

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA



ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN DEL RIEGO POR ASPERSIÓN EN CAÑA DE AZÚCAR
CON FINES DE MEJORAS TÉCNICAS Y ECONÓMICAS. INGENIO MAGDALENA S.A.
LA DEMOCRACIA ESCUINTLA, GUATEMALA 2011.

JULIO FRANCISCO BARNEOND AZURDIA

GUATEMALA, MAYO 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

DOCUMENTO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

JULIO FRANCISCO BARNEOND AZURDIA

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, MAYO 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

Rector Magnífico

Lic. Carlos Estuardo Gálvez Barrios

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. MSc. Francisco Javier Vásquez Vásquez
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. MSc. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. MSc. Marino Barrientos García
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. MSc. Oscar René Leiva Ruano.
VOCAL CUARTO	Br. Lorena Carolina Flores Pineda
VOCAL QUINTO	Br. Josué Antonio Martínez Roque
SECRETARIO	Ing. Agr. MSc. Edwin Enrique Cano Morales

Guatemala, Mayo de 2011

Guatemala, Mayo 2011

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de Graduación realizado en ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN DEL RIEGO POR ASPERSION EN CAÑA DE AZUCAR CON FINES DE MEJORAS TECNICAS Y ECONOMICAS. INGENIO MAGDALENA S.A. LA DEMOCRACIA ESCUINTLA, GUATEMALA 2011., como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Julio Francisco Barneond Azurdia', written over a horizontal line.

Julio Francisco Barneond Azurdia

ACTO QUE DEDICO

A

- DIOS:** Ser supremo que ha iluminado mi vida hasta este momento y me ha bendecido abundantemente, dando para mi satisfacción, éxitos como el de hoy.
- MIS PADRES:** Francisco Barneond Crispín y Carmen Graciela Azurdia de Barneond (Q.E.P.D.), mil gracias por el apoyo recibido en el pasar de mi vida, que este triunfo sea recompensa y satisfacción al sacrificio de ustedes, a ti “mosha” que mi triunfo sea un ramillete de bellas rosas que adornen el lugar que Dios te dio.
- MI ESPOSA:** Wendy Nohemí Maldonado de Barneond, gracias por compartir tu vida conmigo, por mis hijos, por el amor demostrado durante estos 15 años, y por tu ayuda en la realización de este documento. Te amo.
- MIS HIJOS:** Francisco Javier (Q.E.P.D.) Verenice Desciree, María Jimena y Carmen Irene, que este triunfo sea un ejemplo en la vida de cada una de ustedes, recuerden que cuando se tiene una meta nunca se debe descasar hasta lograrla, las amo mis princesas.
- MIS HERMANAS:** Miriam Odeth y Brenda Carlota que Dios las bendiga abundantemente.
- MIS SOBRINOS:** Ana Lucía, Astrid María, Carlos Antonio, Jorge Francisco y Mariana con cariño.
- A MI SUEGRA:** Sandra María Vasquez Gramajo, gracias por su apoyo incondicional, que Dios la bendiga siempre.
- MIS CUÑADOS:** Rodolfo Antonio Vasquez Gramajo y Angel Enrique Díaz Jerez por los momentos compartidos.
- MIS ABUELOS:** Arturo Barneond Saravia y Sarvelia Crispín de Barneond, Julio Azurdia Barahona y Carlota González de Azurdia (Q.E.P.D.) Flores sobre sus tumbas.
- MIS TIOS:** Baltasar, Nery, Darío y Sarita Barneond, Telma, Blanca, Ada y Lucrecia Azurdia, Flory Crispín con mucho aprecio.

MIS PRIMOS: Lucrecia Villatoro, Harold, Raúl, Marlon, Christian Alberto, Juan Carlos y Arturo Barneond, Julio César Castillo, Julio Guillermo Cortez, Geovannie Nelson, Iliana Patricia Nelson con cariño.

MIS AMIGOS: Nery Fajardo, Miguel Mansilla, Samuel Monterroso, Efraín Morales, Gildardo Contreras, Otto Castro Loarca, José Lino Orellana Morán, Juan Luis Gómez Werner; Víctor Hugo Motta Ponciano, Sergio Valenzuela, Walter Mus, Jorge Ernesto Herrarte Reynosa, gracias por su ayuda.

TESIS QUE DEDICO

A:

GUATEMALA

PATULUL, SUCHITEPÉQUEZ

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

INGENIO TIERRA BUENA S.A.

INGENIO GUADALUPE S.A.

INGENIO MAGDALENA S.A

AGRADECIMIENTOS

A:

MIS ASESORES

Ing.Agr. Rolando Lara Alecio, Ing.Agr. Marco Vinicio Fernández por el apoyo brindado para la ejecución de este trabajo de investigación.

INGENIO MAGDALENA S.A.

Por haberme permitido realizar este trabajo, especialmente a Ing. Jorge Roberto Leal Toledo, Ing. Agr. Sergio Calderón, Ing. Agr. Carlos Efraín Morales por haber confiado en la Mini Aspersión en Caña de Azúcar como una estrategia para lograr los objetivos de esta empresa.

INDICE GENERAL

CONTENIDO	PAGINA
INDICE DE FIGURAS	i
INDICE DE CUADROS	iv
RESUMEN	1
CAPITULO I: INFORME DE DIAGNOSTICO	3
1.1 INTRODUCCION	4
1.2 ANTECEDENTES	5
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.4 OBJETIVOS	7
1.5 METODOLOGIA	8
1.5.1 Metodología para identificar los problemas generados en el riego por aspersión cañón	8
1.5.1.1 Entrevista a cada uno de los administradores	8
1.5.1.2 Ejecución de Análisis FODA	8
1.5.1.3 Identificación de tiempo perdido	8
1.5.2 Metodología para cuantificar y analizar las horas perdidas en la Operación de los equipos de aspersión cañón	8
1.5.3 Metodología para identificar tiempos perdidos	8
1.5.2 Metodología para cuantificar y analizar las horas perdidas en la Operación de los equipos de aspersión cañón	8
1.5.2.1 Identificación de equipos por administración	8
1.5.2.2 Cuantificación de horas perdidas	8
1.5.2.3 Análisis de tiempo perdido por administración	8
1.5.2.4 Clasificación de causas generadoras de tiempo perdido	9
1.5.3 Metodología para calcular el costo por hectárea regada con los Equipos de aspersión cañón, de las 8 administraciones	9
1.5.3.1 Cálculo de área regada por administración	9
1.5.3.2 Mano de obra utilizada por equipo	9
1.5.3.3 Horas trabajadas por equipo	9

1.5.3.4	Horas de tractor utilizadas para movimiento de equipo de riego	9
1.5.3.5	Costo de labores relacionadas con la operación de riego aspersión	9
1.5.3.6	Integración de costos	9
1.6	RESULTADOS	10
1.6.1	Resultados de entrevista con administradores	10
1.6.1.1	Aspectos Técnicos	10
1.6.1.2	Aspectos Operativos	11
1.6.2	Resultados por administración de análisis FODA, tiempo perdido, diagramas de Pareto y causa-efecto	15
1.6.2.1	Resultados Administración Velásquez	15
1.6.2.1.1	Análisis FODA Administración Velásquez	15
1.6.2.1.2	Equipos de aspersión cañón asignados a Administración Velásquez	16
1.6.2.1.3	Tiempo perdido operación aspersión cañón Administración Velásquez	16
1.6.2.1.4	Diagrama de causa-efecto tiempo perdido admón. Velasquez	17
1.6.2.2	Resultados Administración Bugarvilia	18
1.6.2.2.1	Análisis FODA Administración Bugarvilia	18
1.6.2.2.2	Equipos de aspersión cañón asignados a Administración Bugarvilia	19
1.6.2.2.3	Tiempo perdido de la operación aspersión cañón admón. Bugarvilia	19
1.6.2.2.4	Diagrama de causa-efecto tiempo perdido admón. Bugarvilia	20
1.6.2.3	Resultados Administración Santa María	21
1.6.2.3.1	Análisis FODA Administración Santa María	21
1.6.2.3.2	Equipos de aspersión cañón asignados Administración Sta. María	22
1.6.2.3.3	Tiempo perdido por motivo administración Santa María	22
1.6.2.3.4	Diagrama de causa-efecto tiempo perdido Administración Santa María	23
1.6.2.4	Resultados administración Chiquimulilla	24
1.6.2.4.1	Análisis FODA Administración Chiquimulilla	24

1.6.2.4.2	Equipos de aspersión cañón admón. Chiquimulilla	25
1.6.2.4.3	Tiempo perdido operación aspersión cañón Admón. Chiquimulilla	25
1.6.2.4.4	Diagrama de causa-efecto tiempo perdido Admón. Chiquimulilla	26
1.6.2.5	Resultados Administración Agropesa	27
1.6.2.5.1	Análisis FODA Administración Agropesa	27
1.6.2.5.2	Equipos de aspersión cañón administración Agropesa	28
1.6.2.5.3	Tiempo perdido operación aspersión cañón admón. Agropesa	28
1.6.2.5.4	Diagrama de causa-efecto tiempos perdidos administración Agropesa	29
1.6.2.6	Resultados Administración Barranquilla	30
1.6.2.6.1	Análisis FODA Administración Barranquilla	30
1.6.2.6.2	Equipos de aspersión cañón administración Barranquilla	31
1.6.2.6.3	Tiempo perdido operación aspersión cañón admón. Barranquilla	31
1.6.2.6.4	Diagrama de causa-efecto tiempo perdido admón. Barranquilla	32
1.6.2.7	Resultados de Administración Taxisco	33
1.6.2.7.1	Análisis FODA Administración Taxisco	33
1.6.2.7.2	Equipos de aspersión cañón asignados a administración Taxisco.	34
1.6.2.7.3	Tiempo perdido por motivo, Administración Taxisco	34
1.6.2.7.4	Diagrama de causa-efecto tiempo perdido Admón. Taxisco	35
1.6.3	Resultado de la operación de los equipos de riego Aspersión	36
1.6.3.1	Motivos y horas perdidas de cada administración	36
1.6.3.2	Área regada por aspersión cañón por administración	37
1.6.3.3	Costo de mano de obra directa por administración	37
1.6.3.4	Costo de mano de obra indirecta por administración	38
1.6.3.5	Costo de traslados de equipo de riego por administración	38
1.6.3.6	Costo de motobomba por hectárea regada	39
1.6.3.7	Integración del costo de la hectárea regada por aspersión cañón	39
1.7.	PROBLEMATICAS	41
1.8.	CONCLUSIONES	42
1.9.	RECOMENDACIÓN	44

CAPITULO II: INFORME DE INVESTIGACIÓN	45
2.1 INTRODUCCION	46
2.2 MARCO TEÓRICO	48
2.2.1 Marco Conceptual	48
2.2.1.1 La caña de azúcar	48
2.2.1.2 El riego en la caña de azúcar	48
2.2.1.3 Requerimiento hídrico de la caña de azúcar	48
2.2.1.3.1 Germinación	49
2.2.1.3.2 Macollamiento	49
2.2.1.3.3 Elongación o crecimiento rápido	49
2.2.1.3.4 Maduración	49
2.2.1.4 Métodos de riego utilizados en caña de azúcar en Guatemala	49
2.2.1.5 Importancia del riego en el cultivo de la caña de azúcar	50
2.2.1.6 Respuesta de la caña de azúcar al riego en función de las características físicas del suelo	51
2.2.1.7 Selección del método de riego	51
2.2.1.8 El riego por aspersión	52
2.2.1.9 Componentes de un sistema de riego por aspersión	52
2.2.1.9.1 Abastecimiento de agua	53
A. Fuentes de Agua	53
B. Motor	53
C. Bomba	53
2.2.1.9.2 Conducción	53
2.2.1.9.3 Distribución	54
A. Aspersión	54
B. Pivotes	54
C. Avance Frontal	54
D. Auto Propulsados	54
2.2.1.9.4 Aplicación	54
A. Aspersión	54
B. Micro aspersión	54

2.2.1.9.5	Control, Regulación y Protección	54
A.	Válvulas	54
a.	Mecánicas	55
b.	Hidráulicas	55
c.	Aire Vacío	55
d.	Cheque	55
2.2.1.10	Evaluación de un sistema de riego	55
2.2.1.10	Eficiencia de riego	55
2.2.1.10.1	Coeficiente de uniformidad	55
2.2.1.10.2	Eficiencia de aplicación	56
2.2.1.10.3	Eficiencia Agronómica	57
2.2.1.10.4	Equipos de riego por aspersión totalmente portátiles	57
2.2.1.10.5	Coeficiente de uniformidad	58
2.2.1.10.6	Costos de operación	58
2.2.1.10.7	Programación de riego	59
2.2.1.10.8	Balance Hídrico	60
2.2.1.11	Análisis económico de un sistema de riego	60
2.2.1.11.1	Tasa interna de retorno (TIR)	60
2.2.1.11.2	Valor presente neto (VAN)	60
2.3	Marco Referencial	61
2.3.1	Ubicación geográfica del área de evaluación	61
2.3.2	Condiciones climáticas	61
2.3.3	Condiciones Edáficas	61
2.3.4	Hidrografía	62
2.3.5	Región Fisiográfica	62
2.3.6	Actividad Agrícola	62
2.4	OBJETIVOS	63
2.4.1	General	63
2.4.2	Específicos	63
2.5	METODOLOGIA	64
2.5.1	Aspectos Agronómicos	64

2.5.1.1	Requerimiento de riego en el cultivo de la caña de azúcar	64
2.5.1.2	Condiciones de operación	64
2.5.1.3	Diseño de Aspersión Cañón	64
2.5.1.3.1	Aspersores	64
2.5.1.3.2	Unidad de bombeo	65
2.5.1.3.3	Tubería de Conducción y Distribución de agua	65
2.5.1.3.4	Accesorios	65
2.5.1.3.5	Operación del sistema Aspersión Cañón	65
2.5.1.3.6	Balance Hídrico y Programación de riegos	65
2.5.1.4	Diseño de Mini Aspersión	65
2.5.1.4.1	Aspersores	66
2.5.1.4.2	Unidad de bombeo	66
2.5.1.4.3	Tubería de conducción y distribución de agua	66
2.5.1.4.4	Accesorios	66
2.5.1.4.5	Operación del sistema Mini Aspersión	66
2.5.1.4.6	Balance Hídrico y programación de riegos	66
2.5.2	Aspectos económicos aspersion cañón	67
2.5.2.1	Costos de Aplicación	67
2.5.2.2	Costos de Inversión	67
2.5.2.3	Costos de Operación	67
2.5.2.4	Costo total de Aplicación	67
2.5.3	Indicadores financieros del sistema aspersion cañón	67
2.5.3.1	Valor Actual Neto (VAN)	67
2.5.3.2	Tasa Interna de Retorno (TIR)	68
2.5.4	Aspectos económicos mini aspersion	68
2.5.4.1	Costo de Aplicación	68
2.5.4.2	Costo de Inversión	68
2.5.4.3	Costos de Operación	68
2.5.4.4	Costo total de Aplicación	68
2.5.5	Indicadores financieros del sistema mini aspersion	69
2.5.5.1	Valor Actual Neto (VAN)	69

2.5.5.2	Tasa Interna de Retorno (TIR)	69
2.6	RESULTADOS	70
2.6.1	Resultados de Aspectos Agronómicos	70
2.6.1.1	Requerimiento Hídrico	70
2.6.1.2	Comparación de las condiciones de operación	71
2.6.1.3	Evaluación del diseño aspersión cañón	71
2.6.1.3.1	Fuentes de agua	72
2.6.1.3.2	Aspersores	73
2.6.1.3.3	Unidad de Bombeo	76
2.6.1.3.4	Tubería de conducción y distribución de agua	77
2.6.1.3.5	Válvulas y accesorios del sistema de conducción y distribución de agua	79
	A. Válvula Hidrante	79
	B. Codo Abre Válvula	79
	C. Válvula de paso	79
	D. Tee de control con 2 válvulas	79
	E. Tapón final	79
2.6.1.3.6	Operación del sistema de aspersión cañón	80
2.6.1.3.7	Balance hídrico y programación de riegos	80
2.6.1.4	Análisis técnico del sistema mini aspersión	81
2.6.1.4.1	Componentes y diseño del sistema	81
2.6.1.4.2	Fuente de Agua	82
2.6.1.4.3	Aspersores	82
2.6.1.4.4	Unidad de bombeo	85
2.6.1.4.5	Tubería de conducción y distribución de agua	87
2.6.1.4.6	Válvulas y accesorios del sistema de conducción y distribución de agua.	88
	A. Hidrante (Cruz de 6x2x2x6)	88
	B. Válvula de paso	89
	C. Tee de control con 2 válvulas	89
	D. Tapón final	89

2.6.1.4.7	Operación del sistema de mini aspersión	89
2.6.1.4.8	Balance hídrico y programación de riegos	89
2.6.2	Aspectos económicos	90
2.6.2.1	Costos de aplicación de riego	90
2.6.2.2	Costos de Inversión	90
2.6.2.3	Costos de Operación	91
2.6.2.4	Costo total de Aplicación del riego	92
2.6.3	Indicadores financieros	93
2.6.3.1	Ingresos y egresos del manejo de plantación aspersión cañón	93
2.6.3.2	Cálculo de la TIR y VAN aspersión cañón	96
2.6.3.3	Ingresos y egresos del manejo de plantación mini aspersión	96
2.6.3.4	Cálculo de la TIR y VAN mini aspersión	99
2.7	Conclusiones	100
2.8	Recomendaciones	102
CAPITULO III: INFORME DE SERVICIOS		103
3.1	INTRODUCCION	104
3.2	Área de Influencia	105
3.3	OBJETIVOS	106
	Generales	106
3.4	Servicios Prestados	107
3.4.1	Estación de Prueba de Motobombas	107
3.4.1.1	Definición del Problema	107
3.4.1.2	Objetivos Específicos	108
3.4.1.3	METODOLOGIA	108
3.4.1.3.1	Montaje de estación de prueba de motobombas de riego aspersión	
	Cañón	108
	A. Selección del lugar	108
	B. Instalación de tubería y	108
	C. Ensamble de accesorios	108
	D. Capacitación del personal de la estación de prueba	109
	E. Toma de datos	109

F. Comparación de lecturas	109
G. Evaluación sistemas de seguridad de motores	109
3.4.1.4 EVALUACIÓN	110
3.4.1.4.1 Resultados de Servicio	110
A. Lugar elegido para la estación de prueba	110
B. Montaje de la estación de prueba	110
C. Capacitación del personal	111
D. Prueba de motobombas	111
3.4.2 Determinación del Consumo de Combustible	116
3.4.2.1 Definición del Problema	116
3.4.2.2 Objetivos Específicos	116
3.4.2.3 Metodología	117
3.4.2.4 Evaluación	117
3.4.3 Conclusiones	118
BIBLIOGRAFIA GENERAL	119
ANEXOS	120

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
Figura 1.	Tiempo de riego utilizado en las administraciones	10
Figura 2.	Verificación de la humedad del suelo	11
Figura 3.	Estado de los equipos de riego	12
Figura 4.	Disponibilidad de fuentes de agua	12
Figura 5.	Disponibilidad de tractor para traslados	12
Figura 6.	Logística de Instalación de equipos	13
Figura 7.	Respuestas de taller a fallas mecánicas	14
Figura 8.	Ocurrencia de capacitaciones	14
Figura 9.	Diagrama de Pareto tiempo perdido administración Velásquez	16
Figura 10.	Diagrama de causa-efecto administración Velásquez	17
Figura 11.	Diagrama de Pareto tiempo perdido administración Buganvilia	19
Figura 12.	Diagrama de causa-efecto administración Buganvilia	20
Figura 13.	Diagrama de Pareto tiempo perdido administración Sta. María	22
Figura 14.	Diagrama de causa-efecto administración Sta. María	23
Figura 15.	Diagrama de Pareto tiempo perdido administración Chiquimulilla	25
Figura 16.	Diagrama de causa-efecto administración Chiquimulilla	26
Figura 17.	Diagrama de Pareto tiempo perdido administración Agropesa	28
Figura 18.	Diagrama de causa-efecto administración Agropesa	29
Figura 19.	Diagrama de Pareto tiempo pedido administración Barranquilla	31
Figura 20.	Diagrama de causa-efecto administración Barranquilla	32
Figura 21.	Diagrama de Pareto tiempo perdido administración Taxisco	34
Figura 22.	Diagrama de causa-efecto administración Taxisco	35
Figura 23.	Motivos de tiempo perdido de mayor incidencia	36
Figura 24.	Costo por hectárea regada por aspersion cañón en IMSA	40
Figura 25.	Tanque evaporímetro tipo "A" y cenirrometro calibrado	59
Figura 26.	Curva de infiltración finca Marías Mapán	74
Figura 27.	Características físicas del suelo finca Marías Mapán	81
Figura 28.	Características del aspensor VYR 36	83

Figura 29.	Operación de la estación de prueba de motobombas IMSA	105
Figura 30.	Instalación de una motobomba y accesorios utilizados	110
Figura 31.	Accesorios para simular la carga hidráulica en la estación de prueba	114
Figura 32A.	Curva de desempeño del motor utilizado por ambos equipos	121
Figura 33A	Codo abre válvula aspersión cañón	122
Figura 34A	Válvula hidrante 6 x 4 x 6 aspersión cañón	123
Figura 35A	Cuello de ganso aspersor Nelson F-100	123
Figura 36A	Válvula de paso y Tee de control aspersión cañón	124
Figura 37A	Codos de succión aspersión cañón y mini aspersión	125
Figura 38A	Aspersor VYR 36 mini aspersión	126
Figura 39A	Tubo de línea 63 mm. mini aspersión	126
Figura 40A	Cruz 6x2x2x6 mini aspersión	127
Figura 41A	Motobomba aspersión cañón y mini aspersión	127
Figura 42A	Riego por aspersión cañón	128
Figura 43A	Vista aérea riego mini aspersión	128
Figura 44A	Distribución de tubería principal y lateral sistema aspersión cañón	129
Figura 45A	Distribución de tubería principal y lateral sistema mini aspersión	129
Figura 46A	Curva característica de la bomba centrífuga CAPRARI MEC-AS/100	130
Figura 47A	Curva característica de la bomba centrífuga BERKELEY B4EYMBM	131
Figura 48A	Curva característica de la bomba centrífuga HIDROMAC	131

INDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 1. Análisis FODA riego aspersión cañón administración Velásquez	15
Cuadro 2. Equipos asignados a la administración Velásquez	16
Cuadro 3. Análisis FODA riego aspersión cañón administración Bugarvilia	18
Cuadro 4. Equipos asignados a la administración Bugarvilia	19
Cuadro 5. Análisis FODA riego aspersión cañón administración Santa María	21
Cuadro 6. Equipos asignados a la administración Santa María	22
Cuadro 7. Análisis FODA riego aspersión administración Chiquimulilla	24
Cuadro 8. Equipos asignados a la administración Chiquimulilla	25
Cuadro 9. Análisis FODA riego aspersión administración Agropesa	27
Cuadro 10. Equipos asignados a la administración Agropesa	28
Cuadro 11. Análisis FODA aspersión cañón administración Barranquilla	30
Cuadro 12. Equipos asignados a la administración Barranquilla	31
Cuadro 13. Análisis FODA administración Taxisco	33
Cuadro 14. Equipos asignados a la administración Taxisco	34
Cuadro 15. Horas perdidas en operación por motivo, por administración	36
Cuadro 16. Área regada por aspersión cañón en cada zona de producción	37
Cuadro 17. Costo de la mano de obra directa por hectárea regada	37
Cuadro 18. Costo de la mano de obra indirecta por administración	38
Cuadro 19. Costo de traslado de equipos de aspersión por hectárea	38
Cuadro 20. Costo de motobomba por hectárea regada por administración	39
Cuadro 21. Integración del costo por hectárea regada aspersión por administración	39
Cuadro 22. Costo de la hectárea regada por aspersión en Ingenio Magdalena S.A.	58
Cuadro 23. Balance hídrico del cultivo de caña de azúcar finca Marías Mapán período Enero-Diciembre 2009	70
Cuadro 24. Número de riegos requeridos para cubrir déficit hídrico con los sistemas mini aspersión y aspersión cañón	70

Cuadro 25.	Condiciones de operación de riego por aspersión y mini Aspersión	71
Cuadro 26.	Componentes del sistema de aspersión cañón	72
Cuadro 27.	Prueba de infiltración básica en finca Marías Mapán	74
Cuadro 28.	Coeficiente de uniformidad del sistema aspersión cañón	75
Cuadro 29.	Componentes del sistema mini aspersión	82
Cuadro 30.	Coeficiente de uniformidad del sistema de mini aspersión	84
Cuadro 31.	Costo de inversión de los equipos de riego	90
Cuadro 32.	Cálculo de depreciación de los equipos de riego	90
Cuadro 33.	Integración del costo de mano de obra	91
Cuadro 34.	Costo de motobomba por hectárea regada	92
Cuadro 35.	Costo total de aplicación de riego anual por hectárea	92
Cuadro 36.	Ingresos y egresos año 1 aspersión cañón	93
Cuadro 37.	Ingresos y egresos año 2 aspersión cañón	94
Cuadro 38.	Ingresos y egresos año 3 aspersión cañón	94
Cuadro 39.	Ingresos y egresos año 4 aspersión cañón	95
Cuadro 40.	Ingresos y egresos año 5 aspersión cañón	95
Cuadro 41.	Cálculo de la TIR y VAN para aspersión cañón	96
Cuadro 42.	Ingresos y egresos año 1 mini aspersión	96
Cuadro 43.	Ingresos y egresos año 2 mini aspersión	97
Cuadro 44.	Ingresos y egresos año 3 mini aspersión	97
Cuadro 45.	Ingresos y egresos año 4 mini aspersión	98
Cuadro 46.	Ingresos y egresos año 5 mini aspersión	98
Cuadro 47.	Cálculo de la TIR y VAN para mini aspersión	99
Cuadro 48.	Resumen de operación de los sistemas de riego	100
Cuadro 49.	Cargas requeridas en ambos sistemas	100
Cuadro 50.	Resumen de costos de aplicación del riego ambos sistemas	101
Cuadro 51.	Equipos evaluados con bomba HIDROMAC	111
Cuadro 52.	Equipos evaluados con bomba CAPRARI	112
Cuadro 53.	Primer grupo de equipos evaluados con bomba BERKELEY	112

Cuadro 54. Segundo grupo de equipos evaluados con bomba BERKELEY	113
Cuadro 55. Equipos que presentaron fallas mecánicas en la estación de prueba	115
Cuadro 56. Consumo de combustible por hora de los equipos evaluados	117
Cuadro 57A. Incidencia de tiempos perdidos en ambos sistemas	120
Cuadro 58A. Eficiencia de operación de ambos sistemas	120
Cuadro 59A. Tabla de desempeño del aspersor Nelson F-100	120

ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN DEL RIEGO POR ASPERSIÓN EN CAÑA DE AZÚCAR CON FINES DE MEJORAS TÉCNICAS Y ECONÓMICAS. INGENIO MAGDALENA S.A. LA DEMOCRACIA ESCUINTLA, GUATEMALA 2011

RESUMEN

El riego por aspersión cañón representa una de las prácticas más comunes en la agroindustria cañera Guatemalteca para suplir la demanda hídrica de los cañaverales en la época de verano. Por tal razón el número de equipos que operan actualmente bajo esta modalidad de riego es considerable y cada año se incrementan conforme se aumenta el área manejada por los ingenios y productores particulares. Por ello se analiza en el presente documento la operación de estos equipos de riego, tomando en cuenta todas las variables que interactúan, y se detallan aspectos administrativos y operativos relevantes que pudieran generar mejora en dicha labor.

Los resultados obtenidos revelan que el riego por aspersión cañón está siendo operando en la actualidad con elevado tiempo perdido de operación, alta demanda energética (gl/hr diesel), alto costo de mano de obra, logística de operación encarecida, y baja calidad del riego. Basándonos en los resultados obtenidos, y conociendo las debilidades del sistema aspersión cañón, se implementó y analizó un sistema mini aspersión modificando ciertos aspectos de la operación, en éste se manejaron de diferente manera aspectos como la presión de operación, el tiempo de riego, la precipitación por hora del aspersor y la frecuencia de riego. El establecimiento de este sistema se llevó a cabo con la finalidad de evaluar su funcionamiento, costos y adaptación dentro del manejo agronómico del cultivo de caña de azúcar, con lo que se determinó la conveniencia técnica y económica de su expansión.

Paralelamente se dio seguimiento a un sistema de riego por aspersión cañón, en un área similar como parámetro de evaluación. Si la alternativa de la mini aspersión resultara conveniente los equipos de aspersión cañón del Ingenio Magdalena S. A., pudieran transformarse a mini aspersión, con fines de mejora. Al comparar ambos sistemas un dato importante fue el número de riegos aplicados. Para el área irrigada con aspersión cañón se aplicaron 4 riegos en el periodo comprendido entre el 28 de enero del 2009, y el 10 de mayo del mismo año. Mientras que al área irrigada con mini

aspersión, se le aplicaron 6 riegos en el mismo periodo. Los factores más influyentes en ésta diferencia de riegos aplicados, son: a) el área regada por día. b) tiempos perdidos por instalación y c) tiempos perdidos por traslados. Esta diferencia produjo una frecuencia de riego para la aspersión cañón de 25 días, y de 17 días para la mini aspersión. El costo de riego por hectárea para la mini aspersión fue 29% más bajo que el de aspersión cañón, debido principalmente a la disminución del costo de mano de obra por hectárea regada. En el análisis no se pudo considerar la disminución en el costo por ahorro de energía, ya que se utilizaron motobombas similares en ambos sistemas, por lo que se consideró la misma tarifa por hora para ambos casos, aunque el sistema de mini aspersión operó a menos revoluciones por minuto, lo que implica menos consumo de diesel por hora.

Los indicadores financieros demostraron que si regamos con un equipo de aspersión cañón el VNA, para un periodo de 5 años y una tasa de descuento del 15% será de USD \$ 367,740. Mientras que si se aplica riego con mini aspersión para el mismo periodo y la misma tasa de descuento el VNA es de USD \$ 773,852. Lo cual indica que las utilidades se incrementan en un 110%, utilizando un sistema de mini aspersión. Al final del mismo periodo las utilidades marginales al producir caña de azúcar bajo riego con mini aspersión permiten obtener una Tasa Interna de Retorno del 53%, mientras que con un sistema de aspersión cañón una tasa del 34%. En ambos casos la tasa resultante es económicamente atractiva, dado a que es mayor a la tasa de 15% para actualizar los valores de utilidades en el VNA.

Conociendo las bondades de la mini aspersión sabemos que su implementación representa una considerable mejora en la práctica del riego aspersión en caña de azúcar. Pero mientras se avanza en este cambio, es necesario certificar el buen funcionamiento y desempeño del conjunto motobomba, especialmente la bomba centrífuga, ya que al analizarlas en una estación de prueba, previo a su salida al campo, un alto porcentaje de las mismas presentó problemas mecánicos y de desempeño, lo que se traduce en tiempo perdido y mala calidad del riego al no poder aplicar la lámina de riego diseñada, en el tiempo estipulado. Los resultados de la estación de prueba generaron el reingreso de equipos al taller, cambios de bomba centrífuga y/o de marca de las mismas.

FACULTAD DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

CAPITULO I

**DIAGNÓSTICO DE LA OPERACIÓN DEL RIEGO POR ASPERSIÓN CAÑÓN EN
INGENIO MAGDALENA, LA DEMOCRACIA ESCUINTLA.**

JULIO FRANCISCO BARNEOND AZURDIA
GUATEMALA, MAYO 2011

1.1 PRESENTACION

Ingenio Magdalena produce actualmente 11,3 millones de quintales de azúcar anuales, además de producir Alcohol, energía eléctrica, suplementos alimenticios para ganado y gas carbónico.

Dicha industrialización demanda alrededor de 5.4 millones de toneladas de caña de azúcar, (Saccharum spp.), las cuales son cultivadas en 41,510 hectáreas administradas por el ingenio y 10,953 hectáreas de proveedores particulares, ubicadas en los departamentos de Chiquimulilla, Suchitepéquez, Retalhuleu y Escuintla mayoritariamente. Para lograr tal producción se requiere la coordinación y ejecución de todas las labores de forma eficaz, maximizando todos los recursos con los que cuenta la empresa.

Dentro de estas labores ha tomado especial importancia el riego, actividad en la cual se ha confiado un alto porcentaje de las inversiones en los últimos tres años de operación, sabiendo ya del efecto que este produce en las plantaciones de caña de azúcar cuando es aplicado técnicamente.

Los métodos de riego utilizados en Ingenio Magdalena S.A., son: aspersión cañón, mini aspersión, riego mecanizado (pivote central y avance frontal) y riego gravedad. Es importante mencionar que la aspersión con cañón, es el método de riego que más presencia tiene dentro de la empresa, ya que con este se riegan 15,469 hectáreas físicas, que representan el 54.80% del área bajo riego total.

La práctica del riego por aspersión es una de las más difundidas entre los 14 ingenios que componen la agroindustria azucarera nacional, para lo cual se utilizan motores de 100 Hp que accionan bombas centrifugas que descargan entre 800 y 880 gpm., en tuberías y accesorios de aluminio y en algunos casos de PVC. Para Ingenio Magdalena S.A., el área irrigada diaria con este método oscila entre 4 y 7 hectáreas, y se trabajan en promedio entre 14 y 16 horas por día. Llegando a cubrir hasta 140 hectáreas físicas por equipo. Actualmente Ingenio Magdalena cuenta con 92 equipos de aspersión cañón distribuidos entre las ocho zonas de producción de la empresa, con los cuales se espera cubrir la demanda hídrica del área considerada bajo riego.

1.2 ANTECEDENTES

El riego ha jugado un papel determinante en el éxito de la agroindustria azucarera de nuestro país. Es por ello que constantemente se invierte en investigación y en la adquisición de nuevas tecnologías de riego, que incrementen las bondades de éste sobre la producción de caña de azúcar por hectárea.

Inicialmente el riego gravedad cubría gran parte del área bajo riego de Ingenio Magdalena S.A., pero este ha sido limitado por la disminución de caudal de las fuentes superficiales, y a sido reemplazado por otros métodos de riego como la aspersión cañón.

El riego aspersión cañón, es el más utilizado por el Ingenio Magdalena S. A., para irrigar plantaciones de caña de azúcar, en los últimos años se han hecho inversiones millonarias para la adquisición de estos equipos, con la finalidad de ampliar el área bajo riego y lograr el incremento de la producción requerido por la sección industrial de la empresa.

Paralelo a la adquisición de equipos de aspersión cañón, se han realizado inversiones en equipos de riego más tecnificados que presentan mejores eficiencias y menores costos de operación, como es el caso de los pivotes y avances frontales, los cuales ya empiezan a tener una considerable presencia, no solo en Ingenio Magdalena sino en toda la agroindustria nacional.

Otro sistema de riego que puede tomar importancia en nuestro país es el riego por goteo, aunque al momento se encuentra un tanto restringido, ya que la calidad del agua subterránea que presentan algunas zonas productivas del país, demanda de algún tipo de tratamiento extra para el desarrollo de un proyecto de este tipo.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Ingenio Magdalena S.A. cuenta actualmente con 41,510 hectáreas, cultivadas con caña de azúcar (Saccharum spp.), de las cuales se obtiene una producción promedio de 103 ton/ha, producción que aún está por debajo de las metas propuestas para alcanzar los objetivos y visión empresarial.

Para lograr esta visión empresarial Ingenio Magdalena S.A., ha elegido al riego como una de las estrategias para aumentar la producción de caña de azúcar por hectárea, ya que a este se le atribuyen incrementos de producción hasta de 50 ton/ha.

Estos incrementos de producción se han logrado gracias a la adquisición de nuevas tecnologías, que presentan mejoras en la eficiencia de conducción, distribución, y aplicación, logrando además una considerable disminución del gasto energético y de la mano de obra.

En función de esta mejora tecnológica del riego en caña de azúcar, el método de riego aspersión cañón se ha venido presentado como una práctica ineficiente, de baja calidad, y de elevados costos de operación. Situación preocupante por ser la modalidad de riego que mayor presencia tiene, dentro de la empresa y la agroindustria azucarera Guatemalteca.

Por ello se hace necesario analizar mediante un diagnóstico, la operación de los equipos de aspersión cañón de Ingenio Magdalena S.A., tomando en cuenta aspectos técnicos, económicos y logísticos de la operación, que nos permitan mejorar la calidad de los riegos aplicados con este método y bajar los costos de operación, con la finalidad de mejorar la relación beneficio costo de la labor ejecutada con este método de riego.

1.4 OBJETIVOS

GENERAL:

- Diagnosticar la situación actual de la operación del riego aspersión cañón de Ingenio Magdalena S. A.

ESPECIFICOS:

- Identificar los problemas generados en la operación del riego por aspersión cañón.
- Cuantificar las horas perdidas en la operación del riego por aspersión, para cada uno de los motivos.
- Calcular el costo de la hectárea regada por aspersión con cañón, para cada una de las zonas de influencia de la empresa.

1.5 METODOLOGIA

La metodología que se utilizó para la realización del presente diagnóstico se divide en varios aspectos para poder cubrir los objetivos planteados.

1.5.1 Metodología para Identificar los problemas generados en el riego por aspersión cañón

1.5.1.1 Se realizó una entrevista con cada uno de los administradores, de las 8 administraciones que componen el Ingenio Magdalena S.A., éstas se realizaron en la oficina central de cada administración respectivamente. Los entrevistados fueron:

Rony Francisco Recinos	Administración Buganvilla
Hugo Reynaldo Recinos	Administración Sta. María
Oscar Rolando Soto	Administración Velásquez
Roberto Emilio Bamaca	Administración Chiquimulilla
Byron Geovanny Najera	Administración Agropesa
Alfredo Ortiz Garzo	Administración Retalhuleu
Francisco Alberto García	Administración Barranquilla
Guillermo Mejicanos	Administración Taxisco

1.5.1.2 Se ejecutaron 8 FODAS de la operación de riego aspersión cañón, uno para cada una de las zonas de influencia (administraciones) del Ingenio Magdalena, con la presencia de los administradores, mayordomos (A y B), y supervisores de riego.

1.5.1.3 Se identificaron los tiempos perdidos generados por cada uno de los problemas más frecuentes en la operación del riego aspersión cañón, a través de la información generada por las boletas de maquinaria.

1.5.2. Metodología para cuantificar y analizar las horas perdidas en la operación de los equipos de aspersión cañón.

1.5.2.1 Se identificaron los equipos de riego por aspersión cañón, asignados a cada una de las Administraciones

1.5.2.2 Se cuantificó la cantidad de horas reportadas como perdidas a causa de cada uno de los motivos generadores de tiempo perdido, consultando la base de datos del sistema de maquinaria, en el subsistema riegos.

1.5.2.3 Se analizó el tiempo perdido por administración, a través de diagramas de Pareto.

1.5.2.4 Se utilizaron diagramas de CAUSA-EFECTO para ordenar las causas generadoras de tiempos perdidos en la operación de riego aspersión cañón para cada administración.

1.5.3. Metodología para calcular el costo de la hectárea regada con los equipos de aspersión cañón, de las 8 administraciones.

1.5.3.1 Se calculó el área regada por aspersión cañón en cada una de las administraciones.

1.5.3.2 Se consultó la base de datos del sistema de mano de obra cargada a cada equipo y se relacionó con el área regada del mismo, para obtener el costo de mano de obra directa por equipo de riego.

1.5.3.3 Se consultó la base de datos del sistema de maquinaria, para obtener las horas trabajadas por equipo en la temporada, ya que multiplicadas por la tarifa/hora y dividido entre el área regada, nos proporcionó el costo por hectárea que genera la motobomba.

1.5.3.4 Se cuantificó a través del sistema de maquinaria, las horas de tractor cargadas a la labor "Traslado de equipo de riego", para cada administración, ya que multiplicadas por la tarifa/hora de tractor, y dividido entre el área regada, nos dará el costo de traslados de los equipos de riego, por hectárea regada, para cada administración.

1.5.3.5 Se consultó la base de datos del sistema de mano de obra, para obtener el valor de todas las labores relacionadas con el riego, para que este valor dividido entre las hectáreas regadas, nos de el costo de mano de obra indirecta, de cada administración.

1.5.3.6 Se integraron los costos generados por la de mano de obra directa, mano de obra indirecta, hora de motobomba y horas de tractor en traslado de equipo de riego para obtener el costo de la hectárea regada para cada una de las administraciones.

1.6 RESULTADOS

Luego de cumplir con la metodología propuesta para desarrollar los objetivos de este diagnóstico se obtuvieron los siguientes resultados.

1.6.1 Resultados de entrevista con administradores.

Los resultados obtenidos en las entrevistas con los administradores se dividieron en dos aspectos, los aspectos técnicos y los aspectos operacionales, estos se presentan en las siguientes graficas.

1.6.1.1 Aspectos técnicos:

En cuanto a los aspectos técnicos el 100% de las administraciones aseguró que se realiza una planificación del riego en función de la cosecha y de la disponibilidad de fuentes de agua.

Con relación a los tiempos de riego utilizados en las diferentes administraciones se obtuvieron los siguientes resultados.

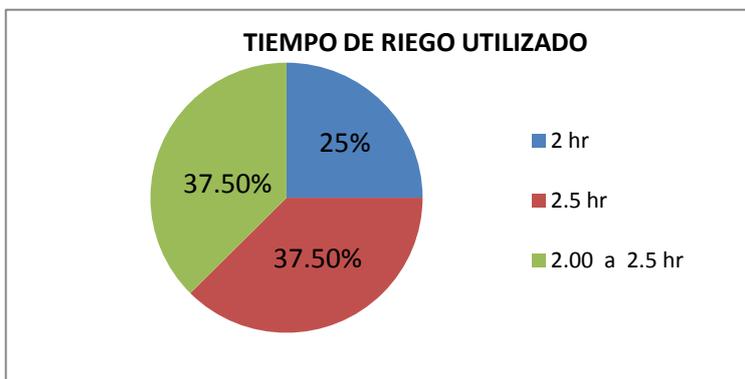


Figura 1. Tiempos de riego utilizados en las administraciones.

Un 25% de las administraciones utiliza 2 horas de tiempo de riego, un 37.5% utiliza 2.5 horas y el otro 37.5% utiliza los dos tiempos de riego en función de la etapa fenológica del cultivo, del tipo de suelo y de la lámina de riego que necesiten aplicar.

En cuanto a la verificación de la lámina de riego aplicada, el 100% de las administraciones no realiza ninguna medición de la lámina de riego aplicada. Aunque todos hacen muestreos de presiones de operación en los aspersores. La lámina de riego aplicada debiera encontrarse entre los 50 y 55 mm.

Al consultar sobre la verificación de la humedad en el suelo para la programación del riego se obtuvo el siguiente resultado.



Figura 2. Verificación de la humedad del suelo.

El 75% de las administraciones NO realiza ningún tipo de medición de la humedad en el suelo para la programación del próximo riego. Y un 25% lo hace a través del método del tacto.

1.6.1.2 Aspectos operativos:

Dentro de los aspectos operativos se analizaron los siguientes aspectos: a) Estado de los equipos, b) Disponibilidad de fuentes de agua, c) Disponibilidad de tractor, d) Logística de instalación, e) Respuesta de taller a fallas mecánicas y f) Capacitaciones.

En cuanto al estado de los equipos, las administraciones reportan que un 50% de los mismos están en buen estado, un 37.5% están regulares y un 12.5% de los equipos ya se encuentran en malas condiciones.

