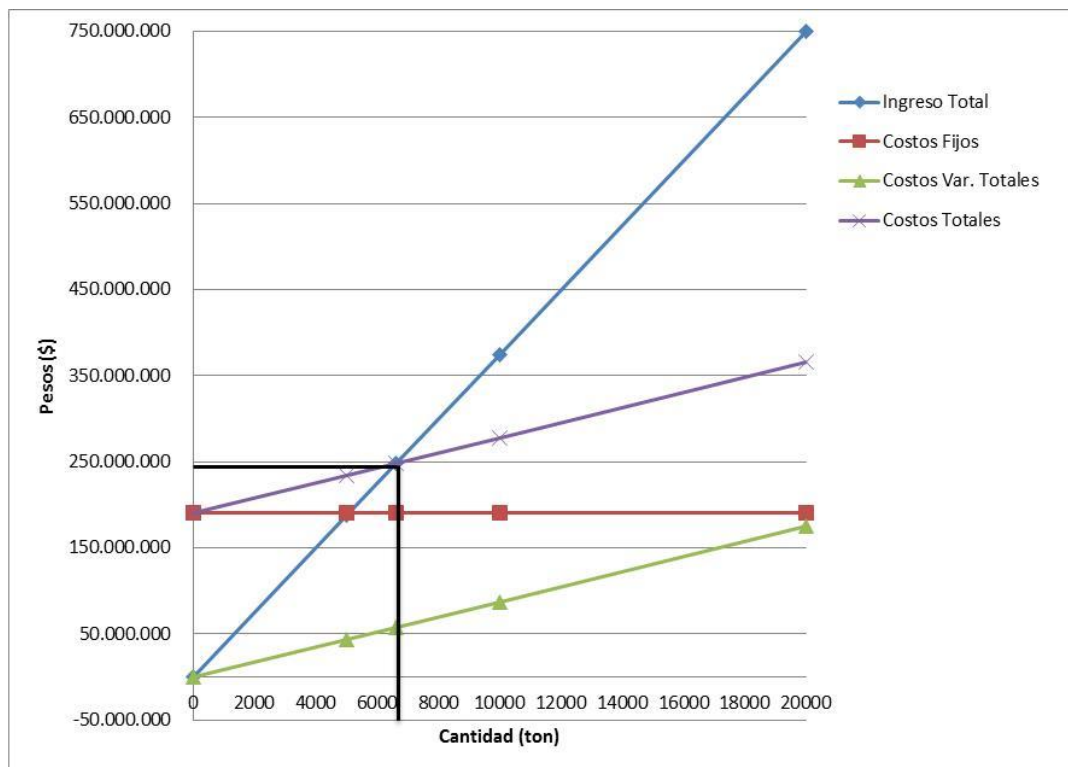
Cálculos	Valor Anual	Unidad
<b>Costos Variables</b>		
A Energía Eléctrica	68.381.023	\$
B Combustible (Carbón Coke)	63.175.814	\$
<b>C Total Costos Variables (C=A+B)</b>	<b>131.556.837</b>	<b>\$</b>

D Toneladas Húmedas de Maíz	15.000	Ton
<b>E Costo Variable Unitario (E=C/D)</b>	<b>8.770</b>	<b>\$/ton</b>
F Tarifa del Servicio	37.500	\$/ton
<b>G Margen de Contribución (G=F-E)</b>	<b>28.730</b>	<b>\$/ton</b>
<b>Costos Fijos</b>		
H Sueldos	111.762.000	\$
I Mantenimiento	49.244.410	\$
J Gastos de Administración	29.400.000	\$
<b>K Total Costos Fijos (K=H+I+J)</b>	<b>190.406.410</b>	<b>\$</b>
<b>L Punto de Equilibrio en Cantidad (L=K/G)</b>	<b>6.628</b>	<b>Ton</b>

En pesos se calculó el margen de contribución de esta alternativa que es de \$430.943.163 anuales con un índice de contribución de 76,61% y un punto de equilibrio en pesos de \$248.533.020, lo que quiere decir que se requiere obtener en ingresos esta cantidad de dinero anualmente para poder operar de manera sostenible y obtener el margen e índice de contribución antes mencionado. (Ver tabla 72 y figura 17).

**Tabla 72. PE en Pesos (\$) de la Alternativa sin Almacenamiento para Medianos Productores. (Fuente: Autor).**

Cálculos	Valor Anual	Unidad
<b>Ingresos</b>		
A Servicio de secamiento y limpieza	562.500.000	\$
<b>B Ingresos Totales (B=A)</b>	<b>562.500.000</b>	<b>\$</b>
<b>Costos Variables</b>		
C Energía Eléctrica	68.381.023	\$
D Combustible (Coke)	63.175.814	\$
<b>F Total Costos Variables (F=C+D+E)</b>	<b>131.556.837</b>	<b>\$</b>
<b>G Margen de Contribución Total (G=B-F)</b>	<b>430.943.163</b>	<b>\$</b>
<b>H Índice de Contribución Total (H=G/B)</b>	<b>76,61</b>	<b>%</b>
<b>Costos Fijos Totales</b>		
I Sueldos	111.762.000	\$
J Mantenimiento	49.244.410	\$
K Gastos de Administración	29.400.000	\$
<b>L Total Costos Fijos (L=I+J+K)</b>	<b>190.406.410</b>	<b>\$</b>
<b>M Punto de Equilibrio en Pesos (M=L/H)</b>	<b>248.533.020</b>	<b>\$</b>



**Figura 17 . PE de la Alternativa sin Almacenamiento para Medianos Productores.**

Posteriormente se calculó el margen de contribución y punto de equilibrio contemplando el servicio de almacenamiento, para este caso el margen de contribución se redujo a \$24.952/ton y el punto de equilibrio sería de 7.631 ton anuales para que el proyecto sea rentable, un 51% de lo que proyecta recibir el proyecto para que sea sostenible. (Ver tabla 73).

