

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**



TRABAJO DE GRADUACIÓN

CARACTERIZACIÓN DE SUELOS CONSIDERANDO LA DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN CON FINES DE OPERACIÓN, DE LOS SISTEMAS DE RIEGO ASPERSIÓN Y MINI ASPERSIÓN, DIAGNÓSTICO DE DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA Y SERVICIO EN EL INGENIO MAGDALENA, S.A, LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA, GUATEMALA C.A.

CARLOS ALFONSO RIVERA PERALTA

Guatemala, marzo de 2014

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**

**CARACTERIZACIÓN DE SUELOS CONSIDERANDO LA DETERMINACIÓN DE LA
VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN CON FINES DE OPERACIÓN, DE LOS SISTEMAS DE
RIEGO ASPERSIÓN Y MINI ASPERSIÓN, DIAGNÓSTICO DE DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA AGRÍCOLA Y SERVICIO EN EL INGENIO MAGDALENA, S.A,
LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA, GUATEMALA C.A**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

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

POR

CARLOS ALFONSO RIVERA PERALTA

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO**

Guatemala, marzo de 2014

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

RECTOR MAGNÍFICO

Dr. Carlos Estuardo Gálvez Barrios

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Dr. Lauriano Figueroa Quiñónez
VOCAL PRIMERO	Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. MSc. Marino Barrientos García
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. MSc. Oscar René Leiva Ruano
VOCAL CUARTO	P.FTAL. Sindi Benita Simón Mendoza
VOCAL QUINTO	Br. Sergio Alexander Soto Estrada
SECRETARIO	Ing. Agr. Carlos Roberto Echeverría

Guatemala, marzo de 2014

Guatemala, marzo de 2014

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

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de graduación: **CARACTERIZACIÓN DE SUELOS CONSIDERANDO LA DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN CON FINES DE OPERACIÓN, DE LOS SISTEMAS DE RIEGO, ASPERSIÓN Y MINI ASPERSIÓN, DIAGNÓSTICO DE DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA Y SERVICIO EN EL INGENIO MAGDALENA, S.A, LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA, GUATEMALA C.A.**

Como requisito previo a optar el 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”

Carlos Alfonso Rivera Peralta

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS

Por ser mi mejor amigo y guía durante toda mi vida.

MIS PADRES

Miguel Rivera Bran e Hilda Peralta de Rivera, por ser las personas que más admiro y amo, porque siempre creyeron en mí.

MI HERMANO

Miguel Rivera, por ser siempre un ejemplo a seguir de lucha superación y éxito.

MIS ABUELOS Y ABUELAS

Paternos: Alfonso Rivera y Grace Bran de Rivera, por apoyo durante mi formación como persona y profesional.

Maternos: Víctor Peralta y Zoilita Guzmán de Peralta, por ser parte vital de mi formación como persona, aunque no estén conmigo este triunfo es de ustedes.

MI NOVIA

Yeimy Cuadra, por su amor sincero y su apoyo incondicional en cada momento bueno y malo de mi vida, ya que gracias a ella culmino este documento.

MIS AMIGOS

Compañeros de estudio y amigos que han compartido conmigo, en especial a: Miguel Torres, Luis Fajardo, Edilzar Girón, Marlon Hernández Christian Hernández, Enrique Maldonado, Hilario Xol, Bruno Torres, Oscar Machic, Manuel Tortola, Rudy Guillermo, Wagner Alonzo, Sergio López Sergio Gracia, Walter Cerrano, Vielman de la Rosa y José Monzon.

MIS TIOS

Elmer, María Isabel, Fredy, Cotí, Orlando, Cristi, Aroldo, Alfonso, Drucy, Cesar, Angélica, Mario Mary, Lucrecia y Juan Carlos.

MIS PRIMOS

Elmer, María Isabel, María Andrea, José Marcos, Víctor, Adriana, Laura, Flor, Fredy, Carlos, Alfonso, Ana Lucia, Estuardo, Raquel, John Miquel, Arancha, Keren, Unai y Neerea.

MIS SOBRINOS

María Cristina, Víctor Giovanni y Bruce Armando.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO A:

MI PAÍS, GUATEMALA

Porque todo contribuya para que haya un mejor mañana.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Mi alma mater y recinto sagrado del saber.

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Por ser la máxima casa de mis estudios y contribuir a mi formación como persona y profesional.

AGRADECIMIENTOS A:

Ing.Agr. Fernando Rodríguez, por su valiosa colaboración y apoyo para el enriquecimiento del presente trabajo.

Ing. Agr. Rolando Lara, por compartir sus conocimientos con mi persona.

Ingenio Magdalena S.A, por darme la oportunidad de culminar mi fase de estudios para mi formación como profesional.

Departamento de Ingeniería Agrícola en especial a: Ing.Agr. Miguel Rivera, Augusto Álvarez, Ing.Agr. Eddy Guinea, Gilberto Gómez y Roberto Illescas por confiar en mí como persona y profesional.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE CUADROS.....	xi
RESUMEN GENERAL.....	xv
CAPÍTULO I. DIAGNÓSTICO	1
1.1 PRESENTACIÓN.....	2
1.2 MARCO REFERENCIAL	3
1.2.3 Condiciones climáticas.....	4
1.2.4 Suelos.....	5
1.3 OBJETIVOS	6
1.3.1 Objetivo general	6
1.3.2 Objetivos específicos	6
1.4 METODOLOGÍA	7
1.4.1 Recolección de la información.....	7
1.4.1.1 Entrevistas a personal de trabajo.....	7
1.4.1.2 Revisión de literatura.....	7
1.4.1.3 Recorrido por las instalaciones.....	8
1.4.2 Sistematización de la información.....	8
1.4.2.1 Análisis FODA.....	8
1.5 RESULTADOS.....	10
1.5.1 El departamento de Ingeniería Agrícola.....	10
1.5.1.1 Objetivos del departamento.....	10
1.5.1.2 Metas del departamento.....	10
1.5.2 Estructura organizacional del departamento de Ingeniería Agrícola.....	11

Contenido	Página
1.5.2.1 Gerente departamento de Ingeniería Agrícola.....	11
1.5.2.2 Jefe Cálculos Diseños y Ejecución de Proyectos de Riego.....	12
A. Asistentes de cálculo diseño y ejecución de sistemas de riego.....	13
1.5.2.3 Jefe Perforación de Pozos Mecánicos.....	14
A. Asistente de perforación de pozos de fincas propias.....	15
B. Supervisor de perforación de pozos para fincas proveedoras.....	16
1.5.2.4 Jefe Drenajes y Administración de Maquinaria Agrícola.....	16
A. Supervisor proyectos drenaje agrícola región central Norte y Sur.....	17
B. Supervisor proyectos drenaje agrícola región Oriente Occidente.....	18
1.5.2.5 Jefe Proyectos Especiales.....	18
A. Supervisor de proyectos cachaza compost.....	19
B. Supervisor fertilización por fertiriego vinaza.....	20
1.5.2.5 Jefe Diseños de Fincas y Topografía.....	20
A. Asistente diseño de fincas y topografía.....	21
B. Asistente de mediciones de finca con GPS.....	22
C. Asistente de mediciones de finca con estación total.....	22
1.6.1 Análisis FODA	23
1.7 CONCLUSIONES	26
1.8 RECOMENDACIONES	27
1.9 BIBLIOGRAFÍA.....	28
CAPÍTULO II. INVESTIGACIÓN	29
2.1 PRESENTACIÓN	30
2.2 MARCO TEÓRICO.....	31
2.2.1 Marco teórico conceptual	31
2.3 MARCO REFERENCIAL.....	43

Contenido	Página
2.3.1 Clima.....	43
2.3.2 Zonas de vida.....	43
2.3.3 Suelos.....	43
2.4 OBJETIVOS.....	47
2.4.1 General.....	47
2.4.2 Específicos.....	47
2.5 METODOLOGÍA.....	48
2.5.1 Fase de reconocimiento.....	48
2.5.2 Diseño de la investigación.....	48
2.5.3 Fase de selección de puntos de muestreo.....	49
2.5.4 Fase Teórica.....	51
2.5.5 Fase de recopilación de información en campo.....	51
2.5.6 Fase de gabinete.....	55
2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	61
2.6.1 Región Oriente.....	64
2.6.1.1 Punto 1 finca Chaparral.....	66
2.6.1.2 Punto 2 finca Bóton Blanco.....	68
2.6.1.3 Punto 3 finca Líbano.....	70
2.6.1.4 Punto 4 finca La Conquista.....	72
2.6.2 Región Occidente.....	74
2.6.2.1 Punto 5 finca El Retiro.....	76
2.6.2.2 Punto 6 finca Las Pampas.....	78
2.6.2.3 Punto 7 finca Puyumate.....	80
2.6.2.4 Punto 8 finca Barranquilla.....	82
2.6.2.5 Punto 9 finca Xoluta.....	84

Contenido	Página
2.6.2.6 Punto 10 finca La Severa.....	86
2.6.2.10 Punto 14 finca Las Cruces.....	94
2.6.2.11 Punto 15 finca San Nicolás.....	96
2.6.2.12 Prueba 16 finca Guayacán.....	98
2.6.2.13 Punto 17 finca Santa Isabel.....	100
2.6.3 Región Central Norte.....	102
2.6.3.1 Punto 18 finca Velásquez.....	104
2.6.3.2 Punto 19 finca Luceros.....	106
2.6.3.3 Punto 20 finca Bugarvilia.....	108
2.6.3.4 Punto 21 finca Ilusiones Gonzáles.....	110
2.6.3.5 Prueba 22 finca Santa Cristina.....	112
2.6.4 Región Central Sur.....	114
2.6.4.1 Punto 23 finca Santa María.....	116
2.6.4.2 Punto 24 finca Manglares.....	118
2.6.4.3 Punto 25 finca Nueva Esperanza.....	120
2.6.4.4 Punto 26 finca Malta I.....	122
2.6.4.5 Punto 27 finca Murciélago.....	124
2.6.4.6 Punto 28 finca Kenia	126
2.6.4.7 Punto 29 finca Las Delicias.....	128
2.6.5 Texturas de suelo encontradas con mayor frecuencia.....	130
2.6.7 Comparación de infiltración básica e intensidad de riego.....	131
2.6.8 Intensidad de riego de fincas con sistemas de riego miniaspersión.....	132
2.6.9 Intensidad de riego de fincas con sistemas de riego aspersión.....	133
2.6.10 Rangos de infiltración básica encontrados.....	134
2.7 CONCLUSIONES.....	135
2.8 RECOMENDACIONES.....	136

Contenido	Página
2.9 BIBLIOGRAFÍA.....	137
2.10 ANEXOS.....	138
CAPÍTULO III. SERVICIO.....	174
3.1 PRESENTACIÓN.....	175
3.2 OBJETIVOS.....	176
3.2.1 General.....	176
3.2.2 Específicos.....	176
3.3 METODOLOGÍA.....	177
3.3.1 Distribución de técnicos en zonas productivas.....	177
3.3.2 Fase de evaluación en campo y recopilación de información.....	178
3.3.2.1 Componentes generales de un sistema de riego.....	178
A. Estación de bombeo.....	178
a. Control preventivo de la estación de bombeo.....	179
A. Estado de tubería de aluminio y accesorios.....	180
B. Parametros operativos de los sistemas aspersión y miniaspersión.....	181
C. Parametros de diseño del sistema de riego.....	182
3.3.3 Fase de tabulación y análisis de la información.....	183
3.3.4 Elaboración de informes y presentaciones a la gerencia agrícola.....	184
3.4 RESULTADOS.....	185
3.4.1 Región Central Norte.....	186
3.4.1.1 Administración Bugarvilia.....	186
A. Aspersión.....	186
B. Miniaspersión.....	187
3.4.1.2 Administración Velásquez.....	188
A. Aspersión.....	188
B. Miniaspersión.....	189

Contenido	Página
3.4.1.3 Administración La Felicidad.....	192
A. Aspersión.....	192
B. Miniaspersión.....	193
3.4.4 Región Occidente.....	196
3.4.4.1 Administración Barranquilla.....	196
A. Aspersión.....	196
B. Miniaspersión.....	197
3.4.4.2 Administración Ican.....	198
A. Miniaspersión.....	198
3.4.4.3 Administración La Maquina.....	199
A. Miniaspersión.....	199
3.4.4.4 Administración Retalhuleu.....	200
A. Miniaspersión.....	200
3.4.2 Descripción de las causas encontradas y planteamiento de solución.....	201
3.4.3 Propuesta proyecto gestión de calidad.....	204
3.4.6.1 Ejecución Temporada 2013-2014.....	204
3.4.6.2 Ventajas (Nueva Propuesta).....	206
3.4.6.3 Desventajas (Ejecución Actual).....	206
3.4.6.4 Recursos	207
3.5 CONCLUSIONES.....	208
3.6 RECOMENDACIONES.....	210
3.7 BIBLIOGRAFÍA.....	211
3.8 ANEXOS.....	212

ÍNDICE FIGURAS

Figura	Página
1.1 Ubicación de la finca Bugarvilia.....	3
1.2 Climadiagrama estación meteorológica Camantulul.....	4
1.3 Organigrama correspondiente al departamento de Ingeniería Agrícola, Ingenio Magdalena, S.A.....	11
2.1 Triángulo de formación composición de clases texturales.....	32
2.2 Porosidad de suelos arenosos y suelos arcillosos.....	37
2.3 Gráfica de infiltración respecto al tiempo, tomando en cuenta el estado del suelo.....	38
2.4 Mapa de texturas de suelos zona cañera Guatemala.....	46
2.5 Dimensiones del infiltrómetro de doble cilindro utilizado en pruebas de infiltración....	48
2.6 Mapa de texturas de las cuatros regiones productivas del Ingenio Magdalena S.A....	50
2.7 Ubicación de los puntos georreferenciados.....	51
2.8 Instalación de cilindros de aluminio en el suelo.....	52
2.9 Tapado de cilindro inferior con nylon.....	52
2.10 Llenado de cilindro exterior.....	53
2.11 Barreno holandés para toma de muestras de suelo.....	54
2.12 Muestras de suelo tomadas a tres estratos 0 a 60 cm, almacenadas e Identificadas.....	54
2.13 Información recolectada en campo de cada muestreo realizado.....	55
2.14 Ejemplo de curva de infiltración básica para la finca Xoluta, región Occidente.....	58

Figura	Página
2.15 Comportamiento de las tres variables evaluadas en la aplicación de riego.....	63
2.16 Mapa de texturas de suelos región Oriente, Ingenio Magdalena, S.A	
2011.....	65
2.17 Curva de infiltración básica finca Chaparral.....	67
2.18 Curva de infiltración básica finca Botón Blanco.....	69
2.19 Curva de infiltración básica finca Líbano.....	71
2.20 Curva de infiltración básica finca La Conquista.....	73
2.21 Mapa de texturas de suelos región Occidente, Ingenio Magdalena, S.A	
2011.....	75
2.22 Curva de infiltración básica finca El Retiro.....	77
2.23 Curva de infiltración básica finca Las Pampas.....	79
2.24 Curva de infiltración básica finca Puyumate.....	81
2.25 Curva de infiltración básica finca Barranquilla.....	83
2.26 Curva de infiltración básica finca Xoluta.....	85
2.27 Curva de infiltración básica finca La Severa.....	87
2.28 Curva de infiltración básica finca Colombita.....	89
2.29 Curva de infiltración básica finca Santa Julia.....	91
2.30 Curva de infiltración básica finca La Loma.....	93
2.31 Curva de infiltración básica finca Las Cruces.....	95
2.32 Curva de infiltración básica finca San Nicolás.....	97
2.33 Curva de infiltración básica finca Guayacán.....	99
2.34 Curva de infiltración básica finca Santa Isabel.....	101

Figura	Página
2.35 Mapa de texturas de suelos región Central Norte, Ingenio Magdalena, S.A	
2011.....	103
2.36 Curva de infiltración básica finca Velásquez.....	105
2.37 Curva de infiltración básica finca Luceros.....	107
2.38 Curva de infiltración básica finca Bugarvilia.....	109
2.39 Curva de infiltración básica finca Ilusiones Gonzáles.....	111
2.40 Curva de infiltración básica finca Santa Cristina.....	113
2.41 Mapa de texturas de suelos región Central Sur, Ingenio Magdalena, S.A	
2011.....	115
2.42 Curva de infiltración básica finca Santa María.....	117
2.43 Curva de infiltración básica finca Manglares.....	119
2.44 Curva de infiltración básica finca Nueva Esperanza.....	121
2.45 Curva de infiltración básica finca Malta I.....	123
2.46 Curva de infiltración básica finca Murciélago.....	125
2.47 Curva de infiltración básica finca Kenia.....	127
2.48 Curva de infiltración básica finca Las Delicias.....	129
2.49 Frecuencias de texturas de suelo encontradas.....	130
2.50 Infiltración básica promedio por textura de suelo.....	131
2.51 Comparación general de infiltración vs intensidad de riego generada por modelo de aspersores, tomando en cuenta la textura de suelo.....	131
2.52 Comparación de intensidad de riego para fincas que utilizan el sistema de Miniaspersión.....	132

Figura	Página
2.53 Comparación de intensidad de riego para fincas que utilizan el sistema de aspersión evaluando los modelos F100 y F150.....	133
2.54 A Mapa de interpolaciones y rangos de infiltración básica, región Oriente.1.....	38
2.55 A Mapa de interpolaciones y rangos de infiltración básica, región Occidente A.....	139
2.56 A Mapa de interpolaciones y rangos de infiltración básica, región Occidente B.....	140
2.57 A Mapa de interpolaciones y rangos de infiltración básica, región Central Norte...	141
2.58 A Mapa de interpolaciones y rangos de infiltración básica, región Central Sur.....	142
2.59 A Tabla de caudales y presiones para aspersores NF100 Y NF150 que se utilizan para riego por aspersión.....	172
2.70 A Tabla de caudal y presión para miniaspersor Naandanjain.....	173
3.1 Evaluación preventiva previa al arranque del motor fijo.....	179
3.2 Evaluación preventiva previa al arranque de la motobomba.....	180
3.3 Evaluación del estado de tubería y accesorios de aluminio.....	181
3.4 Descripción de resultados, utilizando el diagrama de pareto de causa y efecto.....	185
3.5 Diagrama de pareto equipos aspersión, administración Buganvilia.....	186
3.6 Diagrama de pareto equipos miniaspersión, administración Buganvilia.....	187
3.7 Diagrama de pareto equipos aspersión, administración Velásquez.....	188
3.9 Diagrama de pareto equipos aspersión, administración Santa María.....	190
3.10 Diagrama de pareto equipos miniaspersión, administración Santa María.....	191
3.11 Diagrama de pareto equipos aspersión, administración La Felicidad.....	192
3.12 Diagrama de pareto equipos miniaspersión, administración La Felicidad.....	193
3.13 Diagrama de pareto equipos aspersión, administración Agropesa.....	194

Figura	Página
3.14 Diagrama de pareto equipos miniaspersión, administración Agropesa.....	195
3.15 Diagrama de pareto equipos aspersion, administración Barranquilla.....	196
3.16 Diagrama de pareto equipos miniaspersión, administración Barranquilla.....	197
3.17 Diagrama de pareto equipos miniaspersión, administración Ican.....	198
3.18 Diagrama de pareto equipos miniaspersión, administración La Máquina.....	199
3.19 Diagrama de pareto equipos miniaspersión, administración Retalhuleu.....	200

ÍNDICE CUADROS

Cuadro	Página
1.1 Resultados de análisis FODA para el departamento de Ingeniería Agrícola.....	24
2.1 Diámetro número de partículas por gramo de suelo y superficie específica de los separados o fracciones del suelo.....	33
2.2 Clasificación de la infiltración según el USDA.....	39
2.3 Valores teóricos de infiltración básica según la textura de suelo.....	41
2.4 Cálculo de puntos a evaluar en fincas de Ingenio Magdalena S.A.....	49
2.5 Tabla de cálculo de variables para la determinación de infiltración básica.....	56
2.6 Resultados de análisis físicos de suelos, constantes físicas.....	59
2.7 Sumatoria de lámina de humedad aprovechable de tres estratos.....	59
2.8 Sumatoria de lámina de humedad rápidamente aprovechable de tres estratos Evaluados.....	60
2.9 Variables de operación de aspersores utilizados en riego en fincas de Ingenio Magdalena S.A.....	62
2.10 Parámetros de comparación de infiltración básica e intensidad de riego en centímetros por hora.....	62
2.11 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en la finca Chaparral.....	66
2.12 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Botón Blanco.....	68
2.13 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Líbano.....	70
2.14 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca La Conquista.....	72
2.15 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Retiro.....	76
2.16 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Las Pampas.....	78
2.17 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Puyumate.....	80

Cuadro	Página
2.18 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Barranquilla.....	82
2.19 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Xoluta.....	84
2.20 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca La Severa.....	86
2.21 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Colombita.....	88
2.22 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Santa Julia.....	90
2.23 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca La Loma.....	92
2.24 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Las Cruces.....	94
2.25 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca San Nicolás.....	96
2.26 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Guayacán.....	98
2.27 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Santa Isabel.....	100
2.28 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Velásquez.....	104
2.29 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Luceros.....	106
2.30 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Bugarvilia.....	108
2.31 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Ilusiones González.....	110
2.32 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Santa Cristina...	112
2.33 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Santa María.....	116
2.34 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Manglares.....	118
2.35 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Nueva Esperanza.....	120
2.36 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Malta I.....	122
2.37 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Murciélago.....	124
2.38 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Kenia.....	126

Cuadro	Página
2.39 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Las Delicias.....	128
2.40 Rangos y descripciones de la infiltración básica según estudios realizados.....	140
2.41 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Chaparral.....	143
2.42 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Botón Blanco.....	144
2.43 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Líbano.....	145
2.44 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca La Conquista.....	146
2.45 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca El Retiro.....	147
2.46 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Las Pampas.	148
2.47 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Puyumate.....	149
2.48 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Barranquilla..	150
2.49 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Xoluta.....	151
2.50 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca La Severa.....	152
2.51 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Colombita.....	153
2.52 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Santa Julia...	154
2.53 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca La Loma.....	155
2.54 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Las Cruces....	156
2.55 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca San Nicolás...	157
2.56 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Guayacán.....	158
2.57 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Santa Isabel..	159
2.58 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Santa María...	160
2.59 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Manglares.....	161

Cuadro	Página
2.60 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Nueva Esperanza.....	162
2.61 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Malta I.....	163
2.62 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Murciélagos.....	164
2.63 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Kenia.....	165
2.64 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Las Delicias...	166
2.65 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Velásquez.....	167
2.66 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Luceros.....	168
2.67 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Bugarvilía.....	169
2.68 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Ilusiones González.....	170
2.69 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Santa Cristina.....	171
3.1 Distribución de técnicos de riego por región y administración.....	177
3.2 Componentes generales de una estación de bombeo.....	179
3.3 Parámetros de diseño para una correcta operación de riego.....	182
3.3 Parámetros de diseño para una correcta operación de riego.....	183
3.4 Descripción de causas, efectos y soluciones encontradas durante el análisis de la información recopilada en campo.....	201
3.5 Propuesta de distribución de técnicos para evaluación de equipos temporada 2013-2014.....	20

RESUMEN GENERAL

El presente documento integrado contiene el diagnóstico, investigación y servicios prestados en la realización del programa de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS). Realizado en el Departamento de Ingeniería Agrícola del Ingenio Magdalena, S.A (IMSA), empresa que apoyó con recursos y participación directa de su personal en la realización de este programa.

El diagnóstico se realizó en los meses de agosto a septiembre del año 2011, enfocándose en la función que desempeña el departamento de Ingeniería Agrícola dentro del Ingenio Magdalena S.A. Haciendo referencia a la estructura organizacional que conforma al departamento, mostrando la labor realizada por el gerente, jefe, asistente y supervisor que componen a dicho departamento. Además se realizó un análisis FODA con el fin de encontrar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.

Durante la elaboración del diagnóstico se encontró como una debilidad la falta de estudios de suelos previos a los diseños de riego, por esta razón se hace referencia a realizarse 29 estudios de suelo evaluando la capacidad de infiltración (cm/h) y constantes físicas tales como: capacidad de campo %, punto de marchitez permanente %, densidad aparente g/cm^3 , para determinar la lámina de humedad rápidamente aprovechable LHRA (cm).

Estas constantes físicas son de vital importancia para la realización de un diseño de riego ya que toma las características edafo-climáticas de cada una de las cuatro regiones productivas de caña de azúcar (*Saccharum spp*).

El documento de servicio fue enfocado a la operación de riego en campo durante la zafra 2011-2012 evaluándose los equipos de aspersión y miniaspersión, comparándolos con parámetros operativos impuestos por el diseño, haciéndose mención de las principales que afectaron la calidad de aplicación de la lámina de riego (mm).

Por esa razón se realizó el proyecto de gestión de calidad con el fin de determinar las principales causas constantes que estuvieron afectando la operación del riego en campo.

Con las evaluaciones constantes a los equipos de riego se obtuvo información semanal, la cual fue tabulada y analizada presentando los resultados en diagramas de causa y efecto de Pareto, donde se muestra el crecimiento exponencial de las causas, volviéndose en problemáticas a largo plazo.

CAPITULO I

DIAGNÓSTICO

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, INGENIO MAGDALENA S.A,
LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA.**

1.1 PRESENTACIÓN

El Ingenio Magdalena S.A es una una de las mayores empresas productoras de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) a nivel nacional. En la zafra 2,011 – 2,012 se cultivaron 57,092.41 hectáreas, obteniendo 5,334,069.95 toneladas de caña en verde, con rendimiento promedio de 113.56 toneladas por hectárea. (PYC, IMSA, 2,012)

La división Agrícola del Ingenio Magdalena se encuentra conformada por los departamentos de: Producción, Fitosanidad, Planeación y control, Sistemas de información geográfica (GIS), Gestión de calidad y por último Ingeniería Agrícola, cada una de las divisiones se encarga de realizar distintas labores de campo para mantener las condiciones óptimas para el mejor desarrollo del cultivo de caña de azúcar.

El departamento de Ingeniería Agrícola esta conformado 5 jefaturas las cuáles prestan servicios a las 12 administraciones de las 4 regiones de producción, ofreciendo: perforación de pozos mecánicos, elaboración de proyectos de riego y drenaje agrícola, topografía, proyectos especiales vinaza y cachaza compost.

Cada una de las 5 jefaturas que conforman el departamento de Ingeniería Agrícola trabajan con el objetivo, de mejorar las condiciones de suelo y ambiente para que sean favorables al desarrollo del cultivo de caña de azúcar con el fin de maximizar la producción (toneladas de caña por hectárea) y la concentración de azúcar por tonelada de caña producida.

1.2 MARCO REFERENCIAL

1.2.1 Ubicación política y geográfica de la finca Buganvilia

La planta procesadora del Ingenio Magdalena S.A. se encuentra ubicada en el km. 99.5 ruta a Sipacate, interior finca Buganvilia, La Democracia, Escuintla, en las coordenadas geográficas Latitud $14^{\circ} 07' 12''$ Norte y Longitud $90^{\circ} 55' 48''$ Oeste, con una altura promedio de 57 m.s.n.m. (Pinto, J 2011).

1.2.2 Vías de accesos

La vía de acceso es por la carretera al pacífico CA-2, luego se sigue la ruta hacia el puerto de Sipacate, pasando el municipio de La Democracia, se cruza a la izquierda tomando una carretera de terracería la cual conduce hacia la aldea el Pilar, el ingenio se encuentra ubicado a 6 km de este cruce (Pinto, J 2011).