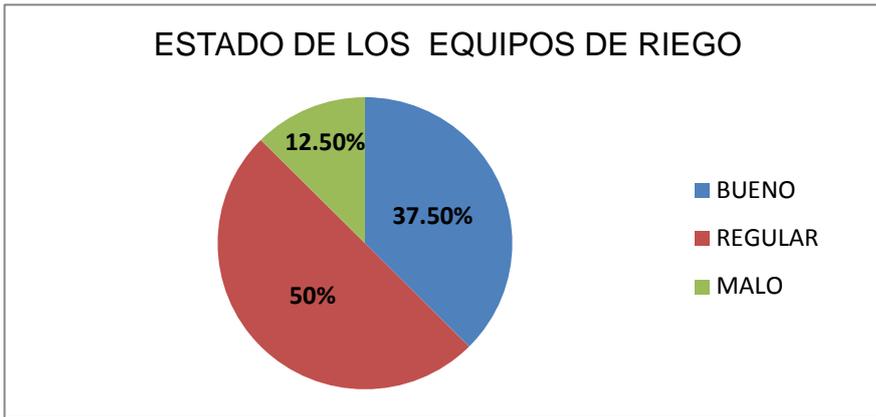


Figura 3. Estado de los equipos de riego.

Para la disponibilidad de fuentes de agua, un 25% de las administraciones tienen suficientes fuentes de agua, otro 50% tiene problemas de escasez, otro 12.5% tiene disponibilidad hasta la mitad del verano, y un 12.5% utiliza agua subterránea, a través de pozos profundos.

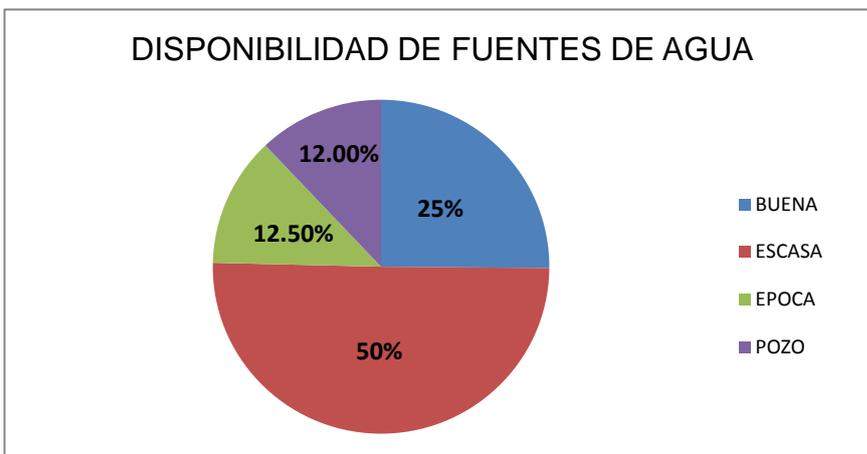


Figura 4. Disponibilidad de fuentes de agua

La escasez de tractores para la realización de traslados de equipo de riego se ve reflejada en la figura 5, donde un 50% de las administraciones NO tiene suficientes tractores para dicha labor, un 12.5% de las administraciones prioriza entre las demás actividades, y un 37.5% de las administraciones reporta que si tienen suficientes tractores para los traslados de equipo de riego.

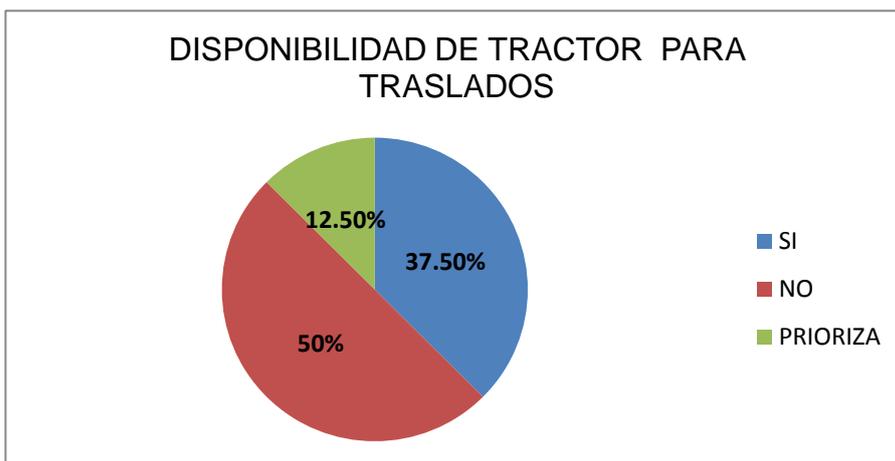


Figura 5. Disponibilidad de tractor para traslados.

Los tiempos de instalación de equipo de riego, representan la mayor cantidad de horas perdidas en la operación, y se puede apreciar de manera gráfica en la figura 6, que 62.5% de las administraciones reportan no tener una logística de instalación definida, el otro 37.5% de las administraciones si la tiene, aunque siempre los tiempos perdidos por esta labor son los más altos.

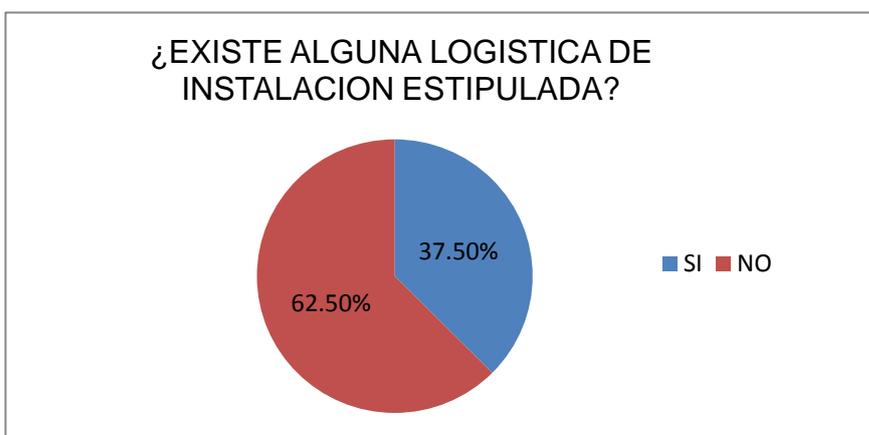


Figura 6. Logística de instalación de equipos.

Las fallas mecánicas de los equipos de riego también representan un buen porcentaje de las horas perdidas totales, y un 75% de las administraciones reportaron una lenta respuesta a la reparación de fallas mecánicas (por parte del taller), y un 25% reportan un servicio regular.

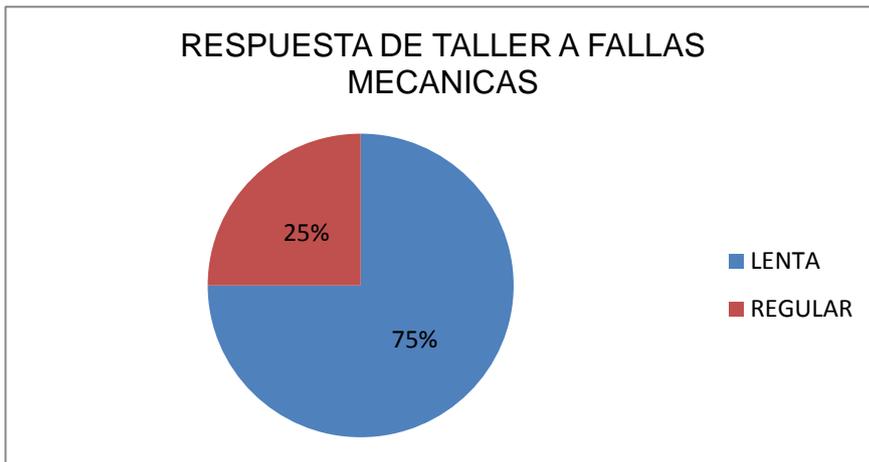


Figura 7. Respuesta de taller a fallas mecánicas.

Para finalizar en cuanto a la capacitación del personal de riego, un 37.5% de las administraciones reportan conformidad con las capacitaciones impartidas, otro 25% reportan que no han tenido capacitaciones, un 12.5% ya han tenido capacitaciones pero hacen falta, y un 25% únicamente han recibido capacitaciones para los operadores de motobomba no así para regadores y supervisores.

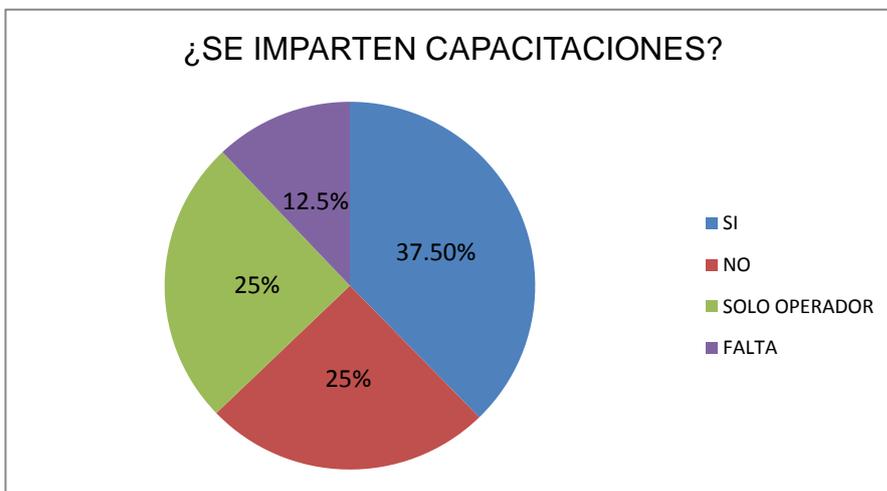


Figura 8. Ocurrencia de capacitaciones.

1.6.2 RESULTADOS POR ADMINISTRACIÓN DE ANÁLISIS FODA, DIAGRAMA DE PARETO Y DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO.

1.6.2.1 RESULTADOS ADMINISTRACIÓN VELASQUEZ.

1.6.2.1.1 ANÁLISIS FODA ADMINISTRACIÓN VELASQUEZ.

El cuadro 1 muestra el análisis FODA de la aspersión cañón para administración Velasquez, realizado con las siguientes metas estratégicas: a) Minimizar tiempos perdidos, b) Mejorar la calidad del riego y c) Disminuir el costo de operación. Los resultados se presentan el cuadro 1.

Cuadro 1. Análisis FODA riego aspersión cañón administración Velásquez.

META ESTRATEGICA	ANÁLISIS FODA PARA LA ADMINISTRACION VELASQUEZ			
	FACTORES INTERNOS		FACTORES EXTERNOS	
	FORTALEZAS	DEBILIDADES	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
MINIMIZAR TIEMPOS PERDIDOS EN LA OPERACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - YA SE CONOCE EL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO - BLOQUES DE RIEGO YA ESTABLECIDOS - PERSONAL CON EXPERIENCIA - APOYO DEL DEPTO. DE RIEGO - CONTRATACION DE SUPERVISOR MEC. - SISTEMA DE MAQUINARIA PARA EJERCER CONTROLES 	<ul style="list-style-type: none"> - LOGISTICA DE INSTALACION DE EQUIPO - FALTA DE REPUESTOS Y ACCESORIOS EN BODEGA - FALTA DE MAQUINARIA PARA TRASLADOS - EQUIPO INCOMPLETO - SE MANEJAN VARIAS MARCAS DE TUBERIA Y ACCESORIOS - FALTA DE CAPACITACION A PERSONAL - FALTA DE CAPACITACION A SUPERVISORES - RESPUESTA DE TALLER A FALLAS MECANICAS - TANQUES DE COMBUSTIBLE SUCIOS - REINCIDENCIA DE FALLAS MECANICAS - REPORTES DE FALLAS EXTRAVIDOS EN TALLER - FALTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (ENGRASE Y SOPLETEO) - COMUNICACIÓN CON LOS OPERADORES - FALTA MENTENIMIENTO AL PUNTO BOMBEO - FALTA DE FUENTES DE AGUA - FALTA TALLER RIEGO EN ADMON 	<ul style="list-style-type: none"> - AUMENTAR EFIC. DE EQUIPOS - AUMENTAR AREA REGADA DIARIA - MINIMIZAR FRECUENCIA - AUMENTAR AREA FISICA BAJO RIEGO - MEJORAS EN SALARIOS 	<ul style="list-style-type: none"> - ROBO TUBERIA Y ACCESORIOS - ROTACION DE PERSONAL - SUB-UTILIZACION DEL RECURSO - BAJAS EN LA PRODUCCION
MEJORAR LA CALIDAD DEL RIEGO	<ul style="list-style-type: none"> - SUPERVISION YA ESTABLECIDA - INSTRUMENTOS PARA MEDIR PRECISIONES 	<ul style="list-style-type: none"> - BOMBAS NO DESCARGAN CAUDAL REQUERIDO - ALTA PRECIPITACION DEL ASPERSOR POR HORA. (TEXTURA - TOPOGRAFIA) - COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD BAJO REQUERIDO - TACOMETROS EN MAL ESTADO - FALTA DE FLUJOMETRO 	<ul style="list-style-type: none"> - DISMINUIR COSTO DE MILIMETRO APLICADO - MINIMIZAR ESTRÉS HIDRICO EN PLANTA. 	<ul style="list-style-type: none"> - MAYORES COSTOS DE OPERACIÓN - DISMINUCION DEL EFECTO DE RIEGO EN LA PRODUCCION
DISMINUIR COSTOS DE OPERACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - MODALIDAD DE PAGO - SISTEMAS DE CONTROL YA ESTABLECIDOS - ESTRUCTURA DE SUP. YA DEFINIDA - UTILIZACION DE TRACTORES ADECUADOS PARA REALIZAR TRASLADOS 	<ul style="list-style-type: none"> - UTILIZACION DE MANO DE OBRA EXTRA EN TRASLADOS E INSTALACION - ALTA DEMANDA DE HORAS TRACTOR PARA LA REALIZACION DE TRASLADOS - HORAS DE MOTOBOMBA POR HECTAREA REGADA 	<ul style="list-style-type: none"> - MEJORAR RELACION COSTO-BENEFICIO DE LA PRACTICA 	<ul style="list-style-type: none"> - INCREMENTO EN PRECIOS DE LA TARIFA DE HORA DE MOTOBOMBA - INCREMENTO EN COSTO DE LA LA MANO DE OBRA - COSTO DE MAQUINA PARA TRASLADOS

1.6.2.1.2 EQUIPOS DE ASPERSIÓN CAÑÓN ASIGNADOS ADMÓN. VELASQUEZ.

Los equipos de aspersión cañón asignados a la administración Velasquez se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2. EQUIPOS ASIGNADOS A LA ADMÓN. VELASQUEZ.

ADMINISTRACION VELASQUEZ		
ID	ID	TIPO
3222	4312	Modulo Aspersión
3235	4321	Modulo Aspersión
3236	4323	Modulo Aspersión
3240	4324	Modulo Aspersión
3241	4325	Modulo Aspersión
3242	4326	Modulo Aspersión
3245	4328	Modulo Aspersión.
3253	4329	Modulo Aspersión
3261	4348	Modulo Aspersión
TOTAL		18

1.6.2.1.3 TIEMPO PERDIDO OPERACIÓN ASPERSIÓN CAÑÓN ADMÓN. VELASQUEZ

Los resultados de tiempo perdido se graficaron y paretisaron con la finalidad de visualizar los motivos de tiempo perdido que más influyen en la ineficiencia de estos equipos, los resultados obtenidos se pueden visualizar en la figura 9.

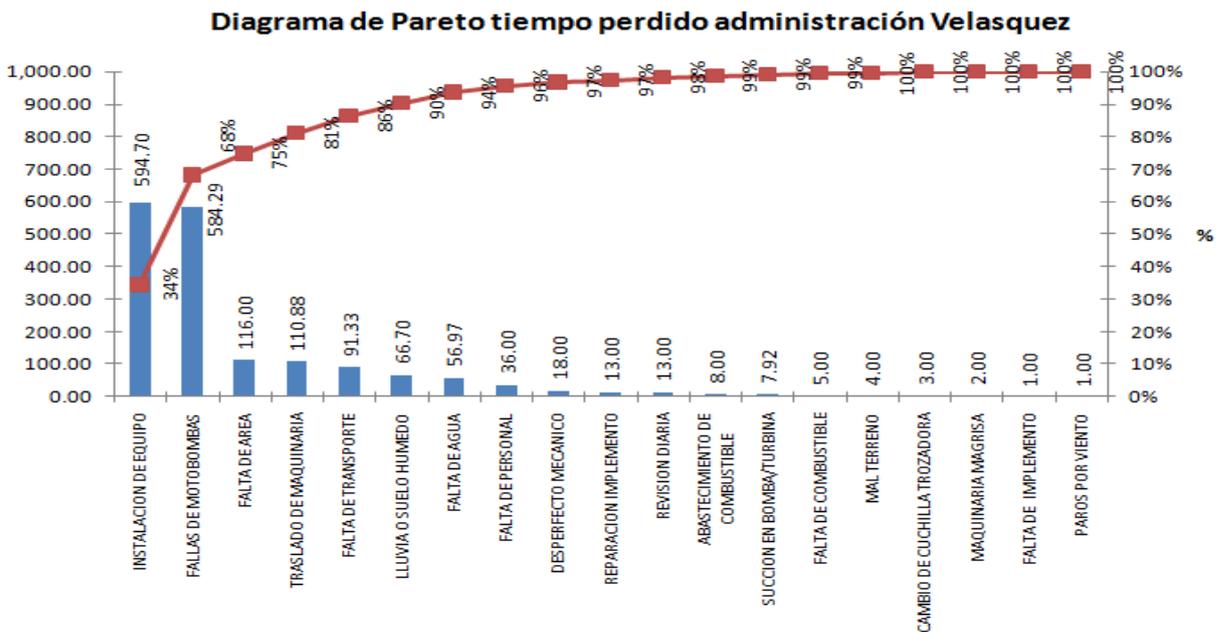


Figura 9. Diagrama de Pareto tiempo perdido administración Velásquez.

Como se puede observar es de suma importancia minimizar los tiempos perdidos por instalación de equipo y fallas de motobomba, para poder aumentar la eficiencia del riego aspersión cañón, en la administración Velásquez.

1.6.2.1.4 DIAGRAMA DE CAUSA-EFECTO TIEMPO PERDIDO ADMÓN. VELASQUEZ

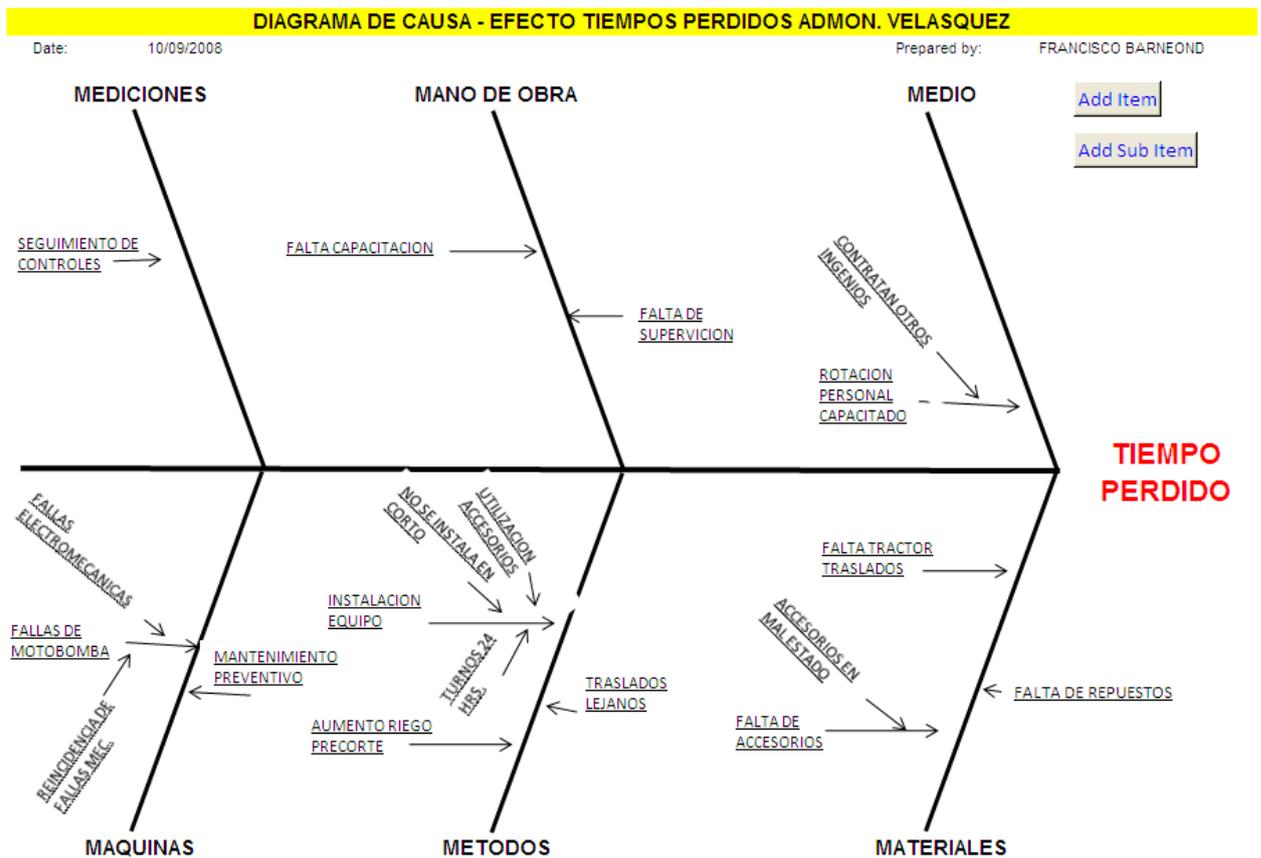


Figura 10. Diagrama de causa-efecto administración Velásquez.

El diagrama de causa-efecto para minimizar el tiempo perdido en la operación del riego aspersión cañón para la administración Velásquez, nos muestra una serie de factores que debemos mejorar para lograr el aumento de las horas trabajadas por día, para regar mas área por día.

De igual manera se detalla para cada administración su respectivo diagrama de causa-efecto orientado a minimizar el tiempo perdido en la operación de los equipos de riego aspersión cañón.

1.6.2.2 RESULTADOS ADMINISTRACIÓN BUGANVILIA.

1.6.2.2.1 ANALISIS FODA ADMINISTRACIÓN BUGANVILIA

El cuadro 3 muestra el análisis FODA, de la aspersión cañón para administración Buganvilia, realizado con las siguientes metas estratégicas: a) minimizar tiempos perdidos, b) mejorar la calidad del riego y c) disminuir el costo de operación.

Cuadro 3. Análisis FODA riego aspersión cañón administración Buganvilia.

META ESTRATEGICA	ANALISIS FODA PARA LA ADMINISTRACION BUGANVILIA			
	FACTORES INTERNOS		FACTORES EXTERNOS	
	FORTALEZAS	DEBILIDADES	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
MINIMIZAR TIEMPOS PERDIDOS EN LA OPERACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - LOGISTICA DE OPERACIÓN YA ESTABLECIDA - PERSONAL YA CONOCE LA OPERACIÓN - SUPERVISION YA ESTABLECIDA - EQUIPO PERMITE IMPROVISAR Y ADAPTAR EQUIPOS - ESTACIONES DE BOMBEO YA ESTABLECIDAS - APOYO DEL DEPTO. DE RIEGO - SISTEMA DE MAQUINARIA PARA EJERCER CONTROLES - CONTRATACION DE SUPERVISOR MECANICO 	<ul style="list-style-type: none"> - LOGISTICA DE INSTALACION - FALTA DE MAQUINARIA PARA TRASLADO - TIEMPO RESPUESTA DE TALLER A FALLAS - ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE - TUBERIA Y ACCESORIOS DETERIORADOS - FALTA DE ACCESORIOS EN BODEGA - FALTA DE TALLER DE RIEGOS EN LA ADMON. - FALTA DE EQUIPOS EN ZONA 2 - FALTA DE SUPERVISION NOCTURNA - MANTENIMIENTO DE FUENTES DE AGUA (NORIAS) - FALTA DE FUENTES DE AGUA 	<ul style="list-style-type: none"> - AUMENTAR EPIC. DE EQUIPOS - AUMENTAR AREA REGADA DIARIA - MINIMIZAR FRECUENCIA - AUMENTAR AREA FISICA BAJO RIEGO - MEJORAS EN SALARIOS 	<ul style="list-style-type: none"> - ROBO TUBERIA Y ACCESORIOS - ROTACION DE PERSONAL - SUB-UTILIZACION DEL RECURSO - BAJAS EN LA PRODUCCION
MEJORAR LA CALIDAD DEL RIEGO	<ul style="list-style-type: none"> - SUPERVISION YA ESTABLECIDA - INSTRUMENTOS PARA MEDIR PRECIONES 	<ul style="list-style-type: none"> - BOMBAS NO DESCARGAN CAUDAL REQUERIDO - TIEMPOS DE RIEGO NO DEFINIDOS PARA CADA FINCA POR TIPO DE SUELO - NO SE CUANTIFICA LAMINA APLICADA - NO SE CUMPLE CON LA FRECUENCIA - MALA DISTRIBUCION TUBERIA Y ACC. - FALTA DE FLUJOMETROS - BAJO COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD 	<ul style="list-style-type: none"> - DISMINUIR COSTO DE MILIMETRO APLICADO - MINIMIZAR ESTRÉS HIDRICO EN PLANTA. 	<ul style="list-style-type: none"> - MAYORES COSTOS DE OPERACIÓN - DISMINUCION DEL EFECTO DE RIEGO EN LA PRODUCCION
DISMINUIR COSTOS DE OPERACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - MODALIDAD DE PAGO - SISTEMAS DE CONTROL YA ESTABLECIDOS - ESTRUCTURA DE SUP. YA DEFINIDA - UTILIZACION DE TRACTORES ADECUADOS PARA REALIZAR TRASLADOS 	<ul style="list-style-type: none"> - UTILIZACION DE MANO DE OBRA EXTRA EN TRASLADOS E INSTALACION - ALTA DEMANDA DE HORAS TRACTOR PARA LA REALIZACION DE TRASLADOS - ALTO COSTO DE MANO DE OBRA INDIRECTA POR HECTAREA - HORAS DE MOTOBOMBA POR HECTAREA REGADA 	<ul style="list-style-type: none"> - MEJORAR RELACION COSTO-BENEFICIO DE LA PRACTICA 	<ul style="list-style-type: none"> - INCREMENTO EN PRECIOS DE LA TARIFA DE HORA DE MOTOBOMBA - INCREMENTO EN COSTO DE LA LA MANO DE OBRA - INCREMENTO EN LA TARIFA DE MAQUINA PARA TRASLADOS.

1.6.2.2.2 EQUIPOS DE ASPERSIÓN CAÑÓN ASIGNADOS ADMÓN. BUGANVILIA

El cuadro 4 presenta los equipos de aspersión cañón asignados a la administración Buganvilia.

Cuadro 4. Equipos asignados a la administración Buganvilia.

ADMINISTRACION BUGANVILIA		
ID	ID	TIPO
3265	3257	Modulo Aspersión
4309	3267	Modulo Aspersión
4310	3268	Modulo Aspersión
4311	3269	Modulo Aspersión
4313	3270	Modulo Aspersión
3227	3365	Modulo Aspersión
3228	4316	Modulo Aspersión
3237	4360	Modulo Aspersión
3238	4327	Modulo Aspersión
3246		Modulo Aspersión
TOTAL		19

1.6.2.2.3 TIEMPO PERDIDO DE LA OPERACIÓN ASPERSIÓN CAÑÓN ADMÓN. BUGANVILIA

Los datos de tiempo perdido se presentan en la figura 11, donde podemos observar la influencia de la falta de área, instalación de equipo y fallas de motobomba.

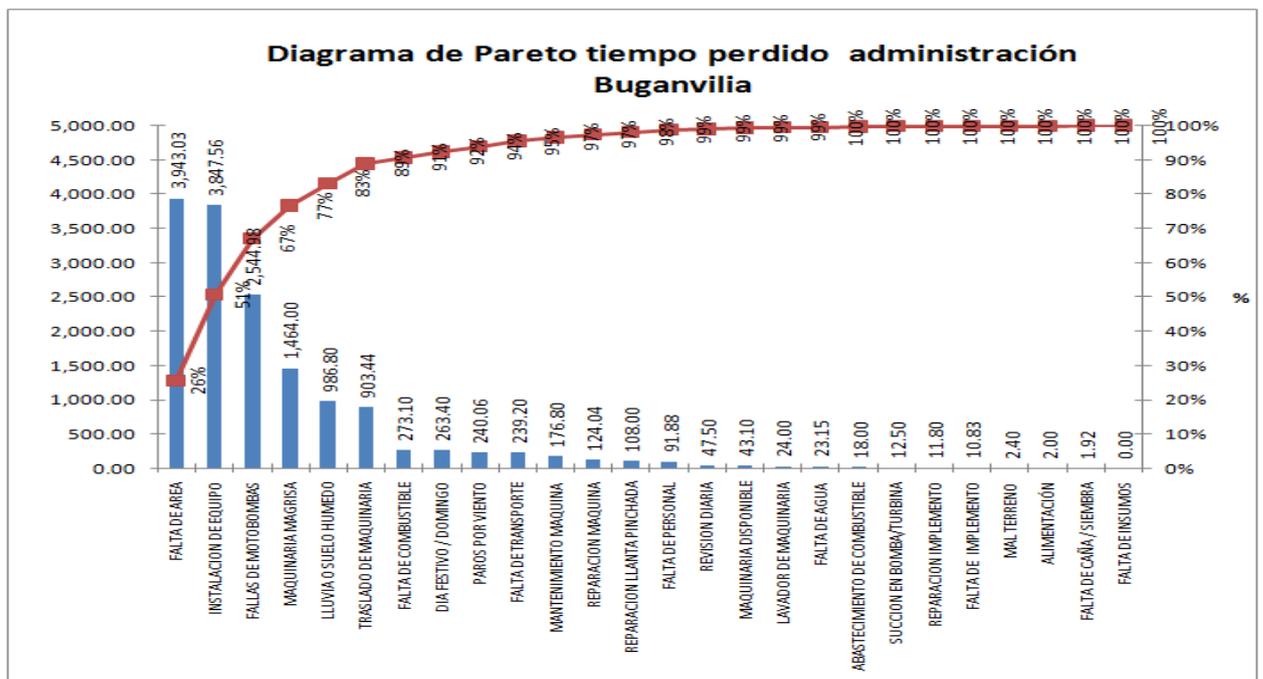


Figura 11. Diagrama de Pareto tiempo perdido administración Buganvilia

Por lo tanto es de suma importancia resolver estos problemas para poder mejorar la eficiencia del riego aspersión cañón en esta administración.

1.6.2.2.4 DIAGRAMA DE CAUSA-EFECTO TIEMPO PERDIDO, ADMINISTRACIÓN BUGANVILIA.

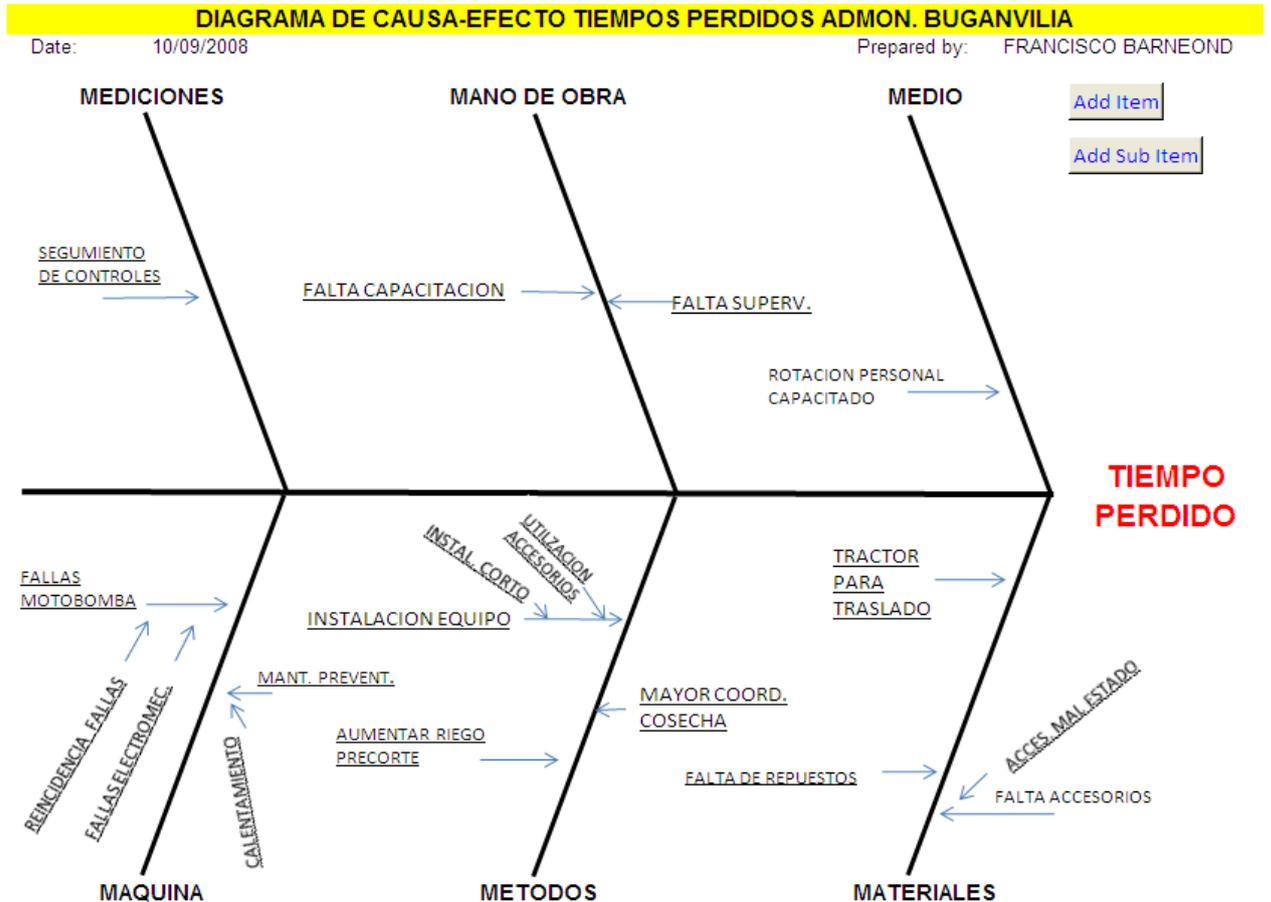


Figura 12. Diagrama de causa-efecto administración Buganvilia.

El diagrama de causa-efecto para minimizar el tiempo perdido en la operación del riego aspersión cañón para la administración Buganvilia, nos muestra una serie de puntos que debemos mejorar para lograr el aumento de las horas trabajadas por día, con la finalidad de aumentar el área regada diaria.

1.6.2.3 RESULTADOS ADMINISTRACIÓN SANTA MARÍA

1.6.2.3.1 ANALISIS FODA ADMINISTRACIÓN SANTA MARÍA

El cuadro 5 muestra el análisis FODA, de la aspersión cañón para administración Sta. María, realizado con las siguientes metas estratégicas: a) minimizar tiempos perdidos, b) mejorar la calidad del riego y c) disminuir el costo de operación.

Cuadro 5. Análisis FODA riego aspersión cañón administración Sta. María.

META ESTRATEGICA	ANALISIS FODA PARA LA ADMINISTRACION SANTA MARIA			
	FACTORES INTERNOS		FACTORES EXTERNOS	
	FORTALEZAS	DEBILIDADES	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
MINIMIZAR TIEMPOS PERDIDOS EN LA OPERACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - EL PERSONAL YA CONOCE EQUIPOS - BLOQUES DE RIEGO DEFINIDOS - LOGISTICA DE SUPERVISION YA ESTABLECIDA - FINCAS YA BLOQUEADAS - OPERADORES CAPACITADOS - TURNOS DE 12 HORAS - EQUIPOS PERMITE IMPROVISAR Y ADAPTAR - APOYO DEL DEPTO. DE RIEGO - SISTEMA DE MAQUINARIA PARA EJERCER CONTROLES - CONTRATACION DE SUPERVISOR MECANICO 	<ul style="list-style-type: none"> - LOGISTICA DE INSTALACION - ALGUNAS BOMBAS CON FALTA DE EQUIPO - FALTA DE CAPACITACION A REGADORES - FALTA DE TRACTOR PARA LABOR RIEGOS - REINCIDENCIA DE FALLAS MECANICAS - INEFICIENTE ABASTECIMIENTO DE DIESEL - POCO MANTENIMIENTO CENTRIFUGAS - FALTA 1 PORTATUBOS - MEJORAR LA INFO. QUE LLEGA AL SIST. EN CUANTO HORAS PERDIDAS. - REINCIDENCIA DE FALLAS ELECTROMEC. - FALTA SOLDADOR DE ALUMINIO EN TALLER PERIFERICO - DISPONIBILIDAD FUENTES DE AGUA - Poca cant. AREA COSECHADA EN NOV. Y DIC. - FACILITARLE EL PAGO AL PERSONAL - FALTA APOYO AL SUP. MEC. POR PARTE TALLER MAGRISA 	<ul style="list-style-type: none"> - AUMERTAR EFIC. DE EQUIPOS - AUMENTAR AREA REGADA DIARIA - MINIMIZAR FRECUENCIA - AUMENTAR AREA FISICA BAJO RIEGO - MEJORAS EN LOS SALARIOS DE REGADORES 	<ul style="list-style-type: none"> - ROBO TUBERIA Y ACCESORIOS - ROTACION DE PERSONAL - SUB-UTILIZACION DEL RECURSO - BAJAS EN LA PRODUCCION
MEJORAR LA CALIDAD DEL RIEGO	<ul style="list-style-type: none"> - SUPERVISION YA ESTABLECIDA - INSTRUMENTOS PARA MEDIR PRECISIONES 	<ul style="list-style-type: none"> - BOMBAS NO DESCARGAN CAUDAL REQ. - MALA DISTRIBUCION TUBERIA Y ACC. - UBICACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA EN EL BLOQUE A REGAR - NO CUANTIFICAMOS LAMINIA APLICADA - NO SE PROG. RIEGO POR BALANCE HIDRICO - PRESENCIA DE FUGAS EN TUBERIA - FALTA DE FLUJOMETROS - FALTA DE REP. CLAVES EN STOCK - NO SE CUMPLE CON LA FRECUENCIA - COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD BAJO 	<ul style="list-style-type: none"> - DISMINUIR COSTO DE MILIMETRO APLICADO - MINIMIZAR ESTRÉS HIDRICO EN PLANTA. 	<ul style="list-style-type: none"> - MAYORES COSTOS DE OPERACIÓN - DISMINUCION DEL EFECTO DE RIEGO EN LA PRODUCCION
DISMINUIR COSTOS DE OPERACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - MODALIDAD DE PAGO - SISTEMAS DE CONTROL YA ESTABLECIDOS - ESTRUCTURA DE SUP. YA DEFINIDA - BAJOS COSTOS DE MANO DE OBRA INDIRECTA POR HECTAREA - BUEN MANEJO DE HORAS DE MOTOBOMBA POR HECTAREA 	<ul style="list-style-type: none"> - UTILIZACION DE MANO DE OBRA EXTRA EN TRASLADOS E INSTALACION - UTILIZACION DE TRACTORES DE MAYOR HP, PARA TRASLADOS 	<ul style="list-style-type: none"> - MEJORAR RELACION COSTO-BENEFICIO 	<ul style="list-style-type: none"> - INCREMENTO EN PRECIOS DEL COMBUSTIBLE - INCREMENTO EN COSTO DE LA LA MANO DE OBRA

1.6.2.3.2 EQUIPOS DE ASPERSIÓN CAÑÓN ASIGNADOS ADMÓN. STA. MARIA

El cuadro 6 presenta los equipos de aspersión cañón asignados a la administración Sta. María.

Cuadro 6. Equipos asignados a la administración Sta. María.

ADMINISTRACION SANTA MARIA		
ID	ID	TIPO
3232	3280	Modulo Aspersión
3254	3281	Modulo Aspersión
3266	3282	Modulo Aspersión
3272	3283	Modulo Aspersión
3275	3284	Modulo Aspersión
3276	3285	Modulo Aspersión
3277	3287	Modulo Aspersión
3278	3288	Modulo Aspersión
3279	4319	Modulo Aspersión
TOTAL		18

1.6.2.3.3 TIEMPO PERDIDO POR MOTIVO ADMINISTRACIÓN SANTA MARIA

El tiempo perdido en la operación de riego aspersión cañón para la admón. Sta. María está compuesto principalmente por los motivos, instalación de equipo y reparación de máquina, por lo que cualquier mejora en estos contratiempos mejorara la operación considerablemente.

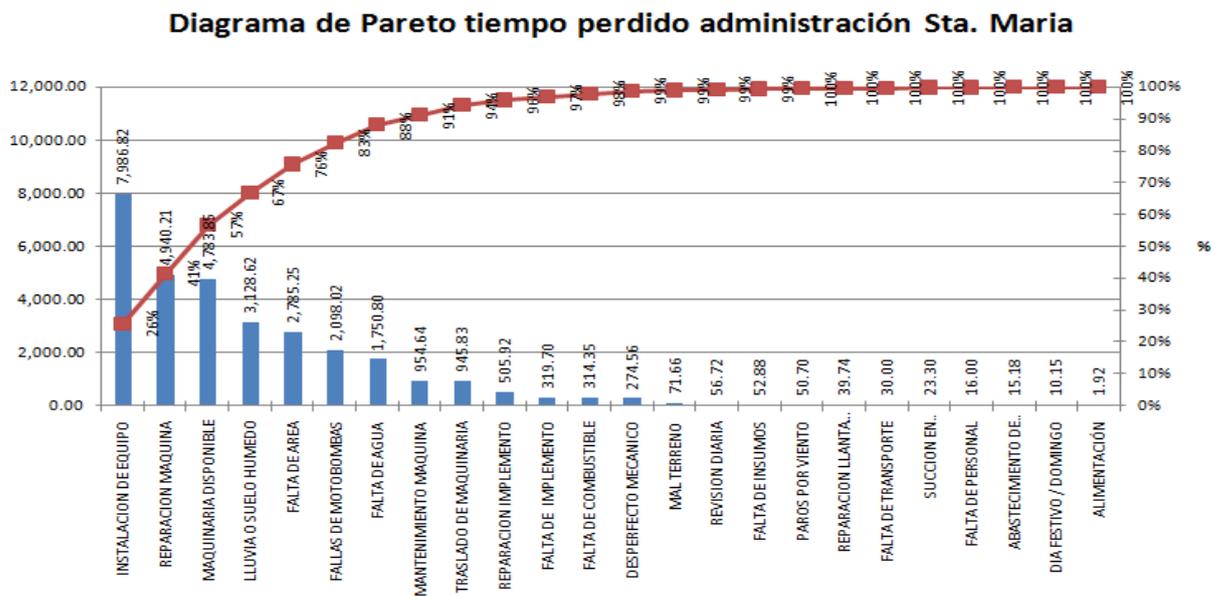


Figura 13. Diagrama de Pareto tiempo perdido administración Sta. María.