**Tabla 73. PE en Cantidad (ton) de la Alternativa con Almacenamiento para Medianos Productores. (Fuente: Autor).**

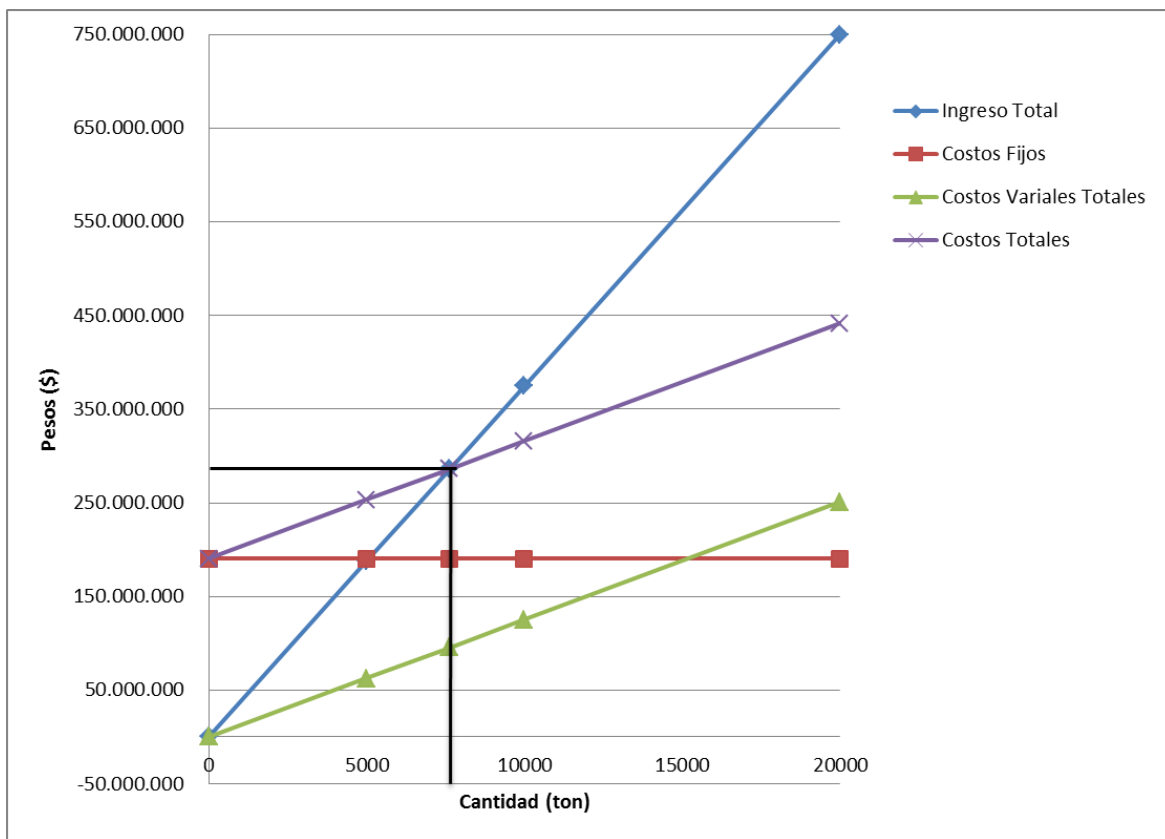
Cálculos	Valor Anual	Unidad
<b>Costos Variables</b>		
A Energía Eléctrica	68.381.023	\$
B Combustible (Coke)	63.175.814	\$
C Costo Silo Bolsa	56.663.372	\$
<b>E Total Costos Variables (E=A+B+C+D)</b>	<b>188.220.209</b>	\$
F Toneladas Húmedas de Maíz	15.000	Ton
<b>G Costo Variable Unitario (G=E/F)</b>	<b>12.548</b>	<b>\$/ton</b>
H Tarifa del Servicio	37.500	\$/ton
<b>I Margen de Contribución (I=H-G)</b>	<b>24.952</b>	<b>\$/ton</b>
<b>Costos Fijos</b>		
J Sueldos	111.762.000	\$
K Mantenimiento	49.244.410	\$

L Gastos de Administración	29.400.000	\$
<b>M Total Costos Fijos (M=J+K+L)</b>	<b>190.406.410</b>	<b>\$</b>
<b>N Punto de Equilibrio en Cantidad (N=M/I)</b>	<b>7.631</b>	<b>Ton</b>

En la tabla 74, se calculó en pesos el margen de contribución de esta alternativa contemplando el servicio de almacenamiento, que es de \$497.085.984 anuales con un índice de contribución de 72,53% y un punto de equilibrio en pesos de \$262.503.261, lo que quiere decir que se requieren estos ingresos de dinero como mínimo anualmente para poder operar y obtener ese margen e índice de contribución. (Ver tabla 74 y figura 18)

**Tabla 74. PE en Cantidad (ton) de la Alternativa con Almacenamiento para Medianos Productores. (Fuente: Autor).**

Cálculos	Valor Anual	Unidad
<b>Ingresos</b>		
A Servicio de secamiento y limpieza	562.500.000	\$
B Servicio de Bodegaje	60.476.484	\$
C Venta de Silos bolsa	62.329.709	\$
<b>D Ingresos Totales (D=A+B+C)</b>	<b>685.306.193</b>	<b>\$</b>
<b>Costos Variables</b>		
E Energía Eléctrica	68.381.023	\$
F Combustible (Coke)	63.175.814	\$
G Costos Silo Bolsa	56.663.372	\$
<b>H Total Costos Variables (H=E+F+G)</b>	<b>188.220.209</b>	<b>\$</b>
<b>I Margen de Contribución Total (I=D-H)</b>	<b>497.085.984</b>	<b>\$</b>
<b>J Índice de Contribución Total (J=I/D)</b>	<b>72,53</b>	<b>%</b>
<b>Costos Fijos Totales</b>		
K Sueldos	111.762.000	\$
L Mantenimiento	49.244.410	\$
M Gastos de Administración	29.400.000	\$
<b>N Total Costos Fijos (N=K+L+M)</b>	<b>190.406.410</b>	<b>\$</b>
<b>Ñ Punto de Equilibrio en Pesos (Ñ=N*J)</b>	<b>262.503.261</b>	<b>\$</b>



**Figura 18 . PE de la Alternativa con Almacenamiento para Medianos Productores.**

### c. Alternativa para Grandes Productores

Para esta alternativa se calculó el margen de contribución y el punto de equilibrio de la alternativa para grandes productores sin incluir el servicio de almacenamiento, tal y como se muestra en la tabla 75, obteniendo como resultado un margen de contribución de \$28.730/ton en valor positivo, lo que significa que la alternativa es rentable. Finalmente se calculó el punto de equilibrio, observándose que se requiere ingresos de mínimo 15.516 toneladas de maíz, es decir, un 47,74% de lo que se proyecta recibir, para que la alternativa arroje el margen de contribución de \$28.730/ton.

**Tabla 75. PE en Cantidad (ton) de la Alternativa sin Almacenamiento para Grandes Productores. (Fuente: Autor).**

Cálculos	Valor Anual	Unidad
<b>Costos Variables</b>		
A Energía Eléctrica	148.158.884	\$
B Combustible (Carbón Coke)	136.880.930	\$
<b>C Total Costos Variables (C=A+B)</b>	<b>285.039.814</b>	\$
D Toneladas Húmedas de Maíz	32.500	Ton
<b>E Costo Variable Unitario (E=C/D)</b>	<b>8.770</b>	<b>\$/ton</b>
F Tarifa del Servicio	37.500	\$/ton
<b>G Margen de Contribución (G=F-E)</b>	<b>28.730</b>	<b>\$/ton</b>
<b>Costos Fijos</b>		
H Sueldos	310.450.000	\$
I Mantenimiento	105.904.656	\$
J Gastos de Administración	29.400.000	\$
<b>K Total Costos Fijos (K=H+I+J)</b>	<b>445.754.656</b>	\$
<b>L Punto de Equilibrio en Cantidad (L=K/G)</b>	<b>15.516</b>	<b>Ton</b>

En la tabla 76, se muestra para los grandes productores, el secamiento en flujo continuo sin almacenamiento, el margen de contribución en pesos (G), cuyo resultado fue de \$933.710.186 anuales con un índice de contribución (I) de 76,61% y un punto de equilibrio (M) de \$581.833.095, valor que se requiere anualmente para poder operar y obtener el margen e índice de contribución antes mencionado como se observa igualmente en la figura 19.