En la figura 1.1 se puede ver la ubicación del Ingenio Magdalena, dentro de la finca Buganvilia.



Fuente Google Eart (2,012) (Escala 1:47,000).

Figura 1.1 Ubicación de la finca Buganvilia con un área de 1,315.77 ha (29.16 caballerías).

1.2.3 Condiciones climáticas

El clima de la región según Insivumeh siguiendo la clasificación de Thornthwaite, presenta climas: cálido sin estación fría bien definida y humedo con invierno seco.

Las temperaturas promedio anual se encuentran entre 27 a 28 °C.

En la figura 1.2 se muestra el comportamiento de las variables climáticas de mayor importancia representándolas en el siguiente climadiagrama:

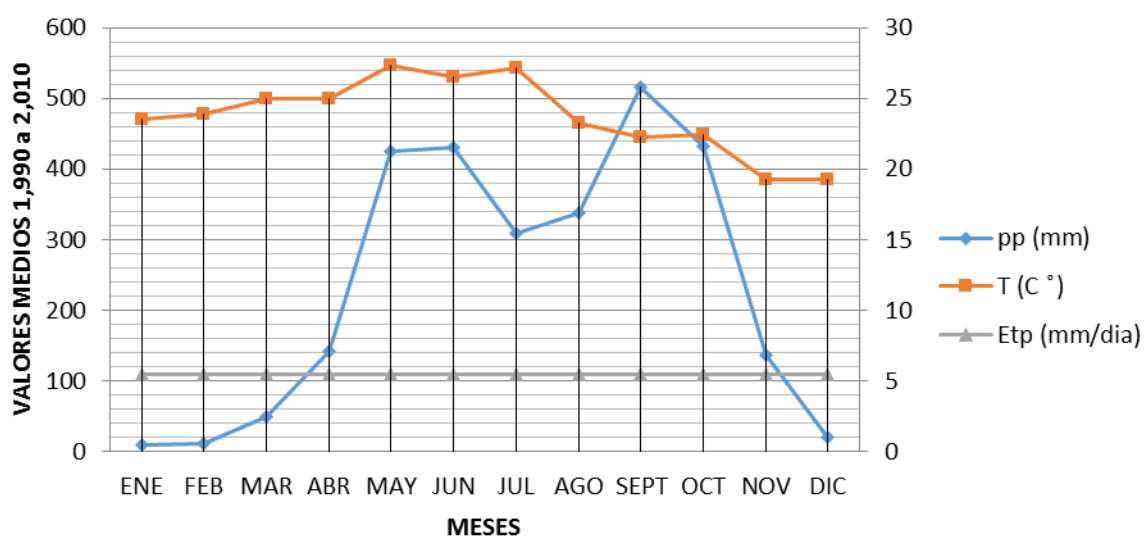


Figura 1.2 Climadiagrama estación meteorológica Camantulul. (Elaboración:Propia)

Los datos utilizados para la elaboración de la figura 1.2 provienen de la estación meteorológica “Camantulul” ubicada en el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, departamento de Escuintla

1.2.4 Suelos

Estos son pertenecientes al orden de los Entisoles presentando las siguientes propiedades:

1.2.4.1 Propiedades químicas

Estos son poco evolucionados, la mayoría de ellos forman parte de los explayamientos de los ríos y además paisajes recientes; presentan texturas muy gruesas, carecen de arcilla y de materia orgánica, por lo tanto la capacidad de intercambio catiónico es baja (las arenas presentan pocos sitios de intercambio); la saturación de bases en estos suelos es alta (para saturarlos solo requiere pequeñas cantidades de cationes). (CENGICAÑA,1996)

La relación es ligeramente ácida a casi neutra, la saturación del calcio, magnesio y potasio es normal. (CENGICAÑA,1996)

1.2.4.2 Propiedades físicas

Estos suelos se caracterizan por presentar texturas gruesas: franca arenosa, arenosa franca, arenosa y a veces gravillosa. El drenaje es excesivo y la saturación de humedad es muy baja, por lo que son suelos marginales casi para cualquier tipo de explotación a menos que se rieguen frecuentemente; la profundidad efectiva es superficial a poco profunda limitada por capas de texturas arenosas. No presentan desarrollo de estructura, son de grano simple y consistencia muy suelta. (CENGICAÑA,1996)

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Conocer el departamento de Ingeniería Agrícola del Ingenio Magdalena S.A.

1.3.2 Objetivos específicos

- A. Definir la estructura organizacional que conforma al departamento de Ingeniería Agrícola.
- B. Identificar la función y metodologías de trabajo para cada una de las 5 jefaturas que conforman al departamento de Ingeniería Agrícola.
- C. Emplear la metodología FODA para alcanzar propósitos de mejora.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Recolección de la información

Para la elaboración del diagnóstico se utilizaron métodos de recaudación de información como: entrevistas, revisión de literatura y observación de actividades en el departamento de Ingeniería Agrícola.

1.4.1.1 Entrevistas a personal de trabajo

Para llevar a cabo esta fase se entrevistó a cada una de las 5 jefaturas que conforman al departamento.

Obteniendo por medio de la entrevista información sobre elementos técnicos, administrativos, actividades y procedimientos realizados por estos.

1.4.1.2 Revisión de literatura

Se recopiló información bibliográfica para conocer los procesos y actividades del departamento de Ingeniería Agrícola, para lo cual se consultaron los instructivos de los procesos.

Además del apoyo de páginas electrónicas para la obtención de información sobre las distintas labores que se realizan en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*).

1.4.1.3 Recorrido por las instalaciones

Este se realizó con el propósito de conocer la estructura del departamento. Se obtuvo información sobre las labores que desempeñan cada una de las personas que lo integran.

1.4.2 Sistematización de la información

El diagnóstico se realizó de Agosto a Noviembre 2,012 .La información obtenida se analizó y se documentó en las oficinas del departamento del Ingeniería Agrícola, dentro del casco del Ingenio Magdalena S.A.

Está consistió en organizar toda la documentación adquirida en cada una de las áreas de acuerdo a las actividades que se desarrollan en el departamento, además un ordenamiento de las entrevistas que se realizaron a las jefaturas de cada una de las subdivisiones, para la elaboración del informe.

1.4.2.1 Análisis FODA

Para conocer la situación actual del departamento de Ingeniería Agrícola, se realizó un análisis FODA, el cual fué desarrollado tomando en cuenta y conociendo las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. Las cuales se obtuvieron por medio de charlas con la jefatura de cada subdivisión.

- Fortalezas: Esta es la parte positiva de una organización, están referidas a todas aquellas variables dentro de la empresa que tienen un control, las podrían llegarse a convertir en grandes ventajas para el departamento de Ingeniería Agrícola. (Natareno. J. 2008).

- Oportunidades: Se generan en un ambiente externo donde la organización no tiene un control directo de las variables, sin embargo son elementos que por su relación directa o indirecta pueden afectar positivamente a su desempeño. (Natareno. J. 2008).
- Debilidades: Son aquellos factores que provocan una situación desfavorable en comparación a otros departamentos. (Natareno. J. 2008).
- Amenazas: Estas provienen prácticamente del entorno del departamento de Ingeniería Agrícola y que puedan llegar a perjudicar y atentar contra la permanencia del mismo. (Natareno. J. 2008).

1.5 RESULTADOS

1.5.1 El departamento de Ingeniería Agrícola

Su principal función es la ejecución de proyectos técnicos agrícolas de calidad con el fin de cubrir los requerimientos necesarios para el desarrollo óptimo del cultivo, maximisándose el tonelaje de caña por hectárea. Recuperándose así las inversiones realizadas a las fincas.

1.5.1.1 Objetivos del departamento

- A. Ofrecer servicios de ingeniería a la división agrícola de campo.
- B. Implementar soluciones técnicas y de mejora continua a las principales debilidades que afectan la producción.
- C. Brindar asesoría técnica al personal administrativo y de campo.
- D. Implementar proyectos que se adapten a las zonas productivas.

1.5.1.2 Metas del departamento

- A. Hacer uso eficiente de los recursos humanos y económicos asignados durante cada temporada.
- B. Hacer uso eficiente del recurso hídrico, con nuevas tecnologías de riego.
- C. Cubrir el total del área 57,092.41 hectáreas con sistemas de riego que se adapten a cada necesidad.
- D. Mejorar la calidad de operación del riego en campo, con el fin de garantizar una correcta aplicación de la lámina de riego (mm).
- E. Realizar estudios de nuevas tecnologías y criterios técnicos que se adapten a cada condición edafo-climática.

1.5.2 Estructura organizacional del departamento de Ingeniería Agrícola

El organigrama del departamento de Ingeniería Agrícola se presenta en la Figura 1.3.

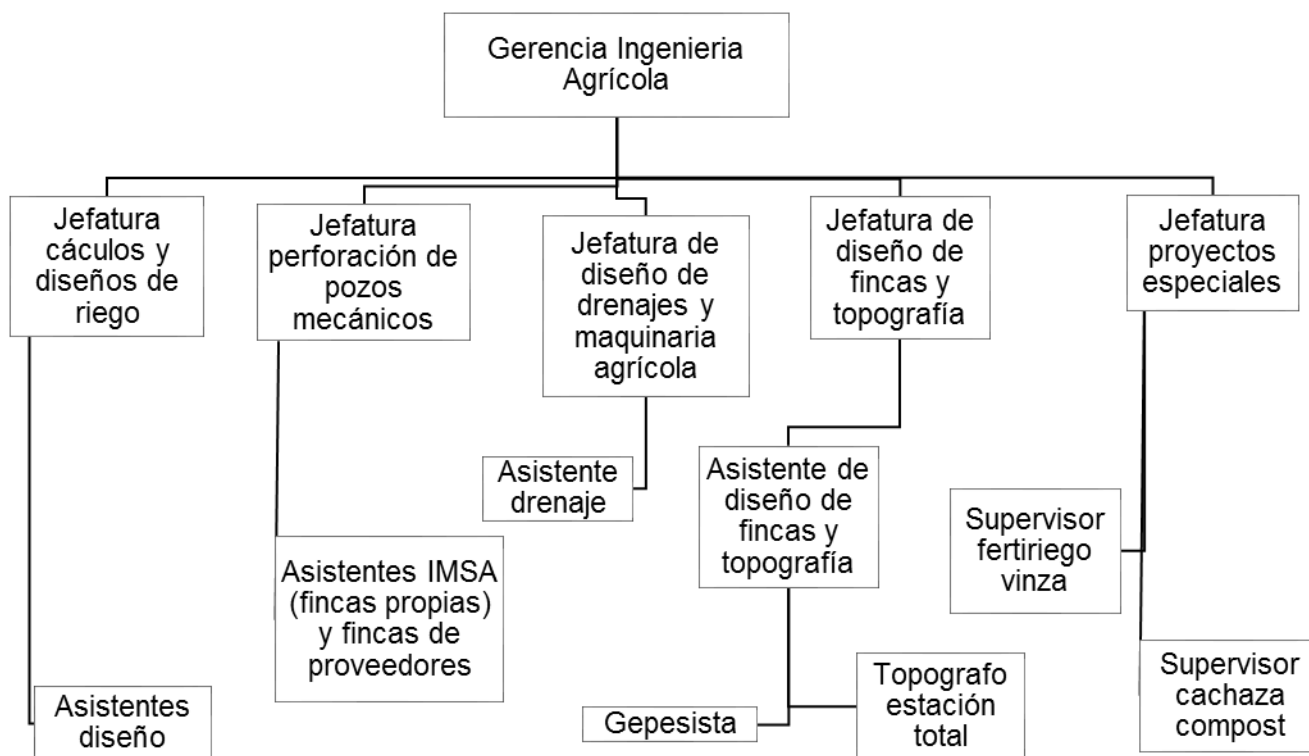


Figura 1.3 Organigrama correspondiente al departamento de Ingeniería Agrícola, Ingenio Magdalena S.A. (Elaboración: Propia)

1.5.2.1 Gerente departamento de Ingeniería Agrícola

Funciones:

- Administrar los recursos humanos y materiales para asegurarse que las actividades del departamento se realicen con base en lo planificado.

- b. Coordinar y planificar las labores de riego, drenaje, elaboración de pozos mecánicos y manejo de desechos de la producción de caña de azúcar y destilación de alcohol.
- c. Proporcionar ante la súper intendencia de campo los resultados obtenidos de la ejecución de proyectos o problemas que se encuentren.

Metodología de trabajo

- Presentar las propuestas de proyectos de riego, drenaje a realizarse durante la temporada de zafra a la gerencia agrícola, esto con el fin de que se autorice el presupuesto.
- Reunirse con el equipo de trabajo (jefes de cada subdivisión) para presentar el presupuesto y los proyectos autorizados por la gerencia agrícola.
- Semanalmente presentar ante la gerencia agrícola el avance de los proyectos de riego y drenaje.

1.5.2.2 Jefe cálculos diseños y ejecución de proyectos de riego

Funciones:

- a. Implementar los sistemas de riego en cada zona cultivada, con el fin de maximizar la producción mediante al riego y además hacer un uso óptimo del recurso agua.
- b. Planificar y coordinar los proyectos de riego que se asignaran a cada finca productiva.
- c. Asesorar a cada asistente durante el proceso de cálculos, diseños y ejecución de cada proyecto.

Metodología de trabajo

- Día lunes presentar el informe general de avance de proyectos de riego, solicitado por la gerencia agrícola.
- Revisión y aprobación de presupuestos (IMAS) sobre cambios que se realicen durante la ejecución de un proyecto de riego.
- Revisión de diseños realizados por asistentes de riego, esto con el fin de reducir costos.
- Asignación de empresa contratista realizara el proyecto de riego.
- Supervisión de la instalación de proyectos de riego en campo, en las cuatro zonas de producción.

A. Asistentes de cálculo diseño y ejecución de sistemas de riego (regiones: central Norte, Sur, Oriente y Occidente)

Funciones:

- a. Implementar en las fincas del Ingenio Magdalena S.A sistemas de riego capaces de abastecer las necesidades hídricas del cultivo.
- b. Realizar el diseño y ejecución de proyectos de los sistemas de riego que se implementan en fincas propiedad del Ingenio Magdalena S.A.

Metodología de trabajo

- Programar la ejecución de cada proyecto a realizarse en campo.

- Realizar visitas de campo con administrador a fincas de ampliación, con el fin de adaptar el diseño a las necesidades que se requieren.
- Elaborar presupuesto (IMA) para la ejecución de proyecto de riego a implementarse, este se presenta a la jefatura de riegos.
- Realizar cálculo y diseño de riegos, utilizando como herramienta AutoCAD.
- Cotizar el diseño realizado con empresas contratistas.
- Supervisión de instalaciones de tubería para conducción de agua, durante el periodo de ejecución de proyectos.
- Informe semanal de avance de proyectos.
- Solicitud de estación para bombeo (motor, bomba, tubería de riego para descarga) a taller de Maquinaria Agrícola S.A (MAGRISA).
- Gestionar con departamento de Obra Civil la implementación de bases de concreto para el anclaje del motor y bomba.
- Gestionar la instalación del equipo de bombeo con taller de Maquinaria Agrícola S.A (MAGRISA).
- Realizar prueba de hidráulica de bombeo del equipo completo para determinar su estado.
- Realización de finiquito de entrega de proyecto, aprobado por administrador de la finca.

1.5.2.3 Jefe perforación de pozos mecánicos

Funciones:

- a. Generar fuentes acuíferas para el abastecimiento de los sistemas de riego establecidos en las zonas productivas.
- b. Gestionar la implementación de pozos mecánicos en fincas donde no se cuenta con fuentes de agua superficiales o en algunos casos escasos. Según los puntos requeridos por el diseño de riego el determina el punto a implementarse el pozo,

realizando sondeos previos a la perforación con el fin de encontrar el mayor acuífero posible.

Metodología de trabajo

- Realizar la programación de perforaciones para el año.
- Asignar los pozos autorizados a empresas perforadoras.
- Realizar el presupuesto (IMA) de cada pozo mecánico a realizarse en campo.
- Coordinar los sondeos y registros eléctricos para determinar el punto a perforar.
- Coordinar con taller de Maquinaria Agrícola S.A (MAGRISA) el tipo de motor y turbina a implementar en campo.
- Supervisiones del proceso de perforación en campo.

A. Asistente de perforación de pozos de fincas propias y rentadas IMSA

Funciones:

- a. Supervisar la ejecución de proyectos de perforación de fincas propias y rentadas del Ingenio Magdalena S.A.
- b. Llevar el registro de cada pozo mecánico que se encuentra en el proceso de perforación, apoyándose del personal de supervisión.

Metodología de trabajo

- Supervisar el proceso de perforación de pozos en campo.
- Elaborar informe semanal del avance de perforación.

- Llevar el control de los perfiles pozos y cambios que se realicen durante la ejecución.

B. Supervisor de perforación de pozos para fincas proveedoras de caña de azúcar

Funciones:

- a. Supervisar la ejecución de proyectos de perforación, en fincas que producen y venden su propia caña al Ingenio (Proveedores).
- b. Llevar el registro de cada pozo mecánico que se encuentra en el proceso de perforación, apoyándose del personal de supervisión.

Metodología de trabajo

- Supervisar el proceso de perforación de pozos en campo.
- Elaborar informe semanal del avance de perforación.
- Llevar el control de los perfiles pozos y cambios que se realicen durante la ejecución.

1.5.2.4 Jefe drenajes y administración de maquinaria agrícola

Funciones:

- a. Gestionar proyectos de drenaje agrícola que permitan la evacuación de los excesos de agua.

- b. Diseñar y presupuestar drenajes agrícolas para fincas que son propensas a inundaciones, además coordina la maquinaria agrícola (retroexcavadoras) distribuyéndolos en las distintas fincas del Ingenio Magdalena S.A.

Metodología de trabajo

- Visitas de campo para identificar problemas con acumulaciones de agua.
- Realizar diseño de drenaje con ARCGIS.
- Gestionar con el departamento de topografía el trazado de líneas en campo, para la realización de los drenajes.
- Elaborar presupuesto general para la temporada.
- Administrar la maquinaria (retroexcavadoras) propias como las sub-contratadas.
- Presentar informe mensual de resultados de proyectos.
- Supervisión de trabajos realizados en campo.

A. Supervisor proyectos de drenaje agrícola región central Norte y Sur

Funciones:

- a. Supervisa proyectos de drenaje y maquinaria agrícola de las regiones de producción Central Norte y Central Sur.

Metodología de trabajo

- Lleva el control de las retro excavadoras en campo, tomando en cuenta el rendimiento de metraje por día, como también la calidad y forma del drenaje realizado.
- Lleva el control de las horas trabajadas por la maquinaria, para luego ser registradas a las fincas donde se están realizando los proyectos.
- Gestiona los traslados de la maquinaria de un punto a otro.
- Supervisa el estado de los proyectos a nivel central.

B. Supervisor proyectos de drenaje agrícola región Oriente y Occidente

Funciones:

- a. Supervisar los proyectos de drenaje y maquinaria agrícola rentada en las regiones de producción de Oriente y Occidente.

Metodología de trabajo

- Lleva el control de las retroexcavadoras en campo, tomando en cuenta el avance (m) por día, además de la calidad del trabajo realizado por el operador de la maquinaria.
- Lleva el control de horas trabajadas por la maquinaria para ser registradas en las fincas dónde se están realizando los proyectos.
- Además se encarga de gestionar los traslados de la maquinaria de un punto a otro.
- Supervisa el estado de los proyectos.

1.5.2.5 Jefe proyectos especiales

Funciones:

- a. Realizar proyectos de aprovechamiento de sub productos (cachaza y vinaza) generados por la elaboración de azúcar y destilación de alcohol, para no afectar el medio ambiente.
- b. Coordinar las labores de aplicación de cachaza compost y fertiriego con vinaza en campos de renovación o suelos que se encuentran en recuperación, con el fin de no afectar al ambiente con los desechos industriales y además reducir costos en aplicaciones químicas de fertilizantes.

Metodología de trabajo

- Elabora presupuesto general de personal y maquinaria a utilizar en aplicaciones de cachaza compost y fertiriego vinaza.
- Realiza programación general de aplicaciones de cachaza por lote de cultivo.
- Llevar el control general de cuanta cachaza se produce en el proceso industrial.
- Presenta informe general de aplicaciones de cachaza.
- Gestiona con administraciones que fincas se les aplicara fertiriego.

A. Supervisor de proyectos cachaza compost

Funciones:

- a. Coordinar labores para el compostaje de la cachaza.
- b. Administrar al personal y maquinaria agrícola (compostador y camiones) que se utilizaran durante las aplicaciones en los lotes de cultivo.

Metodología de trabajo

- Presenta propuesta de personal y maquinaria a utilizar durante la zafra.
- Coordina el movimiento de maquinaria (compostadores, camiones de volteo) en las fincas donde se realizara la aplicación.
- Cálculo de la cantidad de cachaza a aplicar por lote.
- Supervisa al personal que se encuentra realizando las aplicaciones.

B. Supervisor fertilización por fertiriego vinaza

Funciones:

- a. Coordinar la aplicación de vinaza en zonas productivas.
- b. Supervisar el funcionamiento de los sistemas de riego que se están utilizando como fertiriego.

Metodología de trabajo

- Calcula las dosificaciones de vinaza a aplicarse en la mayoría en los lotes de cultivo.
- Supervisa en campo de los equipos de riego que se encuentran aplicando vinaza.
- Monitorea periódicamente de la conducción principal de vinaza para evitar problemas con contaminaciones de fuentes superficiales.

1.5.2.5 Jefe Diseños de fincas y topografía

Funciones:

- a. Realización de maestro de fincas (planos de lotes, calles y rondas) de todas las zonas productivas del Ingenio Magdalena S.A.
- b. Coordinar a nivel general la distribución del personal y equipo topográfico para la toma de datos.

Metodología de trabajo

- Elabora programación anual de fincas a las cuales se realizaran mediciones.
- Distribuye a los dos equipos de trabajo con los que se cuentan (GPS y estación total).
- Presenta informe semanal de avance de resultados.

A. Asistente diseño de fincas y topografía

Funciones:

- a. Presentar de forma gráfica todos los resultados obtenidos de las mediciones topográficas en campo, con el fin de proporcionar la información para los diseñadores de riego y drenaje.
- b. Control en campo de las labores topográficas con el fin de apoyar y asesorar a los topógrafos, además se encarga de realizar los diseños de fincas.

Metodología de trabajo

- Supervisar a los topógrafos y geoesitista en campo.
- Realizar recolección de la información obtenida en campo.
- Tabular los datos obtenidos por los equipos (conexión de datos)
- Trazar polígonos de puntos referenciados.
- Elaborar diseño de fincas a diversas escalas con AutoCAD.

B. Asistente de mediciones de finca con GPS

Funciones:

- a. Recopilar información en campo a nivel detallada y rápida con el fin de proporcionar información de calidad al dibujante.
- b. Realizar trazo de rondas, canales, realizar cuadrículas utilizando el GPS.

Metodología de trabajo

- Selecciona una finca nueva a la cual se quiere tomar mediciones.
- Se transporta a la finca donde se realizara la medición.
- Se configura el GPS para determinar qué número de puntos tomara por cada recorrido.
- Por medio de una motocicleta se realizan los recorridos trasportándose el GPS en una mochila especial, para la toma automática de datos.
- Se almacena la información dentro del mismo GPS para luego ser entregada al asistente de diseño de fincas para que realice los dibujos.

C. Asistente de mediciones de finca con estación total

Funciones:

- a. Recopilar información en campo a nivel detallada y rápida con el fin de proporcionar información de calidad al dibujante.
- b. Realizar el trazo de canales, rondas y cuadrículas.

Metodología de trabajo

- Trasportación de topógrafo con cuadrilla al punto de medición, utilizando una estación total marca Trimble.
- Selección del punto inicial de toma de datos, y establecer el rango entre cada punto.
- Un personal de la cuadrilla muestra lecturas deteniendo el estadal, cada punto tomado es almacenado en la memoria interna de la estación total.
- Dejar referencia con estacas de cada punto tomado, con el fin de referenciar una nueva calle o algún trazo de canal.
- Proporcionar la información en digital al asistente de diseño de fincas para que este realice los dibujos.

1.6.1 Análisis FODA

En el cuadro 1.1 se presentan los resultados obtenidos por el análisis FODA realizado para el departamento de Ingeniería Agrícola.

Cuadro 1.1 Resultados de análisis FODA para el departamento de Ingeniería Agrícola.

	Fortalezas	Debilidades
Departamento de Ingeniería Agrícola	<p>Personal con experiencia en labores de diseño y ejecución de proyectos de riego y drenaje.</p> <p>Pioneros en la ejecución de pozos mecánicos, para el abastecimiento de los sistemas de riego.</p> <p>Se cuenta con los recursos económicos para realizar inversiones en nuevos proyectos de riego.</p>	<p>Poco personal técnico y operativo para ejecutar actividades del departamento.</p> <p>Poca capacitación a personal técnico y operativo.</p> <p>Dificultad al trasladar al personal a sus distintas labores dentro del campo.</p> <p>No se lleva control en la operación de los equipos de riego en campo.</p>

Oportunidades	<p>Se cuenta con centros de capacitación de la caña de azúcar (CENGICAÑA).</p> <p>Incremento del área de producción del cultivo, por temporada.</p> <p>Expansión en la cobertura de área bajo riego por temporada.</p>	<p>Innovación en nuevas tecnologías para riegos más eficientes.</p> <p>Aprendizaje en el diseño de los distintos tipos de riego actuales en caña de azúcar (<i>Saccharum spp</i>).</p> <p>Aprendizaje en la operación de los diversos sistemas de riego implementados.</p> <p>Mayores rendimientos en la producción de caña de azúcar (<i>Saccharum spp</i>).</p>	<p>Motivación al personal técnico, administrativo y operativo.</p> <p>Apoyo de las administraciones para ejecutar la instalación de pvc, para los sistemas de riego.</p> <p>Estrategias de tiempo para la movilización del equipo a los distintos puntos de trabajo, por medio de la obtención de más vehículos.</p>
----------------------	--	---	--

Continuación de cuadro 1.1

Amenazas	<p>Mala operación de los equipos de riego en campo.</p> <p>Incorrecta distribución de la tubería y aspersores al momento de la operación del riego.</p> <p>Deterioro en el equipo de aluminio que conforma cada sistema de riego.</p> <p>Mala reparación de tubería y accesorios de aluminio por parte de taller.</p>	<p>Inversión en equipo de riego de mejor calidad.</p> <p>Medición en campo de lámina de riego aplicada instantáneamente.</p> <p>Implementación de proyectos de gestión calidad de riegos.</p> <p>Estudios de suelos y constantes físicas de humedad.</p>	<p>Motivar y hacer conciencia de tipo laboral al personal en cada una de las áreas de trabajo donde este laborando.</p> <p>Mantenimientos constantes en los equipos de aluminio que conforman los sistemas de riego.</p> <p>Vigilar las tubería y accesorios se los sistemas de riego para evitar pérdidas y robos.</p>
-----------------	---	--	---

1.7 CONCLUSIONES

El departamento de Ingeniería Agrícola se encarga de realizar proyectos innovadores para generar incrementos en la producción de caña de azúcar (*Saccharum spp*), por medio de la implementación de sistemas de riego, drenaje como también el aprovechamiento de residuos industriales (vinaza y cachaza).