1.6.2.3.4 DIAGRAMA DE CAUSA-EFECTO TIEMPO PERDIDO ADMÓN. STA. MARIA

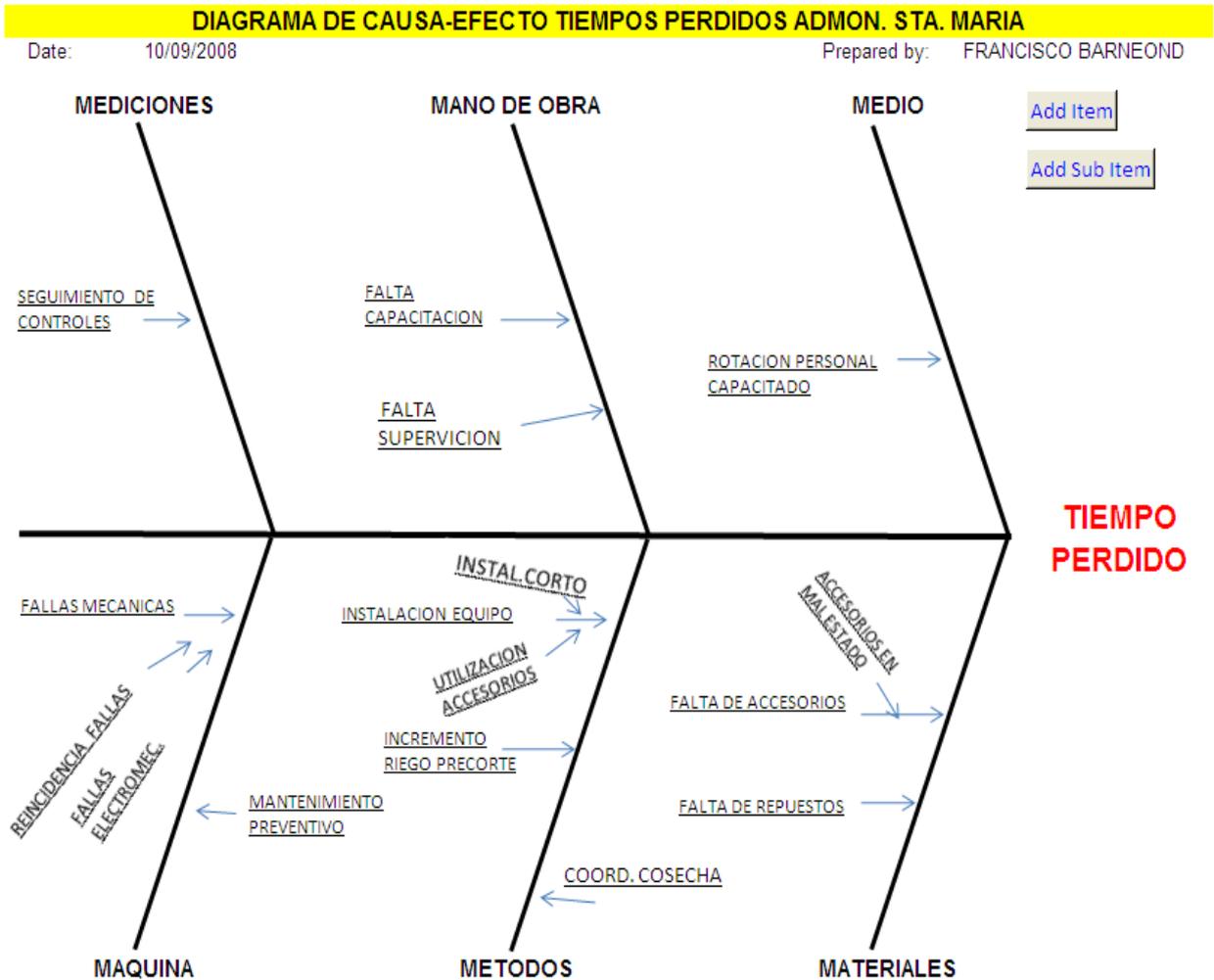


Figura 14. Diagrama de causa-efecto administración Sta. María.

El diagrama de causa-efecto para minimizar el tiempo perdido en la operación del riego aspersión cañón para la administración Sta. María, nos muestra los aspectos que debemos mejorar para lograr el aumento de las horas trabajadas por día, con la finalidad de aumentar el área regada diaria.

1.6.2.4 RESULTADOS ADMINISTRACIÓN CHIQUIMULILLA

1.6.2.4.1 ANALISIS FODA ADMINISTRACIÓN CHIQUIMULILLA

Los resultados del análisis FODA de la administración Chiquimulilla se presentan en el cuadro 7, realizado con las siguientes metas estratégicas: a) minimizar tiempos perdidos, b) mejorar la calidad del riego y c) disminuir el costo de operación.

Cuadro 7. Análisis FODA riego aspersión cañón administración Chiquimulilla.

META ESTRATEGICA	ANALISIS FODA PARA LA ADMINISTRACION CHIQUIMULILLA			
	FACTORES INTERNOS		FACTORES EXTERNOS	
	FORTALEZAS	DEBILIDADES	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
MINIMIZAR TIEMPOS PERDIDOS EN LA OPERACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - ABUNDANTES FUENTES DE AGUA - EQUIPOS NUEVOS - BLOQUES DE RIEGO YA DEFINIDOS - YA EXISTE UNA LOGISTICA DE OPERACIÓN - 2 TRACTORES PARA TRASLADOS - CONTRATACION DE SUPERVISOR MECANICO - APOYO DEL DEPTO. DE RIEGO - SISTEMA DE MAQUINARIA PARA EJERCER CONTROLES 	<ul style="list-style-type: none"> - LOGISTICA DE INSTALACION DE EQUIPO - PERSONAL POCO CAPACITADO - TURNOS DE 24 HORAS - MOTOBOMBAS NO TIENEN JALADOR - ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE - FALTA DE PORTATUBOS - NO HAY SOLDADOR DE ALUMINIO EN EL TALLER PERIFERICO - VEHICULO PARA SUPERVISOR MECANICO - COMUNICACIÓN REMOTA CON OPERADOR - RESPUESTA DE TALLER A FALLAS MECANICAS - RESPUESTA DE ASISTENCIA ELECTRO-MECANICA 	<ul style="list-style-type: none"> - AUMERTAR EFIC. DE EQUIPOS - AUMENTAR AREA REGADA DIARIA - MINIMIZAR FRECUENCIA - AUMENTAR AREA FISICA BAJO RIEGO - MEJORAS EN SALARIOS 	<ul style="list-style-type: none"> - ROBO TUBERIA Y ACCESORIOS - ROTACION DE PERSONAL - SUB-UTILIZACION DEL RECURSO - BAJAS EN LA PRODUCCION
MEJORAR LA CALIDAD DEL RIEGO	<ul style="list-style-type: none"> - SUPERVISION YA ESTABLECIDA - INSTRUMENTOS PARA MEDIR PRECISIONES 	<ul style="list-style-type: none"> - BOMBAS NO DESCARGAN CAUDAL REQUERIDO - MALA DISTRIBUCION TUBERIA Y ACC. - TIEMPOS DE RIEGO NO DEFINIDOS PARA CADA FINCA POR TIPO DE SUELO - FINCA POR TIPO DE SUELO - NO SE CUMPLE CON LA FRECUENCIA - NO SE CUANTIFICA LAMINA APLICADA - COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD BAJO - FALTA DE FLUJOMETROS 	<ul style="list-style-type: none"> - DISMINUIR COSTO DE MILIMETRO APLICADO - MINIMIZAR ESTRÉS HIDRICO EN PLANTA. 	<ul style="list-style-type: none"> - MAYORES COSTOS DE OPERACIÓN - DISMINUCION DEL EFECTO DE RIEGO EN LA PRODUCCION
DISMINUIR COSTOS DE OPERACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - MODALIDAD DE PAGO - SISTEMAS DE CONTROL YA ESTABLECIDOS - ESTRUCTURA DE SUP. YA DEFINIDA - UTILIZACION DE TRACTORES ADECUADOS PARA REALIZAR TRASLADOS 	<ul style="list-style-type: none"> - UTILIZACION DE MANO DE OBRA EXTRA EN TRASLADOS E INSTALACION - ALTA DEMANDA DE HORAS TRACTOR PARA LA REALIZACION DE TRASLADOS - ALTO COSTO DE MANO DE OBRA INDIRECTA - MUCHAS HORAS DE MOTOBOMBA PARA REGAR UNA HECTAREA 	<ul style="list-style-type: none"> - MEJORAR RELACION COSTO-BENEFICIO DE LA PRACTICA 	<ul style="list-style-type: none"> - INCREMENTO EN PRECIOS DE LA TARIFA DE HORA DE MOTOBOMBA - INCREMENTO EN COSTO DE LA LA MANO DE OBRA - INCREMENTO EN LA TARIFA DE MAQUINA PARA TRASLADOS.

1.6.2.4.2 EQUIPOS DE ASPERSIÓN CON CAÑÓN ADMÓN. CHIQUIMULILLA

El cuadro 8 presenta los equipos de aspersión cañón asignados a la administración Chiquimulilla.

Cuadro 8. Equipos asignados a la administración Chiquimulilla.

ADMINISTRACION CHIQUIMULILLA	
ID	TIPO
4355	Modulo Aspersión
4364	Modulo Aspersión
4368	Modulo Aspersión
4371	Modulo Aspersión
4372	Modulo Aspersión
4373	Modulo Aspersión
4374	Modulo Aspersión
4378	Modulo Aspersión
4381	Modulo Aspersión
TOTAL	9

1.6.2.4.3 TIEMPO PERDIDO OPERACIÓN ASPERSIÓN CAÑÓN ADMÓN. CHIQUIMULILLA

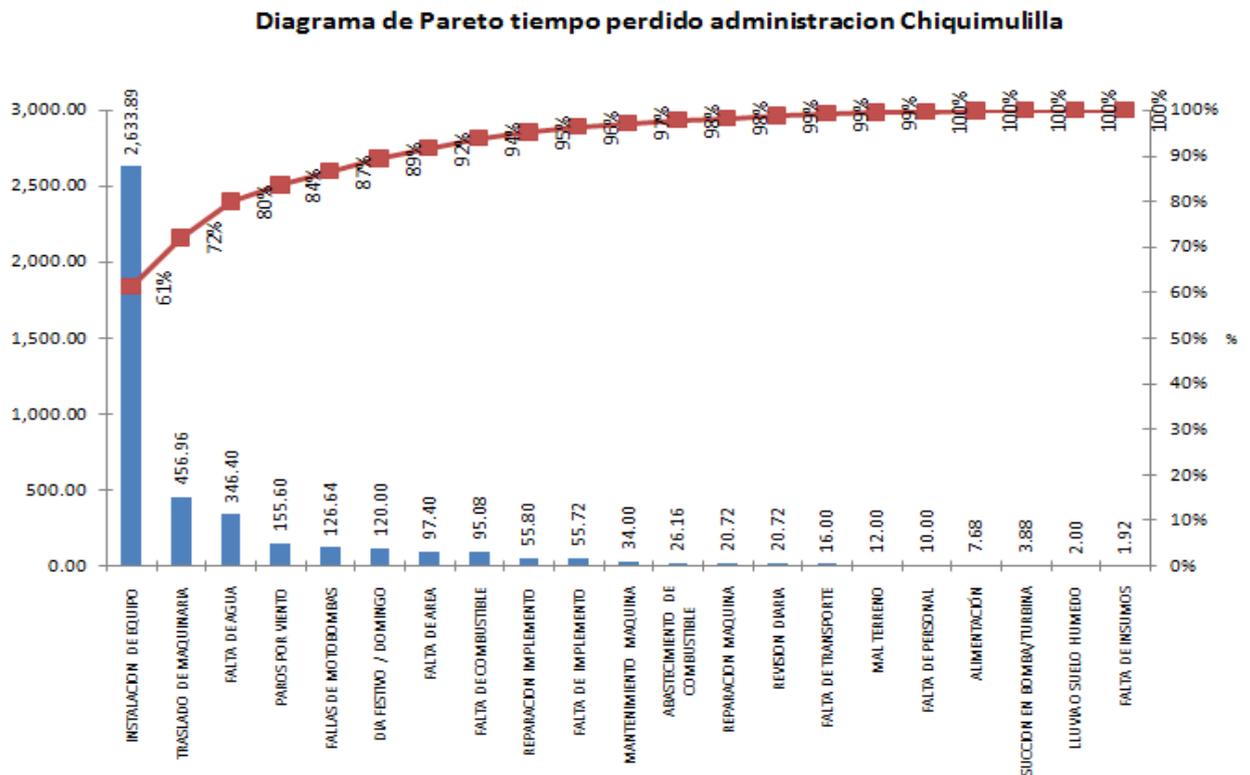


Figura 15. Diagrama de Pareto tiempo perdido administración Chiquimulilla.

Los motivos de tiempo perdido que mayor influencia tienen en la operación de la aspersión cañón en administración Chiquimulilla son instalación de equipo y traslado de máquina, por lo que para mejorar la eficiencia de dichos equipos debemos enfocarnos en estos dos motivos de tiempo perdido.

1.6.2.4.4 DIAGRAMA DE CAUSA-EFECTO TIEMPO PERDIDO ADMÓN. CHIQUIMULILLA.

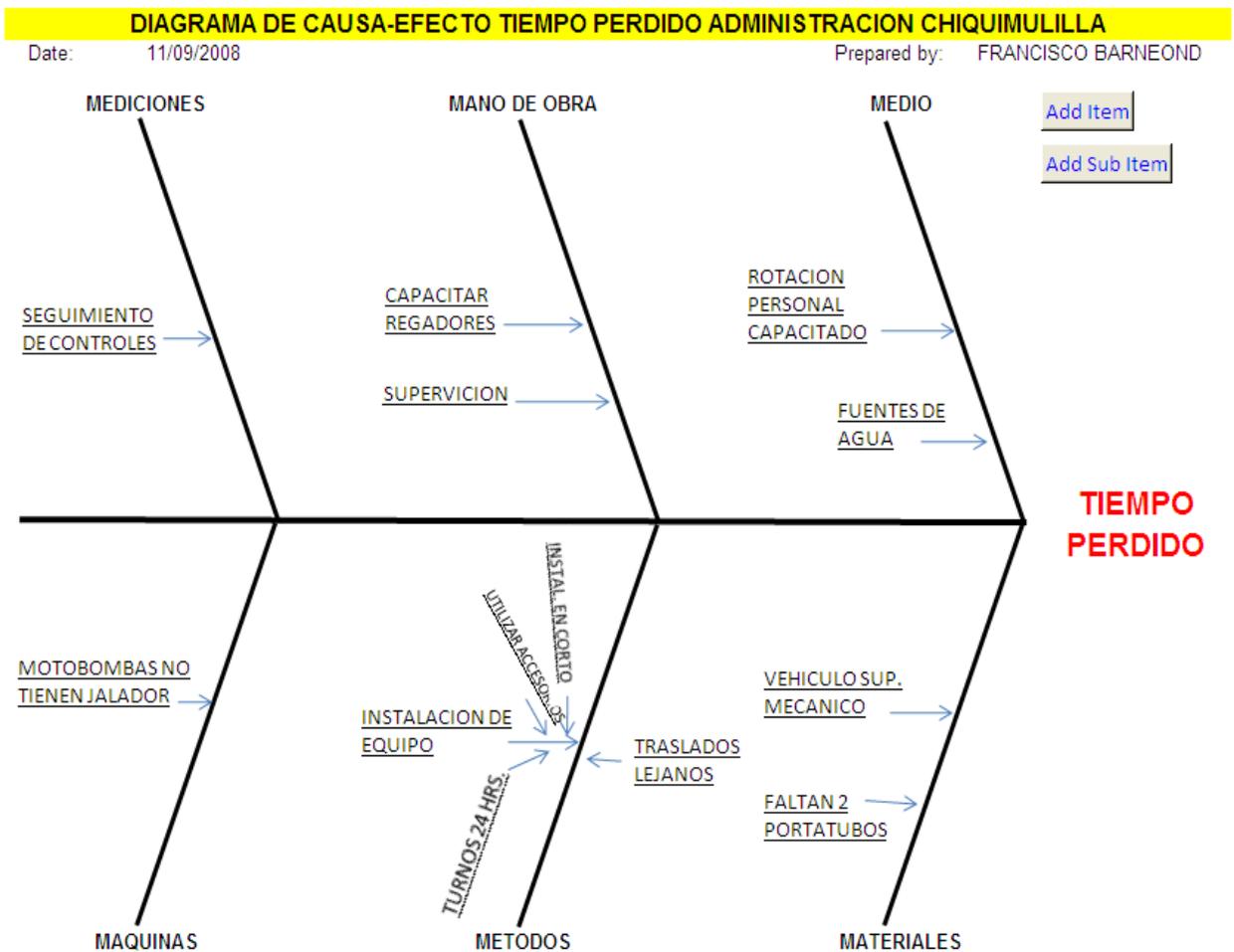


Figura 16. Diagrama de causa-efecto administración Chiquimulilla.

El diagrama de causa-efecto para minimizar el tiempo perdido en la operación del riego aspersión cañón para la administración Chiquimulilla, nos muestra los aspectos que debemos mejorar para lograr el aumento de las horas trabajadas por día, con la finalidad de aumentar el área regada diaria.

1.6.2.5 RESULTADOS ADMINISTRACIÓN AGROPESA

1.6.2.5.1 ANALISIS FODA ADMINISTRACIÓN AGROPESA

Los resultados del análisis FODA de la administración Agropesa se presentan en el cuadro 9 realizado con las siguientes metas estratégicas: a) minimizar tiempos perdidos, b) mejorar la calidad del riego y c) disminuir el costo de operación.

Cuadro 9. Análisis FODA riego aspersión cañón administración Agropesa.

META ESTRATEGICA	ANALISIS FODA PARA LA ADMINISTRACION AGROPESA			
	FACTORES INTERNOS		FACTORES EXTERNOS	
	FORTALEZAS	DEBILIDADES	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
MINIMIZAR TIEMPOS PERDIDOS EN LA OPERACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - TUBERIA Y ACCESORIOS EN BUENAS CONDICIONES - LOGISTICA DE OPERACIÓN YA ESTABLECIDA - BLOQUES DE RIEGO YA DEFINIDOS - PERSONAL YA CONOCE EL EQUIPO - SE MANTIENE EL PERSONAL EN TIEMPO INVIERNO - MAYORDOMOS Y SUPERVISORES TIENEN EXPERIENCIA EN LA PRACTICA - TALLER PERIFERICO CON BUEN FUNCIONAMIENTO - LOGISTICA DE SUPERVION YA ESTABLECIDA. - EQUIPO PERMITE IMPROVISAR Y ADAPTAR - APOYO DEL DEPTO. DE RIEGO - CONTRATACION DE SUPERVISOR MECANICO - SISTEMA DE MAQUINARIA PARA EJERCER CONTROLES 	<ul style="list-style-type: none"> - LOGISTICA DE INSTALACION - FUENTES DE AGUA - MANTENIMIENTO DE FUENTES (NORIAS) - TIEMPO RESPUESTA DE TALLER A FALLAS - REPOSICION DEL EQUIPO EXTRAVIADO O DETERIORADO - REINCIDENCIA DE FALLAS MECANICAS - FALTAN 2 PORTATUBOS - FALTA DE MAQUINARIA PARA TRASLADOS - CAPACITACION A REGADORES - POCO PERSONAL DE SUPERVION - DIGITACION DE DATOS AL SISTEMA - FALTA DE MATERIALES PARA REPARACIONES EN TALLER PERIFERICO - TARDANZA EN MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LAS MOTOBOMBAS. - SE OPERA CON TURNOS DE 24 HORAS 	<ul style="list-style-type: none"> - AUMENTAR EFIC. DE EQUIPOS - AUMENTAR AREA REGADA DIARIA - MINIMIZAR FRECUENCIA - AUMENTAR AREA FISICA BAJO RIEGO - MEJORAS EN SALARIOS 	<ul style="list-style-type: none"> - ROBOTUBERIA Y ACCESORIOS - ROTACION DE PERSONAL - SUB-UTILIZACION DEL RECURSO - BAJAS EN LA PRODUCCION
MEJORAR LA CALIDAD DEL RIEGO	<ul style="list-style-type: none"> - SUPERVION YA ESTABLECIDA - INSTRUMENTOS PARA MEDIR PRECIONES 	<ul style="list-style-type: none"> - BOMBAS NO DESCARGAN CAUDAL REQUERIDO - NO SE CUANTIFICA LAMINA APLICADA - NINGUN REPORTE DE PRESIONES DE OPERACIÓN - NO SE CUMPLE CON LA FRECUENCIA - MALA DISTRIBUCION TUBERIA Y ACC. - COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD BAJO - FALTA DE FLUJOMETROS 	<ul style="list-style-type: none"> - DISMINUIR COSTO DE MILIMETRO APLICADO - MINIMIZAR ESTRÉS HIDRICO EN PLANTA. 	<ul style="list-style-type: none"> - MAYORES COSTOS DE OPERACIÓN - DISMINUCION DEL EFECTO DE RIEGO EN LA PRODUCCION
DISMINUIR COSTOS DE OPERACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - MODALIDAD DE PAGO - SISTEMAS DE CONTROL YA ESTABLECIDOS - ESTRUCTURA DE SUP. YA DEFINIDA - BUEN MANEJO DE HORAS DE MOTOBOMBA POR HECTAREA 	<ul style="list-style-type: none"> - UTILIZACION DE MANO DE OBRA EXTRA EN TRASLADOS E INSTALACION - ALTA DEMANDA DE HORAS TRACTOR PARA LA REALIZACION DE TRASLADOS - ALTO COSTO DE MANO DE OBRA INDIRECTA POR HECTAREA - UTILIZACION DE TRACTORES DE MAYOR HP, PARA TRASLADOS 	<ul style="list-style-type: none"> - MEJORAR RELACION COSTO-BENEFICIO DE LA PRACTICA 	<ul style="list-style-type: none"> - INCREMENTO EN PRECIOS DE LA TARIFA DE HORA DE MOTOBOMBA - INCREMENTO EN COSTO DE LA LA MANO DE OBRA - INCREMENTO EN LA TARIFA DE MAQUINA PARA TRASLADOS.

1.6.2.5.2 EQUIPOS DE ASPERSIÓN CAÑÓN ADMINISTRACIÓN AGROPESA

El cuadro 10 presenta los equipos de aspersión cañón asignados a la administración Agropesa.

Cuadro 10. Equipos asignados a la administración Agropesa.

ADMINISTRACION AGROPESA		
ID	ID	TIPO
3231	4351	Modulo Aspersión
3221	4353	Modulo Aspersión
3255	4354	Modulo Aspersión
3263	4356	Modulo Aspersión
3264	4357	Modulo Aspersión
3298	4358	Modulo Aspersión
3299	4359	Modulo Aspersión
4301	4361	Modulo Aspersión
4302	4362	Modulo Aspersión
4303	4363	Modulo Aspersión
4304		Modulo Aspersión
4305		Modulo Aspersión
4306		Modulo Aspersión
4307		Modulo Aspersión
4308		Modulo Aspersión
TOTAL		25

1.6.2.5.3 TIEMPO PERDIDO OPERACIÓN ASPERSIÓN CAÑÓN ADMÓN. AGROPESA

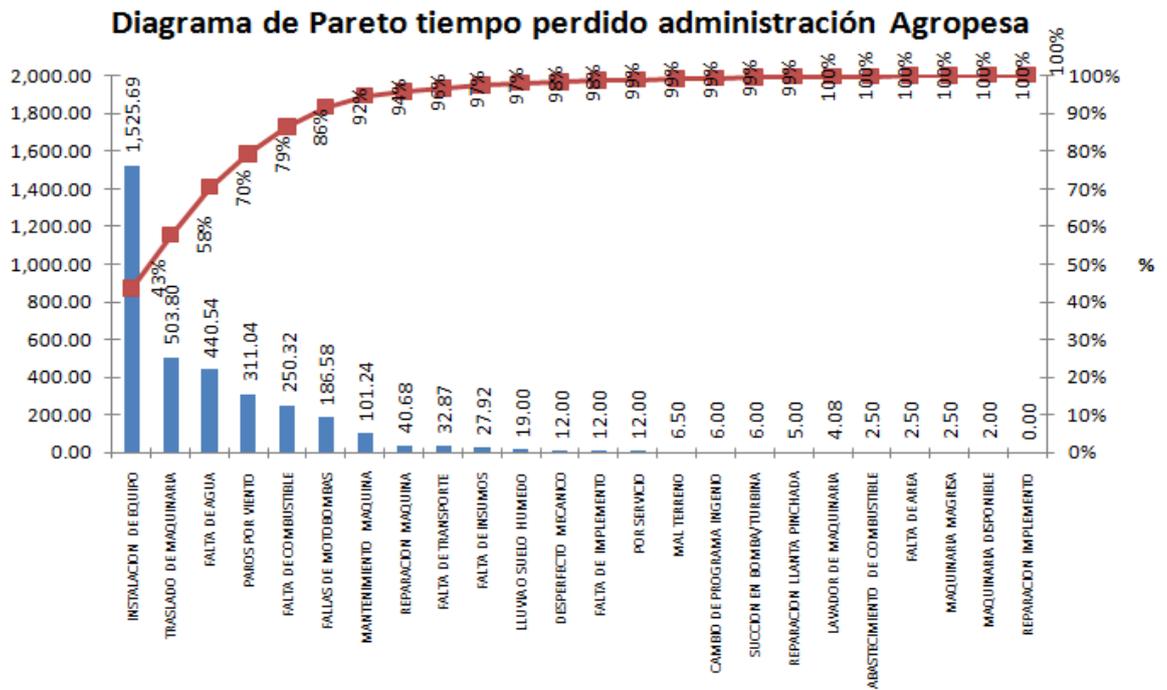


Figura 17. Diagrama de Pareto tiempo perdido administración Agropesa.

Como se puede observar en la figura 17, los motivo instalación de equipo y traslado de maquinaria son los que mayor influencia tienen en la ineficiencia de los equipos de riego aspersión cañón en la administración Agropesa.

1.6.2.5.4 DIAGRAMA DE CAUSA-EFECTO TIEMPOS PERDIDOS ADMÓN. AGROPESA

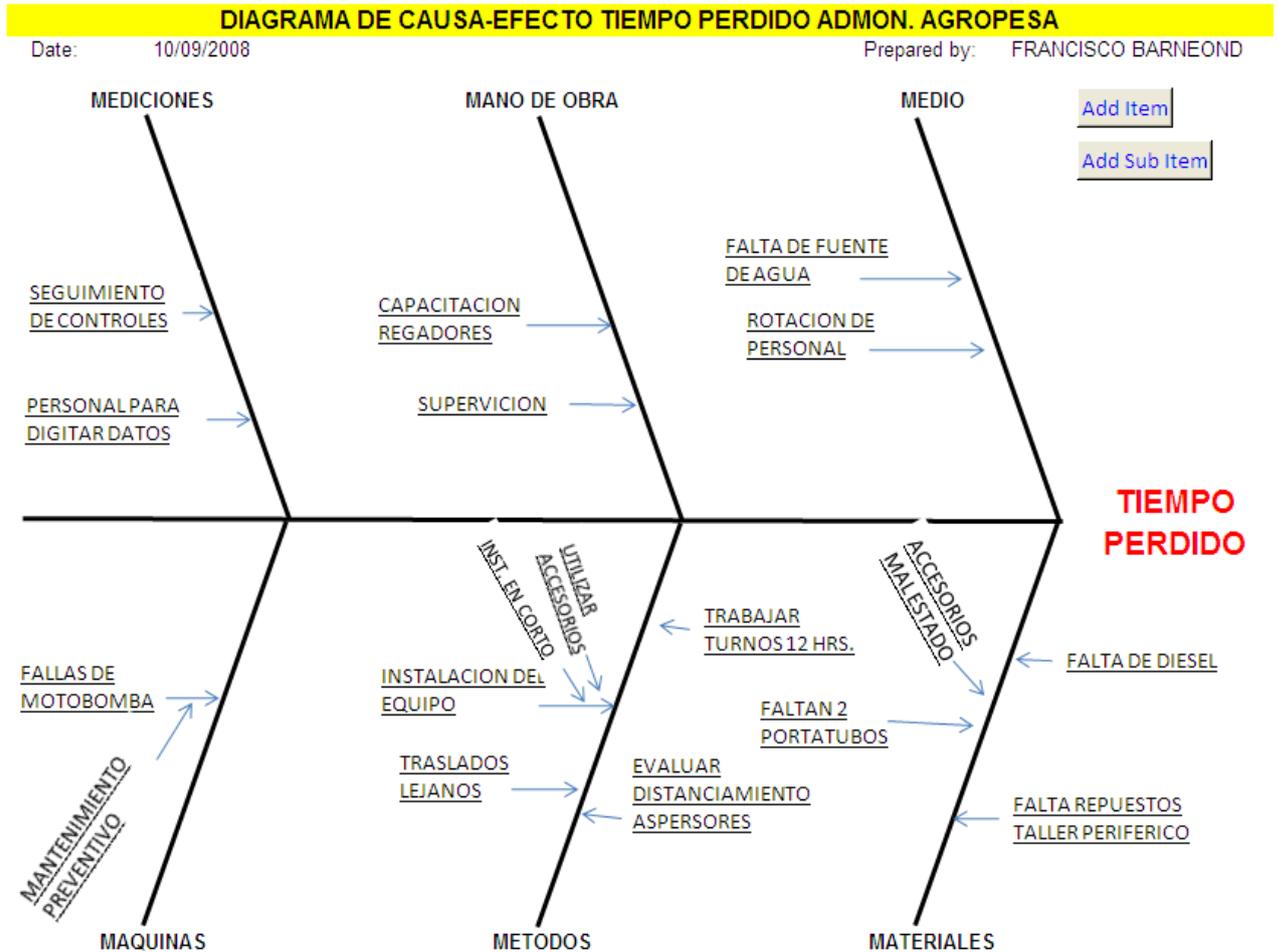


Figura 18. Diagrama de causa-efecto administración Agropesa.

El diagrama de causa-efecto para minimizar el tiempo perdido en la operación del riego aspersión cañón para la administración Agropesa, nos muestra los aspectos que debemos mejorar para lograr el aumento de las horas trabajadas por día, con la finalidad de aumentar el área regada diaria.

1.6.2.6 RESULTADOS ADMINISTRACIÓN BARRANQUILLA

1.6.2.6.1 ANALISIS FODA ADMINISTRACIÓN BARRANQUILLA

Los resultados del análisis FODA de la administración Barranquilla se presentan en el cuadro 11, realizado con las siguientes metas estratégicas: a) minimizar tiempos perdidos, b) mejorar la calidad del riego y c) disminuir el costo de operación.

Cuadro 11. Análisis FODA aspersión cañón administración Barranquilla.

META ESTRATEGICA	ANALISIS FODA PARA LA ADMINISTRACION BARRANQUILLA			
	FACTORES INTERNOS		FACTORES EXTERNOS	
	FORTALEZAS	DEBILIDADES	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
MINIMIZAR TIEMPOS PERDIDOS EN LA OPERACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - BLOQUES DE RIEGO DEFINIDOS - PERSONAL YA CONOCE LOS COMPONENTES DEL SIST. - ABUNDANTES FUENTES DE AGUA - EQUIPOS PERMITE IMPROVISAR Y ADAPTAR - APOYO DEL DEPTO. DE RIEGO - SISTEMA DE MAQUINARIA PARA EJERCER CONTROLES - CONTRATACION DE SUPERVISOR MECANICO 	<ul style="list-style-type: none"> - LOGISTICA DE INSTALACION DE EQUIPO - EQUIPO Y ACC. DETERIORADOS - FALTA DE MAQUINARIA PARA TRASLADOS - REINCIDENCIA DE FALLAS MECANICAS. - TALLER PERIFERICO MUY CARGADO - FALTA DE UNIDADES DE FULEO Y MANTENIMIENTO - POCO MANTENIMIENTO DE BOMBAS CENTRIFUGAS - FALTAN 3 PORTATUBOS - TURNOS DE 24 HORAS - FACILITARLE EL PAGO AL PERSONAL 	<ul style="list-style-type: none"> - AUMENTAR EL AREA REGADA DIARIA - DISMINUIR FRECUENCIAS DE RIEGO - CUBRIR MAYOR AREA FISICA POR EQUIPO - MEJORAS EN LOS INGRESOS DEL REGADOR 	<ul style="list-style-type: none"> - ROBO DE TUBERIA Y ACC. - ROTACION DE PERSONAL - SUB-UTILIZACION DEL RECURSO
MEJORAR LA CALIDAD DEL RIEGO	<ul style="list-style-type: none"> - SUPERVISION YA ESTABLECIDA - INSTRUMENTOS PARA VERIFICAR PRESIONES DE OPERACIÓN 	<ul style="list-style-type: none"> - BOMBAS NO DESCARGAN CAUDAL REQUERIDO - MALA DISTRIBUCION DE TUBERIA Y ACCESORIOS - UBICACIÓN DE LA FUENTE DE AGUA EN EL BLOQUE A REGAR - NO SE CUANTIFICA LAMINA APLICADA - FALTA DE FLUJOMETROS - COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD BAJO - ALGUNOS ASPERSORES EN EN MAL ESTADO - NO SE CUMPLE CON LA FRECUENCIA 	<ul style="list-style-type: none"> - MINIMIZAR LA PROBABILIDAD DE SOMETER LA PLANTACION A ESTRÉS HIDRICO - DISMINUIR EL COSTO POR MILIMETRO APLICADO 	<ul style="list-style-type: none"> - MAYORES COSTOS DE OPERACIÓN - DISMINUCION DEL EFECTO DEL RIEGO EN LA PRODUCCION.
DISMINUIR COSTOS DE OPERACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - MODALIDAD DE PAGO - SISTEMAS DE CONTROL YA ESTABLECIDOS - SUPERVISION YA ESTABLECIDA 	<ul style="list-style-type: none"> - UTILIZACION DE MANO DE OBRA EXTRA PARA LA REALIZACION DE INSTALACIONES Y TRASLADOS - LOGISTICA DE TRASLADOS DE EQUIPO DE RIEGO - ALTO COSTO DE MANO DE OBRA - UTILIZACION DE TRACTORES DE MAYOR HP, PARA TRASLADOS INDIRECTA POR HECTAREA - HORAS DE MOTOBOMBA POR HECTAREA REGADA 	<ul style="list-style-type: none"> - MEJORAR LA RELACION COSTO- BENEFICIO 	<ul style="list-style-type: none"> - INCREMENTO EN PRECIOS DEL COMBUSTIBLE - INCREMENTO EN COSTO DE LA LA MANO DE OBRA

1.6.2.6.2. EQUIPOS DE ASPERSIÓN CAÑÓN ADMINISTRACIÓN BARRANQUILLA

El cuadro 12 presenta los equipos de aspersión cañón asignados a la administración Barranquilla.

Cuadro 12. Equipos asignados a la administración Barranquilla.

ADMINISTRACION BARRANQUILLA	
ID	TIPO
3215	Modulo Aspersión
3220	Modulo Aspersión
3229	Modulo Aspersión
3223	Modulo Aspersión
3224	Modulo Aspersión
3234	Modulo Aspersión
3273	Modulo Aspersión
4386	Modulo Aspersión
4387	Modulo Aspersión
4388	Modulo Aspersión
TOTAL	10

1.6.2.6.3 TIEMPO PERDIDO OPERACIÓN ASPERSIÓN CAÑÓN ADMÓN. BARRANQUILLA.

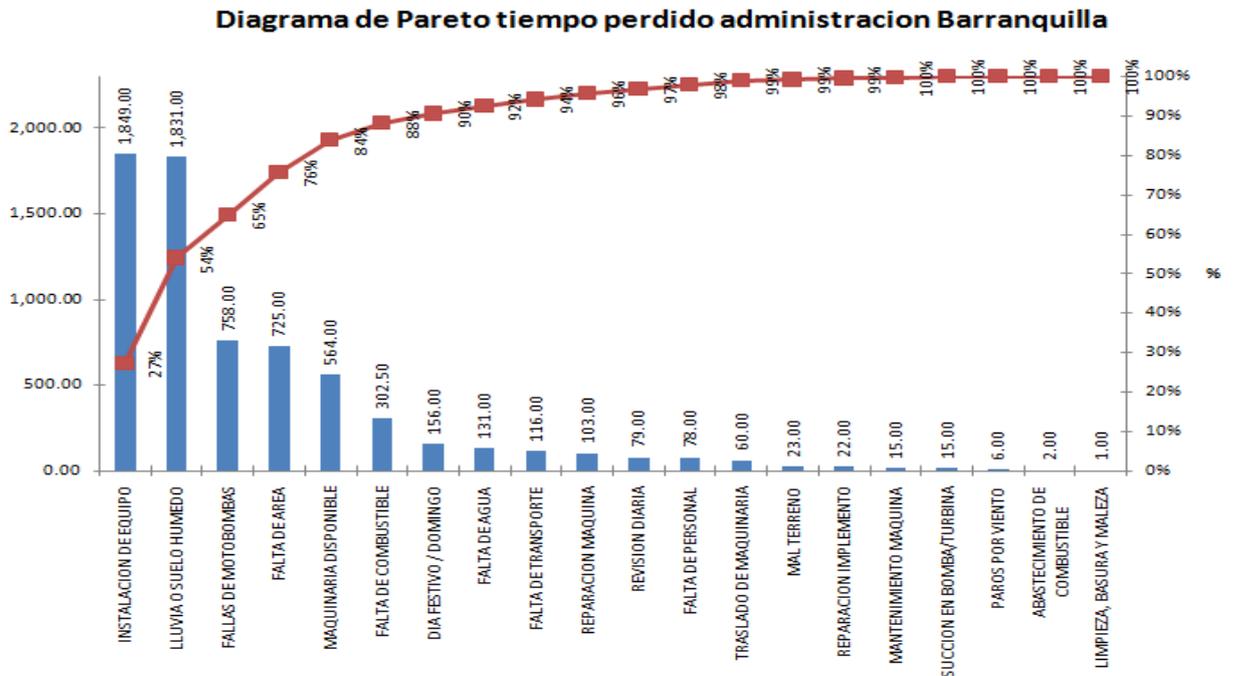


Figura 19. Diagrama de Pareto tiempo perdido administración Barranquilla.

La figura 19, nos muestra de manera gráfica el tiempo perdido por motivo y su participación en el tiempo perdido total en la operación del riego aspersión de la admón. Barranquilla, además de indicarnos cuales son los motivos de tiempo perdido que debemos minimizar para poder mejorar la eficiencia de estos equipos de riego.

1.6.2.6.4 DIAGRAMA DE CAUSA-EFECTO TIEMPO PERDIDO ADMÓN. BARRANQUILLA.

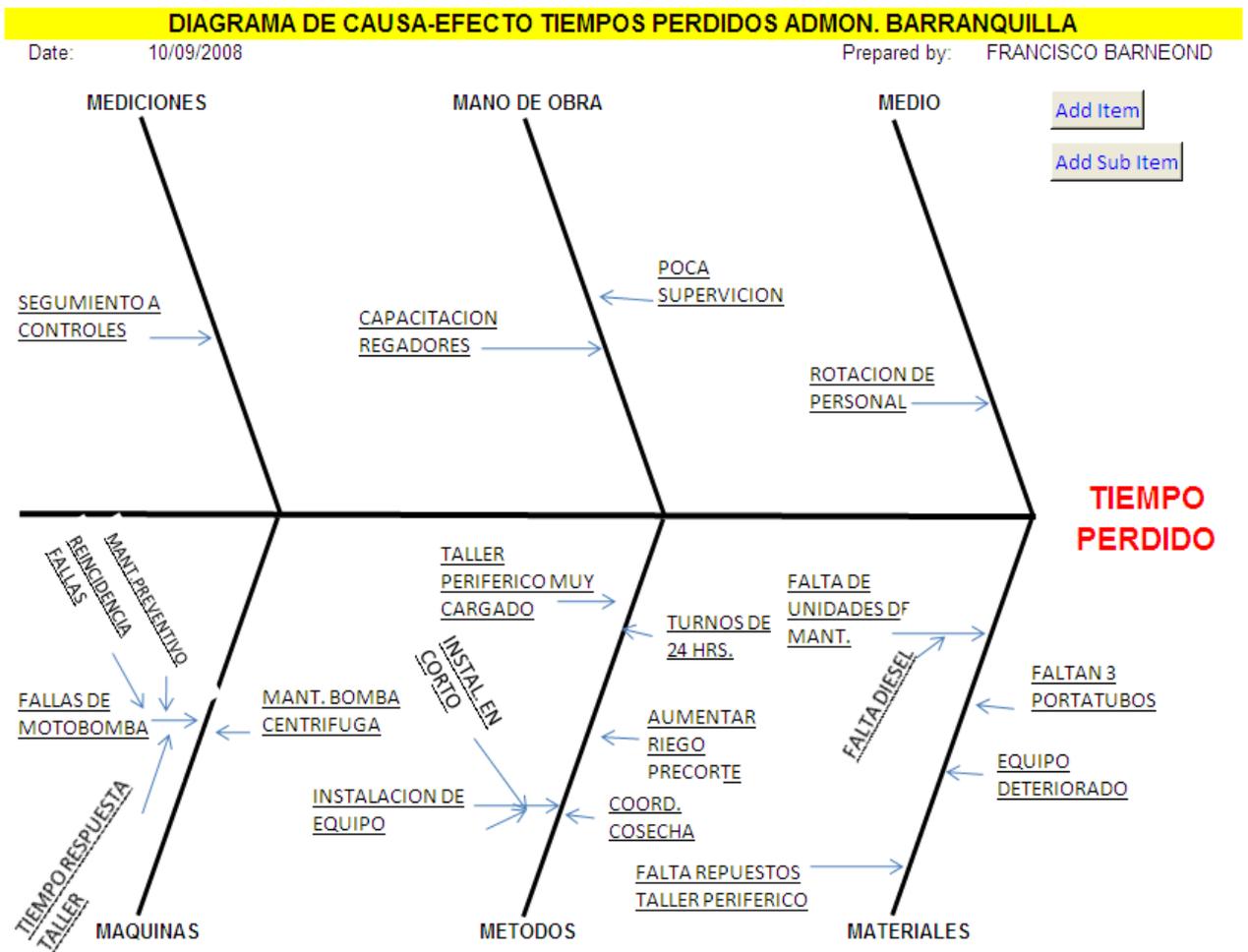


Figura 20. Diagrama de causa-efecto administración Barranquilla.

El diagrama de causa-efecto para disminuir el tiempo perdido en la operación del riego aspersión cañón para la administración Barranquilla, nos muestra los puntos que debemos mejorar para lograr el aumento de las horas trabajadas por día, con la finalidad de aumentar el área regada diaria.

1.6.2.7 RESULTADOS ADMINISTRACIÓN TAXISCO

1.6.2.7.1 ANALISIS FODA ADMINISTRACIÓN TAXISCO

Los resultados del análisis FODA de la administración Taxisco se presentan en el cuadro 13, realizado con las siguientes metas estratégicas: a) minimizar tiempos perdidos, b) mejorar la calidad del riego y c) disminuir el costo de operación.

Cuadro 13. Análisis FODA aspersión cañón administración Taxisco.