**Tabla 76. PE en Pesos (\$) de la Alternativa sin Almacenamiento para Grandes Productores. (Fuente: Autor).**

Cálculos	Valor Anual	Unidad
<b>Ingresos</b>		
A Servicio de secamiento y limpieza	1.218.750.000	\$
<b>B Ingresos Totales (B=A)</b>	<b>1.218.750.000</b>	\$
<b>Costos Variables</b>		
C Energía Eléctrica	148.158.884	\$
D Combustible (Coke)	136.880.930	\$
<b>F Total Costos Variables (F=C+D+E)</b>	<b>285.039.814</b>	\$
<b>G Margen de Contribución Total (G=B-F)</b>	<b>933.710.186</b>	\$
<b>H Índice de Contribución Total (H=G/B)</b>	<b>76,61</b>	%
<b>Costos Fijos Totales</b>		
I Sueldos	310.450.000	\$
J Mantenimiento	105.904.656	\$
K Gastos de Administración	29.400.000	\$
<b>L Total Costos Fijos (L=I+J+K)</b>	<b>445.754.656</b>	\$
<b>M Punto de Equilibrio en Pesos (M=L/H)</b>	<b>581.833.095</b>	\$

Se calculó el margen de contribución y punto de equilibrio contemplando el servicio de almacenamiento, para este caso el margen de contribución se redujo a \$24.952/ton y el punto de equilibrio sería de 17.864ton anuales para que el proyecto sea rentable, un 54,96% de lo que proyecta recibir el proyecto para que sea sostenible. (Ver tabla 77).

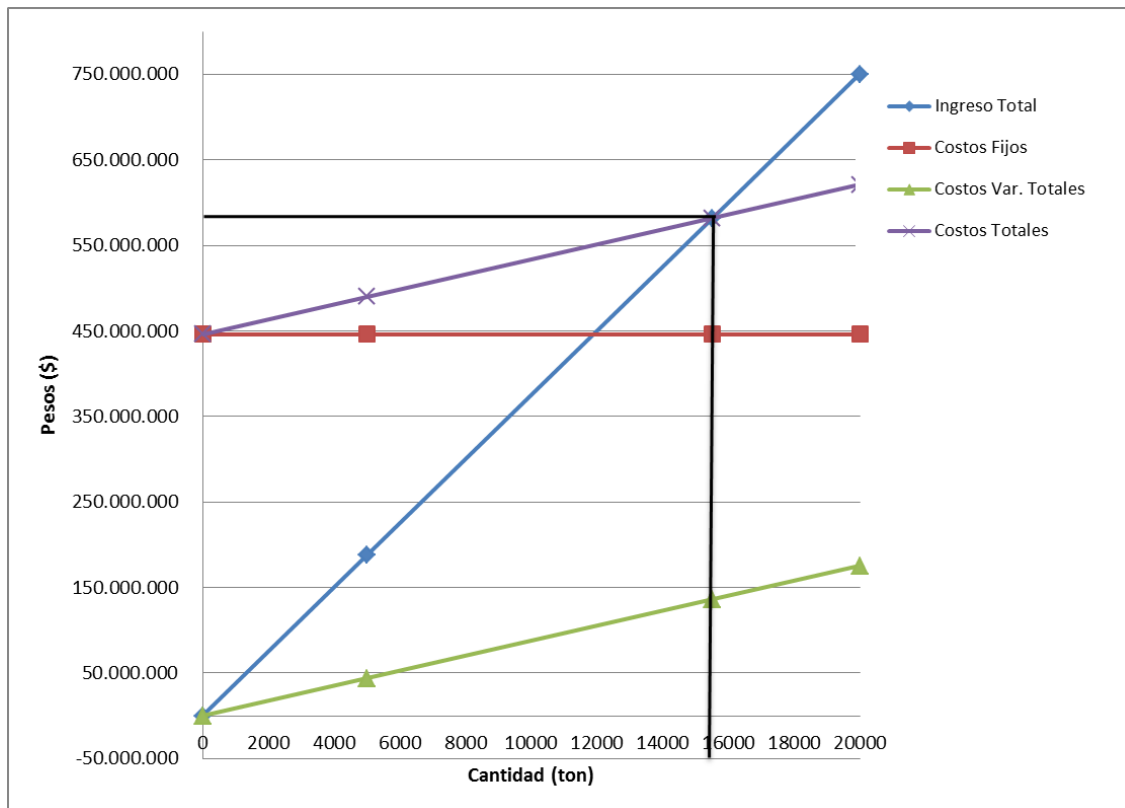


Figura 19 . PE de la Alternativa sin Almacenamiento para Grandes Productores.

Tabla 77. PE en Cantidad (ton) de la Alternativa con Almacenamiento para Grandes Productores. (Fuente: Autor).

Cálculos	Valor Anual	Unidad
<b>Costos Variables</b>		
A Energía Eléctrica	148.158.884	\$
B Combustible (Carbón Coke)	136.880.930	\$
C Costo Silo Bolsa	122.770.640	\$
<b>E Total Costos Variables (E=A+B+C+D)</b>	<b>407.810.453</b>	\$
F Toneladas Húmedas de Maíz	32.500	Ton
<b>G Costo Variable Unitario (G=E/F)</b>	<b>12.548</b>	<b>\$/ton</b>
H Tarifa del Servicio	37.500	\$/ton
<b>I Margen de Contribución (I=H-G)</b>	<b>24.952</b>	<b>\$/ton</b>

<b>Costos Fijos</b>		
J Sueldos	310.450.000	\$
K Mantenimiento	105.904.656	\$
L Gastos de Administración	29.400.000	\$
<b>M Total Costos Fijos (M=J+K+L)</b>	<b>445.754.656</b>	<b>\$</b>
<b>N Punto de Equilibrio en Cantidad (N=M/I)</b>	<b>17.864</b>	<b>Ton</b>

En la tabla 78, se muestra para los grandes productores, el secamiento en flujo continuo con almacenamiento, el margen de contribución en pesos (G), cuyo resultado fue de \$1.077.019.631 anuales con un índice de contribución (I) de 72,53% y un punto de equilibrio (M) de \$614.538.402, valor que se requiere anualmente para poder operar y obtener el margen e índice de contribución antes mencionado.

**Tabla 78. PE en Pesos (\$) de la Alternativa con Almacenamiento para Grandes Productores. (Fuente: Autor).**

Cálculos	Valor Anual	Unidad
<b>Ingresos</b>		
A Servicio de secamiento y limpieza	1.218.750.000	\$
B Servicio de Bodegaje	131.032.381	\$
C Venta de Silos bolsa	135.047.703	\$
<b>D Ingresos Totales (D=A+B+C)</b>	<b>1.484.830.085</b>	<b>\$</b>
<b>Costos Variables</b>		
E Energía Eléctrica	148.158.884	\$
F Combustible (Coke)	136.880.930	\$
G Costos Silo Bolsa	122.770.640	\$
<b>H Total Costos Variables (H=E+F+G)</b>	<b>407.810.453</b>	<b>\$</b>
<b>I Margen de Contribución Total (I=D-H)</b>	<b>1.077.019.631</b>	<b>\$</b>
<b>J Índice de Contribución Total (J=I/D)</b>	<b>72,53</b>	<b>%</b>
<b>Costos Fijos Totales</b>		
K Sueldos	310.450.000	\$
L Mantenimiento	105.904.656	\$
M Gastos de Administración	29.400.000	\$
<b>N Total Costos Fijos (N=K+L+M)</b>	<b>445.754.656</b>	<b>\$</b>
<b>Ñ Punto de Equilibrio en Pesos (Ñ=N*J)</b>	<b>614.538.402</b>	<b>\$</b>