Se definió la estructura organizacional del departamento de Ingeniería Agrícola conformado por una gerencia y cinco jefaturas que ejecutan cada labor específica.

Se identificó la función como también la metodología de trabajo que se realizan dentro de cada una de las cinco jefaturas conformadoras al departamento.

Se empleó la matriz FODA para la determinación de posibles problemáticas de los cuáles se presentaron soluciones específicas a cada uno de ellos, con el fin de maximizar la eficiencia laboral en el departamento.

1.8 RECOMENDACIONES

Capacitación constante a personal de campo que labora en la operación de los sistemas de riegos.

Realizar estudios de infiltración y análisis de constantes físicas de humedad previos al diseño agronomico, para una finca de la cual se le implementara alguno de los diversos sistemas de riego.

Retomarse la operación de riegos en campo como departamento con el fin de mejorar la calidad de riego y maximizar la eficiencia de los equipos.

1.9 BIBLIOGRAFÍA

1. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT) 1996. Estudio semi-detallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala, Guatemala. 216 p.
2. _____. 2008. Memoria: presentación de resultados de investigación, zafra 2,007-2,008. Guatemala. 288 p.
3. Ingenio Magdalena, Departamento de Planeación y Control, GT. 2012. Informe de producción zafra 2,011–2,012. Escuintla, Guatemala. 1 p.
4. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, GT). 2004. Datos climaticos 2,004, estación meteorologica: Escuintla (en línea). Guatemala. Consultado 20 nov 2012. Disponible en <http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/ESTACIONES/ESCUINTLA/ESCUINTLA%20PARAMETROS.htm>
5. Natareno, J. 2008. Diagnóstico del Departamento de Ingeniería Agrícola, Ingenio Pantaleón Concepción, S.A., Escuintla. Diagnóstico EPSA. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 46 p.
6. Orozco, H *et al.* 1995. Estratificación preliminar de la zona de producción de la caña de azúcar (*Saccharum* sp.) en Guatemala con fines de investigación en variedades.

Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar CENGICAÑA-. 33 p. (Documento Técnico no. 6).

7. Pálala, M. 2,007. Diagnóstico del Departamento de Ingeniería Agrícola, Ingenio Pantaleón Concepción, S.A., Escuintla. EPSA Diagnóstico. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 56 p.
8. Pinto, J. 2011. Diagnóstico del Departamento de Ingeniería Agrícola; Ingenio Magdalena S.A., La Democracia, Escuintla. EPSA Diagnóstico. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 19 p.
9. Rivera, M. 2010. Diagnóstico del Departamento de Ingeniería Agrícola, Ingenio Pantaleón Concepción, S.A., Escuintla. EPSA Diagnóstico. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 36 p.

CAPITULO II

INVESTIGACIÓN

CARACTERIZACIÓN DE SUELOS CONSIDERANDO LA DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN CON FINES DE OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE RIEGO ASPERSIÓN Y MINI ASPERSIÓN DEL INGENIO MAGDALENA S.A.

2.1 PRESENTACIÓN

El Ingenio Magdalena S.A cuenta con 57,092.41 hectáreas de caña de azúcar que se encuentran distribuidas en las regiones productivas: Central Norte (La Democracia), Central Sur (La Gomera), Oriente (Chiquimulilla, Taxisco, Puerto de San José) y la región de Occidente (Nueva Concepción, Cuyotenango, Mazatenango y Champerico).

El 79% del área (45,102.68 hectáreas) se encuentra bajo irrigación por los sistemas de miniaspersión con una eficiencia de operación del 85%, seguido de aspersion (tipo cañon) con una eficiencia del 70%, y los mecanizados (pivote central y avance frontal) con un 95%, dichos sistemas operan 20 horas por día aplicando una lámina de riego de 5 a 6 (cm por turno de riego de 10 horas); este parámetro de lámina de riego es establecido por el Centro de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA), para toda la zona cañera de Guatemala.

Una lámina de riego tiene que ser definida basándose en la textura del suelo, y constantes físicas tales como densidad aparente, capacidad de campo y punto de marchitez permanente, además de la evapotranspiración diaria de la región, si se cumplen con estos parámetros se puede decir que la lámina de riego se está aplicando correctamente, y se hace uso eficiente del equipo de riego.

Para conocer las características de suelo de cada región productiva se realizaron muestreos de suelo y cálculos de infiltración básica y lámina de humedad rápidamente aprovechable (LHRA), para cada punto seleccionado basandose en e mapa de texturas de suelo de la zona cañera de la costa sur.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Marco teórico conceptual

2.2.1.1 Relaciones agua suelo planta

El suelo está formado por partículas, que a su vez forman agregados. Entre estas partículas y los agregados se encuentran espacios que tienen agua y aire. Las características de estas partículas y agregados influyen de modo notable en el movimiento y retención de agua en los suelos y en el consiguiente efecto sobre el crecimiento y producción de los cultivos, dado que tanto el agua como el aire son elementos esenciales para el desarrollo de la planta (Sandoval, 2,007).

En general, un suelo normal está compuesto básicamente de minerales, material orgánico, fase líquida y gaseosa. Las cantidades de cada uno de estos compuestos varían para cada suelo y con el contenido de humedad pero generalizado, los sólidos representan el 50% del total siendo el contenido de materia orgánica en la mayoría de suelos cultivados según Donahue et.al (1,983), del 1 a 5%. del 15 al 35% corresponde a la fase líquida y el 15 al 35% a la gaseosa (Sandoval, 2,007).

Antes de discutir las características y propiedades del suelo con relación al riego así las constantes de humedad del mismo, es conveniente puntualizar que las determinaciones de cada una de ellas se aconseja que se efectúen en estratos de 30 cm de grosor por considerarse que el perfil del suelo no es homogéneo en toda su profundidad y que con estratos de este grosor se logra un suficiente grado de precisión para detectar las diferencias en estos. Lógicamente el grosor del estrato puede ser menor si se tuvieran las capas de suelo marcadamente diferentes y menos de 30cm de grueso (Sandoval, 2,007).

2.2.1.2 Características y propiedades físicas del suelo relacionadas con el riego y drenaje

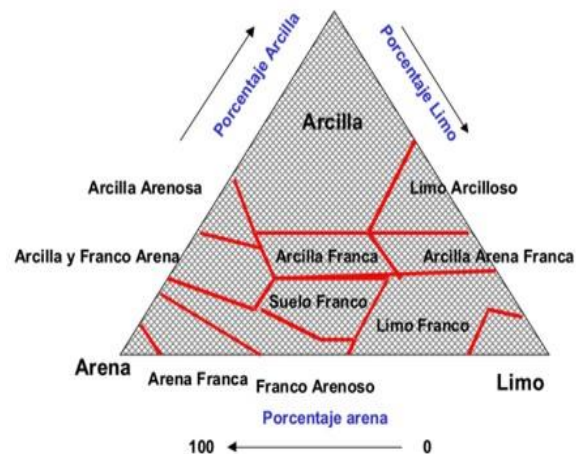
A continuación se discuten las características de los suelos que más directamente se relacionan y afectan el diseño y operación de un sistema de riego o drenaje.

La profundidad con que se trata cada característica en esta sección dependerá de su grado de importancia con relación al riego o drenaje y además considerando algunas características de los suelos y métodos para determinarlas son motivo de estudio detallado de otras áreas de la ciencia del suelo (Sandoval, 2,007).

A. Textura del suelo

La textura del suelo se refiere a la proporción relativa de arena, limo y arcilla del mismo. La importancia de discutirla en este documento radica en que determina en gran parte la capacidad de retención de agua, el movimiento de agua en el suelo y la cantidad de agua disponible para las plantas. Todo lo anterior a su vez, determina considerablemente la cantidad de agua a ser aplicada en un riego, la frecuencia o intervalo de riego, el tiempo de riego y también contribuye a decidir que método de riego es el adecuado a usar y algunas especificaciones del sistema tales como la longitud del surco (Sandoval, 2,007).

En la figura 2.1 se muestra el la composición que conforman una estrucutra de suelo determinada.



Fuente: USDA, (1987).

Figura 2.1 Triángulo de formación composición de clases texturales.

Las partículas del suelo han sido divididas en grupos basándose en su tamaño, a estos grupos se les conoce como separados o fracciones de suelo.

En el cuadro 2.1 se muestran los nombres de los separados y los diámetros de partículas, número de partículas por gramo de suelo y la superficie específica, es decir la superficie de la partícula expuesta en centímetros cuadrados, por gramo de suelo (Sandoval, 2,007).

Cuadro 2.1 Diámetro número de partículas por gramo de suelo y superficie específica de los separados o fracciones del suelo.

Fracción o Separado	Diámetro de las partículas (mm)		Numero partículas por gramo
	Clasificación U.S.D.A	Clasificación Internacional	
Arena muy gruesa	2 a 1	-	90
Arena gruesa	1 a 0.5	2 a 0.20	720
Arena media	0.5 a 0.25	-	5700
Arena fina	0.25 a 0.10	0.20 a 0.02	46000
Arena muy fina	0.10 a 0.05	-	722000
Limo	0.05 a 0.002	0.02 a 0.002	5,776,000
Arcilla	Menor de 0.002	Menor de 0.002	9,026,085,300,000

Fuente: Corás, (1987).

Una manera de demostrar que un suelo de textura gruesa tiene mayor superficie expuesta que uno de textura fina es asumiendo que las partículas del suelo tienen forma esférica y tomando un cubo de suelo de un centímetro (10mm) por lado, o sea un 1 cm³ de suelo se puede calcular que este bloque contendrá 5x5x5= 125 partículas esféricas de suelo arenoso cuyo diámetro de partículas sea de 2 mm. La superficie de una partícula esférica es igual a πd^2 , entonces la superficie de cada partícula de arena será de $\pi(0.2 \text{ cm})^2 = 0.1256 \text{ cm}^2$ y la superficie de todas las partículas en 1 cm³ de suelo arenoso será 125 x

0.1256, o sea $15.70 \text{ cm}^2 / \text{cm}^3$. Esta superficie expuesta total se conoce como superficie interna del bloque (Sandoval, 2,007).

Las partículas de arena presentan una superficie específica o interna del bloque, pequeña comparada con las partículas de limo y arcilla, debido a esto retienen mucho menos humedad ya que tienen poca área en donde el agua pueda adherirse. La arena sirve como almacén del suelo aumentando el tamaño de los poros, por lo que contribuye a un drenaje rápido del agua (Sandoval, 2,007).

La arcilla, por otra parte tiene miles de veces mayor superficie específica o interna que el limo y la arena lo que le da la característica de poder retener una gran cantidad de agua adherida en su superficie actuando en el suelo como un almacén de reservas de agua contra las fuerzas de la gravedad (Sandoval, 2,007).

En promedio un suelo arenoso tiene capacidad para retener un 8% de su volumen en forma de humedad aprovechable por las plantas (o sea 8 milímetros de agua por 10 centímetros de suelo o bien 80 m^3 de agua por una hectárea y un suelo de 10 centímetros de profundidad) mientras un suelo arcilloso puede retener un 23% de humedad aprovechable (23 milímetros por 10 centímetros o bien 230 m^3 de agua por una hectárea de 10 centímetros de profundidad) (Sandoval, 2,007).

Con base en lo anteriormente expuesto se puede inferir que el intervalo o frecuencia de riego es más largo en suelos arcillosos ya que pueden almacenar aproximadamente 3 veces más agua disponible a las plantas que los arenosos; así también la cantidad de agua que se aplica en cada riego es mayor en un suelo arcilloso porque puede retener más y se regará con intervalo de tiempo más largo. Lo anterior afecta también el tiempo de riego ya que si se aplica mayor cantidad de agua en cada riego, se requerirá más tiempo para hacerlo (Sandoval, 2,007).

La textura define algunas otras características en el diseño de los sistemas de riego. Por ejemplo la longitud de surcos es en gran medida determinada por la textura del suelo, existiendo condiciones en algunas regiones que permiten hacer surcos hasta de 500 ó 600 metros de largo cuando la textura es arcillosa y el suelo uniforme en toda la longitud del surco. Por otra parte existen suelos que son tan arenosos que los surcos deben diseñarse

para que la distribución del agua, sea eficiente, extremadamente cortos, hasta 30 metros, longitudes que de manera general ya no es aconsejable usar por que implica demasiado fraccionamiento de los terrenos y formación de muchos canales o regaderas. Esto último determina muchas veces que no es adecuado utilizar el método de riego como el de surcos y el diseñador deba decidirse por otro método de riego como aspersión o goteo en los cuales el agua no debe correr sobre la superficie del terreno (Sandoval, 2,007).

Para determinar la textura existen varios métodos, estos son: el de la pipeta, el del hidrómetro y el método al tacto. El método de la pipeta es uno de los más difundidos y exactos, el del hidrómetro es más rápido, pero menos confiable que el de la pipeta y debe usarse cuando se necesiten resultados aproximados (Sandoval, 2,007).

La textura puede estimarse por la sensación que da el suelo a nuestros sentidos principalmente el del tacto y la vista, este método debe usarse cuando ninguno de los anteriores es posible por no contarse con el tiempo y los recursos necesarios (Sandoval, 2,007).

B. Estructura del suelo

La estructura es el término que se utiliza para referirse a la agregación de partículas de suelo (arena, limo y arcilla) en grupos de partículas primarias, las cuales están separadas de los agregados adyacentes por superficies de ruptura (Sandoval, 2,007).

La importancia que tiene el conocimiento de la estructura del suelo en riego, es porque afecta básicamente la velocidad de infiltración del agua, característica que es determinante en el cálculo del tiempo necesario para aplicar una lámina de riego. El movimiento del agua dentro del suelo es afectado también por la estructura, siendo esto importante en el drenaje agrícola. Otro aspecto agronómico afectado es la profundidad de penetración de raíces la cual tiene relación con la profundidad a regar o drenar (Sandoval, 2,007).

La estructura laminar tiene un movimiento del agua muy lento y puede llegar a limitar el uso de métodos de riego como el de aspersión por producir encharcamiento, la prismática

tiene un movimiento del agua moderado, mientras que la granular tiene un movimiento rápido, no presentando normalmente problemas para riego ni drenaje y siendo estos tres tipos de estructuras las más favorables para la relación agua-suelo-planta (Sandoval, 2,007).

A diferencia de la textura, la estructura de la superficie del suelo puede ser cambiada. El agua de riego conteniendo cantidades grandes de Sodio dispersa los agregados del suelo dando un tipo de estructura indeseable. Cultivar un suelo de textura fina o media cuando su contenido de humedad es alto, tiende a destruir su estructura. Por otra parte una estructura excelente se desarrolla en la superficie del suelo con un alto contenido de materia orgánica y con pasto perenne creciendo (Sandoval, 2,007).

C. Densidad aparente del suelo (Da)

La densidad aparente de un suelo es el peso de suelo seco por unidad de volumen de suelo, incluyendo los poros, se expresa en gramos por centímetro cúbico.

$$Da = \frac{P_{ss}}{V_t}$$

dónde:

Da: densidad aparente (gr/cm³)

Pss: peso de suelo seco (gr)

Vt: volúmen total del suelo (cm³)

Generalmente la densidad aparente de los suelos no cultivados varía entre 1 a 1.6 gr/cm³, aunque los suelos compactados pueden tener mayores densidades. Los suelos arcillosos tienen mayor cantidad de poros que los arenosos, lo cual hace que su densidad aparente sea menor. La materia orgánica tiene densidad aparente pequeña. Como valores medios los suelos arcillosos tienen una densidad aparente de 1 a 1.30 gr/cm³ (promedio 1.20), los francos de 1.30 a 1.50 gr/cm³ (rango de 1.35 a 1.40), los arenosos de 1.55 a 1.80 gr/cm³

(promedio 1.65) y los suelos orgánicos de 0.7 a 1 gr/cm³. Estos valores son promedio pudiendo variar fuera de estos límites, los suelos de origen volcánico, por ejemplo, tienen densidades menores a las anteriores (Sandoval, 2,007).

La densidad aparente depende básicamente de la textura del suelo pero puede ser modificada por la compactación, cuando se compacta un suelo aumenta la densidad aparente porque se reduce el espacio entre las partículas de el suelo disminuyendo el volumen del espacio poroso (Sandoval, 2,007).

En la figura 2.2 se muestra la diferencias de partículas que poseen los suelos con alto contenido de arcilla y arena, mostrandose el espacio poroso que compone a cada una de ellas.



Fuente: USDA, (1987).

Figura 2.2 Porosidad de suelos arenosos y suelos arcillosos.

La densidad aparente es una propiedad del suelo de gran importancia para el diseño y operación de sistemas de riego debido a que es necesaria para calcular la cantidad de agua (lámina o volumen) a aplicar en un riego, es por esto que a continuación se enuncian tres de los métodos más recomendables y usados en riego para determinar esta característica del suelo siendo estos:

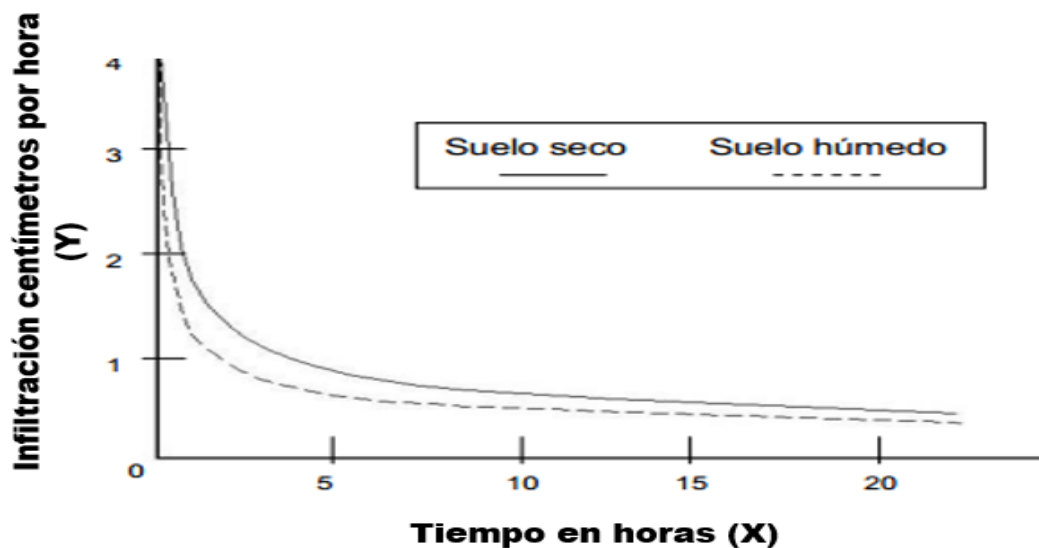
- Con barreno o cilindros de volumen conocidos.

- Método del agujero.
- Método de laboratorio usando probeta.

D. Infiltración

Es el proceso a través del cual el agua que está en la superficie del suelo entra en él, esto hace relación más que todo al movimiento vertical del agua, se expresa como infiltración acumulada (Sandoval, 2,007).

En la figura 2.3 se muestra el comportamiento de la infiltración en centímetros por hora dependiendo del contenido de humedad que posee el suelo.



Fuente: Sandoval, 2007.

Figura 2.3 Gráfica de infiltración respecto al tiempo, tomando en cuenta el estado del suelo.

Donde el eje X representa el tiempo y el eje Y la infiltración, si se grafican estos datos en un papel logarítmico, la curva parecería como una línea recta.

Cuando se pretende diseñar sistemas de riego es importante conocer el comportamiento del suelo, respecto a la infiltración del agua, ya que conociendo este dato se puede

calcular la lámina de agua adecuada para cada tipo de suelo, lo cual es una información valiosa para seleccionar aspersores y para calcular tiempos de riego (Sandoval, 2,007).

La clasificación de la infiltración en centímetros por hora, según el USDA se presenta en el cuadro 2.2.

Cuadro 2.2 infiltración según	Clase	Denominación	Rango cm/hr	Clasificación de la el USDA.
	1	Muy rápida	mayor a 25.4	
	2	Rápida	12.7 a 25.4	
	3	Moderadamente rápida	6.3 a 12.7	
	4	Moderadamente	2 a 6.3	
	5	Moderadamente lenta	0.5 a 2	
	6	Lenta	0.1 a 0.5	
	7	Muy lenta	Menor a 0.1	

Fuente: Corás, (1987).

Con base en los límites para riego, se tiene que cuando la infiltración es mayor de 18 cm/hr y menor de 0.36 cm/hr, este suelo no es apto para algunos sistemas de riego, por ser muy permeable o por ser demasiado impermeable, respectivamente. (USDA, 1962).

E. Velocidad de Infiltración (I)

La velocidad de infiltración es la entrada vertical del agua a través de los poros por unidad de tiempo.

La velocidad con que el agua penetra en el suelo depende de varios factores, entre los que destacan principalmente la estructura y textura del suelo, el contenido de humedad del suelo, la compactación, la estratificación, la lámina empleada para la prueba de riego, la temperatura del agua y suelo y el estado físico-químico del suelo (Sandoval, 2,007).

La velocidad de infiltración es una de las características del suelo más importantes para el diseño, operación y evaluación de sistemas de riego por aspersión y superficiales, es por esto que se hace necesario obtener información confiable de esta propiedad.

Para el cálculo de la velocidad de infiltración se han elaborado varios modelos empíricos, pero el mayor utilizado es el modelo de Kostiakov-Lewis por ajustarse muy bien a la mayoría de las condiciones de las prácticas de riego. El modelo se basa en que la velocidad de infiltración decrece con el tiempo, siendo representada por la siguiente expresión: (Sandoval, 2,007).

$$I = (KT)^n$$

dónde:

I: velocidad de infiltración (cm/hr)

T: tiempo acumulado de Infiltración (minutos)

K: parámetro que representa la velocidad de infiltración cuando el tiempo es un minuto

n: parámetro que indica la forma en que a velocidad de infiltración se reduce con el tiempo. Tiene valores entre -1.0 y 0, siendo su valor más común -0.5.(11)

F. Infiltración básica (I_b)

Se le llama infiltración básica a la velocidad de infiltración que permanece más o menos constante, es decir cuando la variación de la lámina de infiltrada con respecto al tiempo es muy pequeña. Otra manera de definirla es el valor instantaneo cuando la velocidad de cambio de la infiltración para un período estandar es de 10% o menos de su valor, de esto puede deducirse que: (Sandoval, 2,007).

$$I_b = K(-600n)^n$$

dónde:

I_b: infiltración básica (cm/hr)

K y n: parámetros obtenidos de la ecuación de Kostiakov-Lewis

En el cuadro 2.3 se presentan los valores teóricos de los rangos en que se debe encontrar la infiltración básica (centímetros por hora) respecto a las diversas texturas de suelo encontradas:

Cuadro 2.3 Valores teóricos de infiltración básica según la textura de suelo.

Textura	Arenoso	Franco arenoso	Franco	Franco arcilloso	Arcillo arenoso	Arcilloso
Infiltración básica cm/hr	5 (2.5 a 25.5)	2.5 (1.3 a 7.6)	1.3 (0.8 a 2.0)	0.8 (0.25 a 1.5)	0.25 (0.03 a 0.5)	0.5 (0.01 a 0.10)

Fuente: Israelsen y Hansen (1979)

G. Lámina de agua aprovechable (LHA)

Para facilitar los trabajos de diseño es conveniente expresar la humedad del suelo en lámina de agua (cm o mm) entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente (Sandoval, 2,007).

$$LHA = \frac{(CC - PMP)}{100} \times dap \times zr$$

Dónde:

LHA: lámina de humedad aprovechable (cm)

CC: capacidad de campo (%)

PMP: punto de marchitez permanente (%)

dap: densidad aparente (gr/cm³)

zr : espesor de suelo evaluado (20 cm)

H. Lámina de agua rápidamente aprovechable (LHRA)

La lámina de humedad rápidamente aprovechable está en función del cultivo y la etapa fenológica en la que se encuentre, para fines de diseño se utilizó 0.6 como valor de déficit permitido de manejo, dicho parámetro indica que el cultivo consumirá el 60% de agua disponible en el suelo y luego se deberá regar para evitar el punto de marchitez permanente PMP (Castro, O, 2012).

$$\text{LHRA} = \text{LHA} \times \text{dpm}$$

Dónde:

LHRA: lámina de humedad rápidamente aprovechable (cm)

LHA: lámina de humedad aprovechable (cm)

dpm déficit permitido de manejo (60%)

2.3 MARCO REFERENCIAL

2.3.1 Clima

Según el mapa climatológico de Thornthwaite (URL, 2003) , el departamento de Escuintla se encuentra dentro de una zona que se clasifica como A´ a ´ Bi donde:

A´ = Cálido, a´= sin estación fría bien definida, B = Húmedo, i = con invierno seco.

2.3.2 Zonas de vida

Según el sistema de clasificación Holdrige, las fincas que la zona cañera de la costa sur de Guatemala, se encuentran en la siguiente clasificación (CENGICAÑA, 2,008).

- A. Bosque húmedo subtropicalbh-S (c):** Con límites climáticos a una temperatura media anual de 24 °C y un valor anual de lluvias conformadas en el rango de 1000 a 2000 mm.
- B. Bosque muy húmedo subtropical cálido bmh-S (c):** Con límites climáticos a una temperatura rango anual entre 17 a 24 °C.

2.3.3 Suelos

De acuerdo con el “Estudio Semidetallado de Suelos de la Zona Cañera del Sur de Guatemala”, existen en la región 6 órdenes, 26 subgrupos y 37 familias de suelos. Los 4 órdenes más importantes en el área representan 34 familias y 23 subgrupos de suelos. A continuación se presentan las características de los principales órdenes de suelo existentes en la región estudiada, además en el anexo puede observarse el mapa de la agrupación de órdenes de suelo de la zona cañera de Guatemala.(CENGICAÑA, 2,008).