META ESTRATEGICA	ANALISIS FODA PARA LA ADMINISTRACION TAXISCO			
	FACTORES INTERNOS		FACTORES EXTERNOS	
	FORTALEZAS	DEBILIDADES	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
MINIMIZAR TIEMPOS PERDIDOS EN LA OPERACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - YA EXISTE UNA LOGISTICA DE LA OPERACIÓN - APOYO DEL DEPARTAMENTO DE RIEGO - EQUIPOS NUEVOS - SISTEMA DE MAQUINARIA PARA CONTROL - CONTRATACION DE SUPERVISOR MECANICO - BLOQUES DE RIEGO DEFINIDOS 	<ul style="list-style-type: none"> - LOGISTICA DE INSTALACION DE EQUIPO - RESPUESTA DE TALLER A FALLAS MECANICAS - ESCASAS FUENTES DE AGUA - DISPONIBILIDAD DE LA FUENTE EN EL BLOQUE - FALTA DE MAQUINARIA PARA TRASLADOS - PORTATUBOS EN MAL ESTADO - RESPUESTA DE ASISTENCIA ELECTROMECANICA - MOTOBOMBAS NO TIENEN JALADOR - PERSONAL POCO CAPACITADO - DEFICIENTE REPARACION TUBERIA Y ACC. - MANTENIMIENTO PREVENTIVO TARDIO - PERDIDA DE REPORTES DE DESPERFECTOS MECANICOS - FALTA DE MECANICO DE CENTRIFUGAS - CAMBIO DE TUBOS DE SUCCION A MANGUERA - SE OPERA CON TURNOS DE 24 HORAS 	<ul style="list-style-type: none"> - AUMERTAR EFIC. DE EQUIPOS - AUMENTAR AREA REGADA DIARIA - MINIMIZAR FRECUENCIA - AUMENTAR AREA FISICA BAJO RIEGO - MEJORAS EN SALARIOS 	<ul style="list-style-type: none"> - ROBO TUBERIA Y ACCESORIOS - ROTACION DE PERSONAL - SUB-UTILIZACION DEL RECURSO - BAJAS EN LA PRODUCCION
MEJORAR LA CALIDAD DEL RIEGO	<ul style="list-style-type: none"> - SUPERVISION YA ESTABLECIDA - INSTRUMENTOS PARA MEDIR PRECIONES 	<ul style="list-style-type: none"> - BOMBAS NO DESCARGAN CAUDAL REQUERIDO - TIEMPOS DE RIEGO NO DEFINIDOS PARA CADA FINCA POR TIPO DE SUELO - NO SE CUANTIFICA LAMINA APLICADA - ALGUNAS BOMBAS SIN MANOMETRO EN LA DESCARGA. - FALTA DE FLUJOMETROS - NO SE CUMPLE CON LA FRECUENCIA - MALA DISTRIBUCION TUBERIA Y ACC. - COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD BAJO 	<ul style="list-style-type: none"> - DISMINUIR COSTO DE MILIMETRO APLICADO - MINIMIZAR ESTRÉS HIDRICO EN PLANTA. 	<ul style="list-style-type: none"> - MAYORES COSTOS DE OPERACIÓN - DISMINUCION DEL EFECTO DE RIEGO EN LA PRODUCCION
DISMINUIR COSTOS DE OPERACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - MODALIDAD DE PAGO - SISTEMAS DE CONTROL YA ESTABLECIDOS - ESTRUCTURA DE SUP. YA DEFINIDA 	<ul style="list-style-type: none"> - UTILIZACION DE MANO DE OBRA EXTRA EN TRASLADOS E INSTALACION - ALTA DEMANDA DE HORAS TRACTOR PARA LA REALIZACION DE TRASLADOS - ALTO COSTO DE MANO DE OBRA INDIRECTA - UTILIZACION DE TRACTORES DE MAYOR HP, PARA TRASLADOS - HORAS DE MOTOBOMBA POR HECTAREA REGADA 	<ul style="list-style-type: none"> - MEJORAR RELACION COSTO-BENEFICIO DE LA PRACTICA 	<ul style="list-style-type: none"> - INCREMENTO EN PRECIOS DE LA TARIFA DE HORA DE MOTOBOMBA - INCREMENTO EN COSTO DE LA LA MANO DE OBRA - INCREMENTO EN LA TARIFA DE MAQUINA PARA TRASLADOS.

1.6.2.7.2 EQUIPOS DE ASPERSIÓN CAÑÓN ASIGNADOS A ADMINISTRACIÓN TAXISCO

El cuadro 14 presenta los equipos de aspersión cañón asignados a la administración Taxisco.

Cuadro 14. Equipos asignados a la administración Taxisco.

ADMINISTRACION TAXISCO	
ID	TIPO
4375	Modulo Aspersión
4376	Modulo Aspersión
4377	Modulo Aspersión
4379	Modulo Aspersión
4380	Modulo Aspersión
4383	Modulo Aspersión
4365	Modulo Aspersión
4366	Modulo Aspersión
4367	Modulo Aspersión
4369	Modulo Aspersión
TOTAL	10

1.6.2.7.3 TIEMPO PERDIDO POR MOTIVO ADMINISTRACIÓN TAXISCO

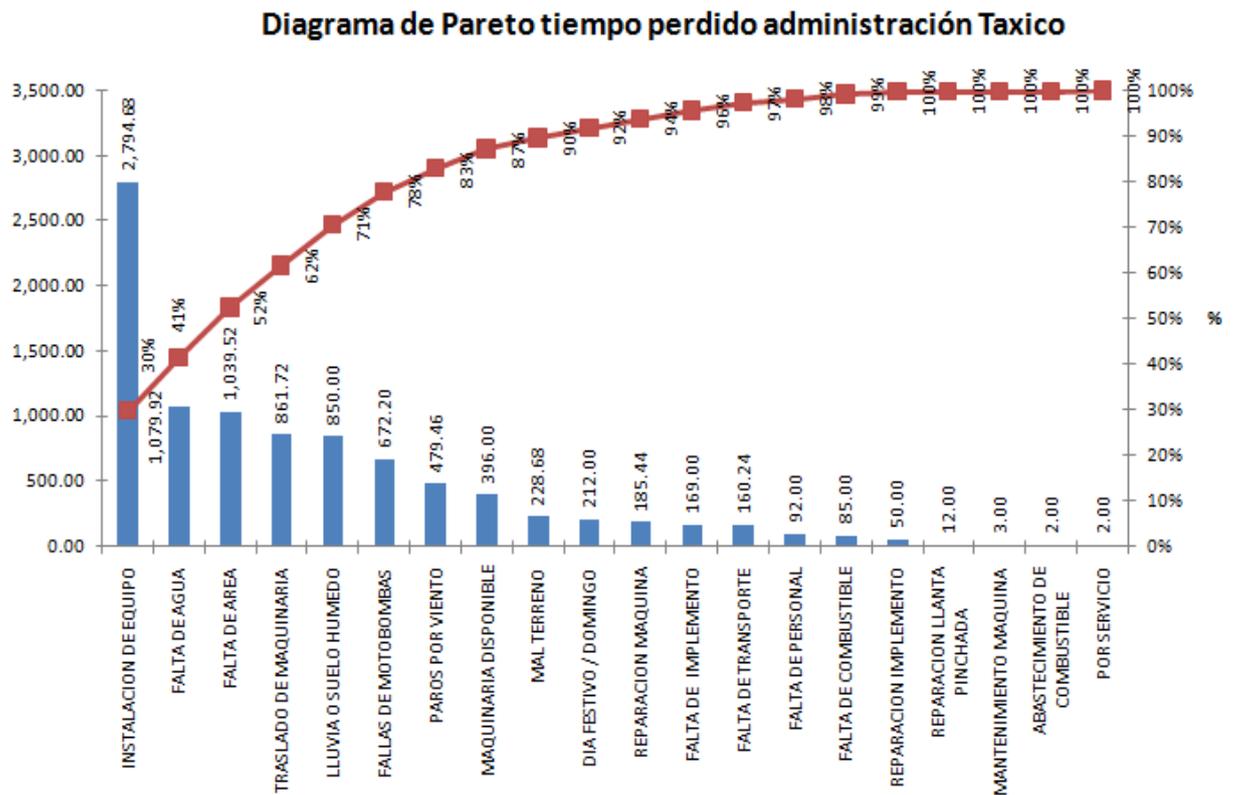


Figura 21. Diagrama de Pareto tiempo perdido administración Taxisco.

El diagrama de Pareto de tiempo perdido en administración Taxisco, nos indica que los motivos que reportan mayor incidencia, son instalación de equipo, falta de agua y falta de área, por lo tanto se debe de tener mayor atención a los mismos para mejorar la eficiencia de estos equipos de riego.

1.6.2.7.4 DIAGRAMA DE CAUSA-EFECTO TIEMPO PERDIDO ADMÓN. TAXISCO

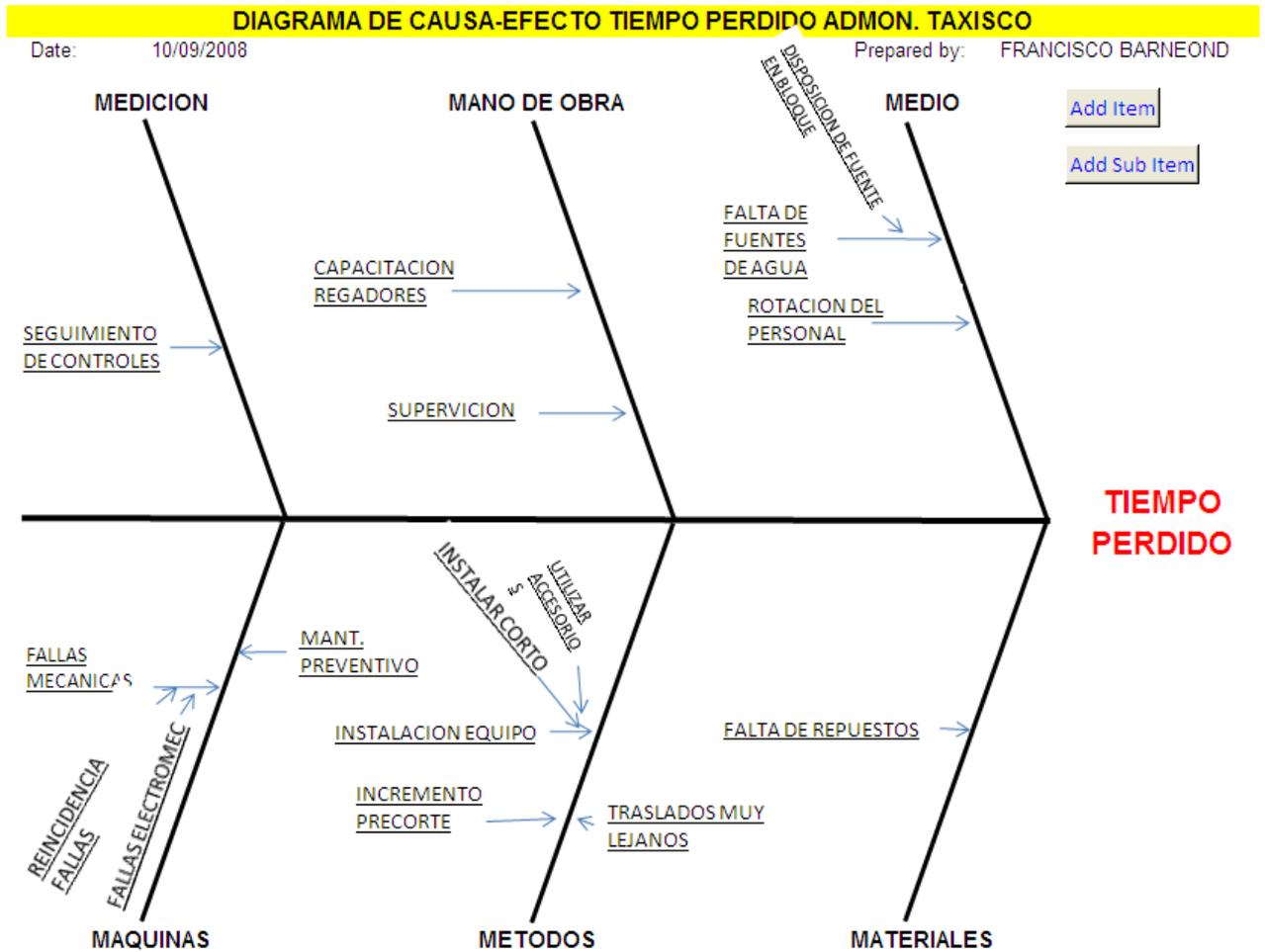


Figura 22. Diagrama causa-efecto administración Taxisco.

El diagrama de causa-efecto para disminuir el tiempo perdido en la operación del riego aspersion cañón para la administración Taxisco, nos muestra los puntos que debemos mejorar para lograr el aumento de las horas trabajadas por día, con la finalidad de aumentar el área regada diaria.

1.6.3 RESULTADO DE LA OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS DE RIEGO ASPERSIÓN

1.6.3.1 MOTIVOS Y HORAS PERDIDAS DE CADA ADMINISTRACION.

El cuadro 15 presenta las cantidades de horas perdidas en la operación de los equipos de aspersión cañón, en todas las administraciones del Ingenio Magdalena S.A.

Cuadro 15. Horas perdidas en operación por motivo por administración.

ADMINISTRACION	INSTALACION EQUIPO	FALLAS MOTOBOMBA	FALTA AREA	TRASLADO MAQUINA	MAQ. TALLER	POR LLUVIA	REP. MAQ.	MAQ. DISP.	FALTA AGUA	POR VIENTO	TOTAL
VELASQUEZ	594.70	584.29	116.00	110.88							1,405.87
BUGANVILIA	3,847.56	2,544.98	3,943.03		1,464.00	986.80					12,786.37
STA. MARIA	7,986.82	2,098.02	2,785.25			3,128.62	4,940.21	4,783.85			25,722.77
AGROPESA	1,525.89			503.80					440.54	311.04	2,781.27
BARRANQUILLA	1,849.00	758.00	725.00			1,831.00		564.00			5,727.00
TAXISCO	2,794.68	672.20	1,039.52	861.72		850.00			1,079.92		7,298.04
CHIQUMULILLA	2,633.89			456.96					346.40		3,437.25
TOTALES	21,232.54	6,657.49	8,608.80	1,933.36	1,464.00	6,796.42	4,940.21	5,347.85	1,866.86	311.04	59,158.57
TOTAL GENERAL	59,158.57										

Como podemos observar la instalación de equipo de riego es el motivo que mayor cantidad de horas perdidas presentó en todas las administraciones, a continuación se presenta de manera gráfica la incidencia de tiempo perdido de los motivos con mayor presencia.

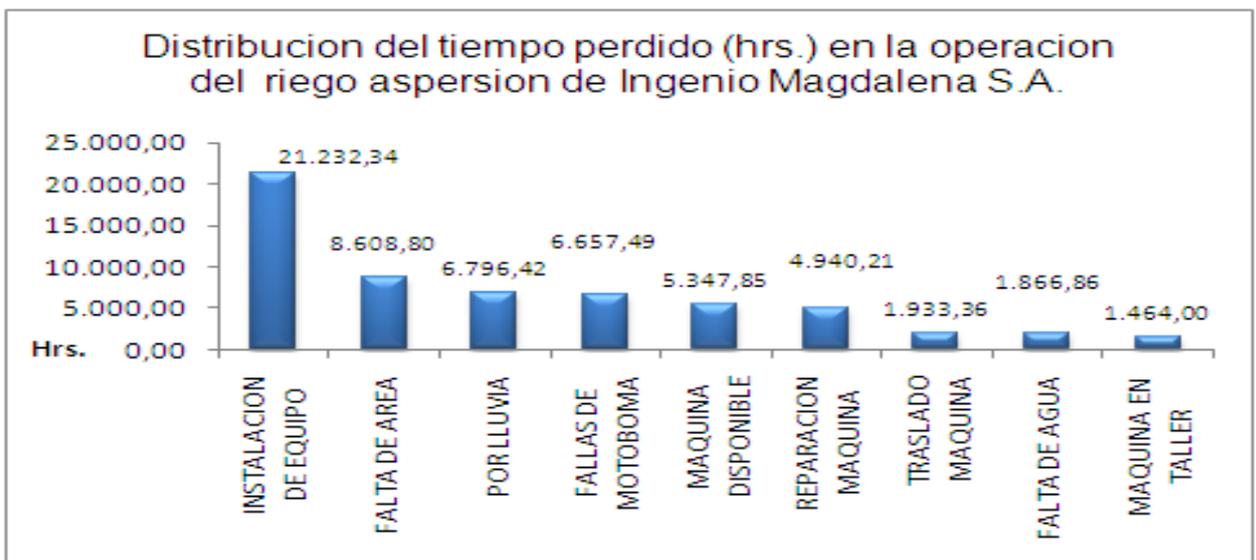


Figura 23. Motivos de tiempo perdido de mayor incidencia.

1.6.3.2 AREA REGADA POR ASPERSION CAÑON POR ADMINISTRACIÓN

El cuadro 16 presenta las hectáreas regadas por el método de aspersión cañón en cada una de las administraciones, y el total regado para la zafra 2007-2008. Además se puede visualizar el total de hectáreas físicas bajo riego y la cantidad hectáreas riego, datos que al ser relacionados obtenemos el número de riegos aplicados a cada hectárea física bajo riego (2.31 riegos por hectárea).

Cuadro 16. Área regada por aspersión cañón en cada zona de producción.

ADMINISTRACION	AREA REGADA POR ASPERSION (ha).	
	FISICAS	RIEGO
VELASQUEZ	3,381.00	5,793.00
BUGANVILIA	4,219.00	9,294.00
STA. MARIA	3,682.00	10,224.00
AGROPESA	4,473.00	12,108.00
BARRANQUILLA	1,487.00	3,519.00
TAXISCO	1,100.00	1,844.00
CHIQUIMULILLA	1,298.00	2,365.00
RETALHULEU	83.00	425.00
TOTALES	19,723.00	45,572.00

1.6.3.3 COSTOS DE MANO DE OBRA DIRECTA POR ADMINISTRACIÓN

El costo de mano de obra directa se calculó relacionando el valor de la planilla total de la labor de riego con las hectáreas regadas en cada administración, como lo presenta el cuadro 17.

Cuadro 17. Costo de la mano de obra directa por hectárea regada.

ADMINISTRACION	TOTALES (HAS.)	M.O.	COSTO
	RIEGO	DIRECTA	M.O. DIR
VELASQUEZ	5,793	535,659	92.47
BUGANVILIA	9,294	1,039,300	111.82
SANTA MARIA	10,224	766,747	74.99
AGROPESA	12,108	1,054,135	87.06
BARRANQUILLA	3,519	323,945	92.06
TAXISCO	1,844	214,884	116.53
CHIQUIMULILLA	2,365	285,628	120.77
RETALHULEU	425	69,303	163.07
TOTALES	45,572	4,289,601	94.13

1.6.3.4 COSTOS DE MANO DE OBRA INDIRECTA POR ADMINISTRACIÓN

Este costo se calculó con el total erogado de la planilla de todas las labores relacionadas al riego (elaboración de presas, limpia de canal de riego, etc.) dividido entre las hectáreas regadas por cada administración. Los resultados se presentan en el cuadro 18.

Cuadro 18. Costo de mano de obra indirecta por administración.

ADMINISTRACION	HAS. RIEGO	M.O. INDIRECTA	COSTO/HA M.O. INDIRECTA
VELASQUEZ	5,793	153,519	26.50
BUGANVILIA	9,294	370,404	39.85
SANTA MARIA	10,224	190,699	18.65
AGROPESA	12,108	361,739	29.88
BARRANQUILLA	3,519	151,771	43.13
TAXISCO	1,844	109,462	59.36
CHIQUIMULILLA	2,365	160,655	67.93

1.6.3.5 COSTO DE TRASLADOS DE EQUIPO DE RIEGO POR ADMINISTRACION

Este costo hace referencia a las horas tractor utilizadas en la operación de los equipos que son demandadas para la realización de los traslados de un bloque de riego a otro. Se calculó para cada administración y se relacionó con las hectáreas regadas para obtener el costo por hectárea.

Cuadro 19. Costo de traslado de equipos de aspersión por hectárea regada.

ADMINISTRACION/TARIFA (Q)	HORAS DE TRACTOR EN TRASLADO DE EQUIPO DE RIEGO					COSTO TOTAL	AREA REGADA	COSTO POR Ha.	
	80-100 Hp	101-120 Hp	121-135 Hp	136-150 HP	151-185 Hp				TOTAL HRS
VELASQUEZ	84,81	113,43	119,58	172,41	178,6	2.537,79	234.542,75	5.793,00	40,49
BUGANVILIA	2.351,34	523,20	38,10			2.912,64	263.320,00	9.294,00	28,33
STA. MARIA	1.056,30	866,60	126,40		16,20	2.065,50	205.891,00	10.224,00	20,14
AGROPESA	1.566,10	1.572,29	814,10	309,60		4.262,09	461.894,00	12.108,00	38,15
BARRANQUILLA	792,30	69,50	276,00	26,20		1.164,00	112.600,00	3.519,00	32,00
TAXISCO	694,10	9,00	120,20	142,40		965,70	98.812,00	1.844,00	53,59
CHIQUIMULILLA	869,20		28,30			897,50	77.101,00	2.365,00	32,60
RETALHULEU	181,50		22,90	161,00		365,40	45.889,00	425,00	107,97
TOTALES	9.373,83	3.715,39	1.426,00	639,20	16,20	15.170,62	1.500.049,75	45.572,00	32,92
TOTAL GENENERAL	1.575.995,90								

1.6.3.6 COSTO DE MOTOBOMBA POR HECTAREA REGADA

El costo de la motobomba por hectárea regada se calculó relacionando el total de horas trabajadas del equipo con el total de hectáreas regadas, obteniendo la cantidad de horas de motobomba para regar una hectárea y luego multiplico por la tarifa/hora asignada para estos equipos (Q 89.75/hr.)

Cuadro 20. Costo de motobomba por hectárea regada por administración.

ADMINISTRACION	HECTAREAS REGADAS	HORAS MOTOBOMBA	HORAS POR Ha.	COSTO (Q.) TOTAL MTB	COSTO (Q.)POR Ha. DE MTB.
VELASQUEZ	5.793,00	22.163,00	3,83	1.989.129,25	343,37
BUGANVILIA	9.294,00	31.079,00	3,34	2.789.340,25	300,12
STA. MARIA	10.224,00	26.826,00	2,62	2.407.633,50	235,49
AGROPESA	12.108,00	30.259,00	2,50	2.715.745,25	224,29
BARRANQUILLA	3.519,00	10.385,00	2,95	932.053,75	264,86
TAXISCO	1.844,00	6.379,00	3,46	572.515,25	310,47
CHIQUMULILLA	2.365,00	13.850,00	5,86	1.243.037,50	525,60
RETALHULEU	425,00	4.275,00	10,06	383.681,25	902,78
TOTALES	45.572,00	145.216,00	3,19	13.033.136,00	285,99

1.6.3.7 INTEGRACION DEL COSTO DE LA HECTAREA REGADA POR ASPERSION CAÑÓN.

Para finalizar se integraron los rubros calculados para obtener el costo por hectárea regada por aspersión en cada administración. Los resultados de presentan en el cuadro 21.

Cuadro 21. Integración del costo por hectárea regada aspersión por administración.

ADMINISTRACION	COSTOS POR HECTAREA REGADA (Q.)				COSTO TOTAL Ha. REG.
	MANO OBRA DIRECTA	MANO OBRA INDIRECTA	COSTO BOMBEO	COSTO TRASLADOS	
VELASQUEZ	92,47	26,50	343,37	40,49	502,82
BUGANVILIA	111,82	39,85	300,12	28,33	480,13
STA. MARIA	74,99	18,65	235,49	20,14	349,27
AGROPESA	87,06	29,88	224,29	38,15	379,38
BARRANQUILLA	92,06	43,13	264,86	32,00	432,05
TAXISCO	116,53	59,36	310,47	53,59	539,95
CHIQUMULILLA	120,77	67,93	525,60	32,60	746,90
RETALHULEU	163,07	410,44	902,78	107,97	1584,25

La figura 24 presenta de forma gráfica el comportamiento del costo en las diferentes administraciones.



Figura 24. Costo por hectárea regada por aspersion cañón

1.7 PROBLEMATICAS

En cuanto a la operación de los equipos de riego de aspersión cañón en el Ingenio Magdalena S.A., se pudo observar lo siguiente:

- Ninguna de las administraciones verifica la humedad en el suelo antes de tomar la decisión de un próximo riego.
- En ninguna administración se verifica la lámina de riego aplicada en cada evento de riego.
- Las administraciones Velásquez, Agropesa, Barranquilla y Sta. María reportaron problemas con equipo en malas condiciones (tubería rota, fallas mecánicas recurrentes, etc.)
- En las administraciones Sta. María, Velásquez, y Retalhuleu existen problemas por la escases de agua superficial.
- Existe escases de tractores para llevar a cabo los movimientos de equipos de un bloque de riego a otro, y se tiene que priorizar entre otras labores para la realización de estos movimientos.
- Las administraciones, Buganvilia, Sta. María, Taxisco, Chiquimulilla y Agropesa no tienen estipulada una logística de instalación de los equipos, siendo esta una de las causas más grandes de tiempos perdidos en la operación.
- No se tienen definidos bloques de riego para cada equipo dentro de la administración, lo que favorece la realización de traslados largos, aumentando las horas perdidas y el costo de los mismos.
- La respuesta del taller es lenta cuando se presentan problemas mecánicos en campo.
- En algunos equipos de riego se pudo observar que las fallas mecánicas son reincidentes.
- No se tienen capacitaciones periódicas para todo el personal de riego (operadores y regadores).

1.8 CONCLUSIONES

Con base al diagnostico realizado a la operación de los equipos de riego aspersión cañón, podemos mencionar que es necesario replantear y mejorar ciertos aspectos tanto en el área de campo como en el área de taller. Dentro de los aspectos de campo podemos mencionar:

- Logística de instalación del equipo.
- Logística y coordinación de traslados.
- Aumento del personal de supervisión.
- Medición de lámina aplicada por riego.
- Implementación de controles sobre la humedad en el suelo.
- Mejor planificación del riego en función de la cosecha (aumentar el riego pre cosecha).

En el área de taller es conveniente considerar:

- Tiempo de respuesta a fallas del equipo en campo.
- Mejoras en el mantenimiento preventivo.
- Reparación de tubería y accesorios de riego.
- Mejorar la logística de abastecimiento de combustible.
- Reincidencia de fallas mecánicas en las motobombas
- Mejorar la disponibilidad de repuestos en bodega.

Con relación a los problemas generados en la operación, podemos mencionar que se identificaron los siguientes: Los equipos de riego presentan demasiadas horas perdidas de operación debido instalaciones, traslados, desperfectos mecánicos etc., no existe una metodología estipulada que sirva de guía a administradores, mayordomos y supervisores para la correcta ejecución de la labor, en algunas administraciones se cuenta con equipo muy deteriorado, falta capacitación al personal de riego, falta de repuestos para cubrir fallas de equipos, lenta velocidad de respuesta a fallas de equipo en el campo y algunas bombas ya no descargan los caudales necesarios para aplicar la lámina requerida.

En cuanto a las horas perdidas se identificaron varios motivos, siendo los de mayor relevancia los siguientes: a) Instalación de equipo de riego, b) fallas de motobomba, c) falta de área, d) Reparación de maquinaria, e) Traslado de maquinaria y f)Maquinaria

en taller. Es preciso mencionar que para el año estudiado se incrementaron las horas perdidas por lluvia, aspectos al que no se le dio relevancia por ser un invierno atípico. El total de horas perdidas contabilizadas en el presente análisis es de 59,158 horas.

Para finalizar concluimos que existe una considerable variación del costo por hectárea regada entre las administraciones, los valores van desde Q349.00 hasta Q1,584.00 Esta se debe principalmente a que se manejan de diferente manera los siguientes aspectos:

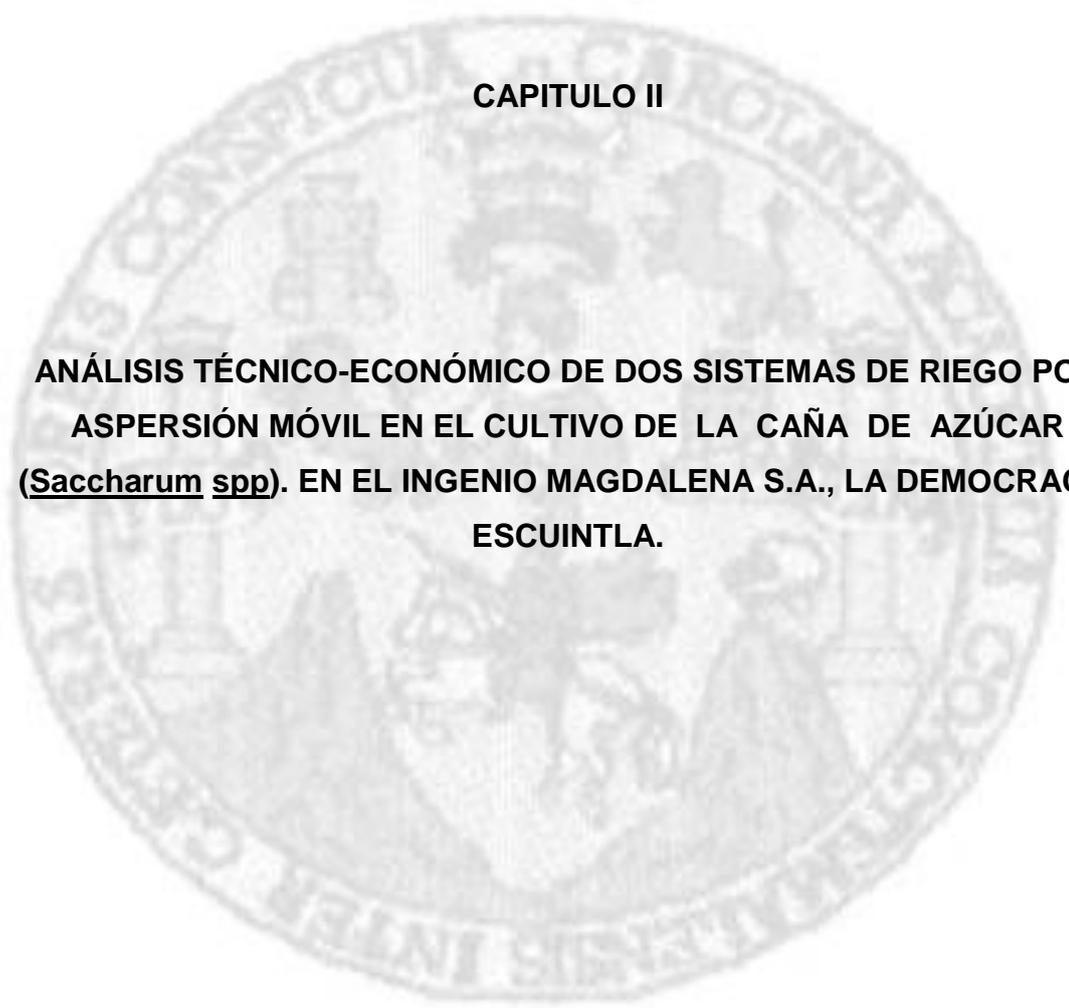
- Horas de motobomba utilizadas para regar una hectárea.
- tiempo de riego (horas por posición).
- Logística de traslado de equipos de riego.
- Utilización personal para realizar labores indirectas como: haciendo presa, limpieza de canal de riego, llenado de sacos entre otras.

El costo promedio de la hectárea regada por aspersión cañón, para el Ingenio Magdalena S.A., para la temporada de riego analizada fue de Q626.85/ha.

1.9 RECOMENDACIONES

Para lograr una mejora considerable en la operación de los equipos de riego aspersión cañón de Ingenio Magdalena S.A., aplicar riegos de calidad que garanticen el incremento de la producción de caña de azúcar y disminuir los costos de operación se deben considerar los siguientes aspectos:

1. Definir bloques de riego a cada equipo de aspersión, con la finalidad de que dichos equipos queden confinados a estos bloques y no se estén trasladando a otros puntos lejanos, mejorando así tiempos de traslados y tiempos de instalación.
2. Es urgente que el departamento de taller mejore su logística de atención a las fallas en campo, ya que la mayoría de fallas son cubiertas con demora y en muchas ocasiones las fallas cubiertas son reincidentes.
3. Aumentar la supervisión de la operación, para poder generar controles sobre lámina de riego aplicada, humedad en el suelo antes del próximo riego, presiones de operación de aspersores, caudal producido por la bomba y coeficientes de uniformidad entre otras.
4. Es necesario crear una guía de instalación de equipos de riego aspersión cañón, que explique los pasos a seguir para una rápida y correcta instalación, que defina la función de cada accesorio, con la finalidad de minimizar el tiempo perdido por instalación de equipo que al momento es la causa generadora de mayor tiempo perdido.
5. Es necesaria la adquisición de tractores 80-100 Hp, para la realización de traslados ya que al momento estos se atrasan, porque los tractores realizan otras labores incrementando así las horas perdidas de los equipos de riego. Es importante pensar en tractores de 80-100 Hp, para minimizar el costo de los traslados y no tener que usar tractores más grandes cuya tarifa por hora es mayor.
6. Monitorear la descarga de las bombas, para verificar que estén cumpliendo con su curva de operación, y asegurar que el caudal derivado sea el necesario para poder aplicar la lámina de riego estipulada.
7. Para bajar el costo de la hectárea regada deben estandarizarse en todas las administraciones los tiempos de riego (tiempo por posición), no trabajar los equipos con menos de 4 aspersores, hacer traslados de equipo cortos (implementación de bloques de riego), realizar traslados únicamente con tractores de 80-100 Hp, y por ultimo tratar de minimizar las labores indirectas (limpia manual de canales, haciendo presa, llenado de sacos con arena, etc.).



CAPITULO II

**ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DE DOS SISTEMAS DE RIEGO POR
ASPERSIÓN MÓVIL EN EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR
(Saccharum spp). EN EL INGENIO MAGDALENA S.A., LA DEMOCRACIA
ESCUINTLA.**

2.1 PRESENTACION

La caña de azúcar (Saccharum spp.) es uno de los cultivos más tecnificados que existen en nuestro país lo cual se ratifica al observar que Guatemala se sitúa dentro de los 10 exportadores más grandes del mundo.

El éxito actual de nuestra agroindustria, está basado en la constante adquisición de nuevas tecnologías para las diferentes áreas que componen el complejo sistema de producción de azúcar. En el área agrícola, el riego cuenta con un profundo interés, ya que se tienen definidas las bondades que éste presenta en el aumento de la productividad del cultivo de la caña de azúcar. Es por ello que una buena parte de las inversiones de los últimos tres años del Ingenio Magdalena S. A., han sido enfocadas a la compra de equipos de riego con mejores eficiencias y menores costos de operación.

Los pivotes centrales y avances frontales representan la nueva tendencia de la irrigación en las plantaciones de caña de azúcar de Guatemala, con sobresalientes eficiencias de operación, bajo costo energético y bajo costo de mano de obra. Aspectos que hacen de estos sistemas una muy buena opción para maximizar la relación costo beneficio de la práctica del riego en el cultivo de la caña de azúcar.

Sin embargo Ingenio Magdalena S. A., cuenta con 92 módulos de aspersión cañón, que cubren aproximadamente 14,600 hectáreas físicas (158.7 hectáreas por módulo), con los cuales se aplica en promedio 3.08 riegos por hectárea para hacer un total de 45,000 hectáreas riego por temporada.

Estos 92 equipos de aspersión cañón, son operados con elevados costos energéticos y de mano de obra, lo que en ocasiones hace parecer al riego como una labor antieconómica, presentando eficiencias bajas comparadas con otros sistemas. Otro tipo de riego utilizado es el riego gravedad, el cual debido a la demanda de grandes caudales a disminuido considerablemente en los últimos 7 años, por la considerable merma de fuentes de agua superficial que se padece en la costa sur del país.

En función de ésta problemática se ha implementado un sistema piloto, en el cual los equipos de aspersión cañón sean operados de diferente manera, cambiando la presión de operación, tipo de aspersor, tiempo de riego, lámina aplicada y frecuencia de riego. Este cambio se logra agregándoles únicamente tubería y accesorios de 63 mm., utilizando la misma motobomba y tubería principal, lo cual representa una baja inversión para eficientar el equipo ya existente. Este sistema piloto se podrá comparar técnica y económicamente con el sistema de aspersión cañón, con la finalidad de proyectar su operación y expansión, como una alternativa para irrigar plantaciones de caña de azúcar con mayor eficiencia en el uso del agua a menor costo.

Esta transformación pudiera planificarse en función de las necesidades anuales de reposiciones de accesorios de aspersión-cañón, ya que cada año se contempla un gasto de reposición de accesorios por pérdidas y/o deterioro de Q1.5 millones aproximadamente.

En la práctica se lograría hacer una redistribución de accesorios en los equipos de aspersión-cañón, sabiendo que los equipos que resulten con faltantes de accesorios, debido a dicha redistribución, se convertirán en equipos de mini aspersión. Logrando con esto una mejor inversión del gasto, adquiriendo equipo más eficiente.

Al combinar el incremento de la productividad con la aplicación del riego a menores costos se obtienen bajos costos de producción, mayores utilidades y mejores índices financieros, tales como: Valor neto actual y Tasa interna de retorno, por ello la búsqueda continúa en alternativas como la mini aspersión.

2.2 MARCO TEORICO

2.2.1 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1.1 LA CAÑA DE AZUCAR

La caña de azúcar es una gramínea originaria de la india. En China apareció 800 años A.C., y se utilizaba para el pago de tributos, Alejandro El Grande llevó la caña de azúcar a Europa 300 años A.C. Durante la invasión de los árabes, la caña de azúcar se propagó a Egipto y hasta las costas oeste del continente africano, pero su cultivo en España se estableció hasta los años 703 de nuestra era. Se le atribuye a Pedro de Alvarado la introducción de la caña de azúcar a Guatemala. Los primeros trapiches se establecieron cerca de San Jerónimo, Baja Verapaz. Luego se extendió hasta el Sur, desde Antigua hasta Escuintla y Santa Rosa (9).

2.2.1.2 EL RIEGO EN LA CAÑA DE AZUCAR

El riego tiene el objetivo de abastecer el agua a la planta cuando ésta no es suministrada de manera natural para que pueda terminar de manera satisfactoria su desarrollo. Para lo cual encontramos que la cantidad de riego concuerda con el desarrollo fisiológico del cultivo, tratando de proporcionar la mínima cantidad posible de riegos, sin producir efectos negativos en el rendimiento (9).

Los mejores resultados de producción se obtienen en las cañas que en su fase de crecimiento recibieron las cantidades necesarias de riego sumadas a la humedad residual del suelo, comparadas con áreas que aún teniendo cierto contenido de humedad residual no recibieron riego alguno (1).

2.2.1.3 REQUERIMIENTO HIDRICO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

El incremento en tonelaje de caña debido a los riegos depende de la época de siembra o corte, la etapa de desarrollo o edad, altura del nivel freático y de la textura del suelo. En el desarrollo vegetativo de la caña se diferencia dos fases: a) formación de la macolla y b) elongación. La falta de agua en cualquiera de estas fases afecta el crecimiento y el tonelaje. Los requerimientos potenciales de agua durante el cultivo varían según la edad del cultivo después del último corte o siembra y la ubicación geográfica.

2.2.1.3.1 GERMINACION: Comienza cuando recién se ha sembrado el cultivo y aun no ocurre la emergencia del retoño, en esta etapa el Kc puede oscilar desde 0.4 hasta 0.6, pudiendo llegar esta etapa hasta los 85 días después de la siembra o corte.

2.2.1.3.2 MACOLLAMIENTO: Esta etapa se caracteriza por la proliferación de tallos, se desarrolla una mayor cantidad de follaje y el cultivo comienza a cerrar, al disponer de mayor área foliar puede interceptar mayor radiación solar, así mismo su crecimiento radicular se incrementa y con ello la capacidad de captar más agua a mayor profundidad, por lo cual la evapotranspiración aumenta.

2.2.1.3.3 ELONGACION O CRECIMIENTO RÁPIDO: En esta etapa el cultivo experimenta un desarrollo completo vigoroso y por lo general el porte permanece aun erecto. El incremento del área foliar sigue y la misma está en estrecha relación con la curva de evapotranspiración, por lo tanto los requerimientos de agua son mayores que en las fases anteriores. En esta etapa los efectos negativos causados por estrés hídrico son mayores que cualquiera de las fases anteriores.

Por lo general el déficit hídrico repercute más en la elongación del tallo que en la extensión de las raíces, bajo ésta condición la fotosíntesis y, la acumulación de sacarosa, pueden ocurrir de manera elevada en el tallo.

2.2.1.3.4 MADURACIÓN: En esta fase se reduce la evapotranspiración, la pérdida de humedad se ha estimado entre el 70 y el 90% de la evaporación, la pérdida de agua favorece la concentración de sacarosa, lo que favorece la extracción de azúcar al llegar la cosecha (9).

2.2.1.4 METODOS DE RIEGO UTILIZADOS EN CAÑA DE AZUCAR EN GUATEMALA

El sector cañero guatemalteco, con la finalidad de incrementar la eficiencia en la producción de caña de azúcar, ha establecido diferentes métodos de riego con la finalidad de abastecer de agua al cultivo en la época de verano, siendo los más importantes: a) aspersión móvil con cañones, b) riego por surcos, c) pivotes y d) goteo (15).

En los últimos cuatro años, se han realizado inversiones en sistemas de riego más modernos que permiten utilizar el agua de manera más eficiente a un menor costo, uno de estos sistemas es la mini aspersión que tiene la característica de utilizar una menor cantidad de mano de obra, además de que la demanda de energía es menor,

comparada con un sistema de aspersión móvil para la cual los aspersores deben operar a 60 libras por pulgada cuadrada (psi). Los aspersores de la mini aspersión operan a presiones entre 40 y 45 libras por pulgada cuadrada (psi), lo que hace que la demanda de energía y por ende el consumo de combustible para operar el sistema sea mucho menor.

En Guatemala se riegan alrededor de 126,709 hectáreas de cultivo con caña de azúcar, lo que equivale al 78.71% del área total cultivada. De esta el 54.96% son regadas por aspersión móvil, el 20.27% son regadas por gravedad y el 24.76% se riegan con equipos de reciente implementación como los pivotes y avances frontales. La mayoría de las plantaciones de caña de azúcar en nuestro país, se encuentran en la vertiente del pacífico, que según Holdridge pertenecen a una zona subtropical y tropical húmeda, se estima que más del 90% de los suelos tropicales requieren de grandes aplicaciones de fósforo los niveles de potasio, calcio, magnesio y azufre se reportan bajos (6).

2.2.1.5 IMPORTANCIA DEL RIEGO EN EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZUCAR

El riego suplementario es una práctica común en el cultivo de la caña de azúcar, ya que según experiencias de producción con riego, es más estable y de mayor magnitud, así como por las ventaja que ofrece, esto a pesar que la practica cada día es más costosa, aun no se cuenta con la suficiente información experimental sobre los regímenes adecuados de humedad para la producción, aplicable a la realidad de la zona cañera Guatemalteca, y en repetidas ocasiones el riego es manejado a base de experiencias, situación que enfatiza la necesidad de establecer estándares técnico-científicos en cuanto al uso racional del agua (12).

Actualmente la industria azucarera constituye uno de los principales renglones de la economía agrícola del país, exportando grandes cantidades del producto final a Estados Unidos, Finlandia, Suecia, Alemania y Japón (4).

Los beneficios del riego en el cultivo de la caña de azúcar según Juárez (12), son los siguientes:

- Incrementa el rendimiento y asegura la producción comercial del cultivo.
- Rebrotan más rápido, especialmente cuando se presenta un periodo seco después de la cosecha.
- Aumenta el ciclo de renovación del cultivo, que generalmente es de 5 años.