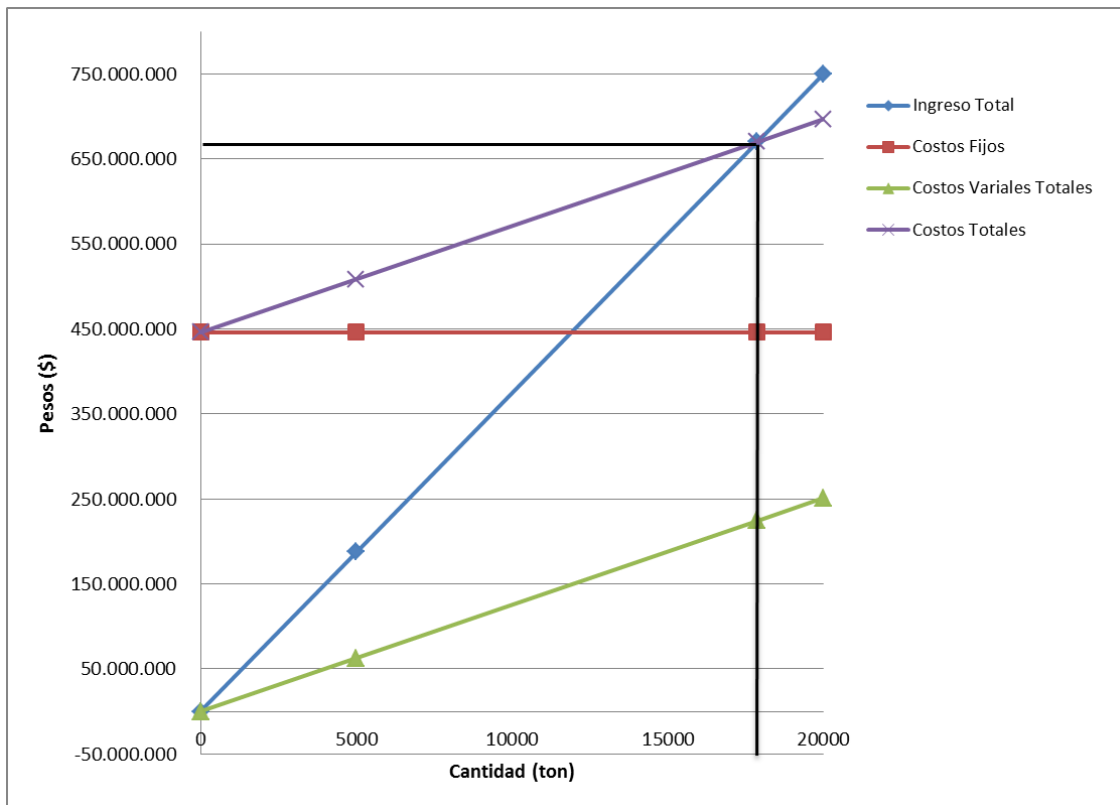


Figura 20 . PE de la Alternativa con Almacenamiento para Medianos Productores.

### 3.9.2 Análisis de Viabilidad

Con base en los resultados de la caracterización financiera de los tres principales indicadores la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Valor Presente Neto (VPN) y la Relación Costo-Beneficio (RC/B), cuyos criterios se muestran en la tabla 79, se determinó la viabilidad de cada alternativa con los resultados que se muestran en la tabla 80.

Tabla 79. Criterios para la toma de decisión. (Fuente: Autor).

Indicador	Criterio	Decisión
VPN	$VPN > 0$	Se acepta la alternativa
	$VPN = 0$	Alternativa indiferente
	$VPN < 0$	Se rechaza la alternativa
TIR	$TIR > 10\%$	Se acepta la alternativa
	$TIR < 10\%$	Se rechaza la alternativa
RC/B	$RC/B > 1$	Se acepta la alternativa
	$RC/B = 0$	Alternativa indiferente
	$RC/B < 1$	Se rechaza la alternativa

Los resultados de los indicadores y viabilidad de las alternativas producto del flujo de caja, se muestran en la tabla 80. Para los pequeños productores los indicadores financieros fueron: VPN de \$3.198.035 (con una tasa del 10%), que como es mayor a cero permite aceptarla, TIR de 11,3% que es mayor al 10%, por lo tanto también permite aceptarla y RC/B de 1,10, que siendo mayor a uno permite igualmente aceptarla. El análisis conjunto de los indicadores financieros, muestran la viabilidad de esta alternativa y su posibilidad de ser presentada a productores pequeños.

La alternativa para medianos productores arrojó los siguientes indicadores financieros: VPN de \$403.647.315 (con una tasa del 10%), que siendo mayor a cero permite aceptarla, TIR de 12,8%, lo que significa que como es mayor a 10%, permite aceptarla y una RC/B de 1,35, que siendo mayor a uno, permite la aceptación. El análisis conjunto de los indicadores financieros, muestran la viabilidad de esta alternativa para ser presentada a los productores de este tipo.

La alternativa para grandes productores, arrojó como resultado los siguientes indicadores financieros: VPN de \$ 1.962.622.019 (aplicando una tasa del 10%), que es mayor a cero, es decir que se acepta, TIR de 16,5%, mayor al 10% por lo que también se acepta y finalmente una RC/B de 1,43, que siendo mayor a uno permite aceptarla. El análisis conjunto de los indicadores financieros siendo todos aceptables, permiten demostrar la viabilidad de esta alternativa y por lo tanto su presentación ante agricultores de este tipo.

**Tabla 80. Resultado de los Indicadores y Viabilidad de las Alternativas. (Fuente: Autor).**

Indicador	Alternativa para Pequeños Productores	Decisión	Alternativa de Medianos Productores	Decisión	Alternativa de Grandes Productores	Decisión
Valor Presente Neto (VPN)	\$ 3.198.035	Se acepta	\$ 403.647.315	Se acepta	\$ 1.962.622.019	Se acepta
Tasa Interna de Retorno (TIR)	11,3%	Se acepta	12,8%	Se acepta	16,5%	Se acepta
Relación Costo/Beneficio (RC/B)	1,10	Se acepta	1,35	Se acepta	1,43	Se acepta

## 4. Conclusiones

Evaluadas todas las alternativas mediante ponderación con base en los criterios: control de temperatura, tiempo de secamiento, tiempo de permanencia o de residencia capacidad de secamiento, volumen de secamiento, homogeneidad de secamiento y personal requerido. Se determinó que la alternativa de secado en albercas es la mejor para pequeños productores, ya que es modular y muy versátil, permite mejor control de temperatura de secado y manejo para preservar la calidad del grano.

Igualmente se determinó el secamiento de flujo continuo como la mejor alternativa para medianos productores con capacidad para 200 toneladas de maíz húmedo, que puede ser manejada a nivel de finca.

Mientras que para grandes productores, la secadora de flujo continuo con una capacidad mayor de secado de 500 toneladas de maíz húmedo, implica un manejo empresarial autónomo para prestar servicio a nivel zonal.