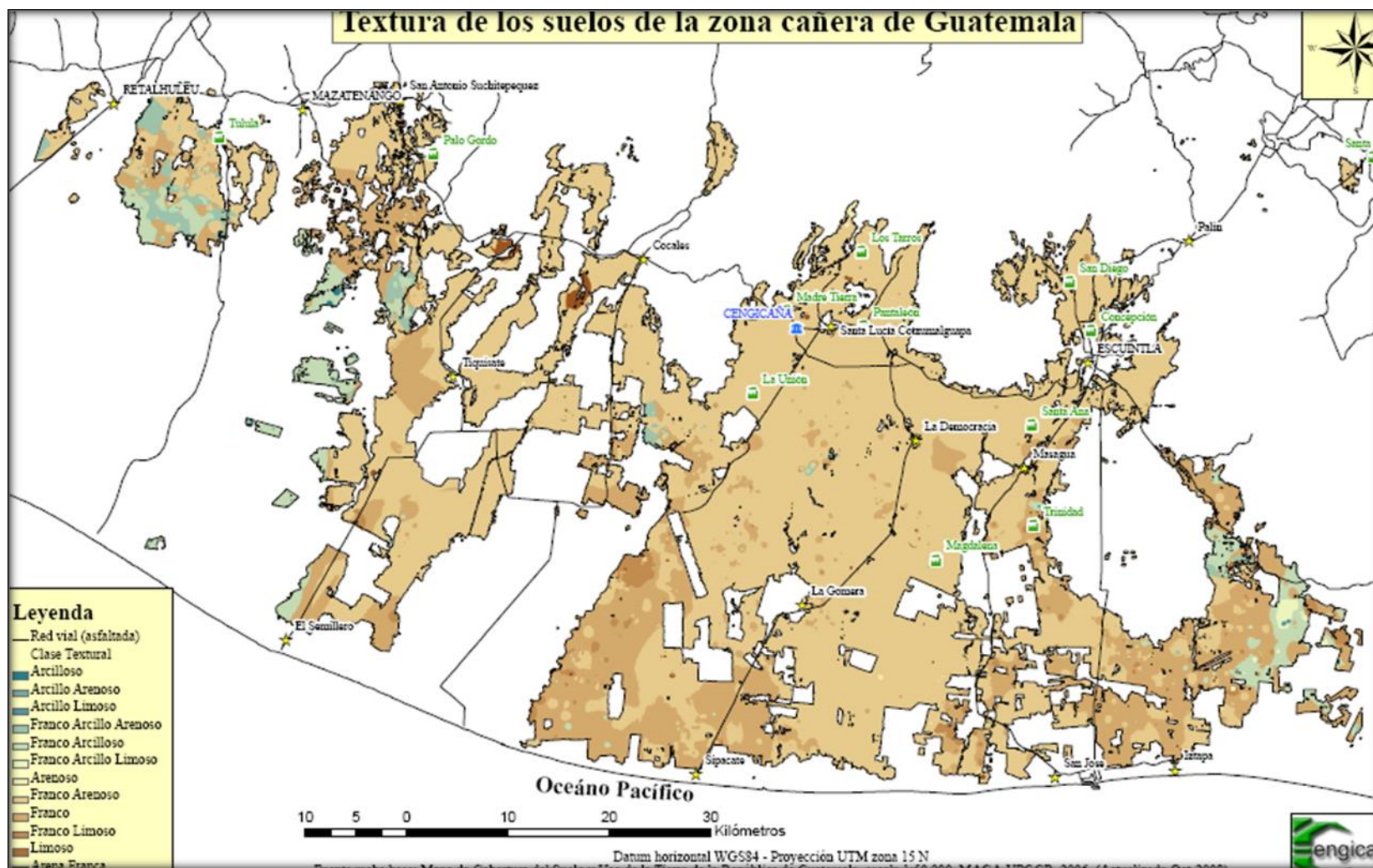
- A. Mollisoles:** Ocupan el 40% del área cañera de Guatemala. Se encuentran en el cuerpo y pie de los abanicos, cerca de la planicie costera en relieve ligeramente plano a plano. Presentan un horizonte superficial grueso de color café oscuro, rico en materia orgánica, saturación de bases mayor de 50% en todos sus horizontes y un grado de estructuración de moderado a fuerte. Predominan las texturas franco arenosas, franca y franco arcillo arenosa, y de subsuelo frecuentemente arenoso. El pH varía de ligeramente ácido a neutro (CENGICAÑA, 2,008).
- B. Andisoles:** Ocupan el 26% del área y se encuentran en el cuerpo y ápice de los abanicos al pie de la cadena montañosa, su origen son cenizas volcánicas. El relieve es ligero a fuertemente ondulado en las partes altas y ligeramente inclinado en el cuerpo de los abanicos. Son suelos poco evolucionados de color café oscuro, con altos contenidos de materia orgánica, de baja densidad aparente, consistencia friable a suelta, desarrollados principalmente sobre materiales amorfos. Reacción ácida a ligeramente ácida y de alta calidad de retención de Fósforo. Textura franca a franco arenosa (CENGICAÑA, 2,008).
- C. Entisoles:** Son los suelos menos evolucionados presentes en el área de estudio y ocupan un 16% de la misma. Se encuentran en los valles y enplayamientos aluviales en forma de fajas angostas y largas con ampliaciones en el cuerpo y pie de los abanicos cercanos a la costa. Tienen poca o ninguna evolución y muy poca o ninguna evidencia de desarrollo de horizontes genéticos. Son suelos permeables de texturas gruesas y arenosas. El subsuelo es generalmente arenoso y gravilloso incluídas las vetas arenosas presentan déficit de agua durante la estación seca (CENGICAÑA, 2,008).
- D. Inceptisoles:** Se encuentran en un 11% del área en el ápice y cuerpo de los abanicos. Presentan un relieve plano a ligeramente inclinado, desarrollados principalmente sobre materiales arcillosos, mezclados con cenizas volcánicas y fragmentos de roca. Son suelos medianamente evolucionados y presentan horizontes de alteración con estructuras bien desarrolladas que han perdido bases

o Hierro y Aluminio, pero aún retienen ciertos minerales fácilmente alterables lo que los hace tener capacidades medias a altas de intercambio catiónico. Su textura es franca y arcillosa sobre un subsuelo arcilloso (CENGICAÑA, 2,008).

E. Alfisoles: Ocupan solamente el 1.6% de los suelos del área, y se localizan en el cuerpo de los abanicos antiguos, en relieve ondulado a ligeramente ondulado. Estos suelos se caracterizan por tener un horizonte B argílico, en donde parte de la arcilla de los horizontes superiores del perfil migró hacia el subsuelo. Las texturas predominantes son arcillosas, los horizontes masivos y compactos son frecuentes, lo mismo que la presencia de sales o Sodio. Las características químicas y físicas de estos suelos, exigen prácticas de manejo especiales para evitar su degradación total (CENGICAÑA, 2,008).

F. Vertisoles: Los vertisoles ocupan una mínima extensión (0.5%) y se caracterizan por su alto contenido de arcilla especialmente montmorrillonita, lo cual hace que los suelos se agrieten fuertemente en la época seca y se hinchen en la estación lluviosa (CENGICAÑA, 2,008).

De los ordenes de suelo anteriormente mencionados, se derivan diversas texturas de suelo presentando en la figura 2.4 el mapa de texturas de suelo de la costa sur Guatemala, mostrándose la predominancia de las texturas franco arenosas:



Fuente: CENGICANA 2008.

Figura 2.4 Mapa de texturas de suelos zona cañera Guatemala.

2.4 OBJETIVOS

2.4.1 General

Caracterizar los suelos de las fincas seleccionadas determinando la infiltración básica con fines de operación de los sistemas de riego del Ingenio Magdalena S.A.

2.4.2 Específicos

- A. Describir las texturas de suelo encontradas por el análisis de muestras en laboratorio determinándose sus características físicas tales como punto de marchitez permanente (%), capacidad de campo (%) y densidad aparente (gr/cm^3), relacionada al uso del agua para riego.
- B. Determinar la infiltración básica (centímetros por hora) utilizando el método del infiltrómetro de doble cilindro en cada una de las fincas 29 seleccionadas, siguiendo el mapa de texturas de la costa sur de Guatemala.
- C. Determinar la lámina de humedad rápidamente aprovechable (centímetros), utilizando los parámetros físicos obtenidos del análisis de las muestras de suelo.
- D. Elaborar un mapa de clasificación de texturas suelos mostrándose las fincas que se encuentran dentro de los rangos obtenidos por el cálculo de la infiltración básica (centímetros por hora).

2.5 METODOLOGÍA

2.5.1 Fase de reconocimiento

Conformado por las fases campo y de gabinete necesarias, para obtener un conocimiento general del potencial del desarrollo del área del proyecto.

2.5.2 Diseño de la investigación

Para poder llevar a cabo la investigación fue necesario realizar las siguientes actividades.

- Revisión bibliográfica con el objetivo de conocer las metodologías utilizadas para estudios de infiltración y muestreos de suelos.
- Visita a las fincas que integran las cuatro regiones agrícolas de producción del Ingenio Magdalena S.A.
- Obtener los materiales necesarios para la elaboración de las pruebas de infiltración (infiltrómetros de doble cilindro, barreno de pozos, bolsas, etc) (Figura 2.5).



Figura 2.5 Dimensiones del infiltrómetro de doble cilindro utilizado en pruebas de infiltración, siendo d: diámetro en pulgadas, h1: altura superficial centímetros, h2: altura enterrada centímetros.

- d. Realizar en el punto seleccionado la prueba de infiltración y la extracción de la muestra de suelo a tres estratos.
- e. Tabulación de datos obtenidos en las lecturas realizadas en cada prueba de infiltración, utilizando el modelo de Kostiakow-Lewis.
- f. Tabulación de resultados de constantes físicas de suelo, para el cálculo del dato de lámina de humedad rápidamente aprovechable LHRA.
- g. Elaborar mapa de infiltración por región productiva.
- h. Elaboración de las conclusiones y recomendaciones.

2.5.3 Fase de selección de puntos de muestreo

Según el mapa general de texturas de las fincas del Ingenio Magdalena S.A, se georreferenciaron los puntos de muestreo utilizando un parámetro de 2,000 has como rango, ya que por falta de tiempo y recursos no se pudieron cubrir todas las fincas.

En el cuadro 2.4 se presenta el cálculo realizado para obtener la cantidad de puntos a evaluarse en el estudio:

Cuadro 2.4 Cálculo de puntos a evaluar en fincas de Ingenio Magdalena S.A.

Área total	57,092.41 hectáreas
Parámetro de muestreo	2,000 hectáreas
Total de puntos a muestrear	(Área total ha/ Parámetro de muestreo ha) (57,092.41 ha/2,000 ha) 28.5= 29 puntos

La figura 2.6 presenta el mapa de texturas de suelo ubicado dentro de las regiones productivas del Ingenio Magdalena S.A:

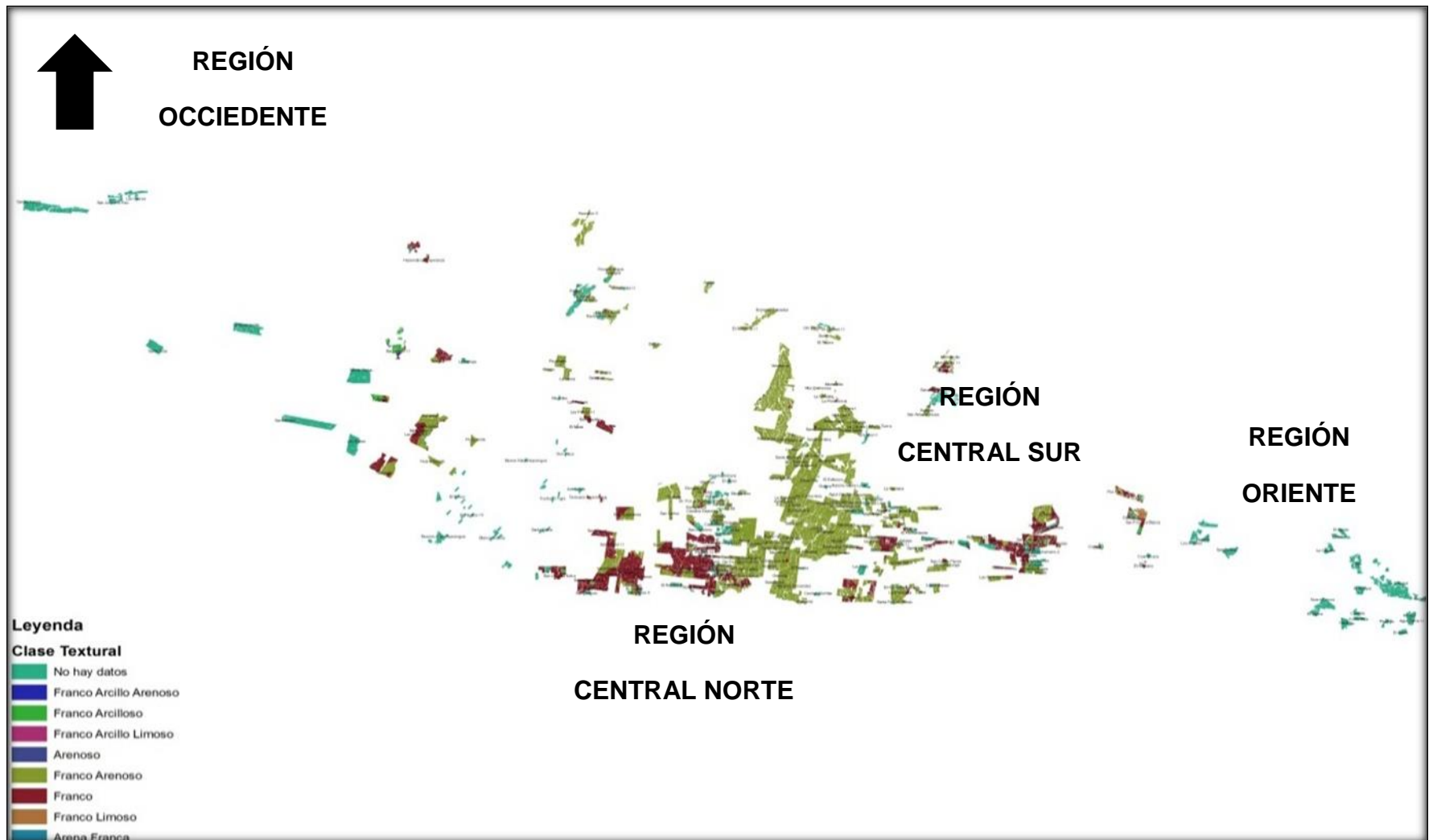


Figura 2.6 Mapa de texturas de las cuatro regiones productivas del Ingenio Magdalena S.A.

2.5.4 Fase teórica

En esta fase se consultaron libros de riegos, tesis de estudios de suelos, folletos para elaboración de muestreos, todo esto para conocer el procedimiento que se llevó a cabo en campo.

2.5.5 Fase de recopilación de información en campo

Los pasos que se llevaron a cabo en campo fueron los siguientes:

1. Con los puntos georeferenciados en el mapa de fincas, se procedió a buscar los puntos en campo utilizando un GPS geodesico.
2. Al ubicarse en el pante se evaluo el contenido de humedad en el suelo como también la uniformidad del terreno, esto con el fin de que la entrada vertical del agua no se viera afectada.
3. En la figura 2.7 se muestra la georeferenciación de los puntos evaluados en campo como también los materiales utilizados:



Figura 2.7 Ubicacación de los puntos georeferenciados.

4. Luego de georeferenciar los puntos, se procedió a remover el material vegetal para facilitar la instalación del infiltrómetro. Se colocaron los cilindros entre el surco (área plana), primero el exterior y luego el interior, a una profundidad de 15 centímetros (Figura 2.8).



Figura 2.8 Instalación de cilindros de aluminio en el suelo.

5. Al instalar los cilindros se procedió a colocar un plástico (nylon) dentro del cilindro interno, con el fin de que el agua no se infiltrara antes de tiempo (Figura 2.9).



Figura 2.9 Tapado de cilindro inferior con nylon.

6. Luego se aplicó agua dentro del cilindro interior y el espacio que hay entre los dos cilindros. Se colocó una regla graduada dentro del cilindro y se tomó la primera lectura, posteriormente se removió el plástico (Figura 2.10).



Figura 2.10 Llenado de cilindro exterior.

7. Las lecturas se realizaron en intervalos de 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30 y 60 minutos como base, ya que hubo variaciones debido a las clases texturales con las que se contaban.
8. Se dió por terminada la prueba de infiltración cuando el cambio entre lecturas no superó el 10% de variación, es decir que la velocidad fuera constante.
9. Luego se procedió a realizar los muestreos de suelos utilizando un barreno de tipo holandés, estos fueron realizados en el mismo punto donde se hizo la prueba de infiltración (Figura 2.11).



Figura 2.11 Barreno holandés para toma de muestras de suelo.

10. Al tener seleccionado el punto se procedió a extraer las muestras de suelos estas se realizaron a tres estratos es decir a tres distintas profundidades (estrato 1 de 0 a 20 cm, estrato 2 de 20 a 40 cm, estrato 3 de 40 a 60 cm).

11. Teniéndose 3 sub muestras de 2 libras cada una (Figura 2.12).



Figura 2.12 Muestras de suelo tomadas a tres estratos 0 a 60 cm, almacenadas e identificadas.

12. Luego de almacenar las submuestras en bolsas plásticas, se procedió con el etiquetado de cada una de ellas, la información se presenta en la figura 2.13.

Muestreos de suelos Ingenio Magdalena S.A					
Fecha de muestreo	<input type="text"/>	No muestra	<input type="text"/>	Coordenada	<input type="text"/>
Región	<input type="text"/>	Administración	<input type="text"/>	Zona	<input type="text"/>
Finca	<input type="text"/>	Sector	<input type="text"/>	Pante	<input type="text"/>
Profundidad	<input type="text"/>	Estrato I	<input type="text"/>	Estrato II	<input type="text"/>
Estrato III	<input type="text"/>	Metodo	<input type="text"/>	Textura	<input type="text"/>
Responsable: Carlos Alfonso Rivera Peralta					

Figura 2.13 Información recolectada en campo de cada muestreo realizado.

2.5.6 Fase de gabinete

2.5.6.1 Cálculo de infiltración básica

Al finalizar las prácticas de campo se procedió a calcular la infiltración básica utilizando el modelo de Kostiakov-Lewis, realizando los procedimientos:

Se presenta el siguiente ejemplo:

En un suelo franco arcilloso se tomaron 22 lecturas a distintos intervalos de tiempo, donde se puede ver el comportamiento decreciente de los datos, esto indica la infiltración momentánea que se obtuvo.

Por la textura del suelo el comportamiento de la infiltración, es completamente lineal en el momento que se satura el suelo de humedad.

El cuadro 2.5 muestra las lecturas recopiladas en campo a distintos tiempos:

Cuadro 2.5 Tabla de cálculo de variables para la determinación de infiltración básica.

No	Hora de Lectura	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura agua infiltrada (cm)	Diferencias de Lectura (cm)	Infiltración (cm/hr)	Tiempo Acumulado (min)	Logaritmo Infiltración (log i)	Logaritmo Tiempo acumulado (log t)	Suma Log i	Suma Log t
1	10:18:00	0	0	30.0	0	0	0				
2	10:19:00	1	1	29.6	0.40	24.00	1	1.38021	0.00000		
3	10:20:00	1	2	29.3	0.30	18.00	2	1.25527	0.3010		
4	10:21:00	1	3	29.0	0.30	18.00	3	1.25527	0.4771		
5	10:22:00	1	4	28.7	0.30	18.00	4	1.25527	0.6021		
6	10:23:00	1	5	28.4	0.30	18.00	5	1.25527	0.6990		
7	10:24:00	1	6	28.2	0.20	12.00	6	1.07918	0.7782		
8	10:26:00	2	8	27.9	0.30	9.00	8	0.95424	0.9031		
9	10:28:00	2	10	27.6	0.30	9.00	10	0.95424	1.0000		
10	10:30:00	2	12	27.3	0.30	9.00	12	0.95424	1.0792		
11	10:32:00	2	14	27.0	0.30	9.00	14	0.95424	1.1461	11.29745	6.98573
12	10:34:00	2	16	26.7	0.30	9.00	16	0.95424	1.2041		
13	10:37:00	3	19	26.3	0.40	8.00	19	0.90309	1.2788		
14	10:40:00	3	22	25.9	0.40	8.00	22	0.90309	1.3424		
15	10:43:00	3	25	25.6	0.30	6.00	25	0.77815	1.3979		
16	10:48:00	5	30	25.2	0.40	4.80	30	0.68124	1.4771		
17	10:53:00	5	35	24.8	0.40	4.80	35	0.68124	1.5441		
18	10:58:00	5	40	24.4	0.40	4.80	40	0.68124	1.6021		
19	11:08:00	10	50	23.8	0.60	3.60	50	0.55630	1.6990		
20	11:28:00	20	70	22.7	1.10	3.30	70	0.51851	1.8451		
21	11:58:00	30	100	21.2	1.50	3.00	100	0.47712	2.0000	7.13424	15.39055
22	12:58:00	60	160	18.3	2.90	2.90	160	0.46240	2.2041		

De los pares de datos obtenidos por la tabla anterior, se procede a formar dos ecuaciones, con la finalidad de despejar el valor n, que es utilizado en la ecuación del modelo de Kostiakov Lewis.

Para ello es necesario multiplicar una ecuación por (-1), obteniéndose por la diferencia de signos una ecuación negativa eliminándose así la incógnita del valor del logaritmo k.

$$\begin{array}{r} \Sigma 11.29745 = 10 \logaritmo K + n \Sigma 6.98573 \\ \Sigma 7.13424 = 10 \logaritmo K + n \Sigma 15.3905 \quad (-1) \\ \hline 4.16321 \qquad \qquad \qquad n \quad -8.40482 \end{array}$$

$$n = \frac{4.16321}{-8.40482}$$

$$n = -0.495336$$

Obteniéndose el valor de n este se sustituye en en la primera ecuación generada teniéndose así solo como incognita:

$$11.29745 = 10 \logaritmo K + n \Sigma 6.98573$$

$$11.29745 = 10 \logaritmo K + (- 0.495336) \Sigma 6.98573$$

$$11.29745 = 10 \logaritmo K + (- 3.460283)$$

$$11.29745 + (3.460283) = 10 \logaritmo K$$

$$\logaritmo K = \frac{14.757733}{10}$$

$$\logaritmo K = 1.4757733$$

$$\mathbf{K = 29.907030}$$

Después que se obtubieron los valores de n y k se procedió a calcular el valor de infiltración para este punto, utilizando el modelo de Kostiakov Lewis.

$$\text{Infiltración básica} = K (-600n)^n$$

$$\text{Infiltración básica} = 29.907030 (- 600 (-0.495336))^{-0.495336}$$

$$\mathbf{\text{Infiltración básica} = 1.78 \text{ cm/hora}}$$

Con el resultado obtenido por los cálculos anteriores se obtuvo un valor de infiltración básica de 1.78 cm/hora. Dicho valor indica la capacidad retención de humedad que posee el perfil de suelo evaluado.

Se procedió a realizar el comportamiento de la infiltración respecto al tiempo, tabulando en el eje de las X el tiempo acumulado y en el eje Y la lectura de infiltración (Figura 2.14).

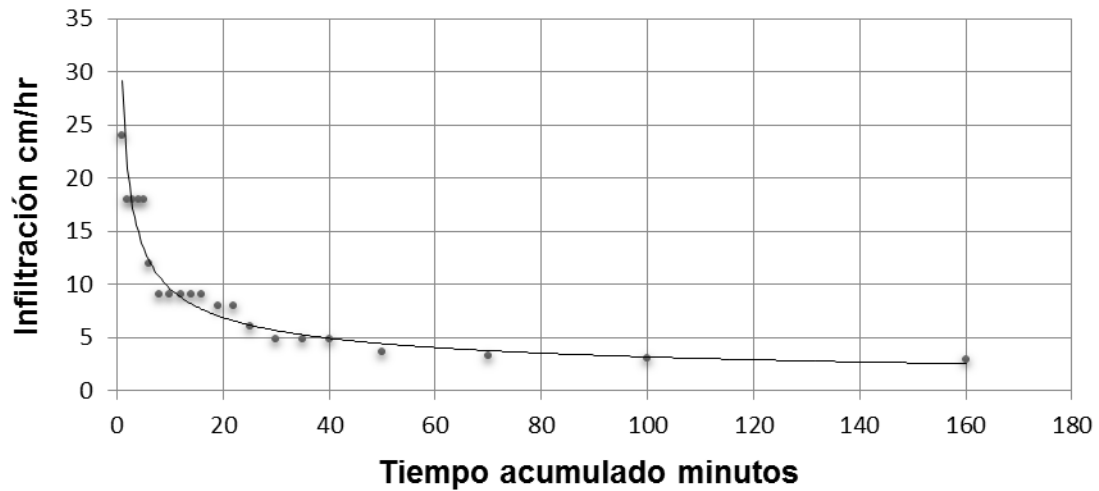


Figura 2.14 Ejemplo de curva de infiltración básica para la finca Xolota, región Occidente.

Encontrando la infiltración básica al momento de estabilizarse la curva, esto se dió a los 160 minutos (3 horas) de duración de la prueba.

2.5.6.2 Cálculo de lámina de humedad rápidamente aprovechable (LHRA)

Del resultado del los analisis de laboratorio de muestras de suelos, se obtubieron parametros fisicos los cuales son utilizados para el cálculo de la lámina de humedad rápidamente aprovechable (centímetros) de cada uno de los puntos evaluados.

El cuadro 2.6 muestra los resultados obtenidos en un punto evaluado, dividiendolo por estratos, notandose la variabilidad que se puede encontrar dentro de un perfil de suelo.

Muestra	Estrato	Profundidad (cm)	Textura	Densidad aparente	Capacidad de campo	Punto marchitez
---------	---------	------------------	---------	-------------------	--------------------	-----------------

				(g/cm ³)	(%)	permanente (%)
A	1	0 a 20	Franco Areno Arcilloso	1.06	29.65	17.7
B	2	20 a 40	Franco Areno Arcilloso	1.07	32.64	20.3
C	3	40 a 60	Franco	1.08	35.45	22.6

Cuadro 2.6 Resultados de análisis físicos de suelos, constantes físicas.

El cuadro 2.7 se muestra como se obtiene el valor de humedad rápidamente aprovechable, utilizándose los parámetros físicos obtenidos por el análisis de muestras en laboratorio:

Cuadro 2.7 Sumatoria de lámina de humedad aprovechable de tres estratos evaluados.

Muestra	LHA = $(CC - PMP) \times Da \times Zr \div 100$ (cm)
A	2.53
B	2.64
C	2.77
Total	7.94

En el cuadro 2.8 se muestra el cálculo de lámina rápidamente aprovechable, para esta se utilizaron los valores obtenidos en el cuadro 2.7, multiplicándolos por el déficit permitido de manejo para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp*).

Cuadro 2.8 Sumatoria de lámina de humedad rápidamente aprovechable de tres estratos evaluados.

Muestra	LHRA = LHA x 0.6 (cm)
A	1.51
B	1.59
C	1.66
Total	4.76

El perfil de suelo evaluado tiene la capacidad máxima de retener una lámina de agua de:
4.76cm

2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se mencionó en la metodología se realizaron 29 estudios en diversos puntos de la zona cañera de los cuales en cada uno de ellos se determinó la infiltración básica (cm/hr) además se extrajo 3 sub-muestras de suelo por cada punto evaluado obteniéndose un total de 87 sub muestras.

Cada sub-muestra de suelo fué debidamente identificada para luego ser enviada a laboratorio, donde se realizó un análisis físico obteniéndose:

- a. Textura del suelo
- b. Densidad aparente (g/cm^3)
- c. Punto de marchitez permanente (%)
- d. Capacidad de campo (%)

Estos parámetros obtenidos por el análisis fueron utilizados para el cálculo de lámina de agua aprovechable LHA siendo esta útil para la determinación de la lámina rápidamente aprovechable LHRA. Conociéndose la capacidad máxima que tiene el suelo en retener una lámina de agua, la cual estara disponible para la zona radicular.

Respecto a la infiltración básica (cm/hr) esta información se recopiló en campo utilizando el método de doble cilindro.

Según la textura evaluada así fué el tiempo de duración de la prueba ya que en suelos que poseyeron alto contenido de arena se realizaron lecturas con tiempos cortos esto con el fin de determinar todo el comportamiento que tuvo la filtración del agua dentro del perfil de suelo, para los suelos que poseían alto contenido de arcilla se realizaron lecturas con tiempos extensos y la duración de la prueba se redujó debido a que la saturación del suelo se encontró en menor tiempo. Las fincas donde se realizaron las pruebas se encontraban bajo riego utilizando sistemas de aspersion o miniaspersion debido a eso se cálculo el parámetro de intensidad de riego (cm/hr) que posee cada aspensor.

En el cuadro 2.9 se muestran los tres tipos de aspersores utilizados en los sistemas de riego, remarcándose la intensidad de riego que genera cada uno:

Cuadro 2.9 Variables de operación de aspersores utilizados en riego en fincas de Ingenio Magdalena S.A.