- Mejora la germinación en condiciones de labranza mínima y suelos difíciles.
- Incrementa la flexibilidad para la realización de labores culturales.
- Conserva las propiedades físicas óptimas del suelo, al no necesitar movimientos de tierras que destruyen la estructura.

Siendo algunas desventajas también citadas por el mismo autor las siguientes:

- Incrementa los costos de producción, por el incremento de la mano de obra, inversiones en equipo de riego, costo de bombeo, entre otras.
- Existe un incremento en el crecimiento de las malezas, complicando el programa de aplicación de herbicidas e incrementa el costo del control.

Según Castañón (3) otras ventajas que representa es que permite el riego en terrenos ondulados, evita la construcción de canales y acequias, y es más eficiente que los riegos por gravedad.

2.2.1.6 RESPUESTA DE LA CAÑA DE AZÚCAR AL RIEGO EN FUNCION DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS DEL SUELO

La textura del suelo constituye una variable determinante en la respuesta de la caña de azúcar al riego. De ésta manera los mayores incrementos por aplicación del riego se obtienen en los suelos con predominio de arena, con baja capacidad de retención de humedad. En estos se han obtenido incrementos entre 55 y 80 Tm/ha, en suelos franco arenosos, que poseen mayor capacidad de retención de humedad y veta de arena en el perfil, los incrementos han fluctuado entre 30 y 60 Tm/ha. En suelos profundos con alta capacidad de retención de humedad, los incrementos han fluctuado entre 10 y 20 Tm/ha. (5)

2.2.1.7 SELECCIÓN DEL MÉTODO DE RIEGO

El método de riego a seleccionar por considerarse el más adecuado, se escoge en razón a una serie grande de factores, entre los cuales reviste gran importancia: la topografía, el suelo, el cultivo, el agua disponible, el costo inicial del sistema, y el de su operación. De esta forma, cualquiera que sea el método seleccionado, va a necesitar de una serie de labores para crear el campo apropiado a su aplicación y aprovechamiento. En todo caso, su propósito siempre será distribuir el agua en los terrenos de cultivo, de tal manera que la humedad en el suelo alcance la profundidad radicular del cultivo establecido (13).

2.2.1.8 EL RIEGO POR ASPERSIÓN

Se puede considerar como una lluvia artificial, a través de la cual se riega un cultivo para su crecimiento y producción, con la ventaja de que esa lluvia es controlada para su manejo, tanto en tiempo como en intensidad. En este sistema, el agua es llevada a presión hasta los distribuidores o aspersores, diseñados para trabajar a diferentes presiones y separaciones (13).

La fuente de abastecimiento de agua puede ser un pozo, un río o bien un tanque de almacenamiento; en donde se coloca el tubo de succión de la bomba accionada con un motor de combustión, para lanzar el agua a presión a través de la tubería (9).

El riego por aspersión puede utilizarse en cualquier condición topográfica, en suelos arenosos, salinos, etc., y con el mismo se consigue una buena economía del agua, con respecto al riego por surcos de hasta un 25%. El riego por aspersión tiene sus inconvenientes, tal es el caso de pérdidas hasta del 50%, cuando existen fuertes vientos y humedad relativa baja. Se puede combinar este tipo de riego con la aplicación de fertilizantes, insecticidas, herbicidas, etc. Siempre que se tengan los cuidados necesarios y se sigan las metodologías del caso (13).

En el riego por aspersión el agua es aplicada al suelo asperjada, fraccionando el caudal en una innumerable cantidad de gotas que se infiltran en el terreno al tiempo que alcanzan la superficie del suelo, se trata de un sistema mecanizado que asegura un preciso control de la lamina de agua aplicada, además de que podemos hacer ajustes según sean nuestras condiciones edáficas y de cultivos que se presenten (10).

2.2.1.9 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION

Un sistema de riego por aspersión puede abarcar todo un proyecto con tuberías fijas de alta presión que conducen y distribuyen agua a cada lote o sección del proyecto, de donde se deriva agua a equipos individuales o colectivos. (10)

Según Cisneros (7), el sistema de riego por aspersión se divide en 5 subsistemas, siendo los siguientes:

2.2.1.9.1 ABASTECIMIENTO DE AGUA

Es el encargado de aportar la energía al agua para su conducción, distribución y aplicación, consta de:

A. Fuente de Agua

Las fuentes de obtención de agua pueden ser, ríos, pozos, lagos, canales de riego, embalse, etc. En donde el agua puede ser conducida por gravedad, aprovechando la carga hidráulica por diferencial de altura de la fuente de agua y el área a regar, o bien por bombeo.

B. Motor

Generalmente deberán ser con eje hueco con el fin de poder regular la bomba (bajar o subir el eje) con la ayuda de una tuerca, en su parte superior se encuentra un rodamiento especial, cuyo papel es el de sostener el peso del eje y los impulsores, mas el peso del agua sobre ellos. Los motores pueden ser eléctricos o de combustión interna, el cual en conjunto con la bomba integran el sistema motobomba (11).

C. Bomba

Colectivamente con el motor tienen como función aspirar el agua desde la fuente e impulsarla a través del sistema, dado que para el funcionamiento de los aspersores se requiere carga, la bomba crea la presión necesaria para la operación, así como también recompensa las pérdidas de energía a través de las tuberías. La potencia requerida en la entrada de la bomba esta en relación directa a las exigencias de elevar una cantidad de agua a la altura manométrica dada, según la eficiencia de la misma (11).

2.2.1.9.2 CONDUCCION

Es el encargado de transportar el agua bombeada hasta la distribución en el campo, este consiste en tuberías y accesorios que pueden ser de Policloruro de Vinilo (PVC), poliducto, hierro o aluminio. Las tuberías de un sistema de riego por aspersión, la integran conductos circulares que conducen agua desde la bomba hasta los aspersores (7).

2.2.1.9.3 DISTRIBUCION

Es el encargado de distribuir en el suelo agrícola, los emisores de riego. Pueden ser de los siguientes tipos:

A. Aspersión

La aplicación se realiza por medio de aspersores ubicados en los laterales que pueden ser móviles o fijos y los materiales pueden ser de aluminio o PVC.

B. Pivotes

Son máquinas que mueven todos sus componentes alrededor de un eje.

C. Avance Frontal

Son máquinas que se desplazan con todos sus elementos a lo largo del campo en forma lineal.

D. Auto-propulsados

El emisor se desplaza a lo largo del campo en su estructura portátil.

2.2.1.9.4 APLICACION

Es el encargado de la aplicación del agua a los cultivos y según Cisneros (7) pueden ser:

A. Aspersión

Los aspersores simulan la lluvia, mojan el follaje en caso de cultivos bajos, y en cultivos altos pueden mojar bajo el follaje. De acuerdo a la presión, los aspersores pueden ser: de presión baja, de presión media y de presión alta.

B. Micro aspersión

Aplican el agua en forma de chorro, se usan generalmente en árboles frutales y mojan la parte baja de los mismos, se usan en pequeñas cantidades de agua a bajas presiones.

2.2.1.9.5 CONTROL, REGULACION Y PROTECCION

En este subsistema pueden existir los siguientes accesorios:

A. Válvulas

Estas pueden ser de distintos tipos, a saber:

a. Mecánicas: Son usadas especialmente para abrir y cerrar flujos, sin embargo se pueden graduar presiones y/o caudales, constan de compuerta, bola, esfera y mariposa.

b. Hidráulicas: Son las más evolucionadas de todas las válvulas, funcionan hidráulicamente por diferencia de presiones, permiten la automatización de los subsistemas, pueden ser manuales, eléctricas, control remoto, reductora de presión, sostenedora de presión, alivio rápido, preventiva de golpe de ariete, reguladora de caudal y de presión (8)

c. Aire vacío: Permiten la eliminación e introducción del aire al sistema, lo que previene de daños y/o mal funcionamiento de las tuberías (7).

d. Cheque: Evitan el paso en sentido contrario del flujo en el sistema.

2.2.1.9.6 EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO

Colaco (8) establece que un sistema de riego debe ser evaluado a través de la eficiencia de conducción y aplicación.

La eficiencia puede ser un índice para calificar un sistema y hasta cierto punto permite conocer la bondad de operación porque al comparar las eficiencias obtenidas en cada ciclo agrícola se puede saber si se ha mejorado o no. Cada valor de estas eficiencias es puntual y está sujeta a varios factores, por lo que se deben calcular periódicamente de preferencia en cada ciclo agrícola, ambas eficiencias tienen fuerte influencia en las láminas de riego por lo que es muy importante conocer la variación de estas a través del tiempo para poder estimar las variaciones de los coeficientes unitarios de requerimiento de riego o lámina de agua (14).

2.2.1.10 EFICIENCIA DE RIEGO

2.2.1.10.1 COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD

Christiansen citado por Grassi (10), propuso el término coeficiente de uniformidad para expresar la eficiencia de distribución, y poder hacer comparaciones de patrones de aspersión, para determinar, como diferentes espaciamientos afectan la distribución del agua. Puede ser definitivo como un término de eficiencia, representado por una media volumétrica de la distribución.

Fue definido por Christiansen en la siguiente ecuación:

$$CU = 1 - \frac{\sum X / 99}{n * M}$$

Donde:

CU = Coeficiente de uniformidad de Christiansen (fracción decimal)

$\sum |X|$ = Suma de valores absolutos de la desviación de observaciones individuales con respecto al promedio de profundidades de mojado.

M = Promedio de profundidad de mojado (cm).

n = Número de observaciones.

Un coeficiente de uniformidad de 0.8 se considera adecuado para riego por aspersión, en este método el grado de uniformidad en la aplicación del agua durante el riego, depende especialmente del espaciamiento entre aspersores y laterales, además de la presión de operación de los aspersores, siendo afectados grandemente por el viento (15).

2.2.1.10.2 EFICIENCIA DE APLICACION

Es la relación que existe entre el agua almacenada en la zona de raíces por efecto del riego y el agua aplicada por los aspersores, se define en la siguiente ecuación (15):

$$E_{ap} = (A_a / L_a) \times 100$$

Donde:

E_{ap} = Eficiencia de aplicación (%)

A_a = Lámina almacenada en la zona principal de las raíces por efecto del riego (cm).

L_a = Lámina aplicada por aspersores (cm)

Si la lámina promedio aplicada por los aspersores es menor que la lámina necesaria para llegar a capacidad de campo la zona principal de raíces, toda el agua que cae al suelo quedara almacenada en la zona radicular y no habrá pérdidas por percolación profunda. Si por el contrario, la lámina promedio aplicada por los aspersores es mayor que la lámina necesaria para llevar a capacidad de campo la zona principal de raíces, habrá desperdicio por percolación profunda (15).

2.2.1.10.3 EFICIENCIA AGRONOMICA

La eficiencia agronómica es la que resulta de la interacción de las eficiencias de aplicación, almacenamiento y distribución tal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$EU = E_{ap} \times E_{al} \times E_d$$

Donde:

EU = Eficiencia agronómica o de utilización

E_{ap} = Eficiencia de aplicación

E_{al} = Eficiencia de almacenamiento

E_d = Eficiencia de distribución (coeficiente de uniformidad)

La eficiencia agronómica indica de qué manera se está utilizando el agua con un determinado método de riego, integrando el probable desperdicio, el correcto humedecimiento de la zona de raíces y la uniformidad con que el agua fue aplicada en toda el área (15).

2.2.1.10.4 EQUIPOS DE RIEGO POR ASPERSION TOTALMENTE PORTATILES

En este tipo de equipo, tanto la línea principal y líneas laterales, así como los aspersores y planta de bombeo son portátiles. El diseño de estos equipos, se hace con el objeto de que una vez terminado el riego en la primera posición, se cierra el paso del agua y las líneas laterales se desplazan a la segunda posición (8).

Terminado el riego de todo el terreno, las tuberías así como la planta de bombeo puede ser trasladado a otra parcela, repitiéndose el procedimiento hasta regar toda la superficie, de esta manera se hace un uso eficiente del equipo y esto trae como consecuencia que sea fácilmente amortizable. Sin embargo, este equipo tiene las mayores exigencias de mano de obra, y deberá diseñarse de tal manera que pueda satisfacer la demanda de agua del período de mayor intensidad en la temporada de riego (8).

2.2.1.10.5 COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD

La uniformidad de la distribución de agua en los sistemas de aspersión es necesaria para un uso más eficiente del agua disponible. Además un riego eficiente permite maximizar la producción y limitar las pérdidas por percolación profunda. Existen numerosos coeficientes para determinar la uniformidad del riego. Los parámetros más utilizados son el coeficiente de variación (CV), la uniformidad de distribución referida al 25% del área menos regada (UD) y el coeficiente de Uniformidad (Cu) de Christiansen (1924). Este último es el que con más frecuencia se utiliza en el riego por aspersión (15).

2.2.1.10.6 COSTOS DE OPERACION

El costo de operación de la aspersión móvil, para Ingenio Magdalena se ve afectado en su totalidad por los siguientes rubros: a) mano de obra directa, b) mano de obra indirecta, c) costo de traslados y d) costo de bombeo que se generaliza a través de la tarifa por hora de motobomba. El costo por hectárea regada para cada administración se presenta en el cuadro 1, con valores de la operación de riego 2007-2008.

Cuadro 22. Costo de la hectárea regada por aspersión en Ingenio Magdalena S.A.

ADMINISTRACION	HECTAREAS RIEGO	COSTO POR HECTAREA REGADA (Q.)				COSTO TOTAL (Q.)
		MANO DE OBRA DIRECTA	MANO DE OBRA INDIRECTA	COSTO BOMBEO	COSTO TRASLADOS	
VELASQUEZ	5,793	92.47	26.50	343.37	40.49	502.83
BUGANVILIA	9,294	111.82	39.85	300.12	28.33	480.13
SANTA MARIA	10,224	74.99	18.65	235.49	20.14	349.27
AGROPESA	12,108	87.06	29.88	224.29	38.15	379.38
BARRANQUILLA	3,519	92.06	43.13	264.85	32.00	432.04
TAXISCO	1,844	116.53	59.36	310.46	53.59	539.94
CHIQUIMULILLA	2,365	120.77	67.93	525.58	32.60	746.88

Nota: Datos de costo por hectarea regada por aspersión móvil Ingenio Magdalena S.A. Depto. Riego

Fuente: Departamento de Riego y Drenaje Ingenio Magdalena S.A.

2.2.1.10.7 PROGRAMACION DE RIEGO

Se presentan diferentes alternativas para obtener un uso eficiente del agua de riego en el cultivo de la caña de azúcar y la adopción del balance hídrico a nivel comercial. Estas alternativas difieren en su grado de adaptación según las condiciones propias de cada ingenio o cultivador.

La programación de los riegos es un procedimiento sencillo que se puede realizar manualmente o usando programas de computador. Actualmente, la adopción del balance hídrico es baja debido a la carencia de la información hídrica de los suelos, falta de la información climática o inducida por el tiempo requerido para hacer los cálculos. Actualmente se comprobó la utilidad del tanque Cenirrómetro como una ayuda visual que permite la programación de los riegos por balance hídrico (5).

El Cenirrómetro se desarrolló a partir de un modelo conceptual que considera el suelo como un reservorio de agua, tiene una capacidad máxima de almacenamiento cuando está a capacidad de campo y un límite inferior cuando se agota el agua rápidamente aprovechable.

El tanque Cenirrómetro fue evaluado en el campo y se comprobó que es una herramienta eficiente para programar visualmente los riegos de la caña de azúcar. El tanque funciona simultáneamente como pluviómetro y evaporímetro, y una vez está calibrado no se necesita de la intervención humana fuera de observar la posición del nivel del agua en relación con las marcas de control del riego. El Cenirrómetro se puede usar en otros cultivos, con previa calibración, y es atractivo para aquellas regiones donde la información meteorológica es escasa o difícil de obtener (5).



Tanque Tipo "A".

Cenirrometro Calibrado

Figura 25. Tanque evaporímetro tipo "A" y Cenirrometro calibrado.

2.2.1.10.8 BALANCE HIDRICO

El balance hídrico constituye una buena herramienta para determinar cuando y cuanto regar, para ello los componentes determinantes de control son las constantes de humedad: capacidad de campo, punto de marchites permanente, densidad aparente, y valores de Kc del cultivo de caña de azúcar obtenidos experimentalmente. La utilización de un déficit permitido de manejo (DPM) del 60% de consumo y una profundidad de raíces de 0.40 y 0.60 m., para las etapas fonológicas de amacollamiento y elongación, respectivamente.

2.2.1.11 ANALISIS ECONOMICO DE UN SISTEMA DE RIEGO

Para realizar una asignación de recursos económicos a la mejor alternativa de inversión, es necesaria la evaluación del proyecto de riego, con el propósito de conocer su rentabilidad económica. El cálculo de la Tasa Interna de Retorno, y del Valor Presente Neto, nos puede indicar la factibilidad de invertir en un sistema de riego.

2.2.1.11.1 TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Está definida como la tasa de interés con la cual el valor neto actual o valor presente neto (VAB o VPN) es igual a cero. El VPN es calculado a partir del flujo de caja anual, trasladando todas las cantidades futuras al presente. Es un indicador de la rentabilidad de un proyecto, a mayor TIR, mayor rentabilidad. Se utiliza para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión. Para ello la TIR se compara con una tasa mínima o tasa de corte, el coste de oportunidad de la inversión (si la inversión no tiene riesgo, el coste de oportunidad utilizado para comparar la TIR será la tasa de rentabilidad libre de riesgo). Si la tasa de rendimiento del proyecto, expresada por la TIR, supera la tasa de corte, se acepta la inversión; en caso contrario se rechaza (2).

2.2.1.11.2 VALOR PRESENTE NETO (VAN)

El valor presente neto es la diferencia entre todos los ingresos y todos los egresos actualizados al periodo actual. Según el criterio del valor presente neto, el proyecto debe aceptarse si su valor actual neto es positivo. El valor presente neto es siempre único, independientemente de cuál sea el patrón de flujo de caja de la inversión. En otras palabras cualquier secuencia de ingresos y desembolsos, generaran un valor presente neto único. El valor presente neto, además de lo dicho, es la cantidad equivalente por medio de la cual los ingresos equivalentes de un flujo de caja, exceden, son iguales o menores, a los desembolsos equivalentes de ese mismo flujo (2).

2.3 MARCO REFERENCIAL

2.3.1 UBICACION GEOGRAFICA DEL AREA DE EVALUACION

El Ingenio Magdalena S.A. se encuentra ubicado en el municipio de La Democracia, departamento de Escuintla. La finca Marías Mapan es una finca propiedad de dicho ingenio la cual está ubicada a una distancia de 121Km., de la ciudad capital en las coordenadas 14° 19'44.1" Latitud Norte y 91° 12' 7.2" Longitud Oeste, a una altura de 95 msnm.

Colinda al norte con la finca Misqueño, al Sur con la finca Peralta, al Este con la finca San Roque, y al Oeste con la finca Recreo Cocales. Posee una extensión de 204.07 hectáreas cultivadas en su totalidad con caña de azúcar, dividida en 10 lotes como centros de costo, agrupados en 2 sectores.

2.3.2 CONDICIONES CLIMATICAS

La precipitación media anual en la zona es de 1,500 a 1,600 mm., anuales concentrados durante la época lluviosa que comprende los meses de mayo a octubre, con una distribución bimodal ya por lo general se presenta una canícula en agosto, la temperatura promedio anual es de 27 a 28 grados Centígrados y la humedad anual es 60 a 80% (6).

Basado en el sistema de clasificación de Holdrige, el área se encuentra en la zona de vida bosque muy húmedo subtropical cálido, donde las biotemperaturas oscilan entre 21 y 25 grados centígrados y la evapotranspiración potencial puede estimarse en 4.5 mm/día en promedio (6).

2.3.3 CONDICIONES EDAFICAS

Según el estudio semidetallado de suelos de la región cañera de Guatemala realizado por el Centro Guatemalteco de Capacitación e Investigación de la caña de azúcar, (CENGICAÑA), en la finca Marías Mapan, los suelos son del orden de los Andisoles (6).

Los Andisoles son suelos poco evolucionados, de colores oscuros fumíferos, de baja densidad aparente y alto contenido de alófanos, tienen alta capacidad de retención de fosfatos y de textura media, se localizan en el cuerpo y ápice de los abanicos y conos de pie de montes (6).

2.3.4 HIDROGRAFIA

El área de la finca Marías Mapan, se encuentra dentro de la cuenca del río Mascalate y el río Mapan, de donde se deriva el agua para la operación de los equipos de riego para dicha finca.

2.3.5 REGIÓN FISIAGRÁFICA

El área se encuentra ubicada en la región fisiográfica denominada Planicie costera del Pacífico. Dentro de esta provincia del sur, está comprendido el material aluvial cuaternario que cubre los estratos de la plataforma continental. Los efluvios que corren desde el altiplano volcánico, al cambiar su pendiente han depositado grandes cantidades de materiales que han formado esta planicie de poca ondulación y de aproximadamente unos 50 kilómetros de ancho a lo largo de la zona del pacífico (6).

2.3.6 ACTIVIDAD AGRICOLA

La finca Marías Mapan, está cultivada en su totalidad con caña de azúcar, siendo las variedades cultivadas la CP- 722086 y la CP- 881165, siendo cosechada la finca en su totalidad en el mes de enero.

2.4 OBJETIVOS

2.4.1 GENERAL

- Analizar técnica y económicamente la operación de dos sistemas de riego por aspersión móvil con fines de mejora en la eficiencia de riego en caña de azúcar.

2.4.2 ESPECIFICOS

- Comparar el costo del riego por hectárea, en ambos sistemas de aspersión móvil.
- Analizar el efecto de las características técnicas de diseño y operación de los dos sistemas de riego, en la producción de caña de azúcar.
- Evaluar comparativamente los indicadores económicos y financieros de los sistemas de riego aspersión cañón y mini aspersión.

2.5 METODOLOGÍA.

2.5.1 ASPECTOS AGRONOMICOS

Los aspectos agronómicos contemplan todas las variables que rigen el riego por aspersión en caña de azúcar de manera que la prueba comparativa contemple todos los aspectos técnicos de riego para poder obtener resultados confiables que respalden nuestra investigación.

2.5.1.1 REQUERIMIENTO DE RIEGO EN EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Se definió el requerimiento de riego del cultivo de la caña de azúcar en función del balance hídrico, el cual se calculó con las siguientes variables: edad del cultivo, evapotranspiración potencial de la zona, evapotranspiración máxima del cultivo y precipitación pluvial, el resultado final represento el requerimiento de riego por el cultivo expresado en mm., el cual se expreso en cantidad de riegos requeridos para cubrir el déficit hídrico con los sistemas aspersión cañón y mini aspersión. Para lo cual se contó con la información climática de finca Marías Mapan.

2.5.1.2 CONDICIONES DE OPERACIÓN

Se determinaron las condiciones de operación de los sistemas en estudio para lo cual se analizaron las siguientes variables: componentes de cada sistema para regar un área de 100 hectáreas (área piloto de cada sistema), tiempo de operación por día, lámina bruta de riego (mm/riego), eficiencia del sistema, lámina neta de riego (mm/riego), lámina bruta de riego (mm/día), frecuencia de riego (días), días de operación al año, área regada por día, rendimiento del equipo (has/hr) y rendimiento del equipo (hr/ha). Para lo cual se contó con un módulo de aspersión cañón y un módulo de mini aspersión.

2.5.1.3 DISEÑO DE ASPERSIÓN CAÑON

Se describieron los componentes del sistema aspersión móvil. Utilizando los módulos ya definidos de riego.

2.5.1.3.1 ASPERSORES

Se determinaron las condiciones de operación, Caudal, presión de operación, diámetro de mojado, diámetro de boquilla, distanciamiento, intensidad de riego, distanciamientos, coeficiente de uniformidad. Para lo cual se utilizaron recipientes para

pruebas de uniformidad, medidor de caudal, manómetros con Pitot, equipo de informática para almacenamiento y procesamiento de datos y vehículo para movilizarse dentro de la finca.

2.5.1.3.2 UNIDAD DE BOMBEO: Se describieron los componentes de la unidad de bombeo, cálculo de la Carga Dinámica Total, elección de la bomba y potencia del motor, características de la bomba, características del motor. Se realizó con los módulos de aspersión cañón y mini aspersión ya definidos.

2.5.1.3.3 TUBERÍA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA: Se detalló el diámetro y largo de tubería, disposición de la tubería en el campo, marcas de tubería utilizadas, cálculo de pérdidas de carga para tuberías principales y laterales, carga requerida en la entrada del lateral. Para lo cual se utilizó equipo de informática para el almacenamiento y procesamiento de datos.

2.5.1.3.4 ACCESORIOS: Se describieron los siguientes accesorios, válvulas hidrantes, codo abre válvula, válvula en línea, tee de control con dos válvulas, cuello de ganso del aspersor, tapones finales.

2.5.1.3.5 OPERACIÓN DEL SISTEMA DE ASPERSIÓN CAÑÓN:

Se detalló la operación del sistema de aspersión móvil, tiempos de riego, frecuencias, logística de operación.

2.5.1.3.6 BALANCE HÍDRICO Y PROGRAMACIÓN DE RIEGOS:

Se determinaron las características físicas y constantes de humedad del suelo, y se calculó la lámina de humedad rápidamente aprovechable a una profundidad radicular de 60 centímetros, aplicando un déficit Permitido de Manejo del 60%. Para posteriormente relacionar estos datos con la evaporación y el Kc del cultivo según la etapa fonológica en la que se encuentra. Y se observó la dinámica de la humedad en el suelo a través de un cenirrometro.

2.5.1.4 DISEÑO DE MINI ASPERSIÓN: Se describieron los componentes del sistema de mini aspersión.

2.5.1.4.1 ASPERSORES

Se determinaron las condiciones de operación, Caudal, presión de operación, diámetro de mojado, diámetro de boquilla, distanciamiento, intensidad de riego, coeficiente de uniformidad. Para lo cual se emplearon recipientes para pruebas de uniformidad, medidor de caudal, manómetros con Pitot, y equipo de informática para almacenamiento y procesamiento de datos.

2.5.1.4.2 UNIDAD DE BOMBEO

Se detallaron los componentes de la unidad de bombeo y se cálculo de la Carga Dinámica Total, elección de la bomba y potencia del motor, características de la bomba y características del motor. Se realizó con los módulos de aspersión y mini aspersión ya definidos.

2.5.1.4.3 TUBERÍA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA

Se detalló el diámetro y largo de tubería, disposición de la tubería en el campo, marcas de tubería utilizadas, cálculo de pérdidas de carga para tuberías principales y laterales, carga requerida en la entrada del lateral.

2.5.1.4.4 ACCESORIOS

Se realizó el detalle de los accesorios, válvulas hidrantes, codos, extensión del elevador, tee macho-hembra para aspersor, y tapones finales.

2.5.1.4.5 OPERACIÓN DEL SISTEMA DE MINI ASPERSIÓN

Se describió la operación del sistema de aspersión móvil, tiempos de riego, frecuencias, logística de operación.

2.5.1.4.6 BALANCE HÍDRICO Y PROGRAMACIÓN DE RIEGOS

Se determinaron las características físicas y constantes de humedad del suelo, y se calculó la lámina de humedad rápidamente aprovechable a una profundidad radicular de 60 centímetros, aplicando un déficit Permitido de Manejo del 60%. Para posteriormente relacionar estos datos con la evaporación y el Kc del cultivo según la etapa fonológica en la que se encuentra. Y se observó la dinámica de la humedad en el suelo a través de un cenirrometro.

2.5.2 ASPECTOS ECONÓMICOS ASPERSIÓN CAÑÓN

Dentro de estos aspectos se contemplan los costos en los que se incurre para la aplicación del riego en caña de azúcar con el sistema de aspersión cañón.

2.5.2.1 COSTOS DE APLICACIÓN

Se calculó a) costo de inversión, b) costo de depreciación de la inversión y c) costo de operación que incluyen mano de obra directa e indirecta, tarifa hora motobomba y costo traslados, para la aspersión cañón.

2.5.2.2 COSTOS DE INVERSIÓN

Se cuantificó la inversión realizada para el establecimiento de cada uno de los sistemas, a través de la deducción de los costos: a) abastecimiento de agua al sistema, b) equipo de riego, c) valor total de la inversión y d) área a cubrir con el sistema. Se calculó la depreciación del equipo tomando en cuenta a) valor de inversión del equipo, b) vida útil esperada en horas y c) rendimiento del sistema de riego en horas/hectárea.

2.5.2.3 COSTOS DE OPERACIÓN:

Se determinó el costo de los rubros más importantes que constituyen el costo total. a) mano de obra directa, b) costo de bombeo, c) costo mano obra indirecta y d) costo de traslados de equipo.

2.5.2.4 COSTO TOTAL DE APLICACIÓN:

Se integraron los costos siguientes: a) costos de depreciación, b) costos de operación. Y se obtuvo el costo de efectuar un riego.

2.5.3 INDICADORES FINANCIEROS DEL SISTEMA ASPERSION CAÑÓN

Estos indicadores se calcularon utilizando un periodo de 5 años, tiempo promedio al cual son renovadas las plantaciones de caña de azúcar.

2.5.3.1 VALOR ACTUAL NETO (VAN):

El valor actual neto de los flujos de caja son las sumas monetarias equivalentes al dinero del primer año de ejercicio luego de haber sustraído de cada uno de los beneficios anuales el efecto de una tasa de interés, el VAN fue el resultado de restar de

ésta sumatoria el valor de la inversión realizada en la implementación del sistema de riego en estudio. La tasa de interés estuvo en función de la tasa inflacionaria en nuestro país, utilizándose una tasa del 15%. El cálculo se realizó con en una hoja electrónica de Excel.

2.5.3.2 TASA INTERNA DE RETORNO (TIR):

Luego de efectuado el cálculo de del Valor Actual Neto, se procedió a calcular la Tasa Interna de Retorno, en una hoja electrónica de Excel.

2.5.4 ASPECTOS ECONÓMICOS MINI ASPERSION

Dentro de estos aspectos se contemplan los costos en los que se incurre para la aplicación del riego en caña de azúcar con el sistema de mini aspersión.

2.5.4.1 COSTOS DE APLICACIÓN:

Se calculó a) costo de inversión, b) costo de depreciación de la inversión y c) costo de operación que incluyen mano de obra directa e indirecta, tarifa hora motobomba y costo de traslados.

2.5.4.2 COSTO DE INVERSIÓN:

Se cuantificó la inversión efectuada para el establecimiento del sistema, y se evaluó: a) abastecimiento de agua al sistema, b) equipo de riego, c) valor total de la inversión y d) área a cubrir con el sistema. Se calculó la depreciación del equipo tomando en cuenta a) valor de inversión del equipo, b) vida útil esperada en horas y c) rendimiento del sistema de riego en horas/hectárea.

2.5.4.3 COSTOS DE OPERACIÓN:

Se determinó el costo de los rubros más importantes que constituyen el costo total. a) mano de obra directa, b) costo de bombeo, c) costo mano obra indirecta y d) costo de traslados de equipo.

2.5.4.4 COSTO TOTAL DE APLICACIÓN:

Se integraron los costos siguientes: a) costo de depreciación, b) costo de operación. Para obtener el costo de efectuar un riego.

2.5.5 INDICADORES FINANCIEROS MINI APSERION

Estos indicadores se calcularon utilizando un periodo de 5 años, tiempo promedio al cual son renovadas las plantaciones de caña de azúcar.

2.5.5.1 VALOR ACTUAL NETO (VAN):

El valor actual neto de los flujos de caja fueron las sumas monetarias equivalentes al dinero del primer año de ejercicio luego de haber sustraído de cada uno de los beneficios anuales el efecto de una tasa de interés, el VAN fue el resultado de restar de esta sumatoria el valor de la inversión realizada en la implementación del sistema de riego en estudio. La tasa de interés estuvo en función de la tasa inflacionaria en nuestro país, utilizándose una tasa del 15%. El cálculo se realizó con en una hoja electrónica de Excel.

2.5.5.2 TASA INTERNA DE RETORNO (TIR):

Luego de efectuado el cálculo de del Valor Actual Neto, se procedió a calcular la Tasa Interna de Retorno, en una hoja electrónica de Excel.

2.6 RESULTADOS

2.6.1 RESULTADOS DE ASPECTOS AGRONÓMICOS

2.6.1.1 REQUERIMIENTO HÍDRICO:

El requerimiento hídrico y el número de riegos a realizar se programó en función del balance hídrico, el cual se calculó con las siguientes variables: Edad del cultivo, evapotranspiración potencial de la zona, evapotranspiración máxima del cultivo y la precipitación pluvial, teniendo como resultado el requerimiento de riego expresado en milímetros.

Cuadro 23. Balance hídrico del cultivo de caña de azúcar finca Marías Mapan periodo Enero-Diciembre 2009.

PERIODO	PERIODO días	FECHA		MES DE ETP			Kc	ETP	LLUVIA EN mm	BALANCE
		INICIO	FIN	MES	DIAS	Etp(mm día)		Máxima (mm)		
ESTABLECIMIENTO	30	1-ene-09	31-ene-09	Ene	30	4.4		39	0	-39
				Feb.	29	4.6		40	0	-40
				Mar	31	5.3	0.3	49	0	-49
MACOLLAMIENTO	60	1-feb-09	2-abr-09	Abr.	30	5.8		104	8	-96
				May	31	6.0		112	490	378
				Jun.	30	5.5		99	280	181
ELONGACION	210	3-abr-09	30-oct-09	Jul.	31	5.2	0.6	97	368	271
				Ago	31	5.3		98	559	461
				Sep.	30	5.5		99	440	341
				Oct.	31	5.0		93	352	259
				Nov.	30	4.6		42	22	-20
MADURACION	60	1-nov-09	31-dic-09	Dic.	31	4.5	0.3	41	5	-36
TOTAL	360							913	2,524,00	

REFERENCIAS

Etp (mm/día): Evapotranspiración potencial máxima de la zona.

Coeficiente Kc: Coeficiente de cultivo.

Balance Hídrico (mm): Lluvia (mm) - Evapotranspiración máxima (mm).

Cuadro 24. Número de riegos requeridos para cubrir el déficit hídrico con los sistemas mini aspersion y aspersion cañón.

DESCRIPCION	PERIODO		SISTEMA DE RIEGO	
	DEL	AL	MINI ASP.	ASP.CAÑON
LAMINA A REPONER (mm)	15-nov	30-abr	280	280
LAMINA NETA (mm/riego)			55	47
No. RIEGOS NECESARIOS			5	6

2.6.1.2 COMPARACIÓN DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN:

El siguiente cuadro presenta las condiciones de operación de los sistemas evaluados.

Cuadro 25. Condiciones de Operación de riego por aspersión y mini aspersión.

INDICADOR	MINI ASPERSION	ASPERSION CAÑÓN
Distanciamiento entre emisores	12 metros	45 metros
Distanciamiento entre laterales	18 metros	45 metros
Caudal del aspersor:	1 m ³ /hora	46.56 m ³ /hr
Número de emisores por lateral	20 aspersores	2 cañones
Número total de emisores	180 aspersores	4 cañones
Caudal del sistema	180 m ³ /hora	181.82 m ³ /hr
Número de laterales	9 laterales	Variable
Número de posición del lateral por posición de la principal	8 posiciones	Variable
Numero de posiciones de la principal	4 posiciones	variable
Número total de posiciones por lateral	32 posiciones por lateral	Variable
Número total de posiciones de laterales	288 posiciones en total	Variable
Material de la tubería	Aluminio	Aluminio
Diámetro de la principal	6 pulgadas	6 pulgadas
Diámetro de laterales	63 mm	6 pulgadas
Modelo de aspersor	VYR - 36	Cañon F - 100
Área de riego por aspersor	12 m * 18 m = 216 m ²	45*45=2.025 m ²
Área de riego por lateral	216 * 20 =4,320 m ²	2,025 * 4 = 8,100 m2
Área de riego por 9 laterales por turno:	4,320 * 9 = 38,880 m ² (5.55 Mz)	
Número de turnos por día	2 turnos	2 turnos
Numero de cambios por día	2 cambios	7 cambios
Área de riego por día	3.89 Has * 2 = 7.78 Has/día	0.80 Has * 7 = 5.6 Has/día
Hectareas regadas por hora	0.32	0.31
Horas Motobomba por hectarea regada	3.08	3.21
Tiempo de riego por turno	12 horas	2 horas
Tiempo de riego por día	24 horas	18 horas
Precipitación horaria del aspersor	$\frac{1\text{m}^3/\text{hr}}{(12*18)} = 0.0046 \text{ mts/hr}$ 4.6 mm hr	$\frac{46.56 \text{ m}^3/\text{hr}}{(45*45)} = 0.023 \text{ mts/hr}$ 23 mm hr
Precipitación por turno	0.0046 * 12 = 0.0556 mts (55.6mm)	0.023 * 2 = 0.046 mts (46 mm)
Frecuencia de riego	13	18
Ciclo de riego	12 días	17 días
No. De riegos/temporada 6 meses	10 riegos	7.2 riegos
Área de riego/temporada de 6 meses	1,167 Has	840 Has
No. Equipos de riego	1 equipo	1 equipo
No. Operadores/turno	2 por turno	3 por turno

2.6.1.3 EVALUACIÓN DEL DISEÑO ASPERSIÓN CAÑÓN:

El sistema evaluado está conformado por los siguientes componentes: fuente de agua, sistema de bombeo, aspersores tipo cañón (Nelson F-100), tuberías de aluminio para conducción y distribución de agua, válvulas hidrantes, codos abre válvulas, Tee

de control con dos válvulas, llaves de paso y tapones finales. Los componentes anteriores y las cantidades se presentan a continuación, en el cuadro 5.

Cuadro 26. Componentes del sistema de aspersión cañón

CANTIDAD	DESCRIPCION
MOTOBOMBA	
1	Motobomba compuesta por: Bomba BERKELEY mod. B4EYRMBM acoplada a motor JOHN DEERE mod. 4045 TF 250, sin embrague con acople flexible PX 100, con tablero de control con dispositivos de seguridad por presión de aceite y temperatura. Trailer con tanque de combustible incorporado con 200 gl de capacidad, de un eje y dos llantas de flotación RIN 15, con punto de enganche delantero y trasero, y patas niveladoras en las cuatro esquinas.
ACCESORIOS DE SUCCION Y DESCARGA	
1	ADAPTADOR EXENTRICO PARA SUCCION DE 8"
1	CODO SUCCION DE 8" * 90 grados marca SURE FLO
1	VALVULA DE PIE AL. 8" a 45 grados marca SURE FLO
1	TUBO AL. 8" X 20' 0.072" de espesor
1	NIPLE HG 4 X 4
1	TE HG 4
1	TAPON HG 4
1	MANOMETRO CON GLICERINA DE 0 - 200 PSI
1	VALVULA DE CHEQUE DE ALUMINIO DE 6" WR CV DF - 6
1	CUELLO DE GANSO DE 6"
TUBERÍA Y ACCESORIOS	
175	TUBOS DE ALUMINIO DE 6" * 30' DE 0.058" ESPESOR
14	VALVULA HIDRANTE 2-6-6 MXF marca WADE RAIN 6" X 6" X 6"
24	VALVULA HIDRANTE 2-6-4 MXF 6" marca WADE RAIN 6" X 4" X 6"
4	CODO ABRE VALVULA TOMA 3-6-6 ES
5	TAPON FINAL 5-6 DX
4	CODO CUELLO DE GANSO PARA ASPERSOR 15-5-1E
4	ESTABILIZADOR DE 4 PATAS DE ALUMINIO
4	TUBOS ELEVADORES DE 3' X 3" DE ALUMINIO CEDULA 40
1	MANOMETRO CON TUBO PITOT CON GLICERINA DE 0 - 100 PSI
6	VALVULAS EN LINEA DE 6" WR INV - 6
1	TEE DE CONTROL CON DOS VALVULAS DE 6" WR - CT - 6
4	ASPERSOR NELSON F-100 TAPER BORE CON BOQUILLA DE 1"
2	CODOS DE LINEA 6" X 90 GRADOS

2.6.1.3.1. FUENTE DE AGUA

Generalmente las fuentes de agua en las plantaciones de caña de azúcar en la costa sur de Guatemala son: ríos, norias y pozos. Para el caso de la finca Marías Mapán, la fuente principal de agua la representa el río Mapán, que atraviesa la finca con un caudal entre 2,000 y 3,000 gpm. Es primordial que la fuente de agua nos asegure un abastecimiento continuo de 880 gpm. Generalmente los equipos de aspersión cañón trabajan entre 14 y 17 horas por día.

2.6.1.3.2 ASPERSORES

En un sistema de aspersión móvil, se utilizan 4 aspersores con las siguientes características: Marca Nelson, serie F-100, los cuales son de círculo completo. Las condiciones de operación de los aspersores son las siguientes:

Caudal:	205 gpm = 13 l/s
Presión de operación:	50 psi = 35 metros de columna de agua.
Diámetro de mojado:	94.5 metros sin condiciones de viento.
Diámetro de boquilla:	1.0 pulgada = 0.0254 metros.

$$IR \text{ (mm/hora)} = \frac{Q * 1,000 \text{ mm/m}}{DL * DA}$$

De donde:

IR	= Intensidad de riego en milímetros por hora
Q	= Caudal del aspersor (m ³ /hr)
DL	= Distancia entre laterales (m)
DA	= Distancia entre aspersores (m)

Sustituyendo:

$$IR = \frac{46.5 \text{ (m}^3\text{/hr)} * 1,000 \text{ (mm/m)}}{45 \text{ (m)} * 45 \text{ (m)}} = 22.96 \text{ mm/hr.}$$

Para las condiciones de suelo franco arenoso del área de la finca y tomando en cuenta el resultado de la prueba de infiltración, se concluye que el valor de la intensidad de riego es adecuado. El cuadro 27 presenta los datos obtenidos en la prueba de infiltración básica realizada en la finca Marías Mapán, por el método del doble cilindro.

Cuadro 27. Prueba de infiltración básica en finca Marías Mapán.

Tiempo	Intervalos de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencia entre lectura (cm)	Infiltración (cm/hr)
9:30	0		18,00		
9:31	1,00	1,00	17,00	1,00	60,00
9:32	1,00	2,00	16,50	0,50	30,00
9:34	2,00	4,00	16,00	0,50	15,00
9:36	2,00	6,00	15,90	0,10	3,00
9:38	2,00	8,00	15,60	0,30	9,00
9:40	2,00	10,00	15,40	0,20	6,00
9:42	2,00	12,00	15,20	0,20	6,00
9:44	2,00	14,00	15,10	0,10	3,00
9:46	2,00	16,00	15,00	0,10	3,00
9:48	2,00	18,00	14,90	0,10	3,00
9:53	5,00	23,00	14,70	0,20	2,40
9:58	5,00	28,00	14,40	0,30	3,60
10:08	10,00	38,00	13,70	0,70	4,20
10:28	20,00	58,00	12,50	1,20	3,60
10:58	30,00	88,00	10,40	2,10	4,20
Promedio					3,38
Estable = lb					

La figura 26 muestra los resultados de la prueba de infiltración de finca Marías Mapan en forma gráfica. Donde se puede observar cómo se estabiliza la infiltración con forme transcurre el tiempo.