La caracterización de alternativas escogidas desde los aspectos técnico, financiero y operacional, permitió determinar la rentabilidad de las mismas calculando el margen de contribución y el punto de equilibrio en dos modalidades una incluyendo el servicio de almacenamiento y otra sin incluirlo.

Con base en los resultados obtenidos se mostró la rentabilidad de las albercas de secamiento para pequeños productores, que arrojaron un margen de contribución de \$35.582/ton sin almacenamiento y \$18.196/ton con almacenamiento. Igualmente se calculó el punto de equilibrio sin almacenamiento que fue de 55 ton anuales (46% de lo proyectado) y con almacenamiento de 62 ton anuales (51% de lo proyectado).

En ese mismo sentido se puede afirmar que es viable de construir una alberca de secamiento para pequeños productores, tomando como referencia los resultados de los indicadores financieros que fueron: VPN de \$3.198.035 (con una tasa del 10%), TIR de 11,3% y RC/B de 1,10. Lo que permite difundir esta alternativa a este tipo de productores.

La rentabilidad del secamiento en flujo continuo (200 ton) para medianos productores, se demuestra ya que los resultados arrojaron un margen de contribución de \$28.730/ton sin almacenamiento y \$24.952/ton con almacenamiento. Igualmente se calculó el punto de equilibrio sin almacenamiento de 6.628 ton anuales (44% de lo proyectado) y con almacenamiento 7.631 ton anuales (51% de lo proyectado).

En este mismo sentido, se afirma que es viable el secamiento en flujo continuo (200 ton) para medianos productores, tomando como referente los resultados de los indicadores financieros que fueron: VPN de \$403.647.315 (con una tasa del 10%), TIR de 12,8% y RC/B de 1,35, lo que permite la difusión de esta alternativa a cualquier productor mediano.

La rentabilidad del secamiento en flujo continuo (500 ton) para grandes productores, es demostrada ya que los resultados arrojaron un margen de contribución de \$28.730/ton sin almacenamiento y \$24.952/ton con almacenamiento. Y un punto de equilibrio de 15.516 ton anuales sin almacenamiento (48% de lo proyectado) y 17.864 ton anuales con almacenamiento (55% de lo proyectado).

Finalmente se confirma que el secamiento en flujo continuo (500 ton) es viable para grandes productores, con el referente de los resultados de los indicadores financieros que fueron: VPN de \$ 1.962.622.019 (con una tasa del 10%), TIR de 16,5% y RC/B de 1,43, alternativa que puede ser difundida al productor grande.

## Anexo A.: Diseño de un módulo de secamiento tipo alberca

A continuación se describe el diseño del sistema de secamiento para pequeños productores consistente en un módulo de alberca con un quemador individual. El desglose de los costos se muestra a en la tabla 1.

**Tabla 1. Cotización de la Construcción de un Módulo de una Alberca de Secamiento.**

<b>Materiales</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total en Pesos</b>
Malla perforada (Piso Alberca)	Lámina galvanizada calibre 14 con agujeros de 1/4	12 m2	\$250.000.00	\$ 1.500.000
Cemento	Bultos x 50 Kg	60 bultos	\$22.500.00	\$ 1.350.000
Vigas	Vigas en "I" de 1/2" x 12" x 6"	24m	\$ 350.000.00	\$ 1.400.000
Trinchos	Trinchos	3 und	\$ 300.000.00	\$ 900.000
Orificio de salida	Orificios de salidad	3 und	\$ 300.000.00	\$ 900.000
Mano de Obra	Obreros	5 und	\$ 1'200.000.00	\$ 6.000.000
Obras Civiles	Metros cúbicos	12 m3	\$ 190.000.00	\$ 2.280.000
Ventilador	Centrifuga de palas curvadas 0.80 x 4 hp x 3700 rpm	1 und	4.600.00 usd	\$ 8.934.902
	Ventiladores con certificado de cumplimiento de la norma UNE-60-601-2000, y de acuerdo a las necesidades de las salas de calderas de Gas Natural.			
	Motores clase F, con rodamientos a bolas y protección IP55.			
	Monofásicos 230V/50Hz.			
	Acabado anticorrosivo en resina de poliéster o acero galvanizado.			
	Bajo demanda: Bobinados especiales y cert. ATEX cat. 2			

Horno	<p>Generador de aire caliente, marca: TURBOCALOR, modelo: B-150.          Potencia calorífica: 150.000 kcal/h (175 kW), caudal de aire: 10.700 m<sup>3</sup>/h, 4 bocas de salida, rendimiento 92 %, consumo gasóleo: 16,3 kg/h.          Control por termostato. Alimentación trifásica, potencia absorbida: 3 kW.          Dimensiones: 0,9 x 1,5 x 2,3 m.          Peso: 400 kg</p>	1 und	7.900.00 usd	\$ 15.344.723
<b>Cotización Total Montaje de Módulo en Alberca</b>				<b>\$ 38.609.625</b>

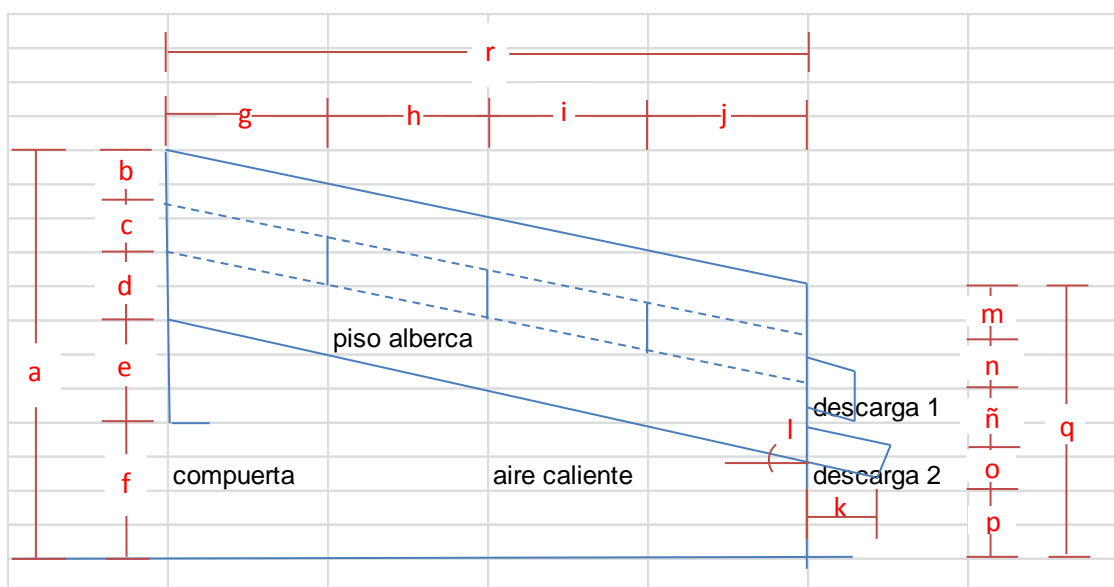
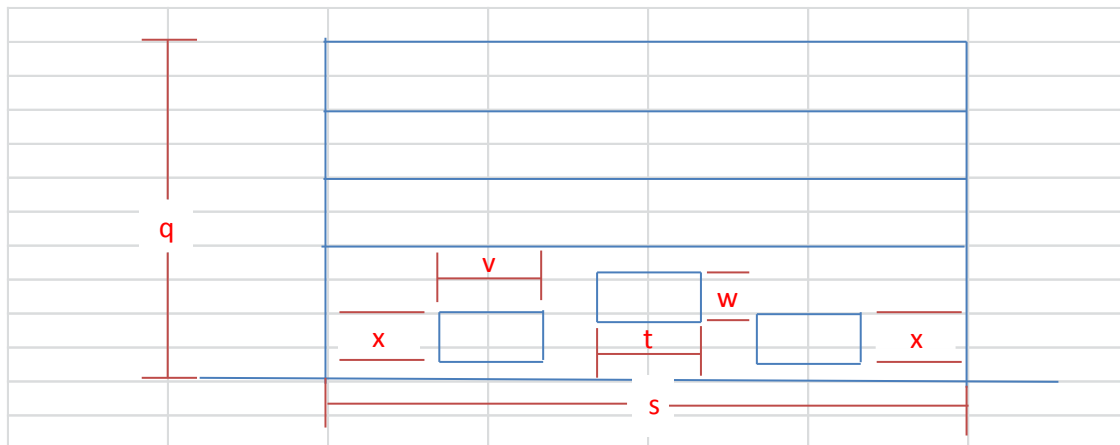