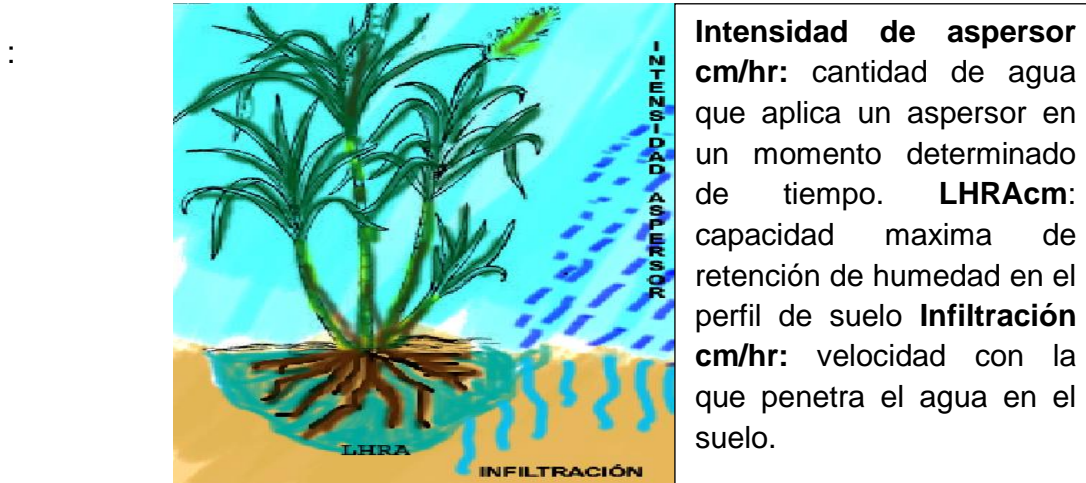
Sistema	Tipo Aspersor	Modelo	Caudal (gpm)	Presión (psi)	Radio Mojado (m)	Intensidad (cm/hr)	Intensidad (mm/hr)
Mini aspersión	Mini aspersor	Naandanjain 5035 SD	4.4	45	12	0.46	4.62
Aspersión	Cañón	Nelson F-100	224	60	45	2.51	25.1
Aspersión	Cañón	Nelson F-150	275	60	45	2.58	28.5

En el cuadro 2.10 se muestra el comparativo de intensidad de riego (centímetros por hora) con el de infiltración básica (centímetros por hora) , para poderse determinar si existieran pérdidas del agua por percolación o escorrentia por excesos en el riego.

Cuadro 2.10 Parámetros de comparación de infiltración básica e intensidad de riego en centímetros por hora.

Factor A	cuando	Factor B	Se obtiene:
Infiltración básica (cm/hr)	mayor	Intensidad de riego (cm/hr)	Encharcamientos
Infiltración básica (cm/hr)	menor	Intensidad de riego (cm/hr)	Absorción rápida del agua

En la figura 2.15 muestra el comportamiento que tiene el agua de riego, tomándose en cuenta su aplicación como su absorción, distribución y su mantenimiento en el estrato para estar disponible para la zona radicular del cultivo



Intensidad de aspersor cm/hr: cantidad de agua que aplica un aspersor en un momento determinado de tiempo. **LHRcm:** capacidad máxima de retención de humedad en el perfil de suelo **Infiltración cm/hr:** velocidad con la que penetra el agua en el suelo.

Figura 2.15 Comportamiento de las tres variables evaluadas en la aplicación de riego.

A continuación se presentan por región productiva los resultados obtenidos del cálculo y análisis de la información generada en campo:

2.6.1 Región Oriente

Texturas encontradas en esta región fueron:

- Franco arenoso
- Franco arenoso arcilloso

Dichas texturas se caracterizaron por su alto contenido de arena además de arcillas y limos solo que en proporciones muy bajas.

Conformado por suelos con estructura indefinida y poco espacio poroso, por lo que presentaron rápida infiltración del agua.

Los sistemas de riego para esta región son diseñados con láminas de 6 cm. Esto se debe a que la evapotranspiración diaria es de 6 mm, utilizando frecuencias de riego de 8 a 10 días.

La figura 2.16 muestra la ubicación de los cuatro puntos evaluados en la región oriente del Ingenio Magdalena S.A, esta se encuentra ubicada en el puerto de San José, resaltándose las distintas texturas de suelo que conforman a esa región.

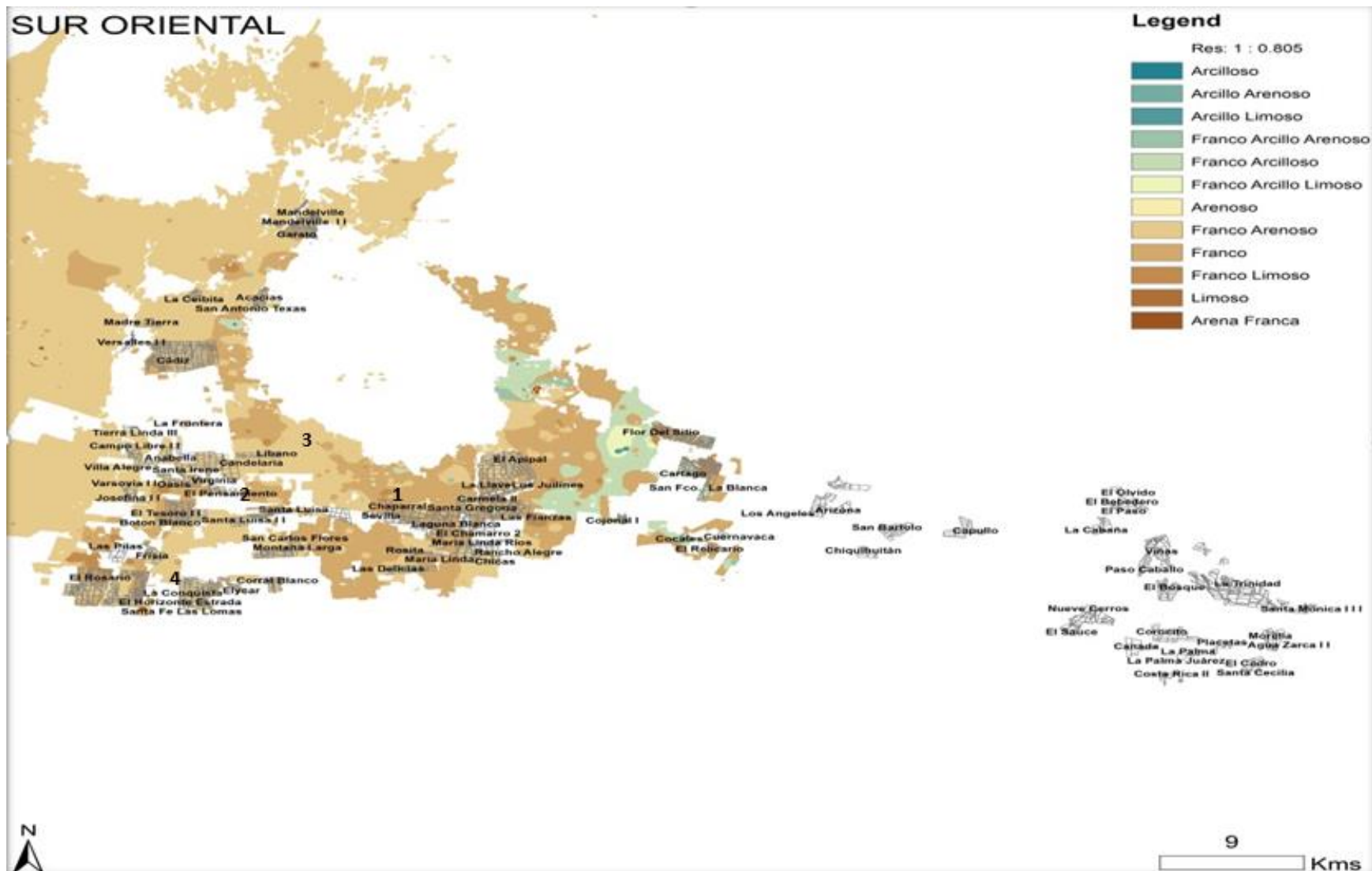


Figura 2.16 Mapa de texturas de suelos región Oriente, Ingenio Magdalena 2,011.

2.6.1.1 Punto 1 finca Chaparral

Los resultados de infiltración y de lámina de humedad rápidamente aprovechable se muestran en el cuadro 2.11, añadiéndose los parámetros de riego propios de esta finca:

Cuadro 2.11 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en la finca Chaparral.

Ubicación: Puerto de San José, Escuintla		Región productiva: Oriente	
Administración: Chaparral		Finca: Chaparral	
Sistema: Mini aspersión		Modelo Aspersor: Naan 503SD	
Coordenadas: 14° 1.06 '0.10" Norte ; 90° 44.76' 4.47" Oeste			
Fuente de abastecimiento: Pozo mecánico		Estación de bombeo: Semi fija	
Distanciamiento entre aspersores: 12 m		Distanciamiento entre laterales: 18 m	
Frecuencia de riego: 8.5 días		Área de la finca: 270.61 ha	
Estrato evaluado	A (0 a 20cm)	B (20 a 40cm)	C (40 a 60cm)
Textura de suelo	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso
Capacidad de campo	32.39 %	37.70 %	27.54 %
Punto marchitez permanente	14.40 %	14.95 %	13.09 %
Densidad aparente (gr/cm ³)	1.04	1.11	1.21
Lámina de humedad aprovechable (cm)	3.74	5.05	3.49
Lámina de humedad rápidamente aprovechable	7.36 cm		
Lámina de diseño	6 cm	60 mm	
Infiltración básica	2.66 cm/hr	26.6 mm/hr	
Intensidad de riego aspersor	0.46 cm/hr	4.62 mm/hr	

La finca mostrada en el cuadro 2.11 se encontró compuesta por una textura Franco arenosa reportando una infiltración básica de 2.66 cm/hr. Esta finca es regada por un sistema de mini aspersión utilizando mini aspersores Naan 5035SD, estos generan una intensidad de riego 0.46 cm/hr, indicándose que no habrían problemas de encharcamiento ya que la infiltración es mayor a la intensidad de riego.

La figura 2.17 muestra el comportamiento de la infiltración respecto a la duración de la prueba encontrándose la infiltración básica a las 4.15 horas.

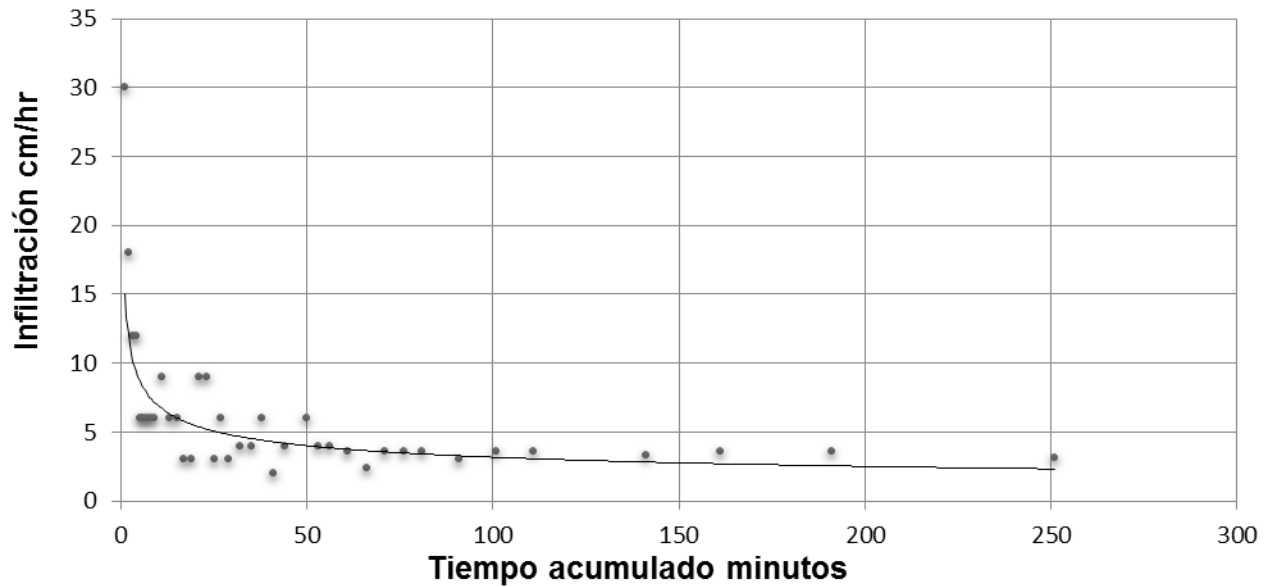


Figura 2.17 Curva de infiltración básica finca Chaparral.

El perfil de suelo evaluado mostró la capacidad de retener una lámina de agua de 7.36 cm según el cálculo de LHRA, esta nos indica que al consumirse el 60% de dicha lámina 4.41 cm de agua en el suelo, es necesario aplicar el riego para evitarse caer en punto de marchitez permanente.

2.6.1.2 Punto 2 finca Bóton Blanco

El cuadro 2.12 muestra los datos obtenidos por los análisis de muestras de suelo en laboratorio, mostrándose además los valores de infiltración básica y lámina de humedad rápidamente aprovechable.

Cuadro 2.12 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Botón Blanco.

Ubicación: Puerto de San José, Escuintla		Región productiva: Oriente	
Administración: AGROPESA		Finca: Botón Blanco	
Sistema : Mini aspersión		Modelo Aspersor: Naan 503SD	
Coordenadas: 14° 00' 30.5" Norte ; 90° 52' 3.8" Oeste			
Fuente de abastecimiento: Pozo mecánico		Estación de bombeo: Semi fija	
Distanciamiento entre aspersores: 12 m		Distanciamiento entre laterales: 18 m	
Frecuencia de riego: 8.5 días		Área de la finca: 401.10 ha	
Estrato evaluado	A (0 a 20cm)	B (20 a 40cm)	C (40 a 60cm)
Textura de suelo	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso arcilloso
Capacidad de campo	43.36 %	41.21 %	42.43 %
Punto marchitez permanente	34.14 %	33.73 %	22.23 %
Densidad aparente (gr/cm ³)	0.91	0.92	1.37
Lamina de humedad aprovechable (cm)	1.67	1.37	3.83
Lamina de humedad rápidamente aprovechable	4.12 cm		
Lamina de diseño	6 cm	60 mm	
Infiltración básica	5.97 cm/hr	59.7 mm/hr	
Intensidad de riego aspersor	0.46 cm/hr	4.62 mm/hr	

La infiltración básica para este punto fue de 5.97 cm/hr, por lo que se clasifica como moderadamente rápida. Al compararse este parámetro con la intensidad de 0.46 cm/hr

generada el miniaspersor Naan 5035SD, se pudo determinar que no existirán problemas con encharcamientos debido a que la infiltración básica es mayor a la intensidad de riego.

Debido al alto contenido de arena que presento el perfil de suelo evaluado, la curva de infiltración fue inestable alcanzado la estabilidad a las 5 horas con 21 minutos de duración de la prueba (Figura 2.18).

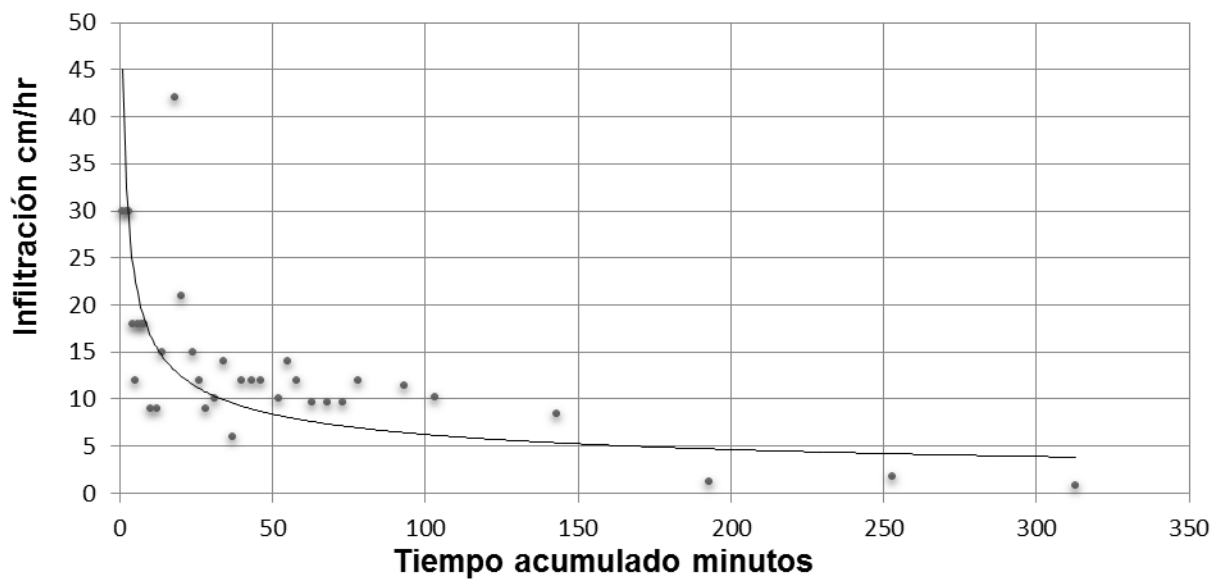


Figura 2.18 Curva de infiltración básica finca Botón Blanco.

El perfil de suelo evaluado mostró la capacidad de retener una lámina de agua de 4.12 cm según el calculo de LHRA, esta nos indica que al consumirse el 60% de dicha lámina 2.47 cm de agua en el suelo, es necesario aplicar el riego para evitarse caer en punto de marchitez permanente y así mantenerse en capacidad de campo.

2.6.1.3 Punto 3 finca Líbano

Se presentan en el cuadro 2.13 los resultados obtenidos por el cálculo de infiltración básica y lámina de humedad rápidamente aprovechable, esto obtenido por el resultado de análisis de muestras en laboratorio, mostrándose los parámetros de diseño de riegos con los que cuenta dicha finca.

Cuadro 2.13 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Líbano.

Ubicación: Puerto de San José, Escuintla		Región productiva: Oriente	
Administración: AGROPESA		Finca: Líbano	
Sistema: Aspersión		Modelo Aspersor: Nelson F150,F100	
Coordenadas: 14° 03 '30.2" Norte ; 90° 49' 3.1" Oeste			
Fuente de abastecimiento: Noria		Estación de bombeo: Móvil	
Distanciamiento entre aspersores: 45 m		Distanciamiento entre laterales: 45 m	
Frecuencia de riego: 12 días		Área de la finca: 142.54 ha	
Estrato evaluado	A (0 a 20cm)	B (20 a 40cm)	C (40 a 60cm)
Textura de suelo	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso
Capacidad de campo	34.37 %	30.51 %	15.54 %
Punto marchitez permanente	17 %	15.3 %	8.66 %
Densidad aparente (gr/cm ³)	0.95	1.04	1.29
Lámina de humedad aprovechable (cm)	3.3	3.16	1.77
Lámina de humedad rápidamente aprovechable	4.98 cm		
Lámina de diseño	6 cm	60 mm	
Infiltración básica	3.55 cm/hr	35.5 mm/hr	
Intensidad de riego aspersor	2.51 cm/hr	25.1mm/hr	

En este punto, la infiltración básica fué de 3.55 cm/hr, comparándola con el valor de intensidad de riego que generan los aspersores Nelson F100 2.51 y F150 2.58 cm/hr, se determinó que no habrán problemas con encharcamientos debido a que la infiltración es mayor que la intensidad de los dos modelos de aspersor utilizados.

La estabilidad de la curva de infiltración básica fue encontrada a las 4 horas y 30 minutos de duración de la prueba.

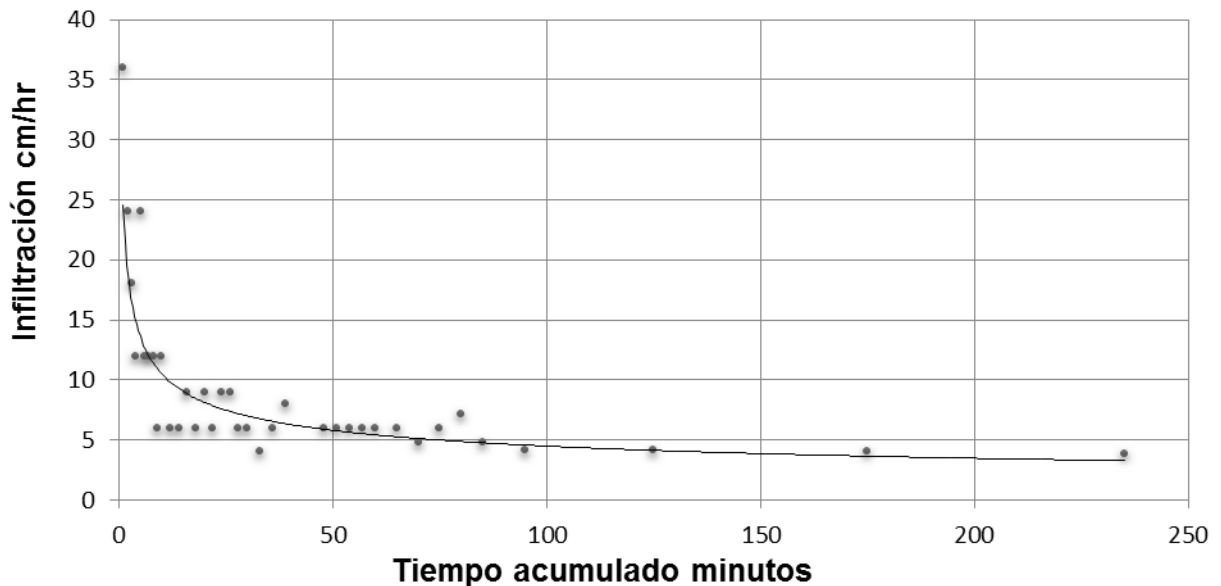


Figura 2.19 Curva de infiltración básica finca Líbano.

El perfil de suelo evaluado mostró la capacidad de retener una lámina de agua de 4.98 cm según el cálculo de LHRA, esta nos indica que al consumirse el 60% de dicha lámina 2.98 cm de agua en el suelo, es necesario aplicar el riego para evitarse caer en punto de marchitez permanente y así mantenerse en capacidad de campo.

2.6.1.4 Punto 4 finca La Conquista

El cuadro 2.14 presenta la información de diseño para esta finca, además se muestran los resultados obtenidos por análisis de muestras en laboratorio y cálculos de datos.

Cuadro 2.14 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca La Conquista.

Ubicación: Puerto de San José, Escuintla		Región productiva: Oriente	
Administración: AGROPESA		Finca: La Conquista	
Sistema: Aspersión		Modelo Aspersor: Nelson F100,F150	
Coordenadas: 13 ° 56 '35.7" Norte ; 90 ° 50" Oeste			
Fuente de abastecimiento: Noria		Estación de bombeo: Móvil	
Distanciamiento entre aspersores: 45 m		Distanciamiento entre laterales: 45 m	
Frecuencia de riego: 12 días		Área de la finca: 421.2 ha	
Estrato evaluado	A (0 a 20cm)	B (20 a 40cm)	C (40 a 60cm)
Textura de suelo	Franco areno arcilloso	Franco areno arcilloso	Franco arenoso
Capacidad de campo	42.46 %	47.35 %	48.28 %
Punto marchitez permanente	34.77 %	32.77 %	36.63 %
Densidad aparente (gr/cm ³)	0.99	1	0.97
Lámina de humedad aprovechable (cm)	1.52	2.91	2.26
Lámina de humedad rápidamente aprovechable	4 cm		
Lámina de diseño	6 cm		60 mm
Infiltración básica	5.07 cm/hr		50.7 mm/hr

Intensidad de riego aspersor	2.51 cm/hr	25.1mm/hr
------------------------------	------------	-----------

El valor de infiltración básica para este punto fué de 5.07 centímetros por hora. La finca es regada por un sistema de aspersión utilizando aspersores Nelson F100 con una intensidad de 2.51 centímetros por hora y F150 de 2.58 centímetros por hora , determinándose que no existiran problemas de encharcamientos ya que la infiltración es mayor que la intensidad.

En la figura 2.20 se muestra la curva de infiltración básica encontrándose a las 3 horas con 8 minutos de duración de la prueba.

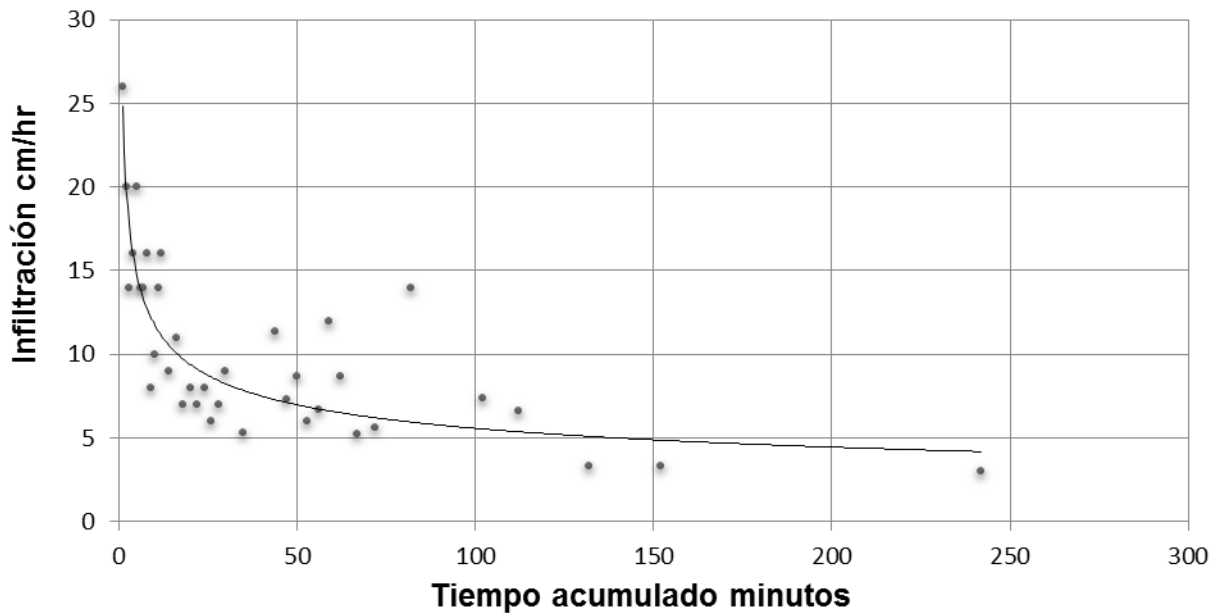


Figura 2.20 Curva de infiltración básica finca La Conquista.

El perfil evaluado mostró la capacidad de retener una lámina de riego 4 cm, al consumirse el 60% (2.4 cm) es necesario aplicar el riego, para poderse mantener en capacidad de campo (%).

2.6.2 Región Occidente

Las texturas encontradas en esta región fueron:

- Franco arenoso
- Franco areno arcilloso
- Franco arcilloso
- Franco
- Arcilla
- Arcillo arenoso

En esta región se encontraron 6 texturas de suelo teniéndose en los municipios de la Nueva Concepción y Tiquisate las texturas que poseen mayor contenido de Arena. En el departamento de Retalhuleu y los municipios de Cuyotenango y Champerico se encontraron las texturas con mayor contenido de Arcilla.