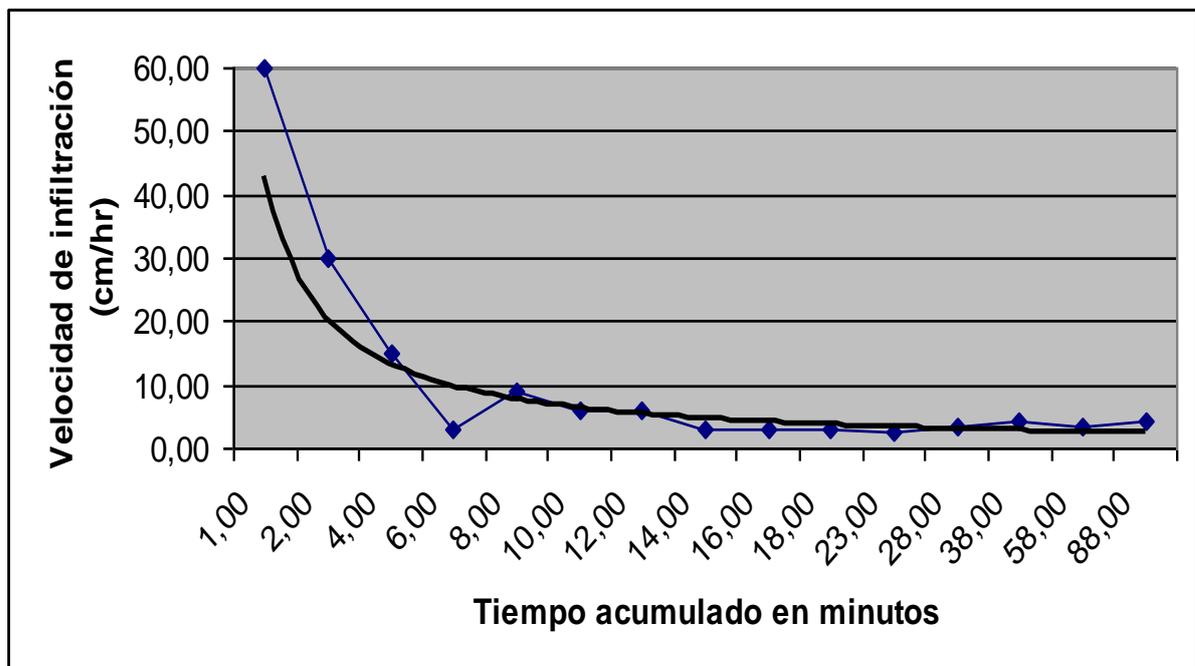


Figura 26. Curva de infiltración finca Marías Mapán

En el cuadro 28, se presentan los resultados obtenidos en la prueba de uniformidad del riego aspersion cañón, utilizando 4 aspersores Nelson F-100, con una presión de operación en la salida de la bomba de 95 psi y 45 -50 psi en el aspersor.

Cuadro 28. Coeficiente de uniformidad del sistema de aspersion cañón

4 Aspersores F100 NELSON BOQUILLA DESCONOCIDA				
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DISTANCIAMIENTO 45*45				
Aspersor 1 Po Inicio		47 PSI		
Aspersor 2 Po FINAL		45 PSI		
pluviometro	mm/2.0 h	desviaciones	desves abs	CU (%)
1,00	1440,00	-981,20	981,20	76,98
2,00	2620,00	198,80	198,80	
3,00	2650,00	228,80	228,80	
4,00	2310,00	-111,20	111,20	
5,00	1200,00	-1221,20	1221,20	
6,00	2130,00	-291,20	291,20	
7,00	3380,00	958,80	958,80	
8,00	2570,00	148,80	148,80	
9,00	1750,00	-671,20	671,20	
10,00	2440,00	18,80	18,80	
11,00	2230,00	-191,20	191,20	
12,00	3390,00	968,80	968,80	
13,00	4360,00	1938,80	1938,80	
14,00	2150,00	-271,20	271,20	
15,00	2120,00	-301,20	301,20	
16,00	1900,00	-521,20	521,20	
17,00	2810,00	388,80	388,80	
18,00	3730,00	1308,80	1308,80	
19,00	2770,00	348,80	348,80	
20,00	2090,00	-331,20	331,20	
21,00	1430,00	-991,20	991,20	
22,00	2250,00	-171,20	171,20	
23,00	2880,00	458,80	458,80	
24,00	2000,00	-421,20	421,20	
25,00	1930,00	-491,20	491,20	
Promedio	2421,20		13933,60	
Lamina Promedio(mm)	53,52			
Area del Pluviometro(cn)	452,39			

El 76.98% de uniformidad obtenido, se encuentra dentro del rango permitido para los sistemas de aspersion cañón, por lo que podemos decir que las presiones de operación están siendo bien manejadas.

2.6.1.3.3 UNIDAD DE BOMBEO

Los sistemas de aspersión móvil están conformados principalmente de una bomba centrífuga accionada por un motor eléctrico o de combustión interna utilizando diesel como combustible, éste último es el más común. Al conjunto de motor y bomba generalmente se le conoce como motobomba. La elección de la bomba y potencia del motor se calculó de la siguiente manera:

Inicialmente se calculó la carga dinámica total (CDT) en metros con la siguiente ecuación:

$$\text{CDT (m)} = H_e + \text{HF en la principal} + 0.1 \text{ HF en la principal} + C_e$$

De donde:

H_e = Carga requerida a la entrada de la tubería lateral (m)

HF en la principal = Pérdidas de carga en la tubería principal (m)

0.1 HF = Pérdidas de carga menores en la tubería principal (m)

C_e = Carga estática, diferencia de altura entre el nivel del agua en la fuente y el nivel del terreno en la entrada del lateral más alto (m), se asume una diferencia de 1.00 m. Desde la salida de la bomba hasta el lateral más alto y 4.50 m desde el espejo de agua cuando se encuentra en su nivel más bajo (nivel dinámico de una noria), haciendo un total de 5.5 m.

Sustituyendo:

$$\text{CDT (m)} = 40.33 \text{ (m)} + 28 \text{ (m)} + 5.5 \text{ (m)}$$

$$\text{CDT (m)} = 74.11 \text{ equivalente a } 105 \text{ psi}$$

Luego para el cálculo de la potencia para operar la bomba se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{HP} = \frac{Q * \text{CDT}}{76 * E_b}$$

De donde:

H_p = Caballos de fuerza requeridos para operar la bomba

CDT = Carga dinámica total (m)

Q = Caudal del sistema (litros por segundo)

E_b = Eficiencia de la bomba (decimales)

Sustituyendo:

$$\text{HP} = \frac{51.7 \text{ (l/s)} * 74.11 \text{ (m)}}{76 * 0.68} = \text{HP} = 74$$

Si se considera que un motor diesel puede tener una pérdida de un 20% en la transferencia de energía, se puede ajustar el requerimiento de la siguiente manera:

HP del motor = $74 / 0.8 = 92.5$ hp.

En base a los cálculos anteriores, se utiliza equipo de bombeo con las siguientes características:

Características de la bomba:

Marca:	BERKELEY
Lugar de fabricación:	Estados Unidos
Modelo:	B4EYRMBM (ver curva de desempeño en anexos)
Tipo de bomba:	Centrífuga
Diámetro del impulsor:	454 milímetros, equivalente a 17.875 pulgadas
Caudal:	820 GPM, equivalente a 51.7 litros por seg.
Carga dinámica total:	102.13 MCA, equivalente 145 psi.
Revoluciones por minuto:	1,800
Eficiencia de operación:	68%

Características del motor:

Marca:	John Deere
Lugar de fabricación:	Estados Unidos
Modelo:	4045 TF 250 (ver curva de desempeño en la figura 27 A)
Tipo de combustible:	Diesel
Potencia:	98 caballos de fuerza (Hp)
Revoluciones por minuto:	1,800

El motor y bomba se acoplan en una sola unidad, la cual es montada sobre un tráiler remolcable de un eje, en su estructura está contenido un depósito de combustible de 200 galones de capacidad aproximadamente.

2.6.1.3.4 TUBERÍA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA

La bomba impulsa el agua dentro de una tubería principal de conducción que en la mayoría de los casos es de aluminio de 150 ó 200 milímetros de diámetro y 9 metros de longitud, de ésta tubería se extienden laterales de aluminio 150 milímetros de diámetro, equivalente a 6 pulgadas, la longitud de las tuberías principales y laterales depende de las dimensiones, forma y pendientes topográficas del terreno que se necesite regar. La conexión de las tuberías se realiza con la utilización de los acoples

macho y hembra de los extremos. La tubería del equipo de aspersión móvil evaluado es marca Wade Rain, fabricada en Estados Unidos. Así mismo se utilizan otras marcas, por ejemplo: Hastings y Amestinsa entre otras.

Para las condiciones del sistema de riego evaluado se calculan las pérdidas de carga en las tuberías laterales y principales, para lo cual se utilizará la posición crítica, es cuando los aspersores se encuentran a mayor distancia de la unidad de bombeo. El cálculo se efectuó por medio de la fórmula de Hazen-Williams como sigue.

$$HF (m) = 1.131 \times 10^9 * (Q/C)^{1.852} * D^{-4.872} * L * F$$

De donde:

HF = Pérdida de carga en metros

Q = Caudal en la tubería (m³/hr)

C = Coeficiente de fricción, para tuberías de aluminio el valor es 130

D = Diámetro del tubo (mm)

L = Longitud de la tubería en metros

F = Factor debido a salidas múltiples, en el caso de tubería lateral (2 salidas, F=0.634)

Substituyendo para la tubería lateral:

Caudal a utilizar = 410 gpm = 93 m³/hr, en cada lateral

Diámetro de la tubería = 150 mm 6 pulgadas.

Longitud de tubería = 342 metros

$$HF (m) = 1.131 \times 10^9 * (93 \text{ m}^3/\text{hr}/130)^{1.852} * (150 \text{ mm})^{-4.872} * (342 \text{ m}) * 0.634$$

HF (m) = 3.3 equivalente a 4.7 psi

Pérdidas menores (10% HF) = 0.33 m, equivalente a 0.47 psi

Con los datos anteriores se obtiene el valor de la carga requerida a la entrada del lateral, utilizando la siguiente ecuación:

$$He (m) = Po + HF \text{ lateral} + \text{Dif altura} + he + hm$$

De donde:

He (m) = carga requerida a la entrada de la tubería lateral

Po = presión de operación del aspersor en metros (35 metros)

HF lateral = pérdidas de carga en tubería lateral (m)

Dif altura = diferencia de altura entre la entrada del lateral y último aspersor (0.7 m), para un pendiente natural del terreno de 2 metros por mil, pendiente natural de la zona.

he = altura del elevador (m), en este caso se utilizan de 1.00 m.

hm = pérdidas de carga menores en la tubería lateral

$$H_e (m) = 35 (m) + 3.3 (m) + 0.7 (m) + 1.0 (m) + 0.33 (m) = 40.33 m$$

$H_e (m) = 40.33 m$, equivalente a 58 psi.

Sustituyendo para la tubería principal:

$$\text{Caudal a utilizar} = 820 \text{ gpm} = 186 \text{ m}^3/\text{hr},$$

Diámetro de la tubería = 150 mm, 6 pulgadas.

Longitud de tubería = 504 metros

$$HF (m) = 1.131 \times 10^9 * (186 \text{ m}^3/\text{hr}/130)^{1.852} * (150\text{mm})^{-4.872} * (504\text{m})$$

$HF (m) = 28 m$ equivalente a 40 psi

Pérdidas menores (10% HF) = 2.8 m, equivalente a 4 psi.

2.6.1.3.5 VÁLVULAS Y ACCESORIOS DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCION DE AGUA

El sistema contó con un juego de hidrantes y válvulas de aluminio que permitieron la movilización de los aspersores de una posición a otra sin apagar la unidad de bombeo, cada posición de aspersores tuvo una duración de 1, 2, 2.5 o hasta 3 horas, en función del requerimiento de agua del cultivo, etapa fenológica y condiciones de humedad prevalecientes al momento de aplicar el riego. Pueden apreciarse fotografías en el apéndice.

A. VALVULA HIDRANTE: Se utilizó para poder obtener de la tubería central una fuente de agua para poder crear un ramal o tubería secundaria sobre la cual se colocaran los aspersores. Vale la pena mencionar que también la tubería secundaria (ramal) necesito válvulas hidrantes, sobre las cuales se colocaran los aspersores.

B. CODO ABRE VALVULA: Accesorio utilizado para poder operar la válvula hidrante, permitió el paso del agua hacia la tubería secundaria.

C. VALVULA DE PASO: Dispositivo que se utilizó para poder regular el paso del agua a través de toda la tubería o bien restringir dicho paso, para poder realizar maniobras de instalación sin que se pierda tiempo.

D. TEE DE CONTROL CON 2 VALVULAS: Se utilizó para partir caudal y mejorar la hidráulica del sistema.

E. TAPON FINAL: Como su nombre lo indica, se colocaron al final de las tuberías (principal o secundaria).

Se podrán observar fotografías de los accesorios descritos anteriormente en el apéndice.

2.6.1.3.6 OPERACIÓN DEL SISTEMA DE ASPERSIÓN CAÑÓN.

El sistema se ha utilizado generalmente para abastecer de 2.8 milímetros diarios al cultivo de caña de azúcar, cerca de un 50% los requerimientos hídricos en la época de mayor uso consuntivo, ya que durante los meses de marzo y abril en cultivo puede tener una edad de 140 a 160 días y su valor de K_c es de 0.9 en ese periodo la evaporación diaria llega hasta 6 milímetros, por lo tanto el valor máximo de evapotranspiración del cultivo puede ser de hasta de 6 milímetros por día.

Con éste sistema no se puede dotar al cultivo del 100% de su requerimiento hídrico, para lo que debe reducirse el área que riega cada sistema, aproximadamente en un 50%, lo cual resulta contraproducente porque las utilidades del cultivo en esas condiciones no cubren el costo adicional de riego.

El área irrigada con este sistema recibió 4 riegos en el periodo de tiempo del 28 de enero 2009 y el 10 de mayo del mismo año, por lo cual deducimos que la frecuencia de riego fue de 25 días y se aplicaron 188 mm de riego, en la temporada de déficit hídrico.

Los mayores inconvenientes tuvo este sistema fueron los tiempos perdidos por instalación y traslados. (Ver cuadro 30 A en el apéndice).

2.6.1.3.7 BALANCE HIDRICO Y PROGRAMACION DE RIEGOS:

Las características físicas y constantes de humedad del suelo se presentan en la figura 27. Las cuales nos servirán para poder realizar los cálculos para poder programar los riegos necesarios en función de la humedad disponible en el suelo y la evapotranspiración, o bien poder estimar las condiciones de estrés hídrico al que fue sometida la plantación.

FINCA MARIAS MAPAN								
PROF.	CC	PMP	Da (gr / cm ³)	TEXTURA	LAA	Etapa Macollamiento	Etapa Elongación	
0-20	39,64	22,63	1,02	Franco Arenoso	34,70	LAA a 40 cm de prof	LAA a 60 cm de prof	
20-40	38,45	24,32	1,04	Arena Franca	29,39	64,09	86,03	
40-60	37,94	27,08	1,01	Franco Arenoso	21,94	DPM (% humedad residual)		
						40	40	
total					86,03	LARA (mm)		
						38,45	51,62	
Etapa Fenológica	Duración (meses)	Duración acumulada	Valores de Kc experimentales (Según respuesta de la caña desarrollados experimentalmente por CENGICANA en diferentes suelos)			EVC (mm)	70,42945055	63,02417582
			Predominio de arena	Franco	Predominio de limo y aporte capilar	EVC (cm)	7,04	6,30
Iniciación	1,5	1,5	0,3	0,3	0,3			
Macollamiento	3	4,5	0,6	0,3	0,3			
Elongación	6	10,5	0,9	0,6	0,3			
Maduración	1,5	12	0,3	0,3	0,3			

$$EVC = \frac{LARA}{0,91 \times Kc}$$

Figura 27: Características físicas del suelo finca Marías Mapán

Con los datos de LARA, fue calculada la EVC (evaporación del cenirrometro) con la cual se calibró el cenirrometro del el área regada con aspersión cañón, para cada etapa fonológica, y se monitoreo la humedad en el suelo.

2.6.1.4 ANALISIS TECNICO DEL SISTEMA MINI ASPERSION

2.6.1.4.1 COMPONENTES Y DISEÑO DEL SISTEMA:

El sistema de mini aspersión evaluado fue un módulo de aspersión cañón estándar, al cual se le sustituyeron los laterales de aluminio de 150 mm y se le asignó tubería y accesorios de 63 mm. Dicho sistema está conformado por los siguientes componentes: fuente de agua, sistema de bombeo, tuberías de aluminio para conducción y distribución de agua, aspersores tipo mariposa, válvulas hidrantes, Tee de control con dos válvulas, y tapones finales. En cuadro 29, se mencionan componentes y cantidades del equipo. Ver figuras en el apéndice.

Cuadro 29. Componentes del sistema mini aspersión

CANTIDAD	DESCRIPCION
MOTOBOMBA	
1	Motobomba compuesta por: Bomba BERKELEY mod. B4EYRMBM acoplada a motor JOHN DEERE mod. 4045 TF 250, sin embrague con acople flexible PX 100, con tablero de control con dispositivos de seguridad por presión de aceite y temperatura. Trailer con tanque de combustible incorporado con 200 gl de capacidad, de un eje y dos llantas de flotación RIN 15, con punto de enganche delantero y trasero, y patas niveladoras en las cuatro esquinas.
ACCESORIOS DE SUCCION Y DESCARGA	
1	ADAPTADOR EXENTRICO PARA SUCCION DE 8"
1	CODO SUCCION DE 8" * 90 grados marca SURE FLO
1	VALVULA DE PIE AL. 8" a 45 grados marca SURE FLO
1	TUBO AL. 8" X 20' 0.072" de espesor
1	NIPLE HG 4 X 4
1	TE HG 4
1	TAPON HG 4
1	MANOMETRO CON GLICERINA DE 0 - 200 PSI
1	VALVULA DE CHEQUE DE ALUMINIO DE 6" WR CV DF - 6
1	CUELLO DE GANSO DE 6"
TUBERÍA Y ACCESORIOS	
175	TUBOS DE ALUMINIO DE 6" * 30' DE 0.058" ESPESOR
55	HIDRANTES 6 X 2 X 2 X 6
400	TUBOS DE 2.5 PGS. POR 20'
200	ASPERORES CON ELEVADOR
10	TAPONES FINALES DE 63 mm.
2	TAPONES FINALES DE 150 mm
2	CODO DE LINEA 150 mm x 90°
1	TEE DE CONTRON CON 2 VALVULAS DE 150 mm.

2.6.1.4.2 FUENTE DE AGUA

Generalmente las fuentes de agua al igual que en los equipos de aspersión cañón pueden ser: Ríos, Norias y Pozos. Para el caso de la finca Marías Mapán, como ya se mencionó la fuente principal de agua la representa el río Mapan, que atraviesa la finca con un caudal entre 2,000 y 3,000 gpm. Aspecto primordial para este caso en especial es que la fuente debe asegurar un caudal permanente de 950 gpm., las 24 horas del día.

2.6.1.4.3 ASPERSORES

En un sistema de aspersión móvil de este tipo se utilizan 200 aspersores con las siguientes características: Marca VYR serie 36, de una sola boquilla y de círculo completo. Las condiciones de operación de los rociadores son los siguientes:

Caudal:	4.4 gpm = 0.27 lps.
Presión de operación:	45psi = 32 metros de columna de agua.
Diámetro de mojado:	15 metros sin condiciones de viento.
Diámetro de boquilla:	4.36 mm = 0.00396 metros.

Las características del aspersor se detallan en la figura 4.

STANDARD												
	9/64" 3,57 mm.		5/32" 3,96 mm.		11/64" 4,36 mm.		3/16" 4,76 mm.		13/64" 5,15 mm.		7/32" 5,55 mm.	
Bars	Lit./h.	Ø mts.	Lit./h.	Ø mts.	Lit./h.	Ø mts.	Lit./h.	Ø mts.	Lit./h.	Ø mts.	Lit./h.	Ø mts.
1,75	660	26,20	800	27,80	960	29,40	1.140	30	1.340	30,80	1.550	31,20
2,10	720	27	870	28,80	1.050	30	1.250	30,60	1.480	31,40	1.720	32
2,46	770	27,60	940	29,40	1.140	30,60	1.360	31,20	1.610	32	1.880	33
3,16	870	28,40	1.070	30,20	1.290	31,40	1.550	32,40	1.830	33,20	2.140	34,80
3,51	920	28,80	1.130	30,60	1.360	31,80	1.630	32,60	1.930	33,80	2.240	35,60
4,21	990	29,40	1.230	31,20	1.490	32,40	1.780	33,20	2.090	34,80	2.410	36,80

	9/64 x 3/32" 3,57 x 2,38 mm.		5/32 x 3/32" 3,96 x 2,38 mm.		11/64 x 3/32" 4,36 x 2,38 mm.		3/16 x 1/8" 4,76 x 3,17 mm.		13/64 x 1/8" 5,15 x 3,17 mm.		7/32 x 1/8" 5,55 x 3,17 mm.	
Bars	Lit./h.	Ø mts.	Lit./h.	Ø mts.	Lit./h.	Ø mts.	Lit./h.	Ø mts.	Lit./h.	Ø mts.	Lit./h.	Ø mts.
1,75	920	26	1.100	27,60	1.250	29	1.680	29,40	1.880	30,20	2.100	30,60
2,10	1.000	26,60	1.200	28,40	1.380	29,60	1.850	30	2.080	30,80	2.320	31,40
2,46	1.090	27,20	1.300	29	1.490	30,20	2.000	30,60	2.260	31,40	2.520	32,40
3,16	1.250	28,20	1.470	30	1.690	31,20	2.290	31,80	2.570	32,60	2.880	34,20
3,51	1.390	28,40	1.550	30,20	1.790	31,40	2.410	32	2.700	33,20	3.020	35
4,21	1.440	29	1.700	30,80	1.950	32	2.630	32,60	2.950	34,20	3.270	36,20

Figura 28. Características del aspersor VYR 36.

En la figura 28, puede observarse la tabla del desempeño y el aspersor utilizando en el sistema de mini aspersión, con las condiciones de operación previamente descritas.

El distanciamiento de los aspersores en el campo fue de 18 metros entre laterales y 12 metros entre aspersores, tal y como puede verse en el plano que se presenta en el apéndice. A continuación se calcula la intensidad de riego (IR) con las anteriores condiciones.

$$IR \text{ (mm/hora)} = \frac{Q * 1,000 \text{ mm/m}}{DL * DA}$$

De donde:

IR = Intensidad de riego en milímetros por hora

Q = Caudal del aspersor (m³/hr)

DL = Distancia entre laterales (m)

DA = Distancia entre aspersores (m)

Sustituyendo:

$$IR = \frac{1,00 \text{ (m}^3\text{/hr)} * 1,000 \text{ (mm/m)}}{18 \text{ (m)} * 12 \text{ (m)}} = 4,63 \text{ mm/hr.}$$

Para las condiciones de suelo franco arenoso del área de la finca y del área piloto, y tomando en cuenta la prueba de infiltración básica realizada, (cuadro 27) se considera que el valor de la intensidad de riego es baja, para las condiciones de suelo predominantes en el la finca. Por lo tanto habrá una buena distribución de la lámina de riego en el perfil del suelo.

El coeficiente de uniformidad obtenido de la operación del sistema mini aspersión en finca Marías Mapan se presenta en el cuadro 30.

Cuadro 30. Coeficiente de uniformidad del sistema de mini aspersión.

200 aspersores VYR 36				
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DISTANCIAMIENTO 12 x 18				
Aspersor 1 Po Inicio		46 PSI		
Aspersor 2 Po FINAL		42 PSI		
pluviometro	cc/1.0 h	desviaciones	desves abs	CU (%)
1,00	200,00	-3,05	3,05	85,08
2,00	170,00	-33,05	33,05	
3,00	220,00	16,95	16,95	
4,00	230,00	26,95	26,95	
5,00	130,00	-73,05	73,05	
6,00	220,00	16,95	16,95	
7,00	140,00	-63,05	63,05	
8,00	127,00	-76,05	76,05	
9,00	207,00	3,95	3,95	
10,00	167,00	-36,05	36,05	
11,00	230,00	26,95	26,95	
12,00	250,00	46,95	46,95	
13,00	255,00	51,95	51,95	
14,00	250,00	46,95	46,95	
15,00	270,00	66,95	66,95	
16,00	180,00	-23,05	23,05	
17,00	215,00	11,95	11,95	
18,00	250,00	46,95	46,95	
19,00	200,00	-3,05	3,05	
20,00	150,00	-53,05	53,05	
21,00	210,00	6,95	6,95	
22,00	190,00	-13,05	13,05	
23,00	270,00	66,95	66,95	
24,00	190,00	-13,05	13,05	
Promedio	203,05		726,90	
Lamina Promedio(mm)	4,49			
Area del Pluviometro(cm ²)	452,39			

El resultado de la prueba de coeficiente de uniformidad (CU) para el sistema de mini aspersión fue del 85.08%. Uniformidad bastante aceptable para un sistema de aspersión, mejorando aun el coeficiente de uniformidad de la aspersión cañón.

2.6.1.4.4 UNIDAD DE BOMBEO

Los sistemas de mini aspersión están conformados principalmente de una bomba centrífuga accionada por un motor de combustión interna utilizando diesel como combustible. Al conjunto de motor y bomba generalmente se le conoce como motobomba. La elección de la bomba y potencia del motor se calculó de la siguiente manera:

Inicialmente se calculó la carga dinámica total (CDT) en metros con la siguiente ecuación:

$$\text{CDT (m)} = H_e + \text{HF en la principal} + 0.1 \text{ HF en la principal} + C_e$$

De donde:

H_e = carga requerida a la entrada de la tubería lateral (m)

HF en la principal = pérdidas de carga en la tubería principal (m)

0.1 HF = pérdidas de carga menores en la tubería principal (m)

C_e = carga estática, diferencia de altura entre el nivel del agua en la fuente y el nivel del terreno en la entrada del lateral más alto (m), se asume una diferencia de 1.00 m. Desde la salida de la bomba hasta el lateral más alto y 3.50 m desde el espejo de agua cuando se encuentra en su nivel más bajo (nivel dinámico de la fuente), haciendo un total de 4.5 m.

Sustituyendo:

$$\text{CDT (m)} = 31.5 \text{ (m)} + 15 \text{ (m)} + 4.5 \text{ (m)}$$

$$\text{CDT (m)} = 51 \text{ m equivalente a } 73 \text{ psi}$$

Luego para el cálculo de la potencia para operar la bomba se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{HP} = \frac{Q * \text{CDT}}{76 * E_b}$$

De donde:

H_p = caballos de fuerza requeridos para operar la bomba

CDT = carga dinámica total (m)

Q = caudal del sistema (litros por segundo)

E_b = eficiencia de la bomba (decimales)

Sustituyendo:

$$HP = \frac{55.51 \text{ (l/s)} * 51 \text{ (m)}}{76 * 0.68}$$

$$HP = 55$$

Si se considera que un motor diesel puede tener una pérdida de un 20% en la transferencia de energía, se puede ajustar el requerimiento de la siguiente manera:

$$HP \text{ del motor} = 55 / 0.8 = 68.75 \text{ hp.}$$

En base a los cálculos anteriores, se utilizó equipo de bombeo con las siguientes características:

Características de la bomba:

Marca:	BERKELEY
Lugar de fabricación:	Estados Unidos
Modelo:	B4EYRMBM (ver curva de desempeño en apéndice)
Tipo de bomba:	Centrífuga
Diámetro del impulsor:	454 milímetros, equivalente a 17,875 pulgadas.
Caudal:	820 GPM, equivalente a 51.7 litros por segundo.
Carga dinámica total:	102.13 metros de columna de agua, equivalente 145 psi.
Revoluciones por minuto:	1,800
Eficiencia de operación:	68%

Características del motor :

Marca:	John Deere
Lugar de fabricación:	Estados Unidos
Modelo:	4045 TF 250
Tipo de combustible:	Diesel
Potencia:	98 caballos de fuerza (Hp)
Revoluciones por minuto:	1,800

El motor y bomba se acoplaron en una sola unidad, la cual fue montada sobre un tráiler remolcable de un eje, en su estructura está contenido un depósito de combustible de 200 galones de capacidad, aproximadamente.

2.6.1.4.5 TUBERÍA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA

La bomba impulsa el agua dentro de una tubería principal de conducción que en la mayoría de los casos es de aluminio de 150 ó 200 mm., de diámetro y 9 m., de longitud, de ésta tubería se extienden 10 laterales de aluminio 63 mm., de diámetro, equivalente a 2.5 pulgadas, la longitud de las tuberías principales depende de las dimensiones, forma y pendientes del terreno que se necesite regar, y las secundarias tienen una longitud de 240 m., dentro los cuales se distribuyen 20 aspersores con un distanciamiento de 12 m., entre cada uno. La conexión de las tuberías se realizó con la utilización de los acoples macho y hembra de los extremos. La tubería principal del equipo de mini aspersión evaluado es marca Wade Rain, fabricada en Estados Unidos, y la tubería secundaria y accesorios de 63 mm., marca Raesa, fabricada en España. Así mismo se pueden utilizar otras marcas de tubería principal como: Hastings y Amestinsa entre otras.

Para las condiciones del sistema de riego evaluado se calculan las pérdidas de carga en las tuberías laterales y principales, para lo cual se utilizaron las posiciones críticas, cuando los aspersores se encuentran a mayor distancia de la unidad de bombeo. El cálculo se efectuó por medio de la fórmula de Hazen-Williams como sigue:

$$HF (m) = 1.131 \times 10^9 * (Q/C)^{1.852} * D^{-4.872} * L * F$$

De donde:

HF = Pérdida de carga en metros

Q = Caudal en la tubería (m³/hr)

C = Coeficiente de fricción, para tuberías de aluminio el valor es 130

D = Diámetro del tubo (mm)

L = Longitud de la tubería en metros

F = Factor debido a salidas múltiples, en el caso de tubería lateral (20 salidas),

F= (0.376)

Substituyendo para la tubería lateral:

Caudal a utilizar = 88 gpm = 19.98 m³/hr, en cada lateral

Diámetro de la tubería = 63 mm., 2.5 pulgadas.

Longitud de tubería = 240 m

$$HF (m) = 1.131 \times 10^9 * (19.98 \text{ m}^3/\text{hr}/130)^{1.852} * (63 \text{ mm})^{-4.872} * (240 \text{ m}) * 0.376$$

HF (m) = 5.45 m, equivalente a 7.78 psi

Pérdidas menores (10% HF) = 0.54 m, equivalente a 0.77 psi

Con los datos anteriores se obtiene el valor de la carga requerida a la entrada del lateral, utilizando la siguiente ecuación:

$$H_e (m) = P_o + HF \text{ lateral} + \text{Dif altura} + h_e + h_m$$

De donde:

$H_e (m)$ = carga requerida a la entrada de la tubería lateral

P_o = presión de operación del aspersor en metros (31.5 metros)

$HF \text{ lateral}$ = pérdidas de carga en tubería lateral (m)

Dif altura = diferencia de altura entre la entrada del lateral y último aspersor (0.7 m), para un pendiente natural del terreno de 2 metros por mil, pendiente natural de la zona.

h_e = altura del elevador (m), en este caso se utilizan de 0.7 m.

h_m = pérdidas de carga menores en la tubería lateral

$$H_e (m) = 31.5 (m) + 5.45 (m) + 0.7 (m) + 0.7 (m) + 0.54 (m)$$

$$H_e (m) = 38.89 \text{ m equivalente a } 55 \text{ psi.}$$

Sustituyendo para la tubería principal:

Caudal a utilizar = 440 gpm = 99.93 m³/hr,

Diámetro de la tubería = 150 mm, 6 plgs.

Longitud de tubería = 740 m

$$HF (m) = 1.131 \times 10^9 * (99.93 \text{ m}^3/\text{hr}/130)^{1.852} * (150\text{mm})^{-4.872} * (740\text{m})$$

$HF (m) = 12.86 \text{ m, equivalente a } 18.37 \text{ psi}$

Pérdidas menores (10% HF) = 1.28 m, equivalente a 1.83 psi

Estos son los datos para una parte de la central ya que el caudal se parte y existen dos tramos iguales de central.

2.6.1.4.6 VÁLVULAS Y ACCESORIOS DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA.

El sistema posee un juego de hidratantes y válvulas de aluminio que permiten la movilización de los aspersores de una posición a otra sin apagar la unidad de bombeo, cada posición de aspersores debe tener una duración de 12 horas, en función de las necesidades del cultivo, etapa fenológica y condiciones de humedad prevalecientes al momento de aplicar el riego. Pueden apreciarse fotografías en el apéndice.

A. HIDRANTE (CRUZ DE 6 X 2 X 2 X 6): Se utiliza para poder obtener de la tubería central una fuente de agua para poder crear un ramal o tubería secundaria sobre la

cual se colocó la tubería de aluminio de 63 mm y los aspersores. Cada una de estas cruces tiene 2 salidas de 63 mm con su respectiva llave, para poder manipular el flujo de agua según sea necesario.

B. VALVULA DE PASO: Dispositivo que se utilizó para poder regular el paso del agua a través de toda la tubería o bien restringir dicho paso, para poder realizar maniobras de instalación sin que se pierda tiempo.

C. TEE DE CONTROL CON 2 VALVULAS: Se utilizó para partir caudal y mejorar la hidráulica del sistema.

D. TAPON FINAL: Como su nombre lo indica, se colocó al final de las tuberías (principal o secundaria). Para el caso de la mini aspersión existen tapones de 150 mm para las centrales y tapones de 63 mm para los ramales.

2.6.1.4.7 OPERACIÓN DEL SISTEMA DE MINI ASPERSIÓN

El sistema se utilizó para abastecer de 4.4 milímetros diarios al cultivo de caña de azúcar, en las etapas que así lo demanden, aunque durante los meses de marzo y abril, el cultivo puede tener una edad de 150 a 170 días, y su valor Kc. es de 0.9 en este periodo la evaporación diaria puede llegar hasta 6 mm, por lo tanto el valor máximo de evapotranspiración del cultivo puede ser hasta de 6 mm/día.

Con éste sistema se puede dotar al cultivo del 95% de su requerimiento hídrico, en la época crítica sin que tengamos que reducirse el área que riega cada sistema, debido a que la bomba utilizada, con una carga de 60 psi en la salida, nos puede dar un caudal mayor y así tener la posibilidad de aumentar el número de ramales, lo cual resulta una ventaja sustancial hacia los equipos de aspersión con cañón.

El área irrigada con este sistema recibió 6 riegos en el periodo de tiempo del 28 de enero 2009 y el 10 de mayo del mismo año, por tanto la frecuencia de riego real fue de 17 días y se aplicaron 330 mm de riego, en la temporada de déficit hídrico. El detalle de tiempo perdido se puede observar en el apéndice.

2.6.1.4.8 BALANCE HIDRICO Y PROGRAMACION DE RIEGOS:

De igual manera se calibró el cenirrometro para el área regada con mini aspersión, con los datos del suelo de la finca y se observó la dinámica de la humedad en el suelo, cuando se riega con un sistema de mini aspersión.

2.6.2 ASPECTOS ECONÓMICOS

A continuación se describen los cálculos del costo de riego utilizando sistemas de aspersión cañón y mini aspersión.

2.6.2.1 COSTOS DE APLICACIÓN DE RIEGO:

Los costos de la aplicación del riego se pueden resumir en: a) costos de inversión, b) costos de depreciación de la inversión y c) costos de operación.

2.6.2.2 COSTOS DE INVERSION.

El cálculo de la inversión de cada uno de los sistemas, se inicia con la cuantificación de la inversión que se efectúa para el establecimiento de cada uno de los sistemas de riego, si es que alguno de ellos necesitara de obras adicionales para el establecimiento del mismo. Para este caso en particular ninguno de los dos sistemas necesitó la hechura de obras adicionales.

Cuadro 31. Costo de inversión de los equipos de riego.

CONCEPTO	INVERSION EN DOLARES AMERICANOS	
	ASPERSION CAÑON	MINI ASPERSION
EQUIPO DE RIEGO USD \$	58,000.00	56,000.00
VALOR TOTAL DE LA INVERSION USD \$	58,000.00	56,000.00
AREA A CUBRIR (has)	100	103
VALOR DE LA INVERSION (USD \$ /ha)	580	543

A continuación se presenta el cálculo de las depreciaciones, el cual toma en cuenta los factores siguientes:

- Valor de la inversión del equipo.
- Vida útil en horas efectivas de trabajo del equipo.
- Rendimiento del equipo en horas por hectárea, en función de sus respectivas condiciones de operación.

Cuadro 32. Cálculo de depreciación de los equipos de riego.

DESCRIPCION	EQUIPO A DEPRECIAR	
	SISTEMA ASPERSION CAÑON	SISTEMA MINI ASPERSION
COSTO DE LA INVERSION USD \$	58.000,00	56.000,00
VIDA UTIL (horas)	16.800,00	30.700,00
AÑOS VIDA UTIL	10,00	10,00
COSTO UNITARIO USD \$ /hr	3,45	1,82
RENDIMIENTO hr/ha.	2.85	2.77
COSTO UNITARIO USD \$ /ha	9.83	5.05

Tomando en cuenta la información anterior decimos que el equipo de aspersión cañón por cada hectárea regada se deprecia USD \$ 9.83, mientras que un equipo de mini aspersión se deprecia USD \$ 5.05.

2.6.2.3 COSTOS DE OPERACIÓN

En la operación del riego los rubros más importantes lo constituyen:

- a) Mano de obra (directa e indirecta).
- b) Tarifa por hora de motobomba (incluye: combustible, depreciación, mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de riego. Lo que se detalla en el cuadro 33.

Cuadro 33. Integración del costo de mano de obra.

MANO DE OBRA	COSTOS USD \$/ha	
	SISTEMA ASPERSION CAÑON	SISTEMA MINI ASPERSION
DESCRIPCION		
OPERADOR	2.46	
REGADOR	8.64	4.57
MANO OBRA INDIRECTA	2.80	1.10
LABORES RELACIONADAS AL RIEGO)	0.98	0.49
PRESTACIONES LABORALES	4.95	2.07
TOTAL	19.83	8.23
LAMINA BRUTA APLICADA	47 mm	55 mm
COSTO POR mm	0.42	0.15

El costo de motobomba, por hectárea regada se desglosa en el cuadro 34. Se calculó en base a la tarifa estipulada para el presente año el cual es de Q 87.00 por hora.

Para el caso de mini aspersión se debe tomar en cuenta que como se están utilizando los mismos motores de 100 Hp, para el cálculo de este costo se tomo la misma tarifa (USD \$ 10.74 / hora) que tienen los equipos de aspersión cañón, y esta (mini aspersión) debería tener una tarifa menor ya que los consumos energéticos por hora (gls. Diesel/hora) son menores.

El cuadro 34, también presenta los costos por utilización de maquinaria para el movimiento de los equipos.

Cuadro 34. Costo de motobomba por hectárea regada.

MOTOBOMBA	COSTOS USD \$/ha	
	SISTEMA ASPERSION CAÑON	SISTEMA MINI ASPERSION
TARIFA POR HORA MOTOBOMBA	29.90	29.06
TARIFA HORA TRACTOR TRASLADOS	3.33	1.16
TOTAL	33.23	30.22
LAMINA BRUTA APLICADA	47 mm	55 mm
COSTO POR mm	0.70	0.55

2.6.2.4 COSTO TOTAL DE APLICACIÓN DEL RIEGO.

Los valores calculados anteriormente se resumen en el cuadro 35, en el cual se presentan los valores de aplicar un riego en una hectárea y el valor de cada milímetro de agua aplicado, el sistema de aspersión cañón aplica en cada riego 47 mm., y el sistema de mini aspersión aplica 55 mm., También se presenta el costo anual de la aplicación de riego en un ciclo de cultivo por hectárea.

Cuadro 35. Costo total de aplicación de riego anual por hectárea.

CONCEPTO	COSTOS USD \$/ha	
	SISTEMA ASPERSION CAÑON	SISTEMA MINI ASPERSION
COSTOS DE DEPRECIACION		
DEPRECIACION DEL EQUIPO DE RIEGO	9.83	5.05
TOTAL DEPRECIACION	9.83	5.05
COSTOS DE OPERACIÓN		
MANO DE OBRA	17.03	7.13
MAQUINARIA	33.23	30.22
TOTAL OPERACIÓN	50.26	37.35
COSTO POR EFECTUAR UN RIEGO	60.09	42.4
NUMERO DE RIEGOS ESTIMADOS POR AÑO	6	5
COSTO ANUAL RIEGO	360.54	212,00
LAMINA BRUTA APLICADA (mm)	47	55,00
COSTO UNITARIO USD/mm., APLICADO	1.27	0.77

2.6.3 INDICADORES FINANCIEROS

A continuación se calculan los indicadores financieros de la producción de caña de azúcar y la inversión en los sistemas de riego evaluados, para lo cual se utiliza un periodo de evaluación de 5 años.

2.6.3.1 INGRESOS Y EGRESOS DEL MANEJO DE PLANTACIÓN ASPERSION CAÑÓN.

Para el manejo del área piloto de aspersión cañón, se presentan los ingresos y egreso para cada año hasta el periodo considerado de cinco años, para luego poder calcular la TASA INTERNA DE RETORNO y VALOR NETO ACTUAL, con una tasa de descuento del 15% en función de la tasa inflacionaria nacional.

Cuadro 36. Ingresos y egresos año 1 aspersión cañón.

AÑO 01							
MES	LABOR	has. Cosechar	Recursos				Total (Q)
			M.Obra	Maquinaria	Materiales	Servicios	
ENERO	003-004: Volteo Con Rome-Plow	100	1.155,00	17.919,00			19.074,00
	003-005: Primera Pulida	100	963,00	14.772,00			15.735,00
	003-006: Segunda Pulida	100	963,00	14.772,00			15.735,00
	003-008: Surqueo	100	4.437,00	20.649,00			25.086,00
	004-002: Estaquillado	100	4.010,00				4.010,00
	004-004: Siembra Manual Paqueteada	100				182.500,00	182.500,00
	004-006: Aplic. Herbicida Preemergente	100	2.776,00	3.579,00	25.690,00		32.045,00
	004-007: Fertilizacion Plantia	100	7.136,00		58.142,00		65.278,00
FEBRERO	004-019: Primer Riego Germinacion Aspersion	100	15.900,00	23.750,00			39.650,00
	004-039: Cultivo Botado De Mesa	100	1.761,00	10.577,00			12.338,00
	007-016: Primera Aplic. Herbicida Mecanica	100	1.633,00	3.579,00	18.097,00		23.309,00
MARZO	004-020: Segundo Riego Germinacion Aspersion	100	15.900,00	23.750,00			39.650,00
	007-013: Primer Parchoneo Quimico	100	20.227,00	1.598,00	20.140,00		41.965,00
ABRIL	009-006: Primer Riego Aspersion	100	15.900,00	23.750,00			39.650,00
	009-007: Segundo Riego Aspersion	100	9.534,00	19.009,00			28.543,00
MAYO	007-014: Segundo Parchoneo Quimico	100	20.227,00	1.598,00	20.140,00		41.965,00
	009-008: Tercer Riego Aspersion	100	15.900,00	23.750,00			39.650,00
OCTUBRE	011-001: Madurante	100	521,00	648,00	12.544,00	8.603,00	22.316,00
DICIEMBRE	013-009: Granel Quemado	100	90.000,00	45.000,00		45.000,00	180.000,00
Total Inversion							285.299,00
Cosecha							315.000,00
Costo de Equipo							583.200,00
Total INGRESOS (100 has. A 90 T/H = 9,000 Tns. a Q 135.00 por Tonelada)							1.215.000,00
Utilidad							31.501,00

Cuadro 37. Ingresos y egresos año 2 aspersión cañón.