Figura 1. Plano Lateral de la Alberca con Medidas.

Tabla 2. Medidas y ubicación del Plano Lateral de la Alberca.

Descripción	Valores
a=alto total de la alberca posterior	3,98 m
b=distancia borde alberca posterior a inicio trincho	0,54 m
c=distancia de trincho a trincho	0,54 m
d=alto trincho posterior	0,54 m
e=distancia fin trincho a compuerta	1,17 m
f=alto compuerta	1,20 m
g=largo ubicación trincho 1	1,00 m
h=largo ubicación trincho 2	1,00 m
i=largo ubicación trincho 3	1,00 m
j=largo trincho 3 a fin alberca	1,00 m
l=ángulo inclinación piso	28°
k=largo orificio de descarga 2	0,80 m
m=distancia borde alberca anterior a inicio trincho	0,54 m

n=alto trincho anterior	0,54 m
o=orificio de descarga 2	0,28 m
p=fin orificio de descarga 2 a piso	0,75 m
q=alto total alberca frente	2,37 m
r=largo total alberca	4,00 m



**Figura 2. Plano Frontal de la Alberca con Medidas.**

**Tabla 2. Medidas y ubicación del Plano Frontal de la Alberca.**

<i>Descripción</i>	<i>Valores</i>
q=alto total alberca anterior	2,37 m
s=ancho alberca anterior	3,00 m
t=ancho orificio de descarga 1	0,60 m
v= ancho orificio de descarga 2	0,40 m
w=alto orificio de descarga 1	0,29 m
x= alto orificio de descarga 2	0,32 m

Igualmente con la ayuda del programa Google SketchUp LayOut Versión 3.0.4811 Inc. 2010, se realizaron los planos tridimensionales tanto lateral como frontal de la alberca y que se pueden observar en las siguientes tres figuras.

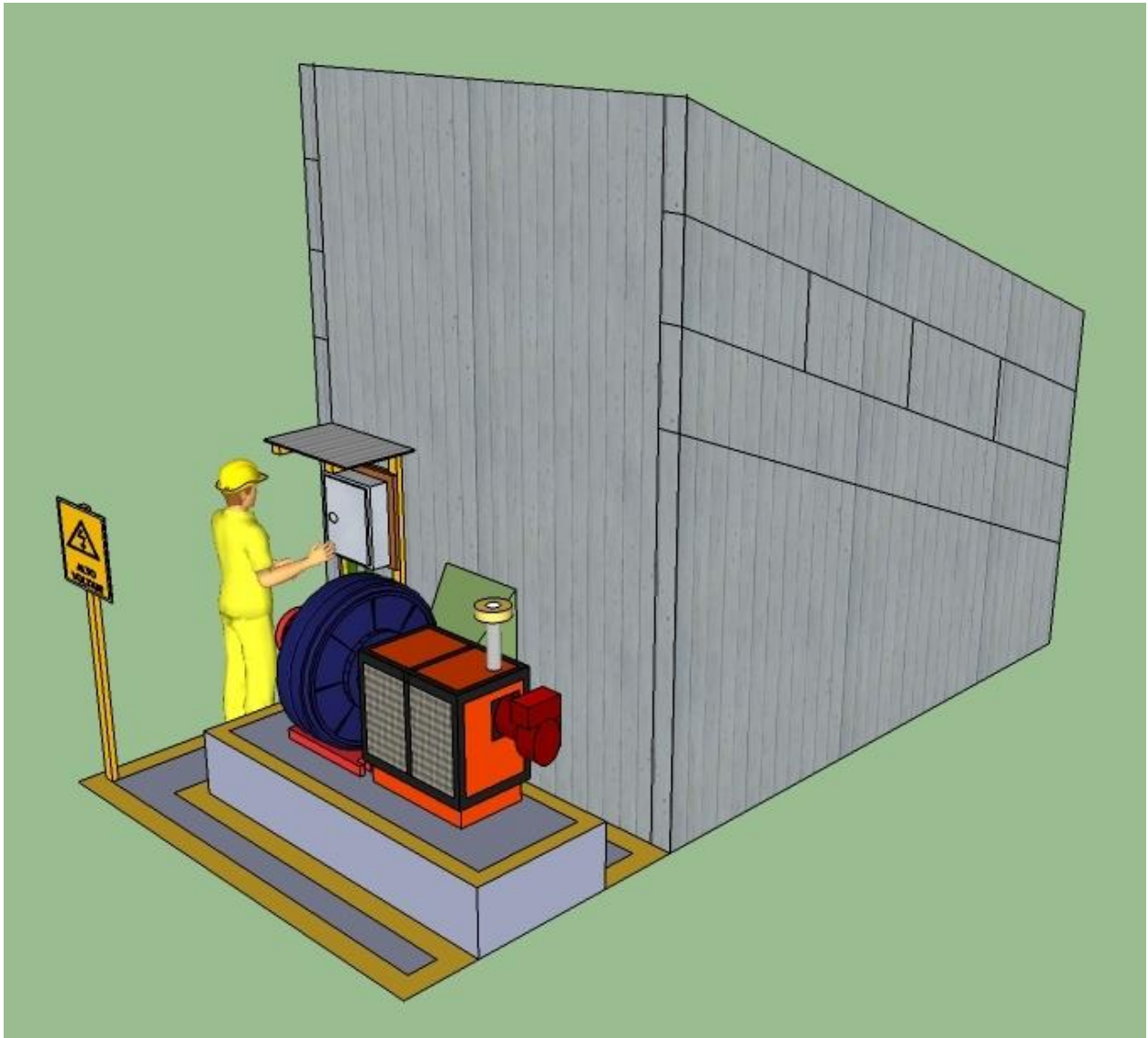


Figura 3. Vista Trdimensional de la Alberca.

Figura 4. Vista lateral de la Alberca de Secamiento con medidas.