En esta región los sistemas de riego son diseñados bajo una lámina de riego de 5 centímetros, esto se debe a la evapotranspiración de 5mm/día que se tiene, utilizando frecuencias de riego de 10 a 12 días. Los sistemas de riego utilizados en la zona de Nueva concepción y Tiquisate se encuentran conformados por aspersión y miniaspersión y para el departamento Retalhuleu en su totalidad lo conforman sistemas de miniaspersión debido a que es la zona mas reciente.

En la figura 2.21 se presenta el mapa de texturas de suelo utilizado para la selección de muestras mostrándose la ubicación de los puntos evaluados.

SUR OCCIDENTAL

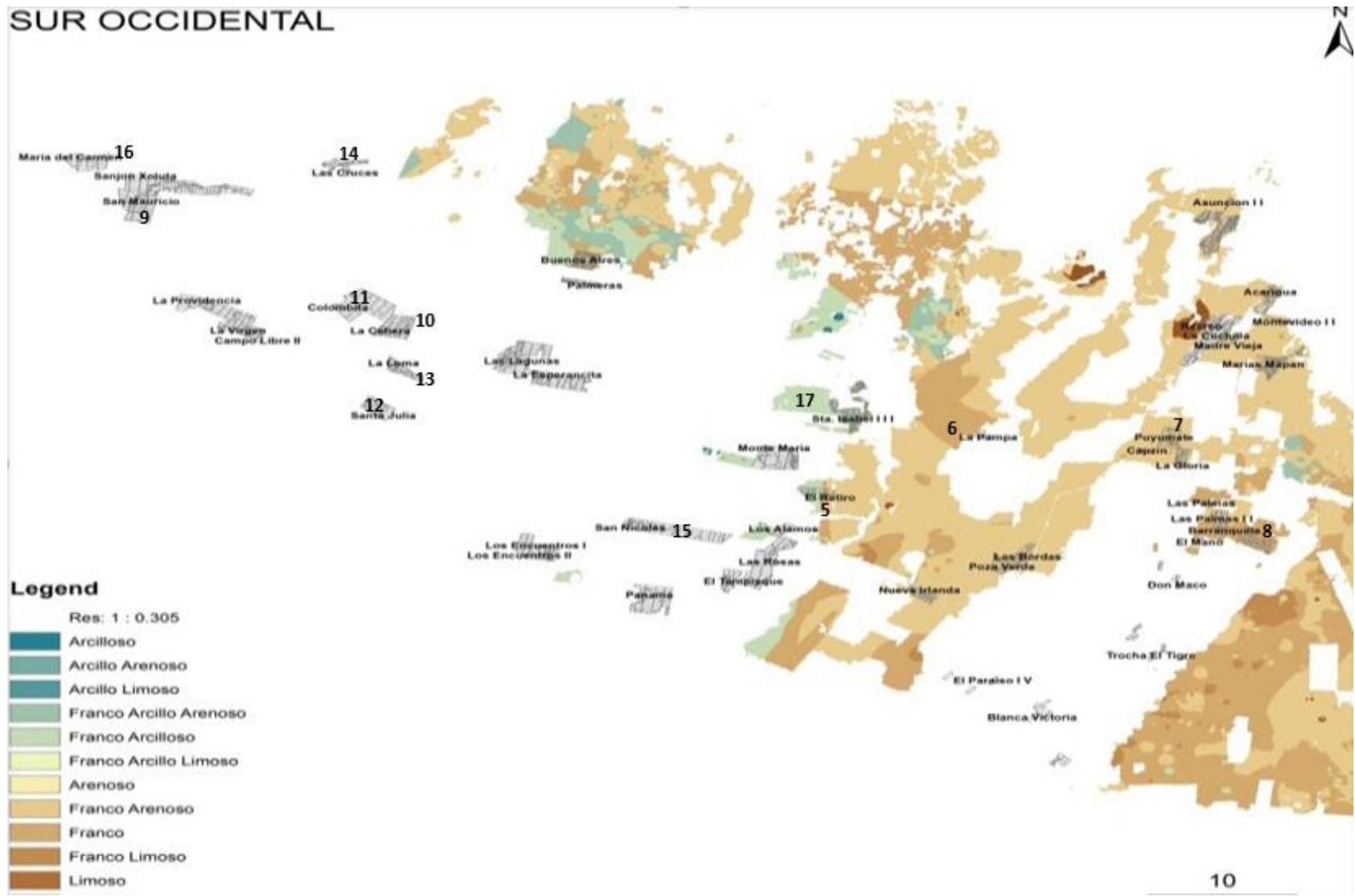


Figura 2.21 Mapa de texturas de suelos región Occidente, Ingenio Magdalena 2,011.

2.6.2. Punto 5 finca El Retiro

La información correspondiente al diseño de riego implementado en la finca El Retiro se presenta en el cuadro 2.15, mostrándose los resultados de análisis de suelo y de infiltración básica.

Cuadro 2.15 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca El Retiro.

Ubicación: Nueva Concepción, Escuintla		Región productiva: Occidente	
Administración: Barranquilla		Finca: El Retiro	
Sistema : Mini aspersión		Modelo Aspersor: Naan 503SD	
Coordenadas: 14 ° 12 '51.2" Norte ; 91 ° 29' 39.4" Oeste			
Fuente de abastecimiento: Pozo mecánico		Estación de bombeo: Semi fija	
Distanciamiento entre aspersores: 12 m		Distanciamiento entre laterales: 18 m	
Frecuencia de riego: 8.5 días		Área de la finca: 218.98 ha	
Estrato evaluado	A (0 a 20cm)	B (20 a 40cm)	C (40 a 60cm)
Textura de suelo	Franco areno arcilloso	Franco areno arcilloso	Franco areno arcilloso
Capacidad de campo	28.75 %	28.7 %	31.64 %
Punto marchitez permanente	15 %	14.9 %	17.8 %
Densidad aparente (gr/cm ³)	1.17	1.2	1.21
Lámina de humedad aprovechable (cm)	3.21	3.31	3.34
Lámina de humedad rápidamente aprovechable	5.91 cm		
Lámina de diseño	5 cm	50 mm	
Infiltración básica	5.97 cm/hr	59.7 mm/hr	
Intensidad de riego aspersor	0.46 cm/hr	4.62 mm/hr	

Teniendo como infiltración básica 1.64 centímetros por hora , ésta finca tiene asignado un sistema de miniaspersión y utiliza aspersores Naan 5035S que tienen una intensidad de

riego de 0.46 cm/hr. Determinando que no existiran problemas con encharcamientos debido a que la infiltración es mayor a la intensidad.

La infiltración básica se encontro a las 4 horas y 30 minutos de duración de la prueba (Figura 2.22).

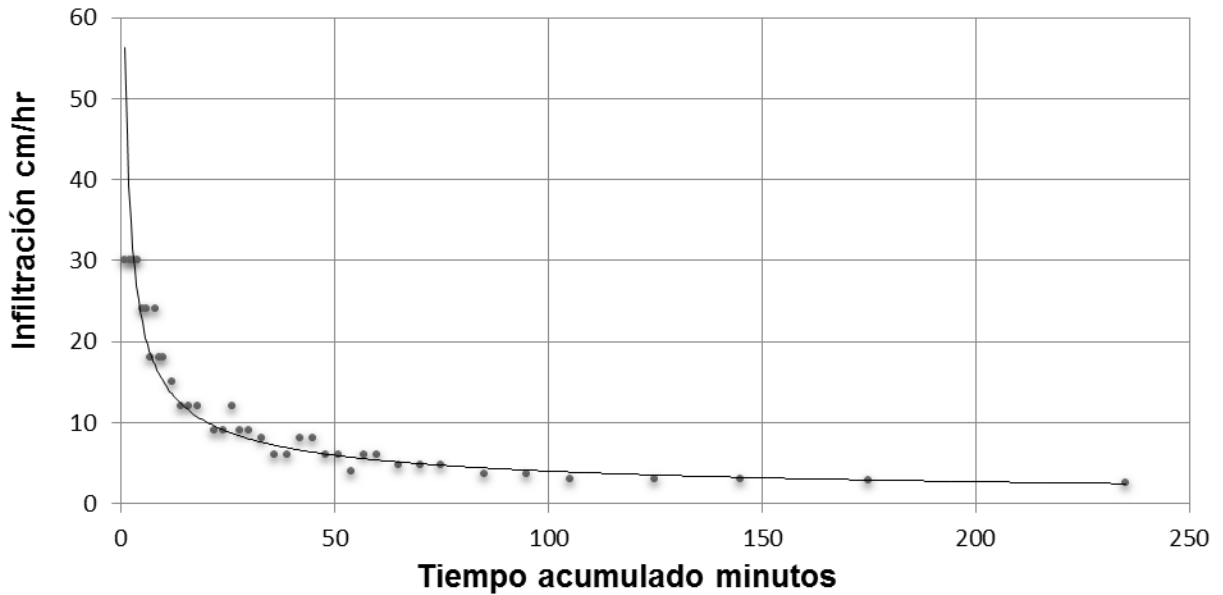


Figura 2.22 Curva de infiltración básica finca El Retiro.

El perfil evaluado mostró la capacidad de retener una lámina de agua de 5.91 centímetros, por lo que al consumirse 3.54 (60% de la humedad) es necesario aplicar el riego para evitar caer en punto de marchitez permanente.

2.6.2.2 Punto 6 finca Las Pampas

El cuadro 2.16 muestra la información de diseño de riego con el que cuenta la finca, además las constantes físicas obtenidas por el análisis de muestras de suelo y el cálculo de la infiltración básica que conformo al perfil de suelo.

Cuadro 2.16 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Las Pampas

Ubicación: Tiquisate, Escuintla		Región productiva: Occidente	
Administración: Barranquilla		Finca: Las Pampas	
Sistema : Aspersión		Modelo Aspersor: Nelson F100,F150	
Coordenadas: 14 ° 15 ' 48.1" Norte ; 91 ° 29' 39.49" Oeste			
Fuente de abastecimiento: Río		Estación de bombeo: Móvil	
Distanciamiento entre aspersores: 45 m		Distanciamiento entre laterales: 45 m	
Frecuencia de riego: 12 días		Área de la finca: 82.5 ha	
Estrato evaluado	A (0 a 20cm)	B (20 a 40cm)	C (40 a 60cm)
Textura de suelo	Franco areno arcilloso	Franco areno arcilloso	Areno franco
Capacidad de campo	21.96 %	10.92 %	6.37 %
Punto marchitez permanente	5.2 %	3.1 %	2.1 %
Densidad aparente (gr/cm ³)	1.13	1.5	1.52
Lámina de humedad aprovechable (cm)	3.78	2.34	1.29
Lámina de humedad rápidamente aprovechable	4.5 cm		
Lámina de diseño	5 cm	50 mm	
Infiltración básica	1.94 cm/hr	19.4 mm/hr	
Intensidad de riego aspersor	2.51 cm/hr	25.1 mm/hr	

La infiltración básica para este punto fue de 1.94 centímetros por hora , comparándose este valor con la intensidad de riego que generan los aspersores tipo cañon Nelson F150 (2.58 cm/hr) y F100 (2.51 cm/hr). Se pudo determinar que en este punto existiran

problemas con encharcamientos debido a que la intensidad generada por los aspersores sobrepasa la capacidad de infiltración que se encontró en suelo.

La infiltración básica se encontro a las 4 horas y 30 minutos de duración de la prueba (Figura 2.33).

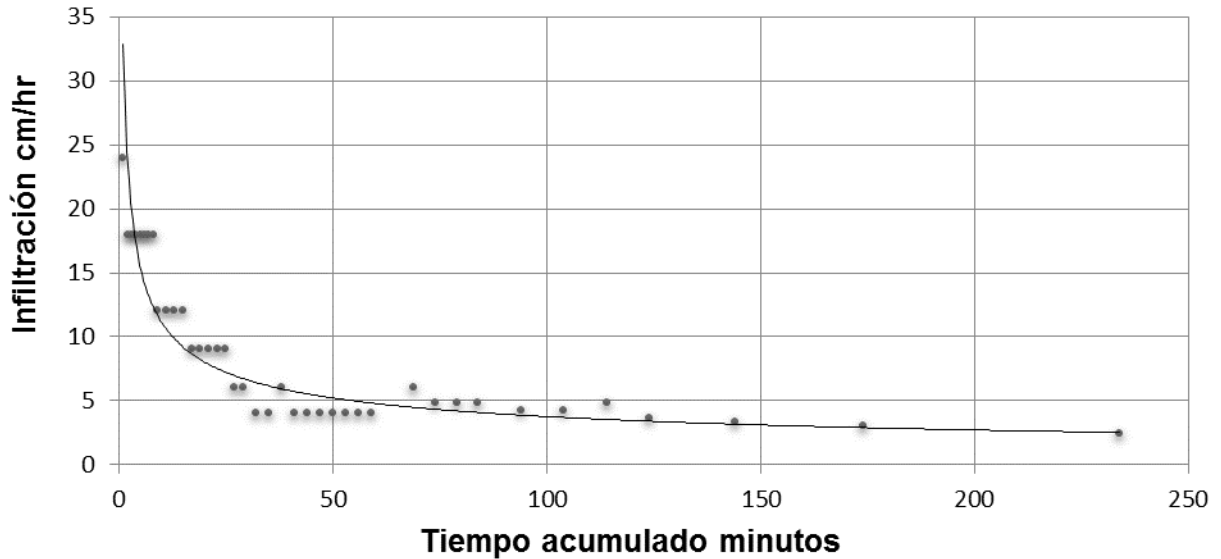


Figura 2.23 Curva de infiltración básica finca Las Pampas.

El perfil evaluado mostro la capacidad de retener una lámina de agua de 4.5 cm en base al cálculo de lamina de humedad rapidamente aprovechable, indicando que al consumirse 2.7 (60%) cm lamina de agua es necesario aplicar el riego.

2.6.2.3 Punto 7 finca Puyumate

El cuadro 2.17 presenta la información de diseño de riego que se encuentra implementada en esta finca, además de los resultados obtenidos por el análisis de muestreos de suelo y cálculos de infiltración básica y de lámina de humedad rápidamente aprovechable.

Cuadro 2.17 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Puyumate.

Ubicación: Tiquisate, Escuintla		Región productiva: Occidente	
Administración: Barranquilla		Finca: Puyumate	
Sistema : Aspersión		Modelo Aspersor: Nelson F100,F150	
Coordenadas: 14 ° 15 ' 33.3" Norte ; 91 ° 16' 16.9" Oeste			
Fuente de abastecimiento: Noria		Estación de bombeo: Móvil	
Distanciamiento entre aspersores: 45 m		Distanciamiento entre laterales: 45 m	
Frecuencia de riego: 12 días		Área de la finca: 82.5 ha	
Estrato evaluado	A (0 a 20cm)	B (20 a 40cm)	C (40 a 60cm)
Textura de suelo	Franco arenoso	Franco arenoso	Areno franco
Capacidad de campo	47.04 %	42.98 %	44.96 %
Punto marchitez permanente	18.8 %	26 %	24.8 %
Densidad aparente (gr/cm ³)	1.71	1.06	1.09
Lámina de humedad aprovechable (cm)	9.65	3.59	4.39
Lámina de humedad rápidamente aprovechable	10.57 cm		
Lámina de diseño	5 cm	50 mm	
Infiltración básica	3.36 cm/hr	33.6 mm/hr	
Intensidad de riego aspersor	2.51 cm/hr	25.1 mm/hr	

La infiltración básica para esta finca fué de 3.36 cm/hr, al compararse con la intensidad de riego que generan los aspersores tipo cañon Nelson F100 (2.51 cm/hr) y F150 (2.58 cm/hr).

Se determina que la intensidad de riego es menor a la infiltración básica por lo que en este punto no habrá ningún problema con encharcamiento.

La infiltración básica para este punto se encontró a las 4.10 hrs de duración de la prueba (Figura 2.24).

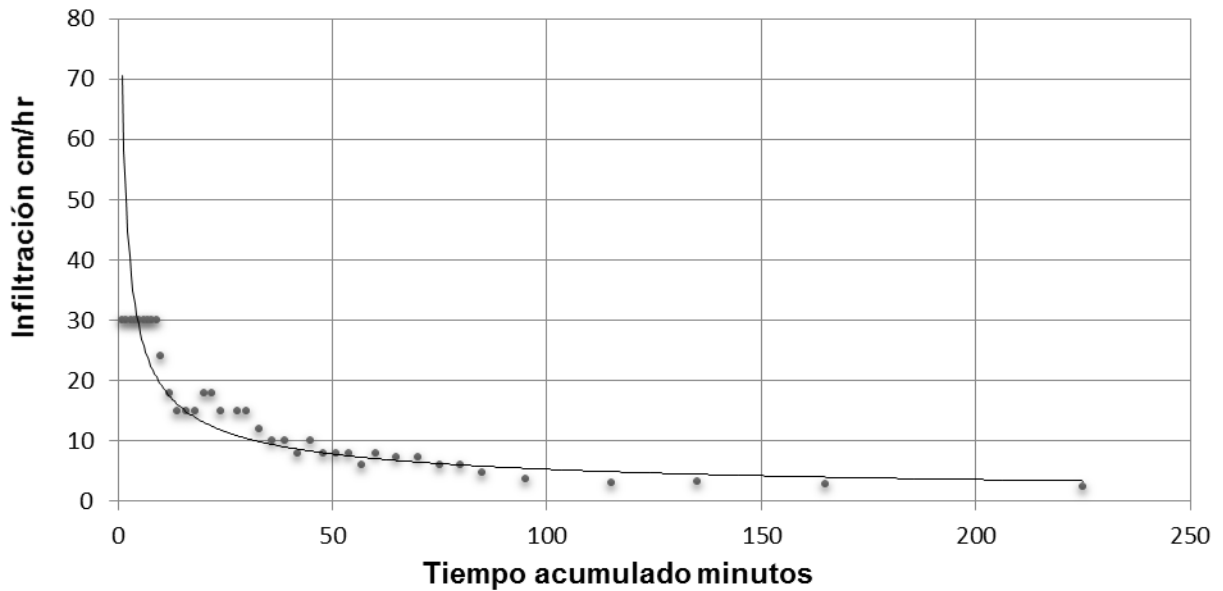


Figura 2.24 Curva de infiltración básica finca Puyumate.

El perfil evaluado mostró la capacidad de retener una lámina de agua de 10.57 cm, al consumirse el 60% (63.34 cm) de humedad en el suelo es necesario aplicar el riego, esto para no caer en punto de marchitez permanente.

2.6.2.4 Punto 8 finca Barranquilla

En el cuadro 2.18 se presentan los parámetros de diseño de riegos para esta finca, además de los valores obtenidos por prueba de infiltración básica y cálculo de lámina de humedad rápidamente aprovechable.

Cuadro 2.18 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca

Ubicación: Nueva Concepción, Escuintla		Región productiva: Occidente	
Administración: Barranquilla		Finca: Barranquilla	
Sistema : Mini aspersión		Modelo Aspersor: Naan 503SD	
Coordenadas: 14° 11' 40.4" Norte ; 91° 14' 16.1" Oeste			
Fuente de abastecimiento: Pozo mecánico		Estación de bombeo: Semi fija	
Distanciamiento entre aspersores: 12 m		Distanciamiento entre laterales: 18 m	
Frecuencia de riego: 8.5 días		Área de la finca: 218.98 ha	
Estrato evaluado	A (0 a 20cm)	B (20 a 40cm)	C (40 a 60cm)
Textura de suelo	Franco areno arcilloso	Franco areno arcilloso	Franco areno arcilloso
Capacidad de campo	28.75 %	28.7 %	31.64 %
Punto marchitez permanente	15 %	14.9 %	17.8 %
Densidad aparente (gr/cm ³)	1.17	1.2	1.21
Lámina de humedad aprovechable (cm)	3.21	3.31	3.34
Lámina de humedad rápidamente aprovechable	5.91 cm		
Lámina de diseño	5 cm	50 mm	
Infiltración básica	5.97 cm/hr	59.7 mm/hr	
Intensidad de riego aspersor	0.46 cm/hr	4.62 mm/hr	

Barranquilla.

La infiltración básica para este perfil fue de 3.80 centímetros por hora, al compararse con la intensidad de 0.46 cm/hr que genera un mini aspersor Naan 5035SD se pudo determinar que no habrán problemas con encharcamientos debido a que la infiltración sobrepasa a la intensidad de riego.

La infiltración básica para este punto evaluado se encontró a las 4 horas con 10 minutos de duración de la prueba (Figura 2.25).

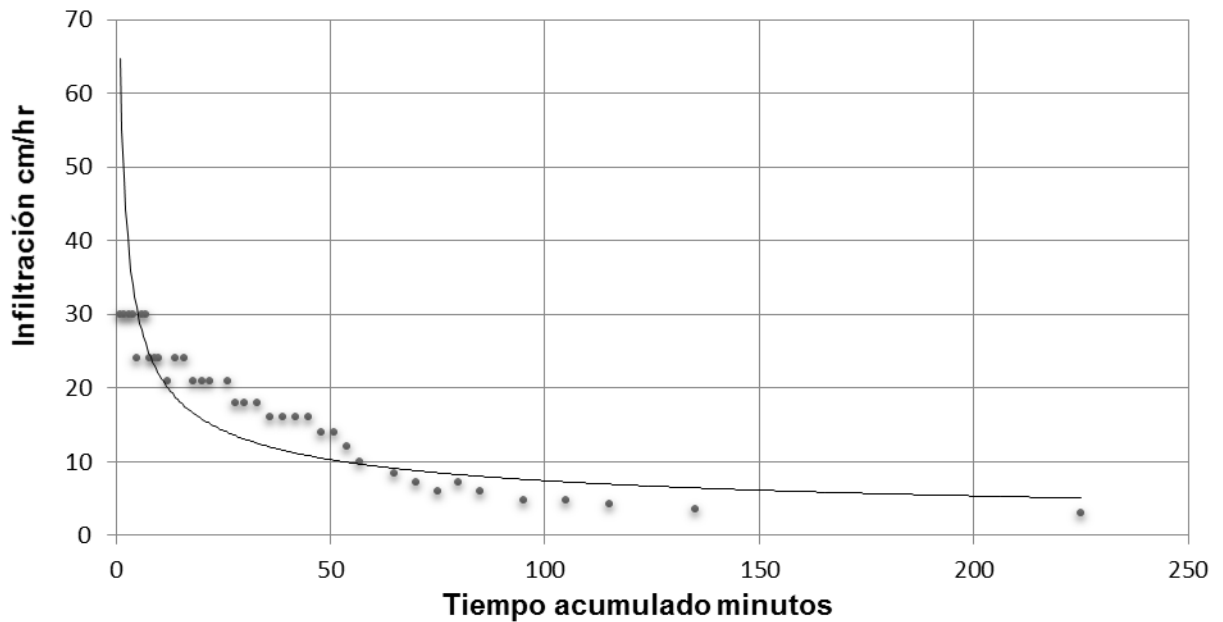


Figura 2.25 Curva de infiltración básica finca Barranquilla.

El perfil evaluado tiene la capacidad de retener una lámina de riego 8.34 centímetros, al consumirse el 60% de la humedad (5 cm) es necesario aplicar el riego para evitar caer en punto de marchitez permanente.

2.6.2.5 Punto 9 finca Xoluta

La información de la finca evaluda como los resultados obtenidos por el análisis de muestras de suelo en laboratorio además del resultado de infiltración básica y de lámina de humedad rápidamente aprovechable, se muestran en el cuadro 2.19.

Cuadro 2.19 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Xoluta.

Ubicación: Retalhuleu		Región productiva: Occidente	
Administración: Retalhuleu		Finca: Xoluta	
Sistema : Mini aspersión		Modelo Aspersor: Naan 503SD	
Coordenadas: 14 ° 28 '25.4" Norte ; 91 ° 51' 51.1" Oeste			
Fuente de abastecimiento: Pozo mecánico		Estación de bombeo: Semi fija	
Distanciamiento entre aspersores: 12 m		Distanciamiento entre laterales: 18 m	
Frecuencia de riego: 8.5 días		Área de la finca: 838.7 ha	
Estrato evaluado	A (0 a 20cm)	B (20 a 40cm)	C (40 a 60cm)
Textura de suelo	Franco areno arcilloso	Franco areno arcilloso	Franco
Capacidad de campo	29.65 %	32.64 %	35.45 %
Punto marchitez permanente	17.7 %	20.03 %	22.6 %
Densidad aparente (gr/cm ³)	1.06	1.07	1.08
Lámina de humedad aprovechable (cm)	2.53	2.64	2.77
Lámina de humedad rápidamente aprovechable	4.76 cm		
Lámina de diseño	5 cm	50 mm	
Infiltración básica	1.78 cm/hr	17.8 mm/hr	
Intensidad de riego aspersor	0.46 cm/hr	4.62 mm/hr	

La infiltración básica de este punto fué de 1.78 centímetros por hora, al compararse con la intensidad de riego de 0.46 cm/hr que genera un miniaspersor Naan 5035SD, se pudo

determinar que no existirán problemas de encharcamiento debido a que la infiltración sobrepasa a la intensidad de riego.

La infiltración básica se encontró a las 3 horas de duración de la prueba (Figura 2.26).

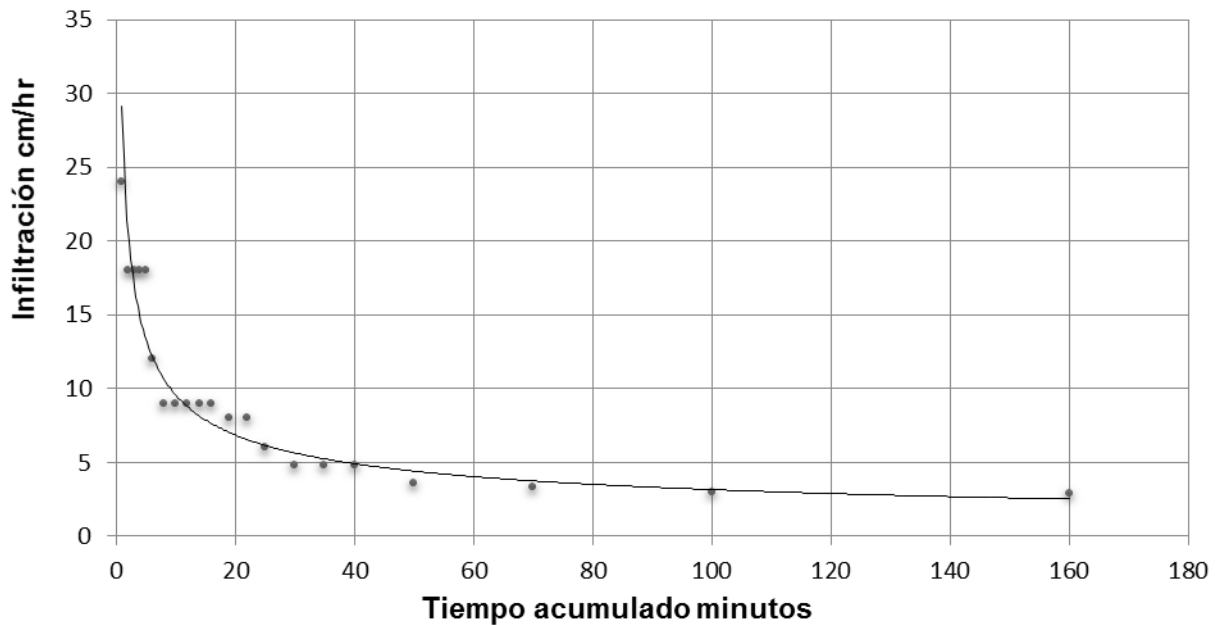


Figura 2.26 Curva de infiltración básica finca Xoluta.