AÑO 02							
MES	LABOR	has. Cosechar	Recursos				Total (Q)
			M.Obra	Maquinaria	Materiales	Servicios	
ENERO	003-001: Requema Basura Renovaciones	100	1.555,00				1.555,00
	005-005: Descarne	100	1.015,00	8.956,00			9.971,00
	009-006: Primer Riego Aspersión	100	15.900,00	23.750,00			39.650,00
FEBRERO	008-003: Primera Fertilización Mecánica	100	2.457,00	7.097,00	119.102,00		128.656,00
	007-016: Primera Aplic. Herbicida Mecánica	100	1.632,00	3.576,00	18.084,00		23.292,00
	009-007: Segundo Riego Aspersión	100	15.900,00	23.750,00			39.650,00
MARZO	007-013: Primer Parchoneo Químico	100	20.227,00	1.598,00	20.140,00		41.965,00
	009-008: Tercer Riego Aspersión	100	15.900,00	23.750,00			39.650,00
ABRIL	021-041: Primer Monitoreo De Roedores	100	373,00		102,00		475,00
	009-009: Cuarto Riego Aspersión	100	15.900,00	23.750,00			39.650,00
MAYO	021-042: Segundo Monitoreo De Roedores	100	373,00		102,00		475,00
	021-054: Primer Control Manual Roedores	100	933,00		102,00		1.035,00
	009-010: Quinto Riego Aspersión	100	15.900,00	23.750,00			39.650,00
OCTUBRE	011-001: Madurante	100	521,00	648,00	12.544,00	8.603,00	22.316,00
DICIEMBRE	013-009: Granel Quemado	100	100.000,00	50.000,00		50.000,00	200.000,00
Total Inversión							627.990,00
Cosecha							350.000,00
Total INGRESOS (100 has. A 100 T/H = 10,000 Tns. a Q 135,00 por Tonelada)							1.350.000,00
Utilidad							372.010,00

Cuadro 38. Ingresos y egresos año 3 aspersión cañón.

AÑO 03							
MES	LABOR	has. Cosechar	Recursos				Total (Q)
			M.Obra	Maquinaria	Materiales	Servicios	
ENERO	003-001: Requema Basura Renovaciones	100	1.555,00				1.555,00
	005-005: Descarne	100	1.015,00	8.956,00			9.971,00
	009-006: Primer Riego Aspersión	100	15.900,00	23.750,00			39.650,00
FEBRERO	008-003: Primera Fertilización Mecánica	100	2.457,00	7.097,00	119.102,00		128.656,00
	007-016: Primera Aplic. Herbicida Mecánica	100	1.632,00	3.576,00	18.084,00		23.292,00
	009-007: Segundo Riego Aspersión	100	15.900,00	23.750,00			39.650,00
MARZO	007-013: Primer Parchoneo Químico	100	20.227,00	1.598,00	20.140,00		41.965,00
	009-008: Tercer Riego Aspersión	100	15.900,00	23.750,00			39.650,00
ABRIL	021-041: Primer Monitoreo De Roedores	100	373,00		102,00		475,00
	009-009: Cuarto Riego Aspersión	100	15.900,00	23.750,00			39.650,00
MAYO	021-042: Segundo Monitoreo De Roedores	100	373,00		102,00		475,00
	021-054: Primer Control Manual Roedores	100	933,00		102,00		1.035,00
	009-010: Quinto Riego Aspersión	100	15.900,00	23.750,00			39.650,00
OCTUBRE	011-001: Madurante	100	521,00	648,00	12.544,00	8.603,00	22.316,00
DICIEMBRE	013-009: Granel Quemado	100	100.000,00	50.000,00		50.000,00	200.000,00
Total Inversión							627.990,00
Cosecha							350.000,00
Total INGRESOS (100 has. A 100 T/H = 10,000 Tns. a Q 135,00 por Tonelada)							1.350.000,00
Utilidad							372.010,00

2.6.3.2 CALCULO DE LA TIR Y VAN ASPERSION CAÑON.

Habiendo estimado los costos de producción y las utilidades para cada año de producción en un periodo de 5 años, podemos calcular la TIR y VAN, para el sistema de aspersión cañón, en una plantación de caña de azúcar de 100 hectáreas, como se calcula en el cuadro 41.

Cuadro 41. Calculo de la TIR y VAN para aspersión cañón.

	AÑO					TIR	VAN
	0	1	2	3	4		
INGRESO	0	1.215.000,00	1.350.000,00	1.350.000,00	1.350.000,00	1.350.000,00	
COSTO PROD.	583.200,00	1.183.499,00	977.990,00	977.990,00	977.990,00	977.990,00	Q950.940,44
	-583.200,00	31.501,00	372.010,00	372.010,00	372.010,00	372.010,00	34% 367.740,44

La tasa de descuento utilizada para el cálculo del VAN fue del 15% en función de la tasa inflacionaria en Guatemala.

2.6.3.3 INGRESOS Y EGRESOS DEL MANEJO DE PLANTACION MINI ASPERSION.

Para el manejo del área piloto de mini aspersión, se presentan los ingresos y egreso para cada año hasta el periodo considerado de cinco años, para luego calcular la TASA INTERNA DE RETORNO y VALOR NETO ACUTAL con una tasa de descuento del 15% en función de la tasa inflacionaria nacional.

Cuadro 42. Ingresos y egresos año 1 mini aspersión.

AÑO 01							
MES	LABOR	has. Cosechar	Recursos				Total (Q)
			M.Obra	Maquinaria	Materiales	Servicios	
ENERO	003-004: Volteo Con Rome-Plow	100	1.155,00	17.919,00			19.074,00
	003-005: Primera Pulida	100	963,00	14.772,00			15.735,00
	003-006: Segunda Pulida	100	963,00	14.772,00			15.735,00
	003-008: Surqueo	100	4.437,00	20.649,00			25.086,00
	004-002: Estaquillado	100	4.010,00				4.010,00
	004-004: Siembra Manual Paqueteada	100				182.500,00	182.500,00
	004-006: Aplic. Herbicida Preemergente	100	2.776,00	3.579,00	25.690,00		32.045,00
	004-007: Fertilizacion Plantia	100	7.136,00		58.142,00		65.278,00
	004-027: Primer Riego Germinacion Mini Aspersion	100	3.703,00	26.315,00			30.018,00
	004-028: Segundo Riego Germinacion Mini Aspersion	100	3.703,00	26.315,00			30.018,00
FEBRERO	004-039: Cultivo Botado De Mesa	100	1.761,00	10.577,00			12.338,00
	007-016: Primera Aplic. Herbicida Mecanica	100	1.633,00	3.579,00	18.097,00		23.309,00
	009-080: Primer Riego Mini Aspersion	100	3.703,00	26.315,00			30.018,00
MARZO	009-081: Segundo Riego Mini Aspersion	100	3.703,00	26.315,00			30.018,00
	007-013: Primer Parchoneo Quimico	100	20.227,00	1.598,00	20.140,00		41.965,00
	009-082: Tercer Riego Mini Aspersion	100	3.703,00	26.315,00			30.018,00
ABRIL	009-083: Cuarto Riego Mini Aspersion	100	3.703,00	26.315,00			30.018,00
	009-084: Quinto Riego Mini Aspersion	100	3.703,00	26.315,00			30.018,00
MAYO	009-085: Sexto Riego Mini Aspersion	100	3.703,00	26.315,00			30.018,00
	007-014: Segundo Parchoneo Quimico	100	20.227,00	1.598,00	20.140,00		41.965,00
	009-086: Septimo Riego Mini Aspersion	100	3.703,00	26.315,00			30.018,00
OCTUBRE	011-001: Madurante	100	521,00	648,00	12.544,00	8.603,00	22.316,00
DICIEMBRE	013-009: Granel Quemado	100	95.000,00	47.500,00		47.500,00	190.000,00
Total Inversion							410.718,00
Cosecha							350.000,00
Costo de Equipo							550.800,00
Total INGRESOS (100 has. A 100 T/H = 10,000 Tns. a Q 135.00 por Tonelada)							1.350.000,00
Utilidad							38.482,00

Cuadro 45. Ingresos y egresos año 4 mini aspersión.

AÑO 04							
MES	LABOR	has. Cosechar	Recursos				Total (Q)
			M.Obra	Maquinaria	Materiales	Servicios	
ENERO	003-001: Requema Basura Renovaciones	100	1.555,00				1.555,00
	005-005: Descarne	100	1.015,00	8.956,00			9.971,00
	009-080: Primer Riego Mini Aspersión	100	3.703,00	26.315,00			30.018,00
	009-081: Segundo Riego Mini Aspersión	100	3.703,00	26.315,00			30.018,00
FEBRERO	008-003: Primera Fertilización Mecánica	100	2.457,00	7.097,00	119.102,00		128.656,00
	007-016: Primera Aplic. Herbicida Mecánica	100	1.632,00	3.576,00	18.084,00		23.292,00
	009-082: Tercer Riego Mini Aspersión	100	3.703,00	26.315,00			30.018,00
	009-083: Cuarto Riego Mini Aspersión	100	3.703,00	26.315,00			30.018,00
MARZO	007-013: Primer Parchoneo Químico	100	20.227,00	1.598,00	20.140,00		41.965,00
	009-084: Quinto Riego Mini Aspersión	100	3.703,00	26.315,00			30.018,00
	009-085: Sexto Riego Mini Aspersión	100	3.703,00	26.315,00			30.018,00
ABRIL	021-041: Primer Monitoreo De Roedores	100	373,00		102,00		475,00
	009-086: Séptimo Riego Mini Aspersión	100	3.703,00	26.315,00			30.018,00
	009-087: Octavo Riego Mini Aspersión	100	3.703,00	26.315,00			30.018,00
MAYO	021-042: Segundo Monitoreo De Roedores	100	373,00		102,00		475,00
	021-054: Primer Control Manual Roedores	100	933,00		102,00		1.035,00
	009-094: Noveno Riego Mini Aspersión	100	3.703,00	26.315,00			30.018,00
OCTUBRE	011-001: Madurante	100	521,00	648,00	12.544,00	8.603,00	22.316,00
DICIEMBRE	013-009: Granel Quemado	100	115.000,00	57.500,00		57.500,00	230.000,00
Total Inversión							729.902,00
Cosecha							437.500,00
Total INGRESOS (100 has. A 125 T/H = 12,500 Tns. a Q 135,00 por Tonelada)							1.687.500,00
Utilidad							520.098,00

Cuadro 46. Ingresos y egresos año 5 mini aspersión.

AÑO 05							
MES	LABOR	has. Cosechar	Recursos				Total (Q)
			M.Obra	Maquinaria	Materiales	Servicios	
ENERO	003-001: Requema Basura Renovaciones	100	1.555,00				1.555,00
	005-005: Descarne	100	1.015,00	8.956,00			9.971,00
	009-080: Primer Riego Mini Aspersión	100	3.703,00	26.315,00			30.018,00
	009-081: Segundo Riego Mini Aspersión	100	3.703,00	26.315,00			30.018,00
FEBRERO	008-003: Primera Fertilización Mecánica	100	2.457,00	7.097,00	119.102,00		128.656,00
	007-016: Primera Aplic. Herbicida Mecánica	100	1.632,00	3.576,00	18.084,00		23.292,00
	009-082: Tercer Riego Mini Aspersión	100	3.703,00	26.315,00			30.018,00
	009-083: Cuarto Riego Mini Aspersión	100	3.703,00	26.315,00			30.018,00
MARZO	007-013: Primer Parchoneo Químico	100	20.227,00	1.598,00	20.140,00		41.965,00
	009-084: Quinto Riego Mini Aspersión	100	3.703,00	26.315,00			30.018,00
	009-085: Sexto Riego Mini Aspersión	100	3.703,00	26.315,00			30.018,00
ABRIL	021-041: Primer Monitoreo De Roedores	100	373,00		102,00		475,00
	009-086: Séptimo Riego Mini Aspersión	100	3.703,00	26.315,00			30.018,00
	009-087: Octavo Riego Mini Aspersión	100	3.703,00	26.315,00			30.018,00
MAYO	021-042: Segundo Monitoreo De Roedores	100	373,00		102,00		475,00
	021-054: Primer Control Manual Roedores	100	933,00		102,00		1.035,00
	009-094: Noveno Riego Mini Aspersión	100	3.703,00	26.315,00			30.018,00
OCTUBRE	011-001: Madurante	100	521,00	648,00	12.544,00	8.603,00	22.316,00
DICIEMBRE	013-009: Granel Quemado	100	115.000,00	57.500,00		57.500,00	230.000,00
Total Inversión							729.902,00
Cosecha							437.500,00
Total INGRESOS (100 has. A 125 T/H = 12,500 Tns. a Q 135,00 por Tonelada)							1.687.500,00
Utilidad							520.098,00

2.6.3.4 CALCULO DE LA TIR Y VAN PARA MINI ASPERSION.

Con los ingresos y egresos, obtenidos en los cinco años se calcularon los indicadores financieros siguientes, para el área regada con el sistema de mini aspersión.

Cuadro 47. Calculo de la TIR Y VAN para sistema mini aspersión.

	AÑO						TIR	VAN
	0	1	2	3	4	5		
INGRESO	0	1.350.000,00	1.687.500,00	1.687.500,00	1.687.500,00	1.687.500,00		
COSTO .PROD	550.800	1.311.518,00	1.167.402,00	1.167.402,00	1.167.402,00	1.167.402,00		Q1.324.652,64
	-550.800	38.482,00	520.098,00	520.098,00	520.098,00	520.098,00	53%	773.852,64

Los resultados anteriores nos demuestran que invertir en un sistema de mini aspersión en caña de azúcar, nos representará una TIR del 53% mientras que para la aspersión cañón es de 34%. En otras palabras estos resultados indican que por cada USD \$ 100.00 invertidos en un sistema de mini aspersión se generan USD \$ 53.00., adicionales sobre la utilidad que se obtiene si no se aplica riego. Así mismo la inversión de cada USD \$ 100.00., en equipos de aspersión produce USD \$ 34.00., adicionales sobre la utilidad que se obtiene si no se riega.

2.7 CONCLUSIONES

A. El sistema de mini aspersión, presentó una mayor eficiencia en cuanto a horas trabajadas por día, lo que permitió regar una mayor cantidad de área diaria, minimizando así la frecuencia de riego. Además de aumentar la cantidad de lámina irrigada por evento, y la uniformidad con que esta fue aplicada. En cuanto al área regada por hora se concluye que los dos sistemas analizados presentan eficiencias similares, aunque la mini aspersión no presentó encharcamientos ni escorrentía por la baja intensidad de riego por hora, permitiendo de esta manera una mejor distribución de la humedad en el perfil del suelo. El cuadro 48 presenta algunas de las diferencias encontradas en ambos sistemas.

Cuadro 48. Resumen de operación de los sistemas de riego.

SISTEMA	CAUDAL NECESARIO GPM	PROMEDIO OPERACIÓN POR DIA	AREA REGADA DIA (has)	APLICADA POR RIEGO (mm)	CUBIERTA POR EL SISTEMA (has).	HAS. REG. HORA	C.U. DE CHRISTIANSEN (%)	PRECIPITACION (mm/hr)
ASPERSION CAÑON	820	17	5,6	47	100,8	0,33	76,98	23,5
MINI ASPERSION	880	24	8,64	55	103,68	0,36	85,08	4,6

B. El riego mini aspersión, presentó menores requerimientos de energía. Esto se debe principalmente a la demanda de presión de ambos sistemas, la aspersión cañón requirió de 100 psi, en la salida de la bomba y 50 psi en los aspersores, mientras la mini aspersión únicamente de 60 psi., en la salida de la bomba y 45 psi en los aspersores. Los rangos obtenidos de consumo de diesel por hora fueron: a) aspersión cañón entre 2.8 y 3.10 gls/hora (1,800 rpm), b) mini aspersión entre 1.6 y 1.9 gls/hora (1300 rpm). Lo que representa un ahorro en combustible del 42%. Para este caso en especial el ahorro energético no influyó en el costo por hectárea, ya que la tarifa por hora de motobomba fue la misma para ambos sistemas. Para futuras inversiones se deberá utilizar un motor de menor potencia (70 Hp), y poder manejar una tarifa por hora de motobomba más económica.

El diseño de la unidad de bombeo y tubería conducción para ambos sistemas se puede observar en el cuadro 49.

Cuadro 49. Cargas requeridas en ambos sistemas

SISTEMA	CDT (m)	Hp motor	Hf del Lateral (m)	Hf entrada Lateral (m)	Hf de la Principal (m)
ASPERSION CAÑÓN	74,11	92,5	3,3	40,33	28,00
MINI ASPERSION	51,00	68,75	5,45	38,89	12,86

C. El cuadro 50, presenta las diferencias encontradas en cuanto al costo por hectárea regada y milímetro aplicado, para ambos sistemas. Con lo que se concluye que la mini aspersión presenta significativas ventajas sobre el riego aspersión cañón, en cuanto a economía se refiere.

Cuadro 50. Resumen de costos de aplicación del riego en ambos sistemas.

SISTEMA	COSTO DEPRECIACION	COSTO MANO DE OBRA	COSTO MAQUINARIA	COSTO POR HECTAREA REGADA	COSTO MILIMETRO APLICADO
	US \$				
ASPERSION CAÑÓN	9,83	19,83	33,23	62,89	1,33
MINI ASPERSION	5,05	8,23	30,22	43,5	0,79

D. En los 103 días de déficit hídrico que se tuvieron después del corte, se aplicaron 4 riegos con el equipo de aspersión cañón, por lo que se logró suplir al cultivo con 188 mm de riego. Mientras que el área irrigada con mini aspersión recibió para el mismo periodo de tiempo 6 riegos logrando suplir al cultivo con 330 mm. Esto implica la disminución de la frecuencia de riego y un 75% más de lámina bruta total aplicada, esto aunado al aumento en la uniformidad de aplicación y la baja intensidad de riego por hora. Por lo que es fácil concluir que el efecto de la mini aspersión sobre la producción de caña de azúcar por hectárea será significativa.

E. En base a los costos de inversión y operación estimados para cinco años de cultivo de caña de azúcar, los valores netos actuales (VNA) calculados son de USD \$ 773.852. Para mini aspersión y aspersión cañón UDS \$ 367,740. Lo que indica que la producción de caña de azúcar con riego es factible con una tasa de descuento del 15%. La tasa interna de retorno obtenida en el cálculo para la producción de caña de azúcar con riego es de 53% al regar con mini aspersión y 34% al regar con aspersión cañón, superando la tasa de descuento del 15% utilizada para el análisis financiero.

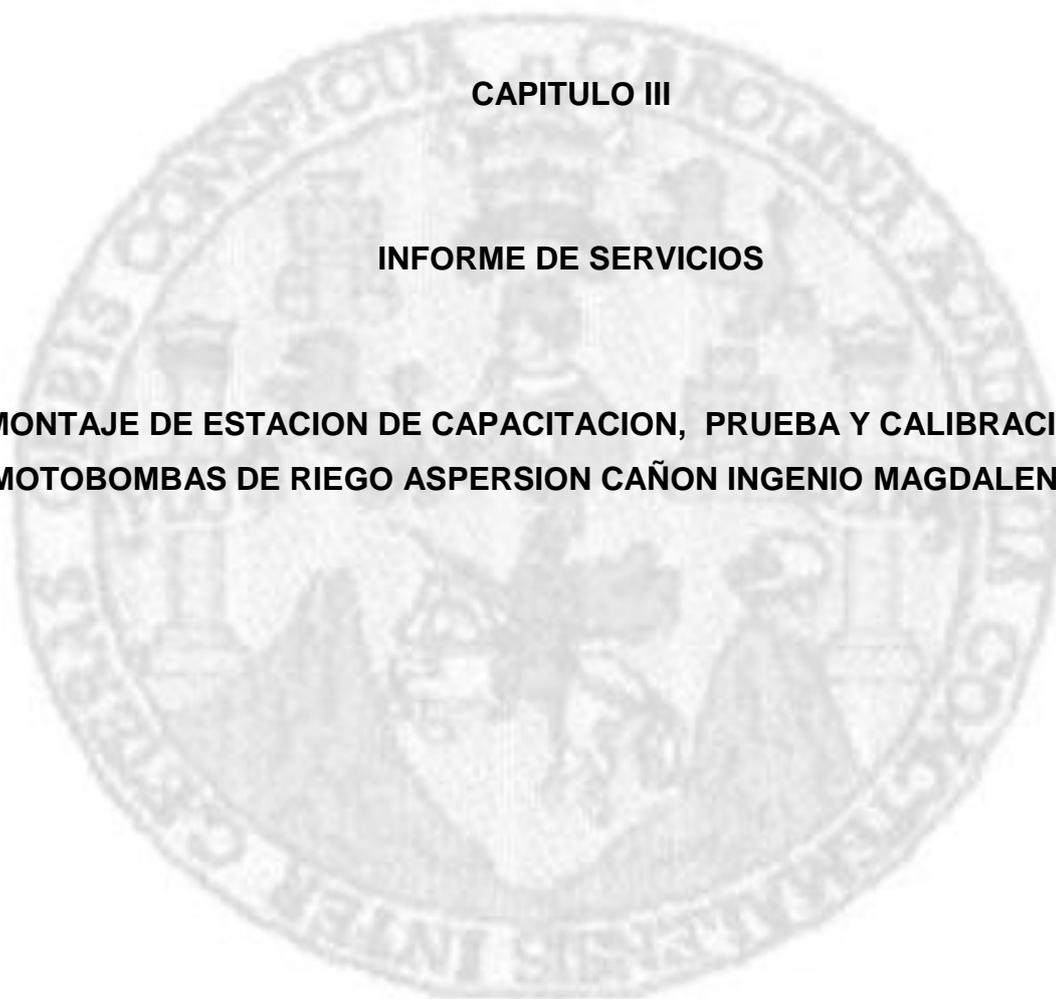
2.8 RECOMENDACIONES

- a) En función de las ventajas que presenta la mini aspersión, por los bajos costos de operación y mejora en calidad de riego, se recomienda para el riego en caña de azúcar, bajo las condiciones operativas de Ingenio Magdalena S. A.
- b) Tomar en cuenta la posibilidad de cambiar los equipos ya existentes de aspersión cañón, a mini aspersión, ya que así se podrá aprovechar en su totalidad el equipo existente y la inversión adicional en que se deberá incurrir es mínima, logrando de esta manera eficientar los equipos ya existentes.
- c) Teniendo ya establecido un sistema de mini aspersión se podrá mejorar la fertirrigación en caña de azúcar, ya que este sistema presenta mejor coeficiente de uniformidad, mejorando de esta manera otra labor además de minimizar costos.
- d) Utilizar los sistemas de aspersión cañón, en áreas donde se tenga limitante de agua, ya que dichos equipos se adaptan mejor a estas condiciones, utilizando los tiempos perdidos por falta de agua para hacer movimientos de instalación y traslados.

CAPITULO III

INFORME DE SERVICIOS

**MONTAJE DE ESTACION DE CAPACITACION, PRUEBA Y CALIBRACION DE
MOTOBOMBAS DE RIEGO ASPERSION CAÑON INGENIO MAGDALENA S.A.**



3.1 PRESENTACION

La operación del riego por aspersión en caña de azúcar (Saccharum spp), tradicionalmente se lleva a cabo en Ingenio Magdalena S.A., con equipos de aspersión cañón totalmente móviles, los cuales se componen de motores de combustión interna diesel, de 100 Hp, y bombas centrifugas de distintas marcas que descargan en teoría entre 800 y 880 gpm., que se distribuyen en tuberías de aluminio para luego descargar en 4 aspersores Nelson F-100.

La operación de estos equipos tienen estipulados tiempos de riego que oscilan entre 2 horas y 3 horas, dependiendo de la lámina que se requiera aplicar, alcanzando a trabajar entre 14 y 16 horas por día, debiendo aplicar una lámina de riego de 50 mm., por riego.

Aualmente estos equipos trabajan alrededor de 3,000 horas en la temporada de riego que inicia en Noviembre y termina Mayo del año siguiente, operando por temporada aproximadamente 150 días, y bombeando alrededor de 509,490 m³ de agua. Estos equipos son sometidos a reparaciones generales en el periodo de tiempo comprendido entre los meses de junio a octubre, para poder cumplir con las necesidades de riego del próximo ciclo del cultivo, tanto en riego pre cosecha como post cosecha.

Los equipos son operados en condiciones de trabajo considerablemente variables, ya que en general no están diseñados para un bloque específico de riego, sino que por el contrario van trasladándose entre fincas de una misma administración o bien entre las administraciones, según sean las necesidades de riego que tenga la empresa.

Uno de los problemas que más se presenta en la operación de estos equipos lo constituyen las fallas mecánicas en el campo de trabajo, ya que implican la movilización de personal de taller, y generalmente producen tiempo perdido en la operación del riego, atrasando las labores, y haciendo parecer a este método de riego en un método ineficiente y de costos elevados.

3.2 AREA DE INFLUENCIA

En la estación de prueba de motobombas de aspersión cañón se evaluaron motobombas de aspersión cañón, que pertenecen a las ocho administraciones o zonas de producción que componen el ingenio Magdalena S.A., por lo tanto la influencia de está, se verá reflejada en las 41,510 hectáreas cultivadas por Ingenio Magdalena. La figura 29., muestra el procedimiento realizado para evaluar las motobombas en la estación de prueba.



Figura 29. Operación de la estación de prueba de motobombas IMSA.

3.3 OBJETIVOS

GENERALES

- Certificar el buen funcionamiento de las motobombas en el campo, tanto en aspectos mecánicos como hidráulicos.
- Verificar el consumo de combustible de cada equipo en la estación de prueba operándolos con una carga hidráulica definida, similar a la que se someterán en el campo.
- Capacitación de Operadores de Motobomba.

3.4 SERVICIOS PRESTADOS

Dentro de los servicios prestados se ejecutó el montaje y operación de una estación de prueba de motobombas de aspersión cañón, la cual se ubicó en la finca Baganvilia, a un costado de pista de aterrizaje cercana al taller de maquinaria agrícola de Ingenio Magdalena.

En la misma estación de prueba se capacitó al personal que opera las motobombas para el aprendizaje de toma de lecturas en el caudalímetro, ya que se pretende la instalación de estos dispositivos en todas las motobombas con la finalidad de poder cuantificar los caudales aplicados en cada riego.

3.4.1 ESTACION DE PRUEBA DE MOTOBOMBAS

3.4.1.1 DEFINICION DEL PROBLEMA

Al iniciar las actividades de riego, después del periodo de reparación en el mes de Noviembre, en todas las administraciones de Ingenio Magdalena, se tiene el inconveniente de que algunas motobombas operándolas a 1,800 rpm no son capaces de alcanzar las presiones de diseño en la salida de la bomba (90 -100 PSI) y por consiguiente no logran cumplir con la presión de operación de los aspersores (55 – 60 PSI), situación que trae como consecuencia que se operen los equipos con 2 ó 3 aspersores, lo que implica un aumento en las horas de motobomba por hectárea y por consecuencia un aumento en el costo de la hectárea regada.

Esta situación nos conduce a un escenario poco favorable para el éxito de la práctica, tanto desde el punto de vista técnico como económico, distorsionando de esta manera los beneficios que pudiéramos alcanzar con una buena práctica del riego en caña de azúcar.

Para los equipos que no logran alcanzar la presión de diseño en la salida de la bomba se asume que el caudal producido no es el requerido, por lo tanto en las 2 horas de riego no podremos aplicar la lámina de diseño (50 mm.). Situación que nos afecta directamente en el costo de milímetro aplicado y lógicamente en la disponibilidad de humedad al calcular frecuencias sobre una lámina de riego falsa.

También debe mencionarse que algunas motobombas salen al campo y a las pocas horas de operación ya presentan desperfectos mecánicos, muchas veces son problemas mecánicos que demandan reparaciones menores, pero perjudican la operación ocasionando tiempos perdidos que alteran la planificación del riego, y generan costos imprevistos por el traslado de personal técnico para reparar la unidad.

3.4.1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar el caudal producido por cada motobomba de riego bajo las cargas hidráulicas requeridas en campo.
- Disminuir el tiempo perdido en campo por desperfectos mecánicos menores.

3.4.1.3 METODOLOGIA

3.4.1.3.1 Montaje de estación de prueba de motobombas de riego aspersión cañón.

A. Se selección el lugar ideal para la estación de pruebas, tomando en cuenta aspectos como: cercanía a las instalaciones de taller, área suficiente y disponible para la instalación de tuberías y accesorios, altura de succión dentro del rango requerido por la bomba centrífuga, y seguridad contra robos.

B. Se procedió a instalar de tubería de hierro de 6" para la salida de la bomba, previendo que fuera de fácil instalación, y fácil de manejar por el personal, y que soportara presiones de operación mayores a las ejercidas por los equipos.

C. Se ensamblaron los accesorios: Se colocó un medidor de caudal en la línea de tubería, cumpliendo con las normas de instalación del mismo que varía según el diámetro y la marca. De igual manera de colocó una válvula de compuerta según diámetro de la tubería utilizada.

D. Se capacitó al personal de la estación, sobre aspectos de operación de los equipos a evaluar, y sobre la toma de lecturas en los dispositivos de presión y de medición de caudal.

E. Toma de datos: Cada unidad de bombeo fue motivo de estudio de la siguiente manera. Los motores se arrancaron y se hicieron llegar a 1,800 RPM, después de 10 minutos de operación sin carga, se tomó lectura del caudalímetro para obtener el caudal obtenido sin carga. Posteriormente se cerró la válvula de compuerta tratando de aumentar carga de 20 en 20 PSI, y se tomaron lecturas de caudal en 20, 40, 60, 80, 100 y 120 psi, siempre asegurándonos que el motor estuviera a 1,800 rpm.

F. Se compararon las lecturas de caudal y presión con la curva característica de la bomba sometida a prueba, para poder diagnosticar el estado de la bomba centrífuga.

G. Después de obtenidos los datos de caudales a las diferentes presiones de operación, se trabajó cada motobomba por una hora más, a 100 psi., de carga, para evaluar su funcionamiento, teniendo un estricto control de los dispositivos de seguridad (sistema Murphy), con los que cuentan estas motobombas.

3.4.1.4 EVALUACION

3.4.1.4.1 Resultados de servicio

A. La estación de prueba se estableció en finca Buganvilla, en una conductora de riego que bordea el área habitacional del Ingenio y la Pista de aterrizaje, el cual proporcionó el caudal necesario para poder realizar las pruebas satisfactoriamente, además de contar con personal de seguridad para evitar robos. La finca Buganvilla, se encuentra ubicada en el municipio de La Democracia, departamento de Escuintla, a una distancia de 100 Km. De la ciudad capital en las coordenadas $14^{\circ} 05' 33''$ Latitud Norte y $90^{\circ} 57' 43''$ Longitud Oeste, a una altura de 85 msnm.

B. Se fabricó e instaló la tubería de 6", de hierro negro en segmentos pequeños para facilitar la instalación, y lograr que fuera resistente a las presiones de operación que son motivo de estudio.

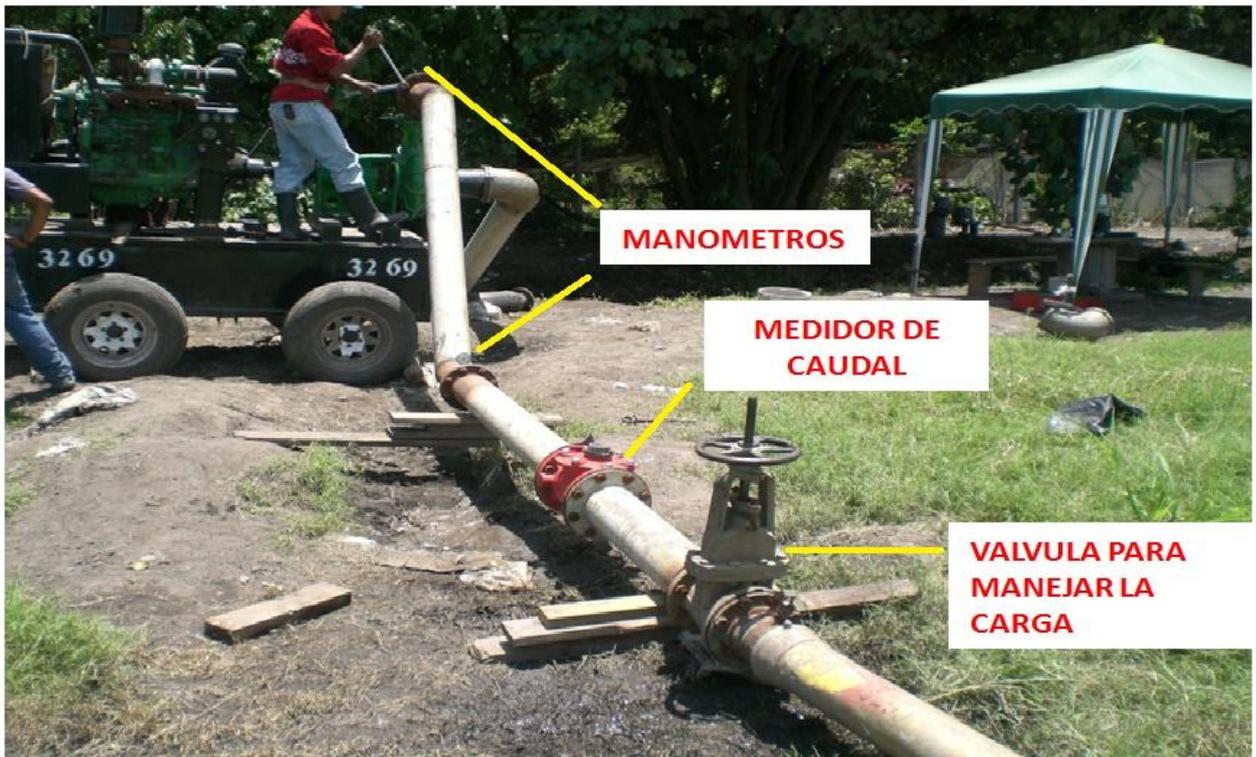


Figura 30. Instalación de una motobomba y accesorios utilizados.

Como se puede observar en la figura 30, se instalaron los accesorios necesarios para las mediciones de presión y caudal, además de la válvula de compuerta para regular las condiciones de carga del sistema. El caudalímetro nos proporcionó el dato del

volúmen de agua bombeado bajo cada condición de presión, lograda a través de la manipulación de la válvula de compuerta.

C. Se impartió la capacitación al personal de apoyo para las instalaciones y toma de lecturas de manómetros y caudalímetro, así como el manejo de la válvula de compuerta para poder ir creando la carga necesaria crear los escenarios evaluados. Además se les proporcionó un cronómetro y una libreta de campo para la toma de datos generados en las pruebas.

D. Para cumplir con los objetivos de los servicios se realizaron pruebas a 68 motobombas las que se evaluaron por grupos en función de la marca de bomba, las marcas y cantidades evaluadas son las siguientes: HIDROMAC (9 equipos), CAPRARI (12 equipos) y BERKELEY (48 equipos). El cuadro 51, presenta los resultados de los nueve equipos con bomba centrífuga marca HIDROMAC.

Cuadro 51. Equipos evaluados con bomba HIDROMAC.

ID	BOMBA	RPM	CARGA (psi)						
			10	20	40	60	80	100	120
			CAUDAL GPM						
4305	HIDROMAC	1857	1320	1320	1320	1320	1132	1056	880
4301	HIDROMAC	1841	1320	1320	1320	1219	1132	990	880
4307	HIDROMAC	1841	1320	1320	1320	1320	1132	1056	880
4306	HIDROMAC	1838	1320	1320	1320	1219	1132	990	880
3299	HIDROMAC	1837	1440	1440	1440	1320	1219	1056	932
4302	HIDROMAC	1830	1440	1440	1320	1320	1132	990	880
4303	HIDROMAC	1808	1320	1320	1310	1320	1132	1056	792
4313	HIDROMAC	1762	982	982	982	982	893	855	680
4303	HIDROMAC	1755	1127	1127	1127	1127	961	862	724

Después de evaluar los equipos con bomba centrífuga marca Hidromac, podemos concluir que de los nueve sometidos a la prueba el 78% pasó sin problemas la prueba de caudal a 100 psi. El otro 22% no alcanzó el caudal esperado bajo esta carga hidráulica.

Posteriormente se evaluó el grupo de equipos con bomba centrífuga marca CAPRARI, los resultados se presentan en el cuadro 52.

Cuadro 52. Equipos evaluados con bomba CAPRARI.

ID	BOMBA	RPM	CARGA (psi)						
			10	20	40	60	80	100	120
			CAUDAL GPM						
3270	CAPRARI	1857	990	990	990	932	880	689	466
3253	CAPRARI	1821	932	932	880	880	689	689	406
3245	CAPRARI	1820	990	990	932	932	880	754	495
3267	CAPRARI	1813	990	990	880	834	792	660	396
3266	CAPRARI	1809	990	880	880	834	754	634	377
3269	CAPRARI	1809	932	932	932	932	932	791	511
3246	CAPRARI	1795	990	990	932	932	880	880	634
3228	CAPRARI	1780	990	990	990	932	880	834	609
4327	CAPRARI	1780	990	990	932	932	932	880	689
3265	CAPRARI	1760	932	932	880	880	834	609	NT
3257	CAPRARI	1758	990	990	932	990	792	546	NT

Al concluir las pruebas a los equipos con bomba centrífuga marca Caprari podemos comentar que únicamente el 18% de estos equipos cumple con la demanda de 880 gpm a 100 psi, por lo que estos equipos deberán ser operados de diferente manera para lograr la lámina de riego esperada en el tiempo de riego estipulado o bien pensar en el cambio de bomba centrífuga para estos motores.

El tercer y grupo de motobombas evaluadas lo representa las que tienen bomba marca BERKELEY, los resultados de este grupo se presentan en los cuadros 53 y 54.

Cuadro 53. Primer grupo de equipos con bomba BERKELEY.

ID	BOMBA	RPM	CARGA (psi)						
			10	20	40	60	80	100	120
			CAUDAL GPM						
3235	BERKELEY	1817	990	990	880	880	834	834	720
4309	BERKELEY	1814	990	1219	1219	1219	1056	932	832
4304	BERKELEY	1808	1320	1320	1320	1320	1132	1056	792
TECUN	BERKELEY	1797	990	990	932	932	880	792	660
3298	BERKELEY	1788	932	932	932	880	834	753	587
4325	BERKELEY	1788	932	932	932	932	932	880	792
3272	BERKELEY	1787	1056	1056	1056	990	990	932	754
4324	BERKELEY	1786	990	990	932	932	932	843	634
3231	BERKELEY	1785	990	990	990	932	880	754	754
3237	BERKELEY	1785	990	990	990	932	932	932	720
3261	BERKELEY	1784	990	990	932	932	932	880	792
4362	BERKELEY	1782	990	990	932	932	880	834	660
4369	BERKELEY	1782	990	990	932	932	880	754	566
3275	BERKELEY	1781	990	990	990	932	932	834	634
3276	BERKELEY	1781	990	990	990	932	880	834	720
3227	BERKELEY	1780	990	990	932	880	880	792	634

Cuadro 54. Segundo grupo de equipos con bomba centrífuga marca BERKELEY.

ID	BOMBA	RPM	CARGA (psi)						
			10	20	40	60	80	100	120
			CAUDAL GPM						
3278	BERKELEY	1779	990	990	932	880	880	834	634
4366	BERKELEY	1778	990	990	990	932	932	880	689
4367	BERKELEY	1778	990	990	932	932	932	880	689
3232	BERKELEY	1777	990	990	932	932	880	834	689
4354	BERKELEY	1777	990	990	990	932	880	834	689
3263	BERKELEY	1776	990	990	932	932	932	932	792
3284	BERKELEY	1775	990	990	932	932	880	834	689
3285	BERKELEY	1775	990	880	834	834	792	792	660
4351	BERKELEY	1774	990	990	932	880	834	754	634
4360	BERKELEY	1774	1056	1056	990	990	990	932	754
4316	BERKELEY	1773	990	932	932	880	880	834	660
3282	BERKELEY	1771	1056	990	932	932	932	880	754
3287	BERKELEY	1770	990	990	932	932	880	834	689
3236	BERKELEY	1769	990	990	990	932	932	880	660
3281	BERKELEY	1769	990	990	932	932	880	834	689
3283	BERKELEY	1769	990	990	932	932	932	880	689
4326	BERKELEY	1768	754	754	689	689	634	546	511
4353	BERKELEY	1768	932	932	880	834	792	720	634
4329	BERKELEY	1767	834	834	834	792	754	720	634
4321	BERKELEY	1766	1132	1132	1132	1056	1056	1056	932
4365	BERKELEY	1762	990	990	990	932	932	880	634
4326	BERKELEY	1758	990	754	720	720	689	660	660
4361	BERKELEY	1757	1056	1056	1056	1056	990	990	880
4323	BERKELEY	1755	880	880	880	834	792	754	689
3280	BERKELEY	1751	990	990	990	932	880	792	660
4312	BERKELEY	1750	754	754	720	689	660	634	609
4311	BERKELEY	1745	754	720	720	689	660	609	609
4359	BERKELEY	1737	1056	1056	1056	1056	990	880	720
3222	BERKELEY	1731	754	754	720	689	660	660	609
3288	BERKELEY	1730	792	792	720	720	661	661	634
4357	BERKELEY	1683	1056	1056	1056	990	990	932	660
4319	BERKELEY	1627	990	834	834	754	720	689	609

Al concluir las pruebas a los equipos con bomba centrífuga marca Berkeley, se determinó que solamente el 37.5% de los equipos logro producir los 880 gpm que según la curva característica de la bomba utilizada se deben producir a 100 psi de carga. Y el 62.5% de los equipos con esta marca de bomba centrífuga deben someterse a una reparación, para que puedan operar en buena forma.

La estación de prueba, estuvo compuesta por tubería de hierro de 6" de diámetro, y los dispositivos que se pueden observar en la figura 31.

Con la instalación de estos dispositivos se logró representar la carga hidráulica en campo y la toma de lecturas, para su posterior análisis.