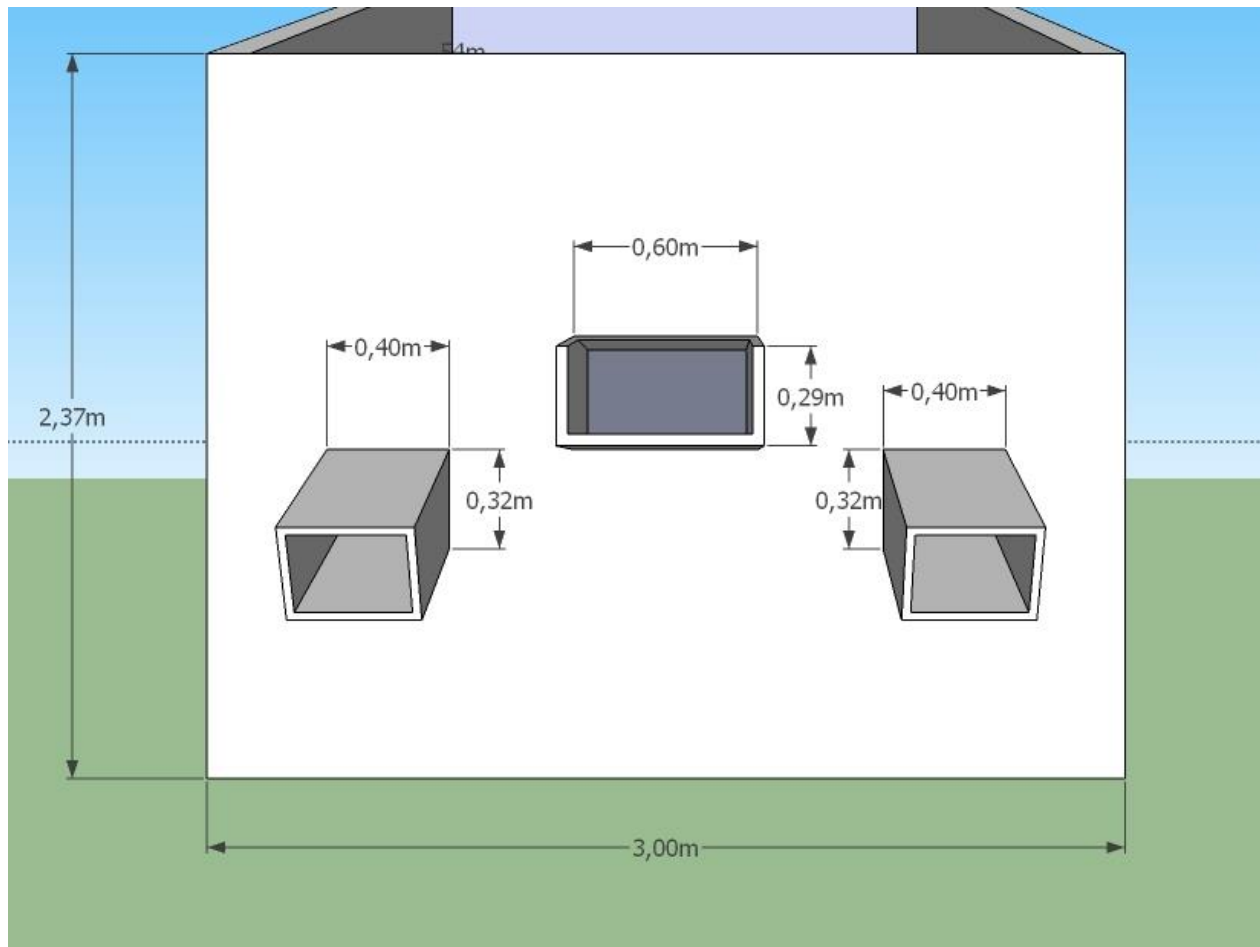


Figura 5. Vista frontal de la Alberca de Secamiento con medidas.

## Bibliografía

- Adzimah, K., & Seckley, E. (2009). Improvement on the Dsing of a Cabinet Grain Dryer. *American J. Engineering and Applied Sciences*, 12.
- Aguirre, R., & Silmar, P. (1992). *Manual para el Beneficio de Semillas*. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Alvarez, P. C. (2001). *Evaluación Económica de Alternativas de Inversión, con Aplicación en el Sector Agropecuario*. Colombia: Impresora Feriva SA.
- ASAE Standards. (2001). ASAE D245.5. Moisture relationships of plant-based agricultural products. St. Joseph, Mich.: ASABE. Estados Unidos.
- Azcone, J., Shang, M., Couretot, A., & Sala, M. (2007). Calidad Nutricional de Maíz Almacenado en Bolsas Plásticas. *INTA-PRECOP II*, 7.
- Bartosik, R. R. (2009). Almacenaje de maíz, trigo, soja y girasol en bolsas plásticas herméticas. En I. PRECOP, *Almacenamiento de granos en bolsas plásticas* (pág. 13). Córdoba, Argentina: INTA.
- Bartosik, R., & Rodríguez, J. (2010). Contenido de Humedad de Equilibrio. San Miguel de Tucumán, Argentina: INTA PRECOP: Eficiencia poscosecha.
- Bartosik, R., Cardoso, L., Ochandio, D., & Croce, D. (2007). Detección temprana de procesos de descomposición de granos almacenados en bolsas de plástico herméticas mediante la medición de CO<sub>2</sub>. *INTA-PRECOP*, 7.
- Bridges, T., White, G., & Lower, O. J. (Octubre de 1984). *Batch-In-Bin Grain Drying*. Recuperado el 02 de 02 de 2014, de Universidad de Kentucky: <http://www.bae.uky.edu/publications/AENs/AEN-57.pdf>
- Cardoso, M. L. (2006). Estudio de la Evolución de la Humedad de los Granos Individuales en Bolsas Plásticas de Maíz y Soya. *INTA-PRECOP II*, 6.
- Casini, C. R. (2003). Almacenamiento. En: Eficiencia de cosecha y almacenamiento de granos. *INTA Buenos Aires*, 78.
- Casini, C., & Santa, D. (2006). Determinación del Efecto de la Humedad del Maíz sobre la Concentración de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, en bolsas plásticas. *INTA-PRECOP II*, 8.
- Casini, C., & Santa, M. (1995). Efecto de la Cobertura sobre granos de maíz Almacenados con Alto Contenido de Humedad en Bolsas Plásticas. *INTA-PRECOP*, 5.
- Castillo N., A. (2009). *Almacenamiento de Granos Aspecto Técnicos y Económicos*. Bogotá: EDIAGRO LTDA.