El perfil evaluado mostró la capacidad de retener una lámina de agua de 4.76 centímetros, al consumirse 2.85 cm de dicha lámina (60%), es necesario aplicar el riego, esto con el fin de mantener el suelo a capacidad de campo.

2.6.2.6 Punto 10 finca La Severa

En el cuadro 2.20 se presentan la información de diseño de riego para esta finca, además de los resultados de análisis de texturas de suelo en laboratorio por estrato, también se muestran los resultados de infiltración básica (cm/hr) y de lámina de humedad rápidamente aprovechable (cm).

Cuadro 2.20 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca La Severa.

Ubicación: Retalhuleu		Región productiva: Occidente	
Administración: Retalhuleu		Finca: La Severa	
Sistema : Mini aspersión		Modelo Aspersor: Naan 503SD	
Coordenadas: 14° 21 '47" Norte ; 91° 44' 50.6" Oeste			
Fuente de abastecimiento: Pozo mecánico		Estación de bombeo: Semi fija	
Distanciamiento entre aspersores: 12 m		Distanciamiento entre laterales: 18 m	
Frecuencia de riego: 8.5 días		Área de la finca: 383.65 ha	
Estrato evaluado	A (0 a 20cm)	B (20 a 40cm)	C (40 a 60cm)
Textura de suelo	Arcillo arenoso	Franco arcilloso	Franco
Capacidad de campo	33.31 %	36.27 %	47.3 %
Punto marchitez permanente	19.5 %	22.8 %	25.7 %
Densidad aparente (gr/cm ³)	1.07	1.06	1.03
Lámina de humedad aprovechable (cm)	2.81	2.85	4.44
Lámina de humedad rápidamente aprovechable	6.12 cm		
Lámina de diseño	5 cm	50 mm	
Infiltración básica	0.48 cm/hr	4.8 mm/hr	
Intensidad de riego aspersor	0.46 cm/hr	4.62 mm/hr	

La infiltración básica para este punto fué de 0.48 centímetros por hora , al compararse con la intensidad de riego de 0.46 cm/hr que genera un aspersor Naan 5035SD ,se notó que la infiltración es mayor que la intensidad, determinandose que no habran problemas con encharcamientos.

En la figura 2.27 se muestra la curva de infiltración básica encontrándose a las 3 horas 15 con 15 minutos de duración de la prueba.

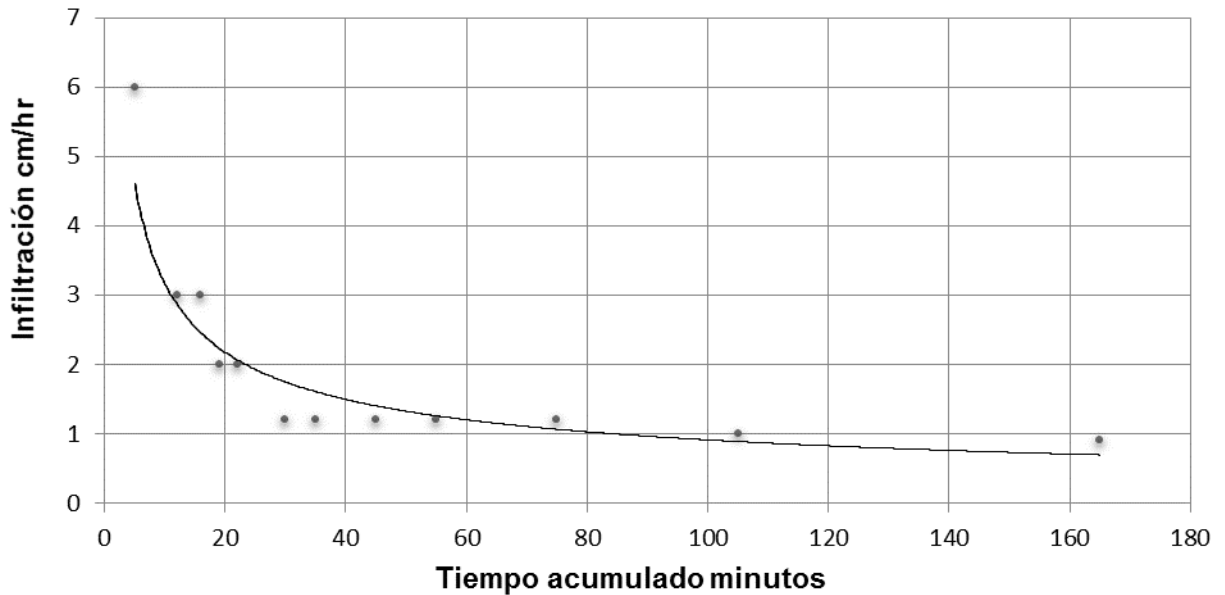


Figura 2.27 Curva de infiltración básica finca La Severa.

La lámina de humedad rápidamente aprovechable para este punto fue de 6.12 centímetros por hora, a la hora de consumirse el 60% (3.62 cm) indica que es necesaria la aplicación del riego ya que la humedad se podría mantener a punto de marchitez permanente.

2.6.2.7 Punto 11 finca Colombita

El cuadro 2.21 presenta la información de diseño de riego para esta finca, además de los resultados obtenidos por el análisis de muestras de suelo en laboratorio obteniendo los parámetros físicos utilizables para calcular una lámina de riego (mm).

Cuadro 2.21 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Colombita.

Ubicación: Retalhuleu		Región productiva: Occidente	
Administración: Retalhuleu		Finca: Colombita	
Sistema : Mini aspersión		Modelo Aspersor: Naan 503SD	
Coordenadas: 14 ° 21 '44.8" Norte ; 91 ° 45' 22" Oeste			
Fuente de abastecimiento: Pozo mecánico		Estación de bombeo: Semi fija	
Distanciamiento entre aspersores: 12 m		Distanciamiento entre laterales: 18 m	
Frecuencia de riego: 8.5 días		Área de la finca: 772.54 ha	
Estrato evaluado	A (0 a 20cm)	B (20 a 40cm)	C (40 a 60cm)
Textura de suelo	Franco areno arcilloso	Franco areno arcilloso	Franco areno arcilloso
Capacidad de campo	29.5 %	31.89 %	34.69 %
Punto marchitez permanente	16.1 %	19.2 %	20.5 %
Densidad aparente (gr/cm ³)	1.2	1.07	1.01
Lámina de humedad aprovechable (cm)	3	2.71	2.86
Lámina de humedad rápidamente aprovechable	5.13 cm		
Lámina de diseño	5 cm		50 mm
Infiltración básica	0.56 cm/hr		5.6 mm/hr
Intensidad de riego aspersor	0.46 cm/hr		4.62 mm/hr

La infiltración para este punto fue de 0.56 centímetros por hora, al compararlo con la intensidad de riego 0.46 centímetros por hora que genera un miniaspersor Naan 5035SD, se pudo determinar que la infiltración básica fué mayor a la intensidad de reigo, notándose que no habrán problemas con encharcamientos.

La infiltración básica para este perfil evaluado se encontró a las 2 horas con 15 minutos de duración de la prueba (Figura 2.28).

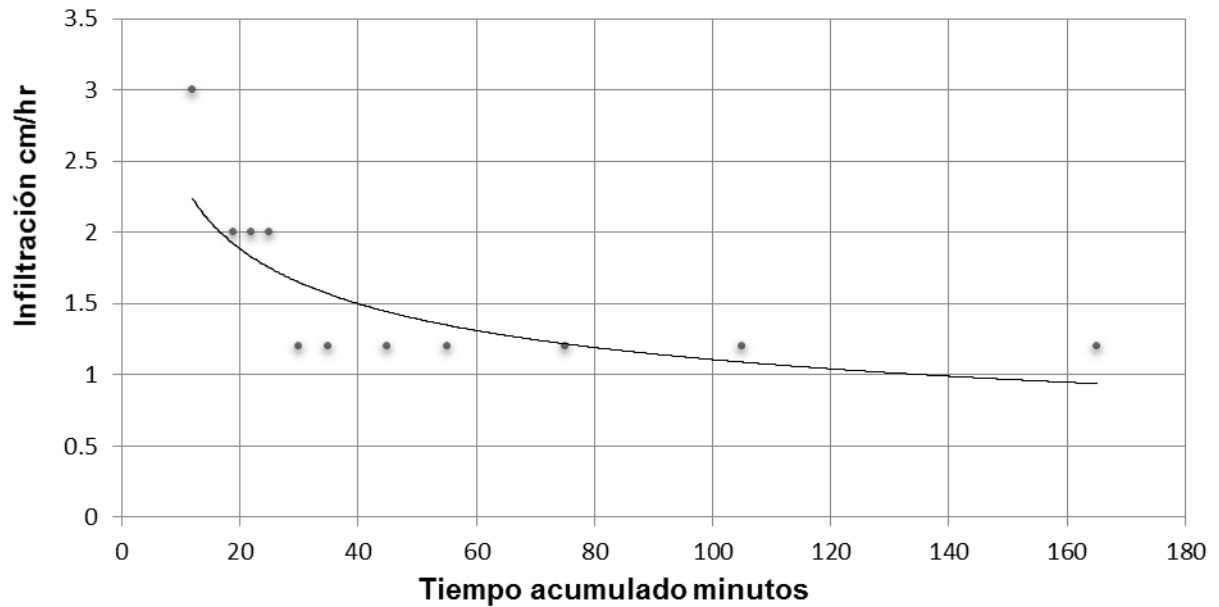


Figura 2.28 Curva de infiltración básica finca Colombita.

Del cálculo de lámina rápidamente aprovechable (cm) se obtuvo un valor de 5.13 centímetros el cual nos indica que al consumirse (3.07 cm) es necesario aplicar el riego para evitar que la humedad del suelo llegue a punto de marchitez permanente.

2.6.2.8 Punto 12 finca Santa Julia

El cuadro 2.22 presenta la información de diseño de riego para esta finca, además de los resultados obtenidos por el análisis de muestras de suelo en laboratorio y el cálculo de constantes físicas tales como infiltración básica y lámina de humedad rápidamente aprovechable.

Cuadro 2.22 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Santa Julia.

Ubicación: Retalhuleu		Región productiva: Occidente	
Administración: Retalhuleu		Finca: Santa Julia	
Sistema : Mini aspersión		Modelo Aspersor: Naan 503SD	
Coordenadas: 14 ° 16 58.6'' Norte ; 91 ° 45' 13.2'' Oeste			
Fuente de abastecimiento: Pozo mecánico		Estación de bombeo: Semi fija	
Distanciamiento entre aspersores: 12 m		Distanciamiento entre laterales: 18 m	
Frecuencia de riego: 8.5 días		Área de la finca: 266.45 ha	
Estrato evaluado	A (0 a 20cm)	B (20 a 40cm)	C (40 a 60cm)
Textura de suelo	Franco areno arcilloso	Franco areno arcilloso	Franco
Capacidad de campo	37.71 %	37.58 %	36.36 %
Punto marchitez permanente	21 %	22.5 %	23.1 %
Densidad aparente (gr/cm ³)	1.02	1.19	1.05
Lámina de humedad aprovechable (cm)	3.4	3.58	2.76
Lámina de humedad rápidamente aprovechable	5.86 cm		
Lámina de diseño	5 cm	50 mm	
Infiltración básica	0.55 cm/hr	5.5 mm/hr	
Intensidad de riego aspersor	0.46 cm/hr	46 mm/hr	

La infiltración básica en este punto fué de 0.55 cm/hr, al compararla con la intensidad de riego de 0.46 cm/hr generada por el miniaspersor Naan 5035SD, se pudo notar que no

existieran problemas con encharcamientos debido a que la infiltración es mayor a la intensidad.

La infiltración básica se encontró a las 3 horas de duración de la prueba (Figura 2.29).

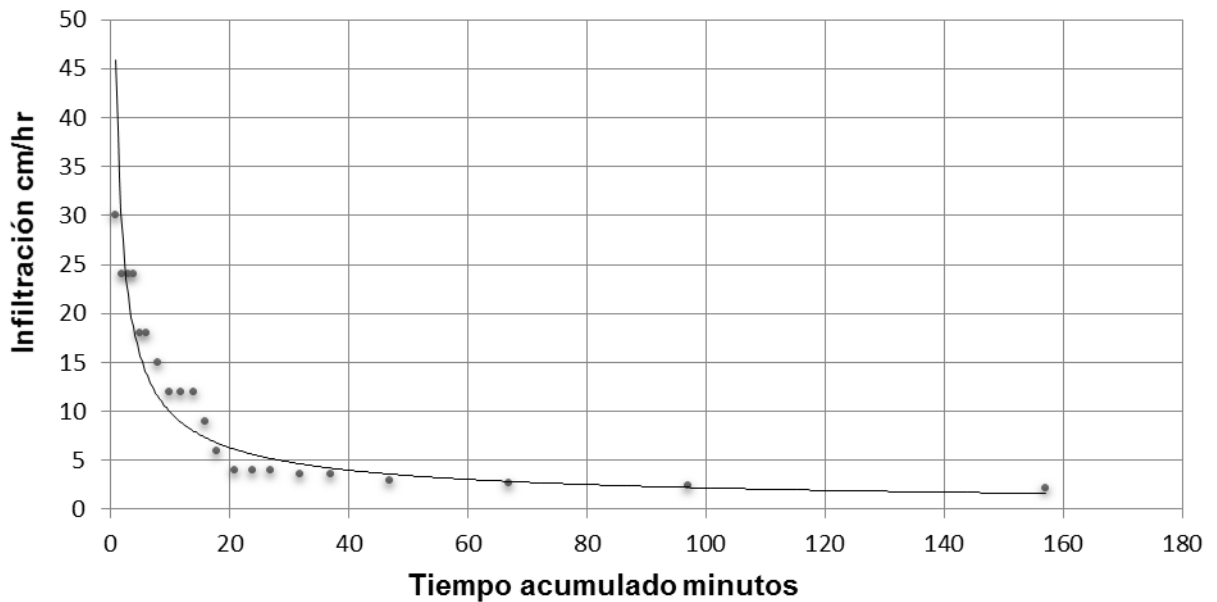


Figura 2.29 Curva de infiltración básica finca Santa Julia.

El perfil evaluado tiene una capacidad de retener una lámina de agua de 5.86 centímetros, al consumirse el 60% (3.51 cm) es necesario aplicarse el riego, esto para evitar que la humedad del suelo llegue a punto de marchitez permanente.

2.6.2.9 Punto 13 finca La Loma

El cuadro 2.23 la información de diseño de riego para esta finca, además de los resultados de constantes físicas de análisis de muestras de suelo y el cálculo de infiltración básica (cm/hr) y lámina de humedad rápidamente aprovechable (cm).

Cuadro 2.23 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca La Loma.

Ubicación: Retalhuleu		Región productiva: Occidente	
Administración: Retalhuleu		Finca: La Loma	
Sistema : Mini aspersión		Modelo Aspersor: Naan 503SD	
Coordenadas: 14° 18' 51.4" Norte ; 91° 44' 27.2" Oeste			
Fuente de abastecimiento: Pozo mecánico		Estación de bombeo: Semi fija	
Distanciamiento entre aspersores: 12 m		Distanciamiento entre laterales: 18 m	
Frecuencia de riego: 8.5 días		Área de la finca: 210.96 ha	
Estrato evaluado	A (0 a 20cm)	B (20 a 40cm)	C (40 a 60cm)
Textura de suelo	Franco arcilloso	Franco	Franco
Capacidad de campo	34.22 %	38.64 %	37.41 %
Punto marchitez permanente	22.1 %	24.2 %	24.5 %
Densidad aparente (gr/cm ³)	1.02	0.91	1.04
Lámina de humedad aprovechable (cm)	2.47	2.62	2.68
Lámina de humedad rápidamente aprovechable	4.66 cm		
Lámina de diseño	5 cm	50 mm	
Infiltración básica	0.44 cm/hr	4.4 mm/hr	
Intensidad de riego aspersor	0.46 cm/hr	46 mm/hr	

La infiltración básica para este punto es de 0.44 cm/hr , al compararse con la intensidad de 0.46 cm/hr que genera el miniaspersor Naan 5035SD, se pudo determinar posibles problemas de encharcamientos ya que la intensidad sobrepasa a la infiltración.

La estabilidad en las lecturas a la hora de realizarse la prueba de infiltración básica (cm/hr) en campo fue obtenida a las 3 horas de duración (Figura 2.30).

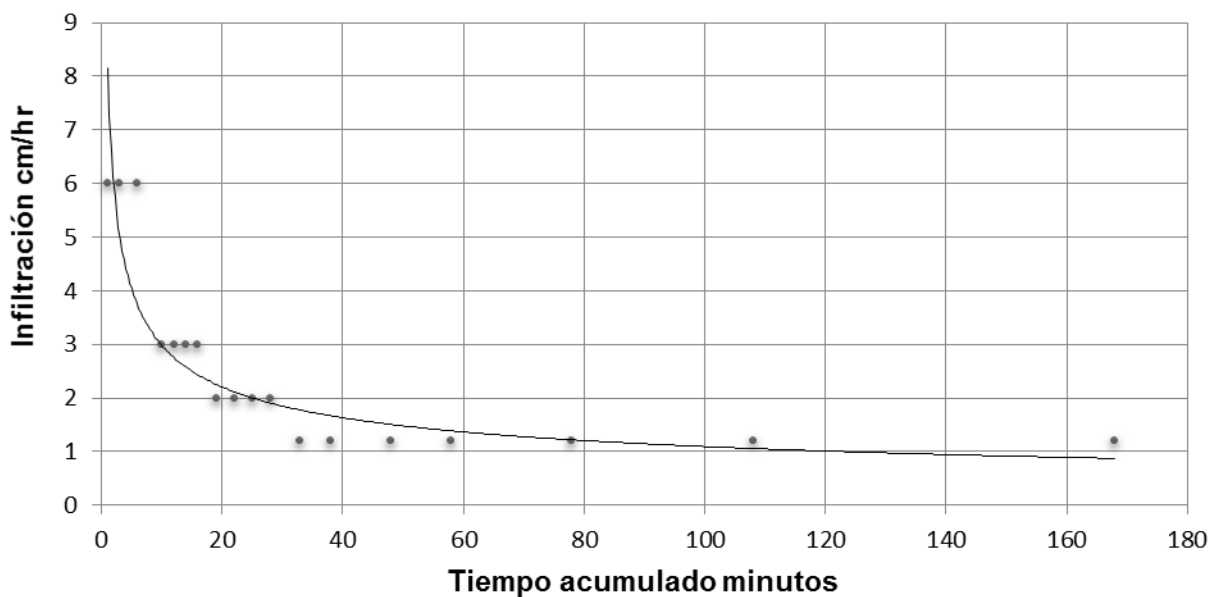


Figura 2.30 Curva de infiltración básica finca La Loma.

El perfil evaluado mostró la capacidad de retener una lámina de riego de 4.66 cm, la cual al consumirse el 60% (2.79 cm) es necesario aplicar el riego ya que la humedad del suelo podría reducirse a punto de marchitez permanente (%).

2.6.210 Punto 14 finca Las Cruces

El cuadro 2.24 presenta la información de diseño de riego para esta finca, mostrándose las constantes físicas de suelo y los resultados de infiltración básica (cm/hr) y lámina de humedad rápidamente aprovechable (cm).

Cuadro 2.24 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Las Cruces.

Ubicación: Retalhuleu		Región productiva: Occidente	
Administración: Retalhuleu		Finca: Las Cruces	
Sistema : Mini aspersión		Modelo Aspersor: Naan 503SD	
Coordenadas: 14 ° 29 48.1" Norte ; 91 ° 47' 31.1" Oeste			
Fuente de abastecimiento: Pozo mecánico		Estación de bombeo: Semi fija	
Distanciamiento entre aspersores: 12 m		Distanciamiento entre laterales: 18 m	
Frecuencia de riego: 8.5 días		Área de la finca: 172.20 ha	
Estrato evaluado	A (0 a 20cm)	B (20 a 40cm)	C (40 a 60cm)
Textura de suelo	Franco areno arcilloso	Franco arcilloso	Franco
Capacidad de campo	26.69 %	30 %	35.82 %
Punto marchitez permanente	17.9 %	22 %	25.2 %
Densidad aparente (gr/cm ³)	1.11	1.1	1.08
Lámina de humedad aprovechable (cm)	2.61	1.76	2.29
Lámina de humedad rápidamente aprovechable	3.99 cm		
Lámina de diseño	5 cm	50 mm	
Infiltración básica	0.43 cm/hr	4.3 mm/hr	
Intensidad de riego aspersor	0.46 cm/hr	46 mm/hr	

En este perfil de suelo se comparó la infiltración básica de 0.43 cm/hr contra la intensidad de riego generada por el miniaspersor Naan 5035SD de 0.46 cm/hr, determinando posibles problemas de encharcamientos ya que la intensidad sobrepasa a la infiltración.

La infiltración básica para el punto evaluado se encontró a las 3 horas con 30 minutos de duración de la prueba (Figura 2.31).

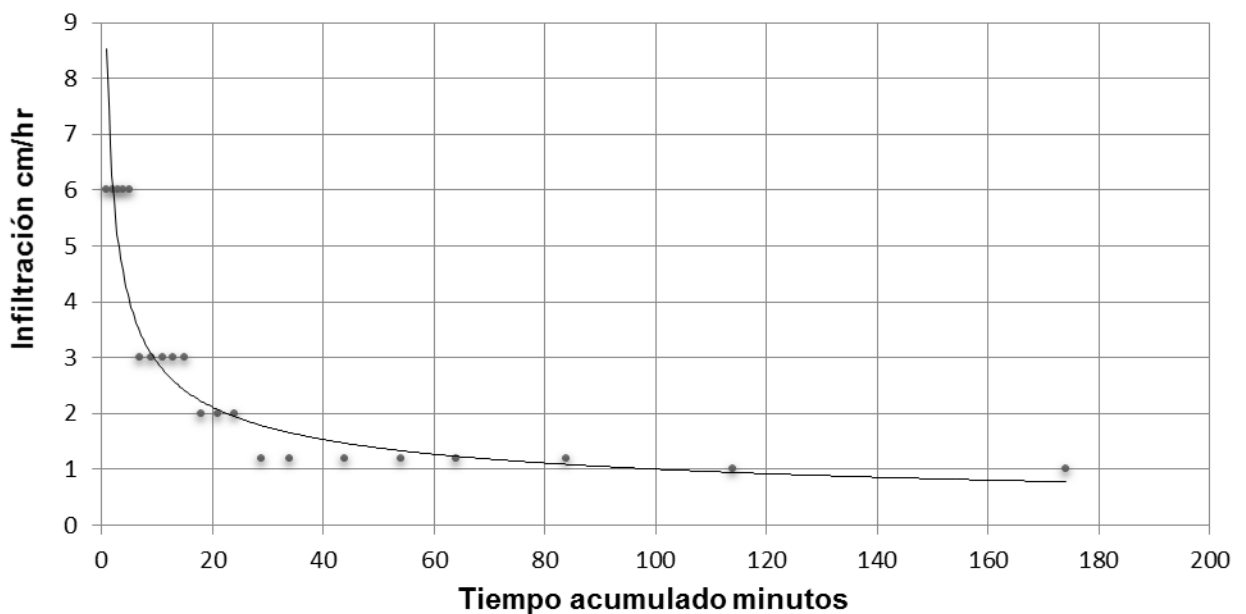


Figura 2.31 Curva de infiltración básica finca Las Cruces.

El perfil evaluado mostró la capacidad de retener una lámina de agua de 3.99 cm, la cual al consumirse el 60% (2.39 cm) es necesario aplicar el riego, para evitar que la humedad del suelo se reduzca a punto de marchitez permanente (%) y no este disponible para la zona radicular del cultivo.

2.6.2.11 Punto 15 finca San Nicolás

El cuadro 2.25 muestra la información de diseño de riego para esta finca, además de muestran las constantes físicas de humedad y valores de infiltración básica (cm/hr) y lámina de humedad rápidamente aprovechable (cm).

Cuadro 2.25 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca San Nicolás.

Ubicación: Cuyotenango		Región productiva: Occidente	
Administración: Ican		Finca: San Nicolás	
Sistema : Mini aspersión		Modelo Aspersor: Naan 503SD	
Coordenadas: 14 ° 11 1.2" Norte ; 91 ° 36' 2.22" Oeste			
Fuente de abastecimiento: Pozo mecánico		Estación de bombeo: Semi fija	
Distanciamiento entre aspersores: 12 m		Distanciamiento entre laterales: 18 m	
Frecuencia de riego: 8.5 días		Área de la finca: 714 .13 ha	
Estrato evaluado	A (0 a 20cm)	B (20 a 40cm)	C (40 a 60cm)
Textura de suelo	Franco areno arcilloso	Franco areno arcilloso	Franco areno arcilloso
Capacidad de campo	36.91 %	32.08 %	40.88 %
Punto marchitez permanente	20.66 %	19.2 %	22 %
Densidad aparente (gr/cm ³)	1.06	1.1	1.16
Lámina de humedad aprovechable (cm)	3.45	2.83	4.38
Lámina de humedad rápidamente aprovechable	6.39 cm		
Lámina de diseño	5 cm		50 mm
Infiltración básica	0.47 cm/hr		4.7 mm/hr

Intensidad de riego aspersor	0.46 cm/hr	46 mm/hr
------------------------------	------------	----------

La infiltración básica para este punto fue de 0.47 cm/hr al compararse con la intensidad de riego generada por el miniaspersor Naan 5035SD de 0.46 centímetros, se pudo determinar que no existieran problemas con escorrentía superficial ya que la intensidad de riego es menor a la infiltración de agua en el suelo.

La infiltración básica se encontró a las 3 horas con 10 minutos de duración de la prueba (Figura 2.32).

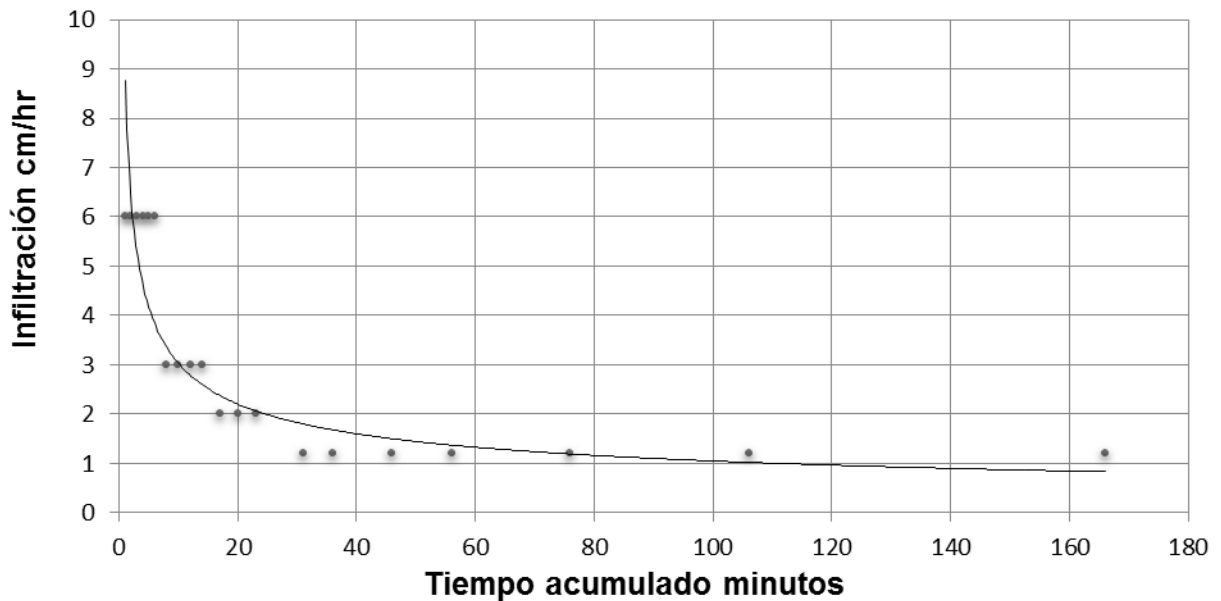


Figura 2.32 Curva de infiltración básica finca San Nicolás.