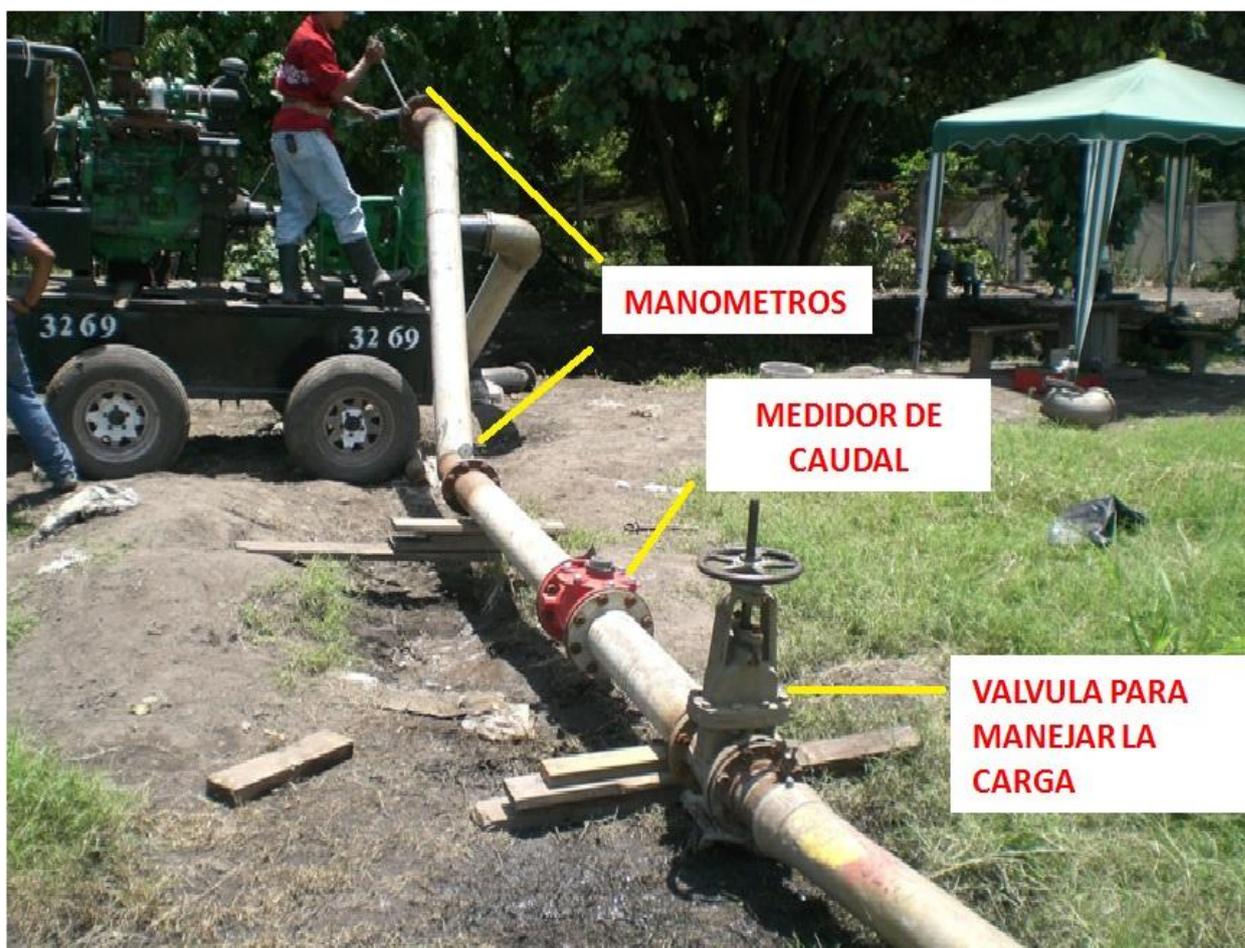


Figura 31. Accesorios para simular la carga hidráulica en la estación de prueba.

Los equipos a los cuales se les detectaron problemas mecánicos en la estación de prueba se presentan en el cuadro 55. Mencionando también el tipo de falla que presentó.

Cuadro 55. Equipos que presentaron fallas mecánicas en la estación de prueba.

ID	MOTOR	PROBLEMA MECANICO
3236	JOHN DEERE	ELECTROMECHANICO
3275	JOHN DEERE	ELECTROMECHANICO
3276	JOHN DEERE	ELECTROMECHANICO
3284	JOHN DEERE	ELECTROMECHANICO
3253	JOHN DEERE	ELECTROMECHANICO
4301	JOHN DEERE	ELECTROMECHANICO
4307	JOHN DEERE	ELECTROMECHANICO
4353	JOHN DEERE	SISTEMA DE INYECCION
4321	JOHN DEERE	SISTEMA DE INYECCION
3222	JOHN DEERE	SISTEMA DE INYECCION
3281	JOHN DEERE	SIST. MURPHY MAL CALIBRADO
3276	JOHN DEERE	SIST. MURPHY MAL CALIBRADO
4316	JOHN DEERE	SIST. MURPHY MAL CALIBRADO
3278	JOHN DEERE	SIST. MURPHY MAL CALIBRADO
3280	JOHN DEERE	SIST. MURPHY MAL CALIBRADO
4309	JOHN DEERE	SIST. MURPHY MAL CALIBRADO
4311	JOHN DEERE	SIST. MURPHY MAL CALIBRADO
4304	JOHN DEERE	SIST. MURPHY MAL CALIBRADO
3275	JOHN DEERE	SIST. MURPHY MAL CALIBRADO
4312	JOHN DEERE	SIST. MURPHY MAL CALIBRADO
3282	JOHN DEERE	SIST. MURPHY MAL CALIBRADO
4319	JOHN DEERE	SIST. MURPHY MAL CALIBRADO

Estos equipos como se menciona, fueron sometidos a la estación de prueba y en ella se pudo determinar que presentaban problemas mecánicos y electromecánicos por lo que fueron enviados de nuevo al taller para su corrección y luego sometidos de nuevo a la estación de prueba, para su envío a su respectiva administración.

3.4.2. Determinación del consumo de combustible

Uno de los temas de mayor importancia en la elección y operación de los equipos de riego por aspersión en caña de azúcar lo representa la demanda de energía o el consumo de combustible, ya que es bastante común en nuestro medio que se den robos de combustible por parte del personal operativo o bien por grupos delictivos.

3.4.2.1 Definición del problema

Otro problema se presenta con los consumos de combustible porque aún operando con motores de la misma marca y caballaje no todos los equipos presentan los mismos consumos, situación que se presta para que ocurran robos de diesel por parte del personal operativo, lo que afecta directamente el costo de la labor. Esta problemática mencionada es bastante común en las 8 zonas de producción de Ingenio Magdalena.

Se maneja el concepto que de cada 100 galones diesel despachados a la maquinaria agrícola un 9% no es utilizado para este fin, y representa fuga o pérdida del recurso.

3.4.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar el consumo de diesel (gl/hr) de cada motobomba cuando se somete a una carga hidráulica conocida (100 psi), similar a la carga requerida en campo.
- Crear un tabla con los consumos de cada motobomba para proporcionársela a las personas que supervisan esta actividad.

3.4.2.3 Metodología

El consumo de combustible por motobomba, obtuvo después de trabajar por una hora la motobomba a 1800 rpm y una presión en la salida de la bomba de 100 psi., luego se cuantificó el gasto en un recipiente aforado.

3.4.2.4 Evaluación

Los resultados de los consumos por hora de cada motobomba se describen en el cuadro 56, y servirán para hacer comparaciones con los datos reales, obtenidos de la próxima temporada de riego, como principal herramienta de control, para determinar y cuantificar robos o pérdidas de combustible.

Cuadro 56. Consumo de combustible por hora de los equipos evaluados.

ID	MARCA	RPM	GLS/HR.	ID	MARCA	RPM	GLS/HR.	ID	MARCA	RPM	GLS/HR.
4305	HIDROMAC	1857	2,94	4304	BERKELEY	1808	3,15	4360	BERKELEY	1774	2,97
4301	HIDROMAC	1841	3,02	TECUN	BERKELEY	1797	2,98	4316	BERKELEY	1773	2,92
4307	HIDROMAC	1841	3,10	3298	BERKELEY	1788	3,06	3282	BERKELEY	1771	3,04
4306	HIDROMAC	1838	2,89	4325	BERKELEY	1788	3,01	3287	BERKELEY	1770	3,10
3299	HIDROMAC	1837	2,95	3272	BERKELEY	1787	2,88	3236	BERKELEY	1769	3,14
4302	HIDROMAC	1830	3,16	4324	BERKELEY	1786	2,94	3281	BERKELEY	1769	2,99
4303	HIDROMAC	1808	3,05	3231	BERKELEY	1785	3,01	3283	BERKELEY	1769	3,11
4313	HIDROMAC	1762	2,97	3237	BERKELEY	1785	3,10	4326	BERKELEY	1768	3,02
4303	HIDROMAC	1755	2,89	3261	BERKELEY	1784	2,98	4353	BERKELEY	1768	2,95
3270	CAPRARI	1857	3,00	4362	BERKELEY	1782	3,17	4329	BERKELEY	1767	3,03
3270	CAPRARI	1824	2,93	4369	BERKELEY	1782	3,20	4321	BERKELEY	1766	2,94
3253	CAPRARI	1821	2,98	3275	BERKELEY	1781	3,00	4365	BERKELEY	1762	3,04
3245	CAPRARI	1820	3,04	3276	BERKELEY	1781	2,93	4326	BERKELEY	1758	3,12
3267	CAPRARI	1813	3,10	3227	BERKELEY	1780	2,96	4361	BERKELEY	1757	2,97
3266	CAPRARI	1809	2,88	3278	BERKELEY	1779	3,00	4323	BERKELEY	1755	3,11
3269	CAPRARI	1809	2,99	4366	BERKELEY	1778	3,03	3280	BERKELEY	1751	3,01
3246	CAPRARI	1795	3,00	4367	BERKELEY	1778	2,93	4312	BERKELEY	1750	3,20
3228	CAPRARI	1780	3,12	3232	BERKELEY	1777	2,91	4311	BERKELEY	1745	2,95
4327	CAPRARI	1780	2,93	4354	BERKELEY	1777	2,95	4359	BERKELEY	1737	3,07
3265	CAPRARI	1760	2,97	3263	BERKELEY	1776	3,00	3222	BERKELEY	1731	3,05
3257	CAPRARI	1758	3,06	3284	BERKELEY	1775	3,10	3288	BERKELEY	1730	2,96
3235	BERKELEY	1817	2,91	3285	BERKELEY	1775	3,07	4357	BERKELEY	1683	3,15
4309	BERKELEY	1814	2,97	4351	BERKELEY	1774	2,97	4319	BERKELEY	1627	2,93

3.4.3 CONCLUSIONES.

La implementación de la estación de prueba de motobombas representa una herramienta nueva de control con la cual se podrán evaluar las motobombas después de terminado el proceso de reparación en el taller (MAGRISA).

Para el presente ciclo de reparación se detectaron 10 motobombas con problemas las cuales fueron devueltas a taller para su reparación, con lo cual se evitó sacar los equipos a regar y que presentaran fallas en campo, minimizando de esta manera tiempo perdido por fallas mecánicas.

De igual manera se comprobó que 61 bombas centrifugas necesitan reparación ya que no están descargando el caudal necesario para la aplicación de la lámina de riego. Lo que afecta directamente el costo por milímetro de riego aplicado y obliga a realizar programaciones de riego con frecuencias más cortas o aumentar las horas de riego por posición.

Con la implementación de la estación de prueba también se rectificaron los sistemas de seguridad (Murphy) en 12 motores John Deere, lo que nos asegura el buen funcionamiento de este dispositivo, con la finalidad de evitar reparaciones mayores en los motores, si se presentara alguna falla por calentamiento o fuga de aceite.

Otro aspecto importante lo constituye la creación de la tabla de consumos de combustible de los equipos evaluados, ya que con este parámetro se podrán hacer comparaciones con los consumos reales en campo, y poder determinar alteraciones en el gasto de diesel para tomar decisiones más certeras en cuanto al robo de combustible.

BIBLIOGRAFIA GENERAL

1. Alcalá Castellanos, H. 1987. El control del sazonado y la maduración de la caña de azúcar en México. *In* Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (1987, CO). Memorias. Cali, Colombia, Centro de Investigación de la Caña de Azúcar. p. 497-508.
2. Brealey, R; Myers, S; Allen, F. 2006. Principios de finanzas corporativas. 8 ed. España, McGraw-Hill. 720 p.
3. Castañón Lión, G. 1991. Riego por aspersión. Madrid, España, Mundi-Prensa. 117 p.
4. Castillo Galindo, MA. 1990. Diagnostico general sobre el cultivo de la caña de azúcar en el parcelamiento El Milagro. Diagnostico EPSA. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 35 p.
5. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT). 1995. Informe anual de resultados 94-95. Guatemala. s.p.
6. _____. 1996. Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala. 2 ed. Guatemala, Ingeniería del Campo. 214 p.
7. Cisneros, C. s.f. Diagrama de sistemas de riego. Guatemala, AMANCO. 14 p.
8. Colaco, CJ. 1979. Evaluación del método de riego por aspersión basado en patrones de aplicación. Tesis MSc. México, Universidad Autónoma de México. 104 p.
9. Flores, S. 1976. Manual de la caña de azúcar. Guatemala, INTECAP. 172 p.
10. Grassi, CJ. 1978. Estimación de los usos consuntivos de requerimientos de riego con fines de diseño de proyectos. Mérida, Venezuela, Centro Internacional de Desarrollo de Agua y Tierras. 260 p.
11. Hagali, Z. s.f. Bombas y motores. s.n.t. 48 p.
12. Juárez, D *et al.* 1998. Requerimiento de riego de la caña de azúcar en la costa sur de Guatemala estudio exploratorio. Escuintla, Guatemala, CENGICAÑA. 63 p.
13. Leiton Soubannier, JS. 1985. Riego y drenaje. San José, Costa Rica, Universidad Estatal a Distancia. 179 p.
14. Palacios, E. 1976. Cuanto, cuando y como regar. México, Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Memorándum Técnico no. 195. 44 p.
15. Sandoval, IJ. 1989. Principios de riego y drenaje. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 345 p.
16. Soto, GJ. 1995. Prototipo varietal de caña de azúcar para la agroindustria azucarera Guatemalteca. Escuintla, Guatemala, CENGICAÑA. s.p. (Documento Técnico).

ANEXOS

Cuadro 57A: Incidencia de tiempos perdidos en ambos sistemas.

SISTEMA	HORAS PERDIDAS				TOTAL TIEMPO PERDIDO
	INSTALACION DE EQUIPO	TRASLADOS	DESPERFECTO MECANICO	FALTA DIESEL	
ASPERSION	618,00	137,00	102,00	55,00	912,00
MINI ASPERSION	0,00	206,00	148,00	130,00	484,00

Cuadro 58A: Eficiencia de operación de ambos sistemas.

SISTEMA	HORAS PROGRAMADAS	HORAS TRABAJADAS	% EFICIENCIA
ASPERSION	2,163.00	1,149.00	53.12
MINI ASPERSION	2,472,0	1,725.00	69.78

CUADRO 59A: Tabla de desempeño del aspersor Nelson F-100.

		100 SERIES BIG GUN® PERFORMANCE — U.S. UNITS																		
100 TAPER BORE NOZZLE 100T 100T – Specify size when ordering																				
	0.50"		0.55"		0.60"		0.65"		0.70"		0.75"		0.80"		0.85"		0.90"		1.0"	
	9309-050		9309-055		9309-060		9309-065		9309-070		9309-075		9309-080		9309-085		9309-090		9309-100	
PSI	GPM	DIA. FT.	GPM	DIA. FT.	GPM	DIA. FT.	GPM	DIA. FT.	GPM	DIA. FT.	GPM	DIA. FT.	GPM	DIA. FT.	GPM	DIA. FT.	GPM	DIA. FT.	GPM	DIA. FT.
40	47	191	57	202	66	213	78	222	91	230	103	240	118	250	134	256	152	262	-	-
50	50	205	64	215	74	225	87	235	100	245	115	256	130	265	150	273	165	280	204	300
60	55	215	69	227	81	240	96	250	110	260	126	270	143	280	164	288	182	295	224	316
70	60	225	75	238	88	250	103	263	120	275	136	283	155	295	177	302	197	310	243	338
80	64	235	79	248	94	260	110	273	128	285	146	295	165	305	189	314	210	325	258	354
90	68	245	83	258	100	270	117	283	135	295	155	306	175	315	201	326	223	335	274	362
100	72	255	87	268	106	280	123	293	143	305	163	316	185	325	212	336	235	345	289	372
110	76	265	92	278	111	290	129	303	150	315	171	324	195	335	222	344	247	355	304	380



ENGINE PERFORMANCE CURVE

Rating: Gross Power

Application: Industrial
Intermittent

POWERTECH 4.5L Engine
Model: 4045TF250

114 hp @ 2200 rpm
85 kW @ 2200 rpm
[Option 16CV]

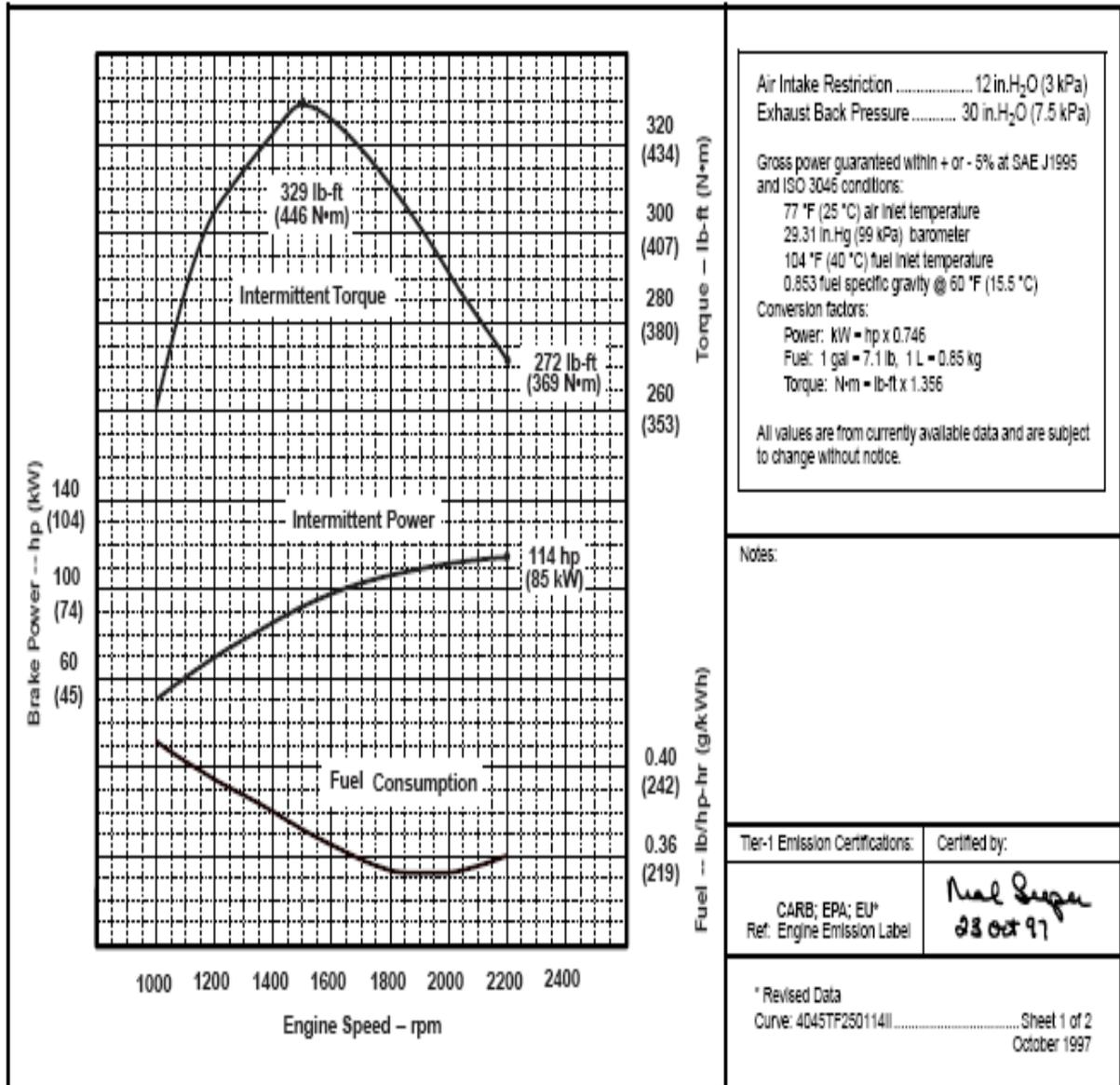


Figura 32A. Curva de desempeño del motor utilizado por ambos equipos.

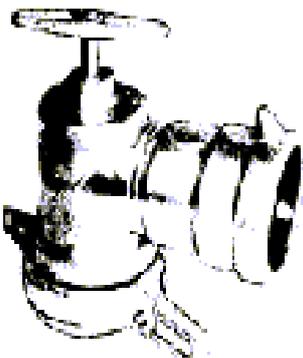
Ingenio Magdalena, S. A.			Depto. De Riegos Y Drenajes		
<u>CODO ABRE VALVULA</u>					
					
WADE RAIN					
No. Código	Abre Hacia	Abre Válvula de	Salida	Material	
				Hg	Aluminio
3-6-6 ES	↓	6"	6"		✓
3-6-5 ES	↓	4"	5"		✓
3-6-6 E	↓	4"	6"		✓
<u>CODO ABRE VALVULA</u>					
					
AMES TINSA					
No. Código	Abre Hacia	Abre Válvula de	Salida	Material	
				Hg	Aluminio
AD-ONL	↑	4"	6"		✓

Figura 33A. Codo abre válvula aspersión cañón.

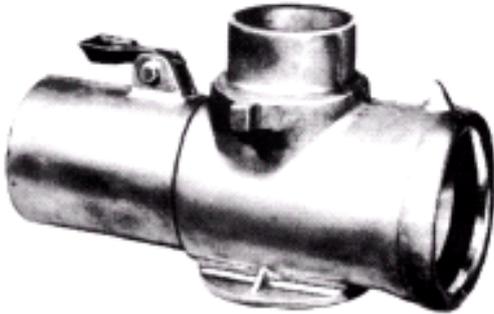
Ingenio Magdalena, S. A.		Depto. De Riegos Y Drenajes			
<u>VALVULA HIDRANTE</u>					
					
WADE RAIN					
No. Código	Abre Hacia	Diámetro de Tubo	Diámetro de Válvula	Material	
				Hg	Aluminio
2-5-4MXF	↓	5"	4"		✓
2-6-4MXF	↓	6"	4"		✓
2-6-6MXF	↓	6"	6"		✓

Figura 34A. Válvula hidrante 6 x 4 x 6 aspersion cañón.

Ingenio Magdalena, S. A.		Depto. De Riegos Y Drenajes			
<u>CUELLO DE GANZO</u>					
					
WADE RAIN					
No. Código	Abre Hacia	Abre Válvula de	Salida	Material	
				Hg	Aluminio
15-5-1E	↓	4"	3"		✓

Figura 35A. Cuello de ganso aspensor Nelson F-100.

Ingenio Magdalena, S. A.		Depto. De Riegos Y Drenajes	
<u>VALVULA EN LINEA</u>			
			
WADE RAIN			
No. Código	Medida	Material	
		Hg	Aluminio
WRINV-6	6"		✓
<u>TÉ DE CONTROL DE DOS VALVULAS</u>			
			
WADE RAIN			
No. Código	Medida	Material	
		Hg	Aluminio
WR-CY-6	6"		✓

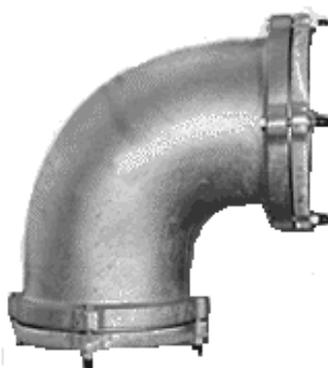
Figura 36A. Válvula de paso y Tee de control aspersión cañón.

Ingenio Magdalena, S. A.

Depto. De Riegos Y Drenajes

CODO DE SUCCION**WADE RAIN**

No. Código	Angulo (°)	Medida	Salida	Material	
				Hg	Aluminio
3-6C	90°	6"		✓	
3-8C	90°	8"		✓	
3-10C	90°	10"		✓	

CODO DE SUCCION**SURE- FLO**

No. Código	Angulo (°)	Salida	Material	
			Hg	Aluminio
SFE96	90°	6"		
SFE98	90°	8"		
SFE910	90°	10"		

Figura 37A. Codos de succión aspersion cañón y mini aspersion.

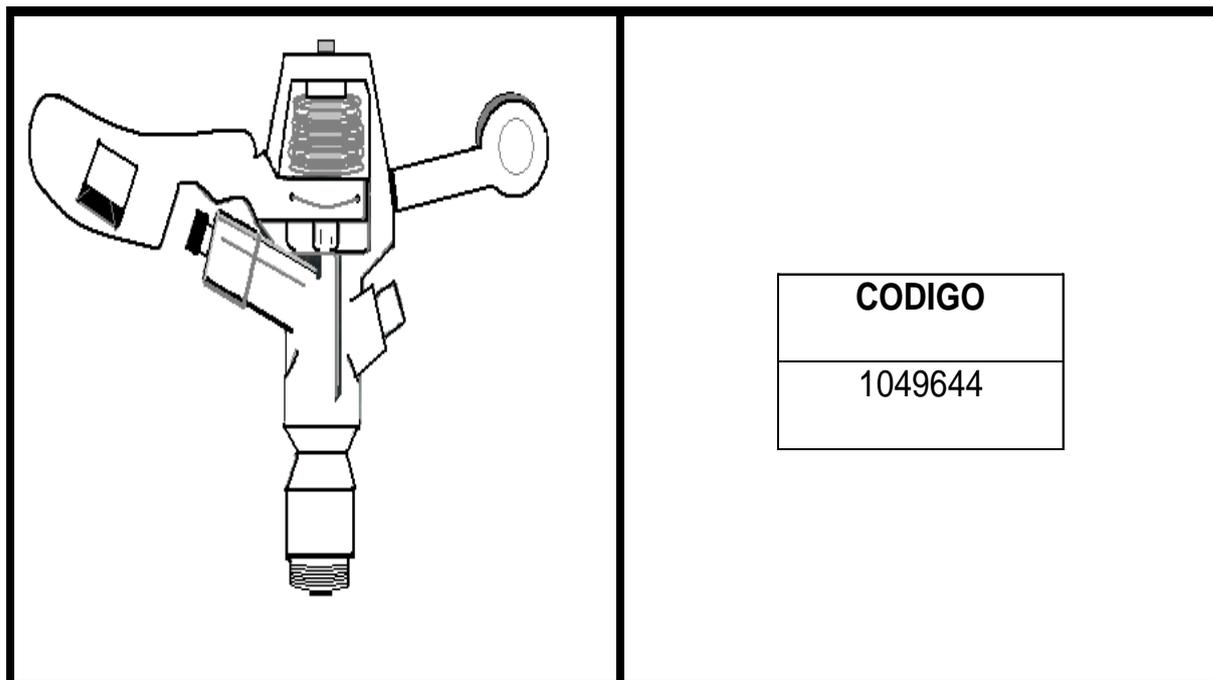


Figura 38A. Aspersor VYR 36 mini aspersión.

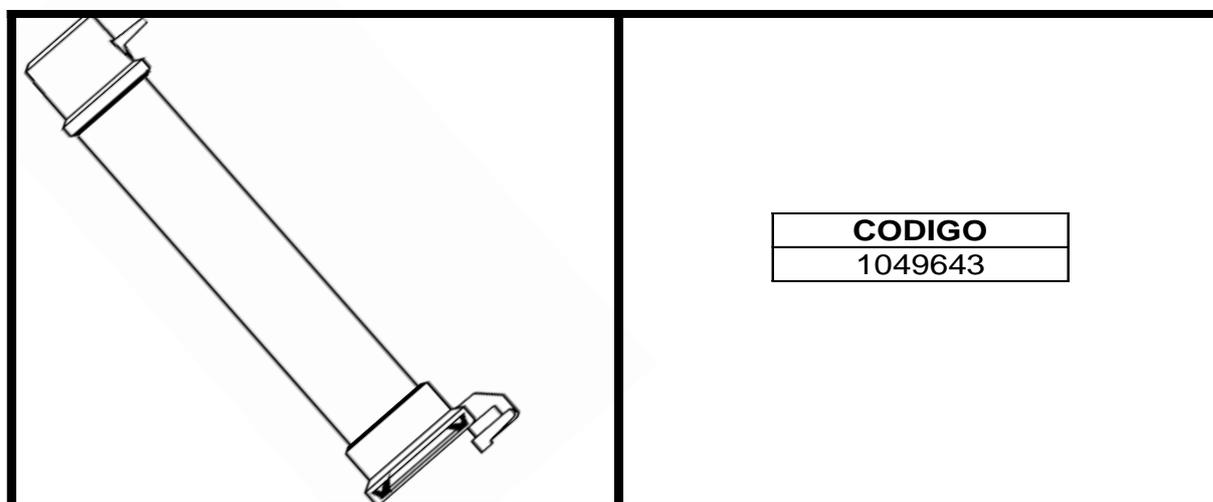


Figura 39A. Tubo de línea 63 mm. Mini aspersión.



Figura 40A. Cruz 6 x 2 x 2 x 6 mini aspersion.



Figura 41A. Motobomba aspersion cañon y mini aspersion.



Figura 42A. Riego por aspersión cañón.



Figura 43A. Vista aérea riego mini aspersión.

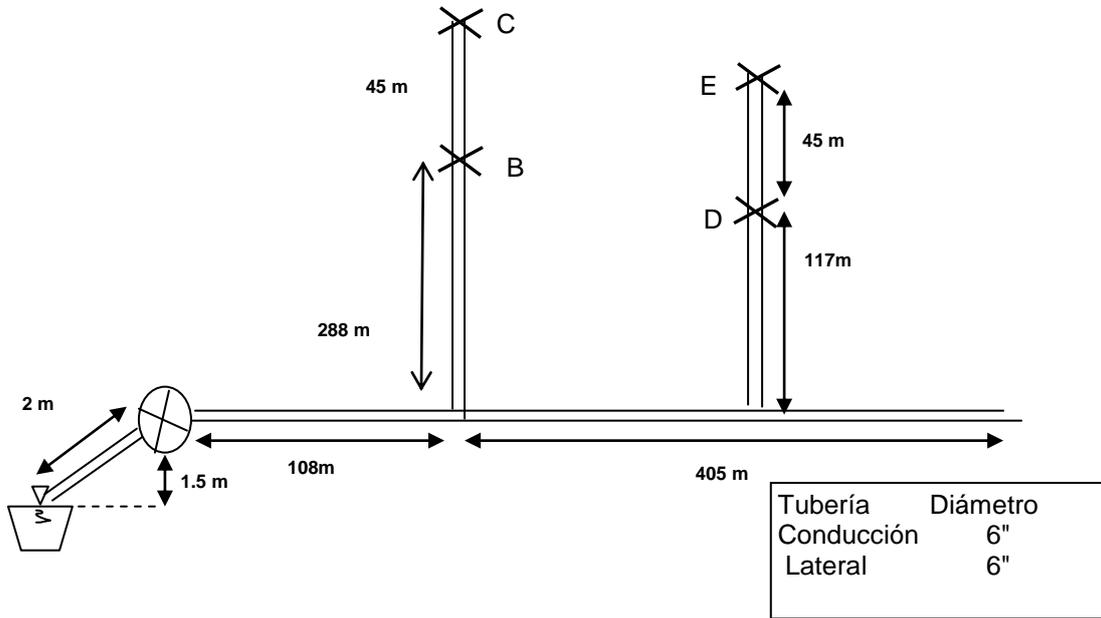


Figura 44A. Distribución de tubería principal y lateral sistema aspersión cañón.

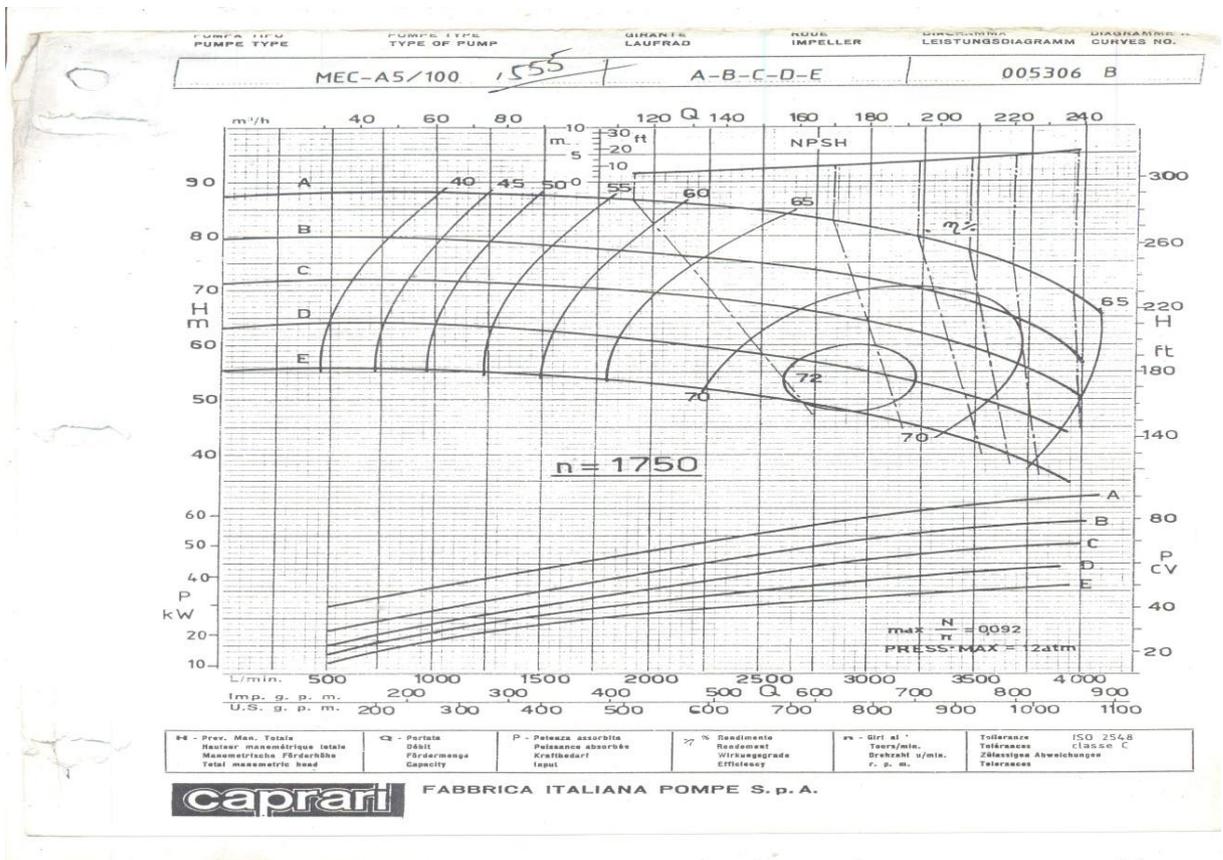


Figura 45A. Curva característica de la bomba centrífuga CAPRARI MEC-AS/100

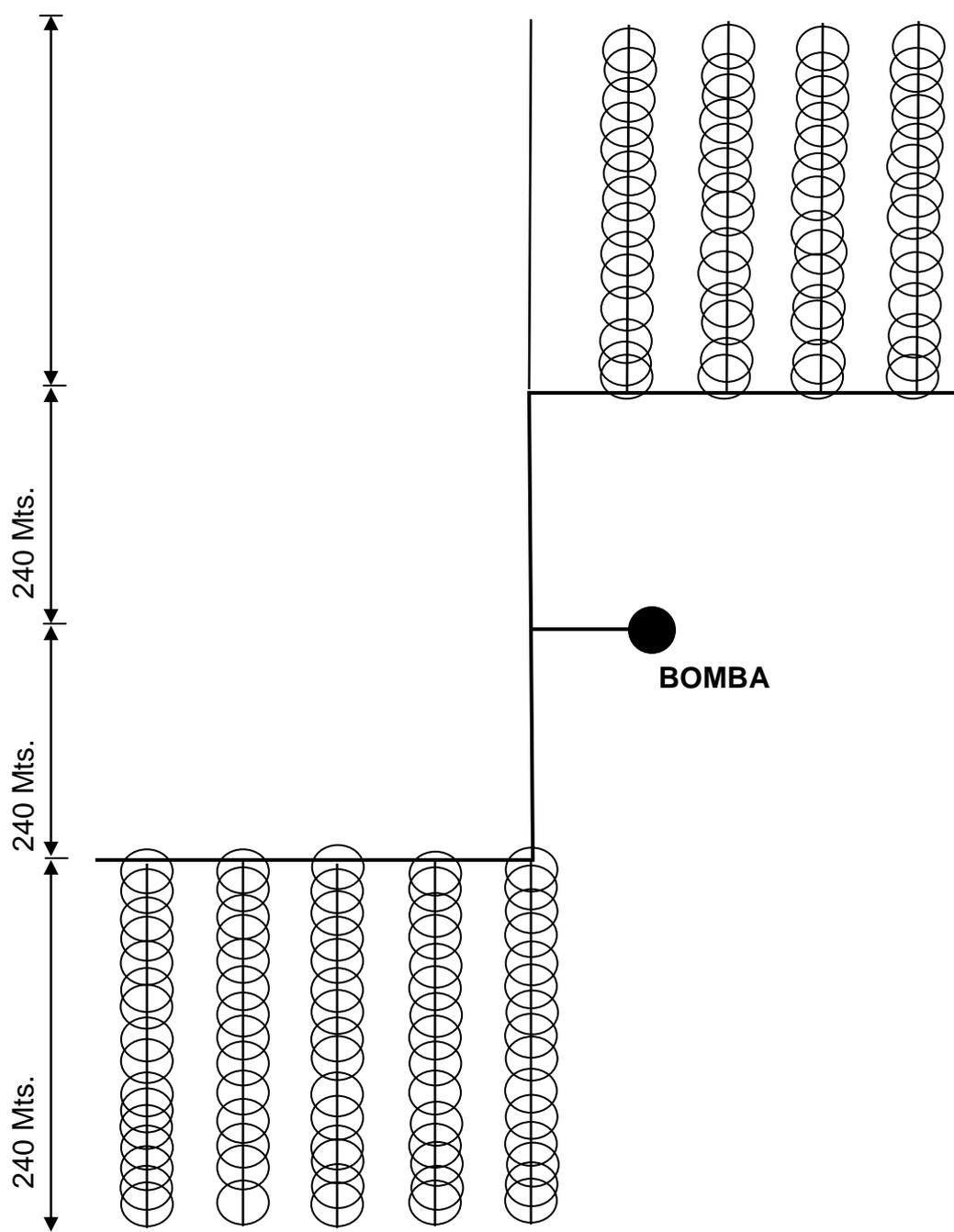


Figura 46A. Distribución de tubería principal y lateral sistema mini aspersión.

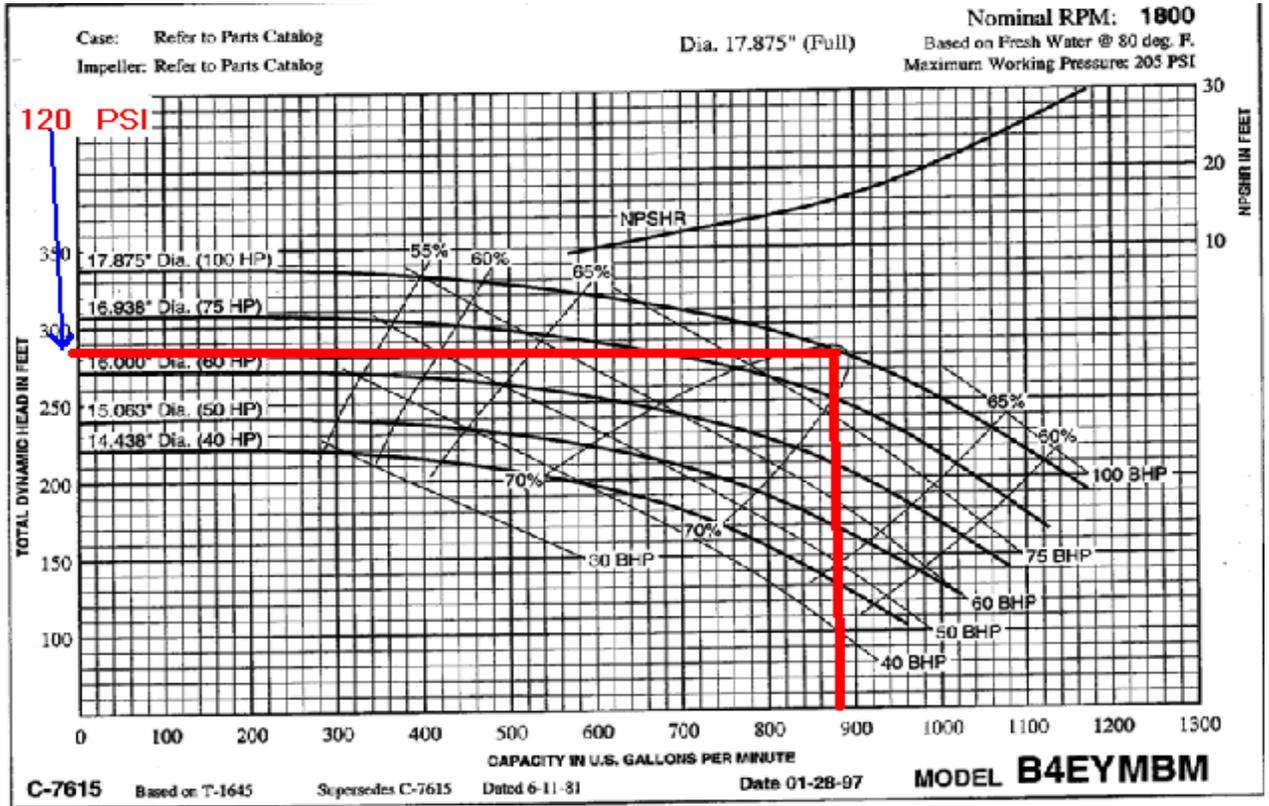


Figura 47A. Curva característica de la bomba centrífuga BERKELEY B4EYMBM.

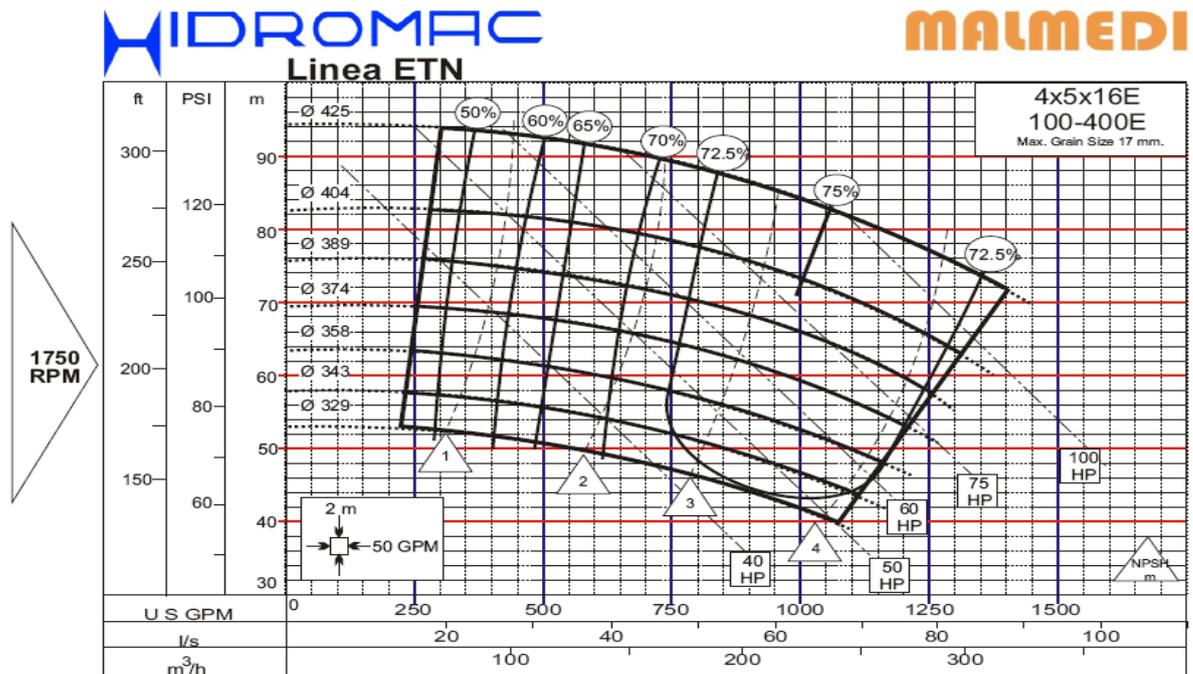


Figura 48A. Curva característica de la bomba centrífuga HIDROMAC.