- Castillo, A. (1980). *Acondicionamiento de Granos Secamiento, Almacenamiento y Costos*. Venezuela: IICA.
- Castillo, A. (2009). En *Almacenamiento de Granos Aspecto Técnicos y Económicos*. Bogotá: EDIAGRO LTDA.
- CEDAR. (2010). Recuperado el 4 de 3 de 2013, de <http://www.cedar.com.ar/productos.asp?tid=4>
- Chain, N. S. (2001). *Evaluación de Proyectos de Inversión en la Empresa*. Buenos Aires: PEARSON EDUCATION S.A.
- CICAPSO SAC. (s.f.). [http://www.planificacion.upla.edu.pe/portal/images/REFLEXIONES/METODOPARAPON DERARGEYT\(conf\).pdf](http://www.planificacion.upla.edu.pe/portal/images/REFLEXIONES/METODOPARAPON DERARGEYT(conf).pdf). Recuperado el 09 de Enero de 2014, de [http://www.planificacion.upla.edu.pe/portal/images/REFLEXIONES/METODOPARAPON DERARGEYT\(conf\).pdf](http://www.planificacion.upla.edu.pe/portal/images/REFLEXIONES/METODOPARAPON DERARGEYT(conf).pdf)
- DANE. (2012). *Investigaciones Boletines Arroz*. Recuperado el 2 de 12 de 2013, de [http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/arroz/bol\\_arroz\\_lsem13.pdf](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/arroz/bol_arroz_lsem13.pdf)
- De Simone, M., & A., G. (2007). Evaluación del Efecto de Media Sombra en la Calidad del Poroto Almacenado en Bolsas Plásticas con Sistema de Embolsado por Gravedad. *INTA-PRECOP II*, 13.
- De Simone, M., Fili, M., & Goody, A. (2007). Almacenamiento de Poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) en Bolsas Plásticas con Relación al Contenido de Humedad Inicial, Deterioro de los Granos y el Tiempo. *INTA-PRECOP II*, 13.
- DNP. (2002). *Grupo Asesor de la Gestión de Programas y Proyectos*. Recuperado el 20 de 03 de 2014, de [https://www.dnp.gov.co/Portals/0/archivos/documentos/DIFP/Bpin/Presentacion\\_Met\\_%20de\\_Seguimiento\\_segunda\\_parte.pdf](https://www.dnp.gov.co/Portals/0/archivos/documentos/DIFP/Bpin/Presentacion_Met_%20de_Seguimiento_segunda_parte.pdf)
- ECOPETROL. (2014). *ECOPETROL*. Recuperado el 15 de 04 de 2014, de <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=358&conID=42579>
- EDIAGRO. (2013). *Diseño de una Planta de Secamiento y Almacenamiento de Maíz y Soya*. Bogotá: EDIGARO.
- FAO. (1993). *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2013, de <http://www.fao.org/docrep/t0395s/t0395s00.htm>
- FAO. (2011). *Rural structures in the tropics desing and Development*. Roma: FAO.

- FENALCE. (2011). Importancia del Cultivo del Maíz. En F. Polanía, & D. Méndez, *Aspectos Técnicos de La Producción de Maíz en Colombia* (págs. 3-18). Bogotá: Produmedios.
- FENALCE. (2013). *Indicadores Cerealistas 2013A*. Bogotá: FENALCE.
- FENALCE. (2014). *Histórico Estaciones Agroclimáticas Proyecto Cambio Climático FENALCE (promedio desde 1979)*. Bogotá.
- Gaviria, L. J. (1989). *Control de Calidad de Granos*. Bogotá: Ediagro Ltda. .
- Hall, C. (1980). *Drying and Storage of Agricultural Crops*. Westport, CT.
- Hellevang, K. (1995). Grain Moisture Content Effects Management. *NDSU Extension Service North Dakota State University*, 8.
- Hicks, D., & Cloud, H. (1992). Calculating Grain Weight Shrinkage in Corn Due to Mechanical Drying. *National Corn Handbook*.
- INPLEXVENADOS. (2014). Recuperado el 5 de 10 de 2013, de <http://www.inplexvenados.com/indexagr.html>
- INTA PRECOP II. (2009). *Almacenamiento de granos en Bolsas Plásticas*. Córdoba, Argentina: INTA PRECOP.
- INTA-PRECOP II. (2010). Maíz Cadena de Valor Agregado: alternativas de Transformación e Industrialización. *INTA - PRECOP Actualización Técnica No. 54*, 36.
- IPESASILO. (2014). *IPESASILO*. Recuperado el 5 de 10 de 2013, de <http://www.ipesasilo.com.ar/proceso-de-embolsado/>
- Jayas, D., & Ghosh, P. (2006). Preserving quiality during grain drying and techniques for measuring grain quality. *9th International Working Conference on Stored Product Protection-Quality in Grain Drying*, (págs. 969-980). Manitoba, Canadá.
- Jayas, D., White, N., & Muir, W. (1995). *Stored Grain Ecosystems*. New York, NY.: Marcel Dekker, Inc.
- Lee, G. D. (2012). Grain Moisture Air-Oven Reference Methods in the United States. *Weights and Measures Connetion*, 8.
- López, G. (2003). *Técnicas de evaluación de proyectos de inversión*. Recuperado el 28 de Febrero de 2014, de [www.cema.edu.ar/u/gl24](http://www.cema.edu.ar/u/gl24): [www.cema.edu.ar/u/gl24](http://www.cema.edu.ar/u/gl24)
- Luque, R., & Casini, C. (2004). Estudio del Efecto de la Media Sombra sobre la Calidad de los Granos de Soja y Maíz Almacenados en Bolsas Plásticass. *INTA-PRECOP II*, 6.
- Maier, D. E., & Bakker-Akerma, F. W. (2002). Grain Drying Systems. *Grain Elevator and Processing Society* (pág. 53). Charles, Illinois, USA: GEAPS FDC.

- Martínez, G., & Garbers, R. (2010). *Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en la Poscosecha de Maíz Amarillo y Sorgo*. Bogotá: FENALCE-Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Fondo Importado de Cereales.
- Oliveros, C. E., Ramirez, C. A., & Sanz, J. R. (Octubre de 2008). *www.cenicafe.org*. Recuperado el 24 de Noviembre de 2013, de Secador Parabólico Mejorado. Avances Técnicos. CENICAFE. No. 376 : OLIVEROS, CARLOS E.; RAMIREZ, CESAR A.; SANZ, JUAN R. y PEÑUELA AIDA E. Secador Parabólico Mejorado. Avances Técnicos. CEN<<http://www.cenicafe.org/modules.php?name=Publications2>>
- Paliwal, R. (2011). *www.fao.org*. Recuperado el 22 de Noviembre de 2013, de PALIWAL, RIPUSUDAN. Maíz en los Trópicos. Food and Agriculture Organization of de Unh<http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s07.htm>
- Reed, C. (2005). *Maíz Estadounidense - Almacenamiento en climas tropicales*. Washington: International Grains Program-Kansas State University.
- Sánchez, A. (s.f.). *Qué es GECELCA 3 y su Importancia para Córdoba*. Recuperado el 2 de 10 de 2013, de <http://antoniosanchezjr.com/home/que-es-gecelca-3-y-su-importancia-para-cordoba/>
- USDA. (s.f.). *Departamento de Agricultura de los Estados Unidos*. Obtenido de <http://usda.gov/oce/commodity/projections/USDAgriculturalProjections2022.pdf>
- Valdivia, R. (3 de Agosto de 2011). *www.a4n.com.sv*. Recuperado el 13 de Dicimebre de 2013, de [http://a4n.com.sv/uploaded/mod\\_documentos/SECAMIENTO%20DE%20GRANOS%20O%20SEMILLAS%20DE%20MAIZ.pdf](http://a4n.com.sv/uploaded/mod_documentos/SECAMIENTO%20DE%20GRANOS%20O%20SEMILLAS%20DE%20MAIZ.pdf)
- VanDevender, K. (2007). Grain Drying Concepts and Options. *Agriculture and Natural Resources, FSA1072*, 8.