La capacidad de retención de humedad que mostró el perfil es de 6.39 centímetros según el cálculo de lámina de humedad rápidamente aprovechable, a la hora de consumirse el 60% de humedad equivalente a 3.83 centímetros, es necesario aplicar el riego para evitar que la humedad del suelo llegue a punto de marchitez permanente (%).

2.6.2.12 Prueba 16 finca Guayacan

El cuadro 2.26 presenta la información de diseño de riego para esta finca, mostrándose las constantes físicas de suelo y los resultados de infiltración básica (cm/hr) y lámina de humedad rápidamente aprovechable (cm).

Cuadro 2.26 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Guayacán.

Ubicación: Champerico		Región productiva: Occidente	
Administración: Retalhuleu		Finca: Guayacán	
Sistema : Mini aspersión		Modelo Aspersor: Naan 503SD	
Coordenadas: 14 ° 23 16.6” Norte ; 91 ° 59’ 4.1” Oeste			
Fuente de abastecimiento: Pozo mecánico		Estación de bombeo: Semi fija	
Distanciamiento entre aspersores: 12 m		Distanciamiento entre laterales: 18 m	
Frecuencia de riego: 8.5 días		Área de la finca: 196.52 ha	
Estrato evaluado	A (0 a 20cm)	B (20 a 40cm)	C (40 a 60cm)
Textura de suelo	Franco areno arcilloso	Arcilla	Arcilla
Capacidad de campo	28.58 %	40.19 %	40.82 %
Punto marchitez permanente	15.9 %	19.4 %	18.3 %
Densidad aparente (gr/cm ³)	1.16	1.1	1.11
Lámina de humedad aprovechable (cm)	2.94	4.57	4,94
Lámina de humedad rápidamente aprovechable	7.49 cm		
Lámina de diseño	5 cm	50 mm	

Infiltración básica	0.34 cm/hr	3.4 mm/hr
Intensidad de riego aspersor	0.46 cm/hr	46 mm/hr

La infiltración básica de este punto es de 0.34 centímetros por hora , considerándola como baja al compararla con la intensidad de riego generada por el aspersor Naan 5035SD de 0.46 centímetros por hora, se pueden identificar posibles problemas de encharcamiento ya que la intensidad sobrepasa a la infiltración.

La infiltración básica para este punto se encontró a las 3 horas con 10 minutos de duración de la prueba (Figura 2.33).

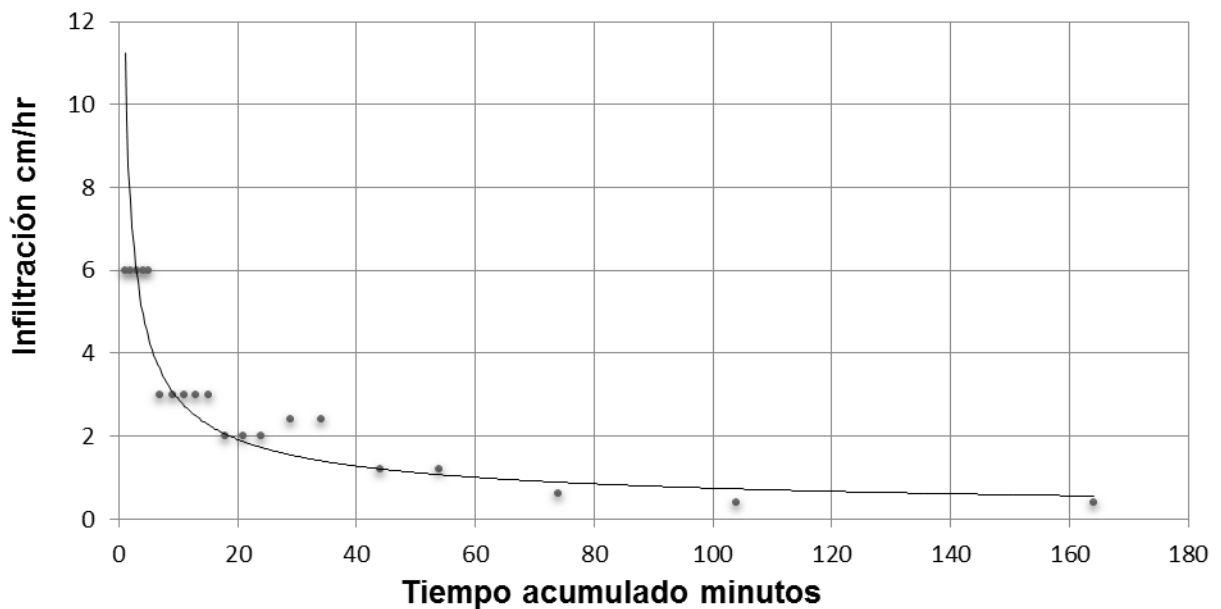


Figura 2.33 Curva de infiltración básica finca Guayaacan.

Según el cálculo de lámina rápidamente aprovechable de 7.49 cm nos indica la humedad que se mantendrá disponible en la zona radicular, al consumirse el 60% de esta (4.49 cm) es necesario aplicar el riego, esto para evitar que la humedad baje a punto de marchitez permanente y deje de estar disponible.

2.6.2.13 Punto 17 finca Santa Isabel

El cuadro 2.27 la información de diseño de riego para esta finca, además de los resultados de constantes físicas de análisis de muestras de suelo y el cálculo de infiltración básica (cm/hr) y lámina de humedad rápidamente aprovechable (cm).

Cuadro 2.27 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Santa Isabel.

Ubicación: Suchitepéquez		Región productiva: Occidente	
Administración: Retalhuleu		Finca: Santa Isabel	
Sistema : Mini aspersión		Modelo Aspersor: Naan 503SD	
Coordenadas: 14 ° 15 44.56'' Norte ; 90 ° 54' 45.4'' Oeste			
Fuente de abastecimiento: Pozo mecánico		Estación de bombeo: Semi fija	
Distanciamiento entre aspersores: 12 m		Distanciamiento entre laterales: 18 m	
Frecuencia de riego: 8.5 días		Área de la finca: 370 ha	
Estrato evaluado	A (0 a 20cm)	B (20 a 40cm)	C (40 a 60cm)
Textura de suelo	Franco areno arcilloso	Franco areno arcilloso	Arcillo arenoso
Capacidad de campo	30.2 %	32.95 %	36.23 %
Punto marchitez permanente	13.9 %	16.9 %	21.9 %
Densidad aparente (gr/cm ³)	1.1	1.08	1.02
Lámina de humedad aprovechable (cm)	3.58	3.46	2.97
Lámina de humedad rápidamente aprovechable	6.01 cm		
Lámina de diseño	5 cm	50 mm	
Infiltración básica	1.84 cm/hr	18.4 mm/hr	

Intensidad de riego aspersor	0.46 cm/hr	46 mm/hr
------------------------------	------------	----------

La infiltración básica para este punto fué de 6.01 cm/hr, comparándola con la intensidad de riego generada por el miniaspersor Naan 5035SD de 0.46 cm/hr se pudo determinar que no habrán problemas con encharcamientos ya que la infiltración es mayor a la intensidad de riego.

La infiltración básica se encontró a las 3 horas con 30 minutos de duración de la prueba (Figura 2.34).

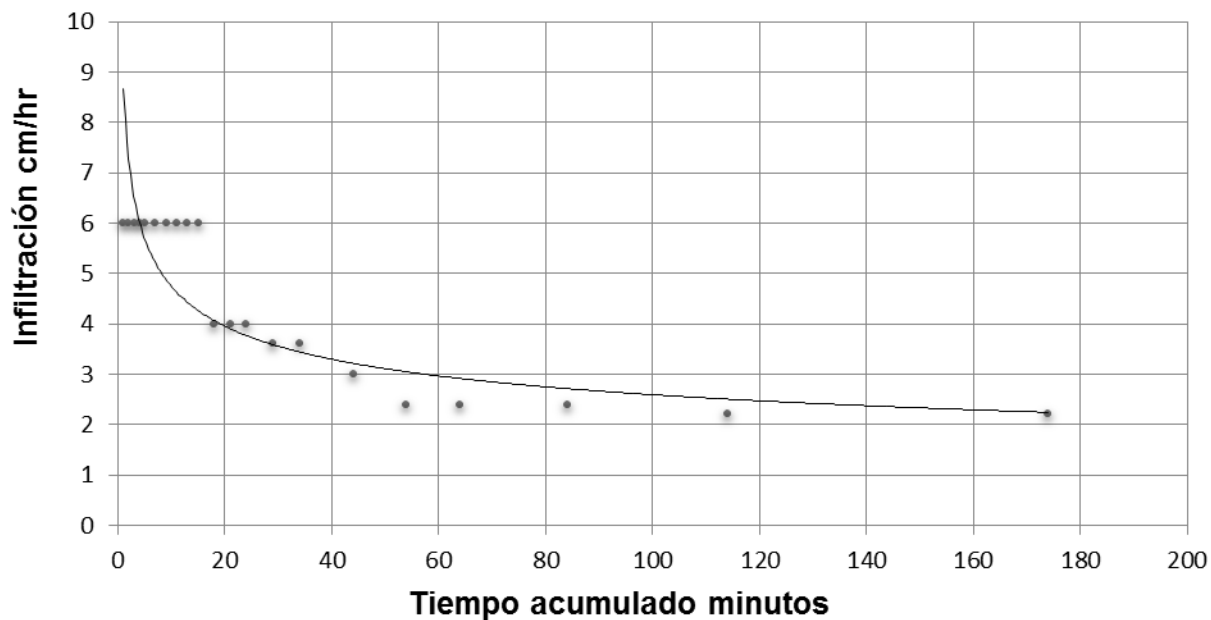


Figura 2.34 Curva de infiltración básica finca Santa Isabel.

Según el cálculo de lámina de humedad rápidamente aprovechable (cm) el perfil de suelo mostro la capacidad de reterne una lámina de 6.01 centímetros, lo que nos indica que se encontrará disponible a la zona radicular del cultivo, al momento de consumirse el 60% (3.69 cm) es necesario aplicar el riego para evitar que la humedad llegue a punto de marchitez permanente (%).

2.6.3 Región Central Norte

Esta región se encontro ubicada en los municipios de la Democracia y Santa Lucia Cotzumalguapa, determinándose en los estudios realizados de suelos, las siguientes texturas:

- Franco arenoso
- Franco areno arcilloso
- Areno franco
- Arcillo arenoso

Esta región se caracterizó por tener suelos con alto contenido de arena por esa razón, no presenta ningún tipo de compactación pero su capacidad de retención de humedad es baja.

Debido a lo anterior, los sistemas de riego establecidos son diseñados con láminas de riego de 6 centímetros, basándose en la clase textural y en la evapotranspiración diaria que es de 5.5 a 6 (mm/día).

Los sistemas de riego utilizados en su mayoría lo conforman los sistemas de aspersión tipo cañon y en algunos casos miniaspersión, dichos sistemas utilizan frecuencias de riego de 8 a 10 días.

La Figura 2.35 se muestra el mapa de textura de suelo de la región Central Norte, dónde predomina la textura de suelo Franco arenosa, para dicha región se realizaron 5 evaluaciones.

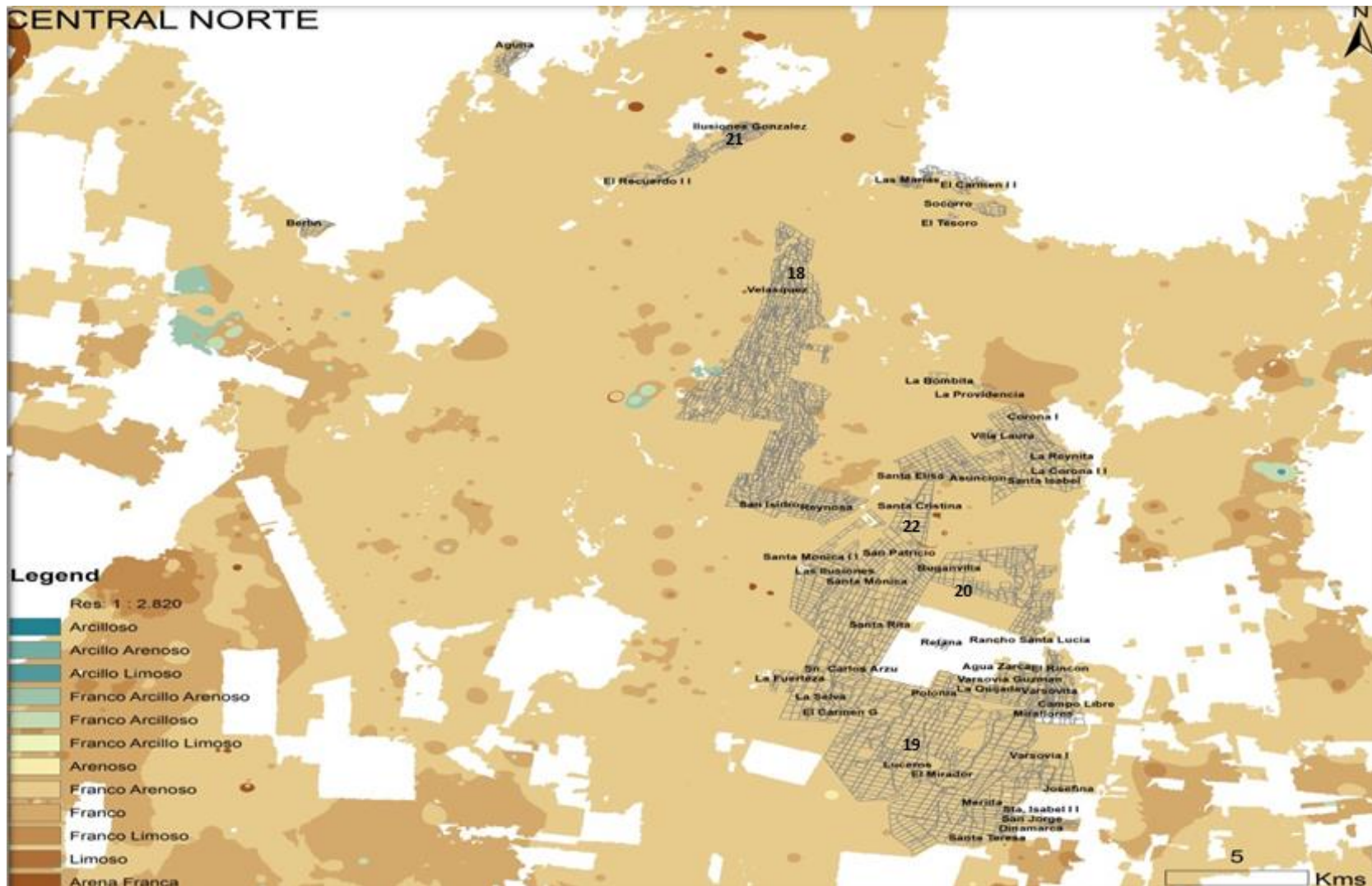


Figura 2.35 Mapa de texturas de suelos región Central Norte, Ingenio Magdalena 2,011.

2.6.3.1 Punto 18 finca Velásquez

La información de la finca evaluda como los resultados obtenidos por el análisis de muestras de suelo en laboratorio ademas del resultado de infiltración básica y de lámina de humedad rápidamente aprovechable, se muestran en el cuadro 2.28.

Cuadro 2.28 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Velásquez.

Ubicación: La Democracia, Escuintla		Región productiva: Central Norte	
Administración: Velásquez		Finca: Velásquez	
Sistema : Mini aspersión		Modelo Aspersor: Nelson F100,F150	
Coordenadas: 14 ° 1.96' 44.56" Norte ; 90 ° 44.73' 4.47" Oeste			
Fuente de abastecimiento: Quinel		Estación de bombeo: Móvil	
Distanciamiento entre aspersores: 45 m		Distanciamiento entre laterales: 45 m	
Frecuencia de riego: 15 días		Área de la finca: 1,754.35 ha	
Estrato evaluado	A (0 a 20cm)	B (20 a 40cm)	C (40 a 60cm)
Textura de suelo	Franco areno arcilloso	Franco areno arcilloso	Arcillo arenoso
Capacidad de campo	26.23 %	20.85 %	32.08 %
Punto marchitez permanente	20.85 %	37.59 %	25.7 %
Densidad aparente (gr/cm ³)	1.05	1.05	1.07
Lámina de humedad aprovechable (cm)	1.12	0.98	1.36
Lámina de humedad rápidamente aprovechable	2.06 cm		
Lámina de diseño	5.5 cm	55 mm	
Infiltración básica	2.37 cm/hr	23.7 mm/hr	
Intensidad de riego aspersor	2.51 cm/hr	25.1 mm/hr	

La infiltración básica calculada para este punto fue 2.06 centímetros por hora comparándola con la intensidad generada por los aspersores Nelson F100 (2.51cm/hr) y el F150 (2.58 cm/hr) se puede determinar que habrán problemas de encharcamientos

debido a que la intensidad de riego que generan los cañones es mayor a la infiltración que se tiene en ese punto.

La infiltración básica para este punto se encontró a las 4 horas con 30 minutos de duración de la prueba (Figura 2.36).

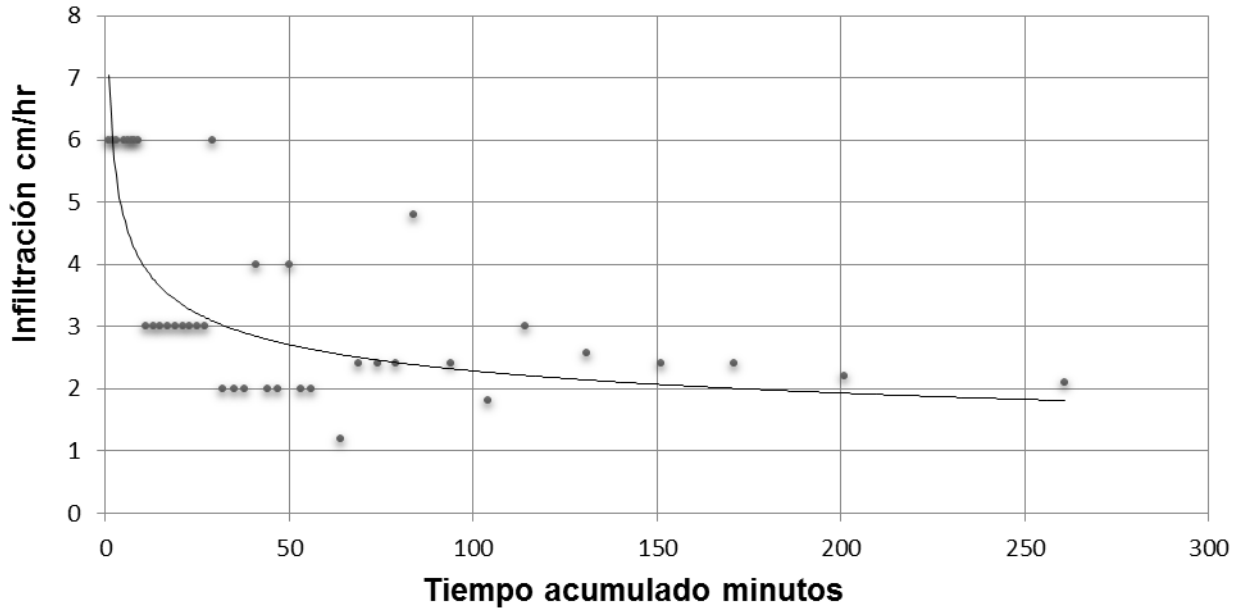


Figura 2.36 Curva de infiltración básica finca Velásquez.

El perfil evaluado mostró la capacidad de retener una lámina de agua de 2.06 centímetros, al consumirse el 60% (1.23 cm) es necesario aplicar el riego, debido a que la humedad del suelo puede llegar a punto de marchitez permanente (%).

2.6.3.2 Punto 19 finca Luceros

El cuadro 2.29 la información de diseño de riego para esta finca, además de los resultados de constantes físicas de análisis de muestras de suelo y el cálculo de infiltración básica (cm/hr) y lámina de humedad rápidamente aprovechable (cm).

Cuadro 2.29 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Luceros.

Ubicación: La Democracia, Escuintla		Región productiva: Central Norte	
Administración: Buganvilia		Finca: Luceros	
Sistema : Mini aspersión		Modelo Aspersor: Naan 503SD	
Coordenadas: 14 ° 01' 23.1" Norte ; 90 ° 58' 26.6" Oeste			
Fuente de abastecimiento: Pozo mecánico		Estación de bombeo: Semi fija	
Distanciamiento entre aspersores: 12 m		Distanciamiento entre laterales: 18 m	
Frecuencia de riego: 8.5 días		Área de la finca: 1,133.39 ha	
Estrato evaluado	A (0 a 20cm)	B (20 a 40cm)	C (40 a 60cm)
Textura de suelo	Areno Franco	Areno Franco	Areno Franco
Capacidad de campo	13.24 %	10.37 %	10.88 %
Punto marchitez permanente	4.99 %	4.18 %	3.82 %
Densidad aparente (gr/cm ³)	1.24	1.2	1.25
Lámina de humedad aprovechable (cm)	2.04	1.59	1.76
Lámina de humedad rápidamente aprovechable	3.22 cm		
Lámina de diseño	5.5 cm	55 mm	
Infiltración básica	4.48 cm/hr	44.8 mm/hr	
Intensidad de riego aspersor	0.46 cm/hr	46 mm/hr	

La infiltración básica para este punto fue de 4.48 cm/hr al compararse con la intensidad de riego generada por un miniaspersor Naan 5035SD de 0.46 ,se pudo determinar que no habrán problemas con encharcamientos ya que la velocidad de infiltración del agua sobrepasa considerablemente la intensidad de riego.

La infiltración básica para este punto se encontró a las 5 horas con 10 minutos de duración de la prueba (Figura 2.37).

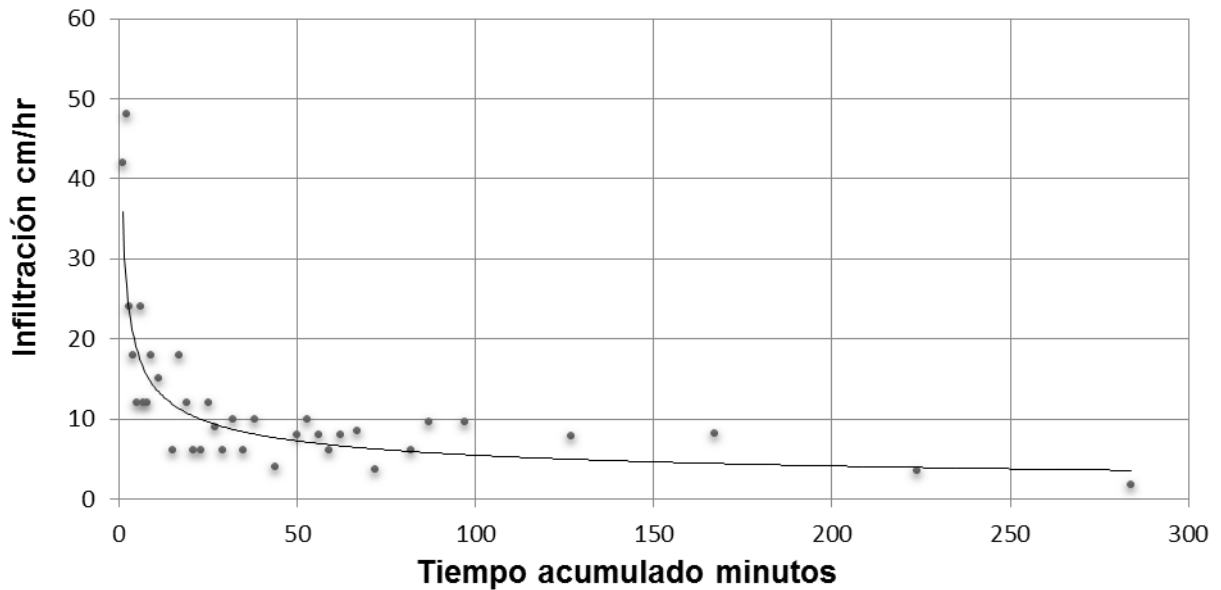


Figura 2.37 Curva de infiltración básica finca Luceros.

Este perfil de suelo evaluado mostró la capacidad de retener una lámina de agua de 3.22 cm, al consumirse el 60% (1.93 cm) de lámina es necesario aplicar el riego, esto con el fin de mantener la humedad disponible para la zona radicular.

2.6.3.3 Punto 20 finca Buganvilia

Los resultados de infiltración y de lámina de humedad rápidamente aprovechable se muestran en el cuadro 2.30, añadiéndose los parámetros de riego propios de esta finca:

Cuadro 2.30 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Buganvilia.

Ubicación: La Democracia, Escuintla		Región productiva: Central Norte	
Administración: Buganvilia		Finca: Buganvilia	
Sistema : Aspersión		Modelo Aspersor: Nelson F100,F150	
Coordenadas: 14 ° 01' 23.1" Norte ; 90 ° 58' 26.6" Oeste			
Fuente de abastecimiento: Quinel		Estación de bombeo: Móvil	
Distanciamiento entre aspersores: 45 m		Distanciamiento entre laterales: 45 m	
Frecuencia de riego: 15 días		Área de la finca: 1,315.77 ha	
Estrato evaluado	A (0 a 20cm)	B (20 a 40cm)	C (40 a 60cm)
Textura de suelo	Arcillo arenoso	Arcillo arenoso	Arcillo arenoso
Capacidad de campo	15.78 %	17.41 %	12.58 %
Punto marchitez permanente	7.89 %	8.99 %	7.16 %
Densidad aparente (gr/cm ³)	1.31	1.29	1.26
Lámina de humedad aprovechable (cm)	2.06	2.17	1.36
Lámina de humedad rápidamente aprovechable	3.25 cm		
Lámina de diseño	5.5 cm	55 mm	
Infiltración básica	3.30 cm/hr	33 mm/hr	
Intensidad de riego aspersor	2.51 cm/hr	25.1 mm/hr	

La infiltración básica para este punto fue de 3.25 cm/hr, esta finca es regada por un sistema de aspersión utilizando cañones Nelson F100 con una intensidad de (2.51cm/hr) y el F150 con una de (2.58cm/hr), determinándose que no habrán problema con encharcamientos debido a que la intensidad de riego es menor que la velocidad de infiltración.

La infiltración básica para este punto evaluado se encontró a los 4 horas con 15 minutos de duración de la prueba (Figura 2.38).

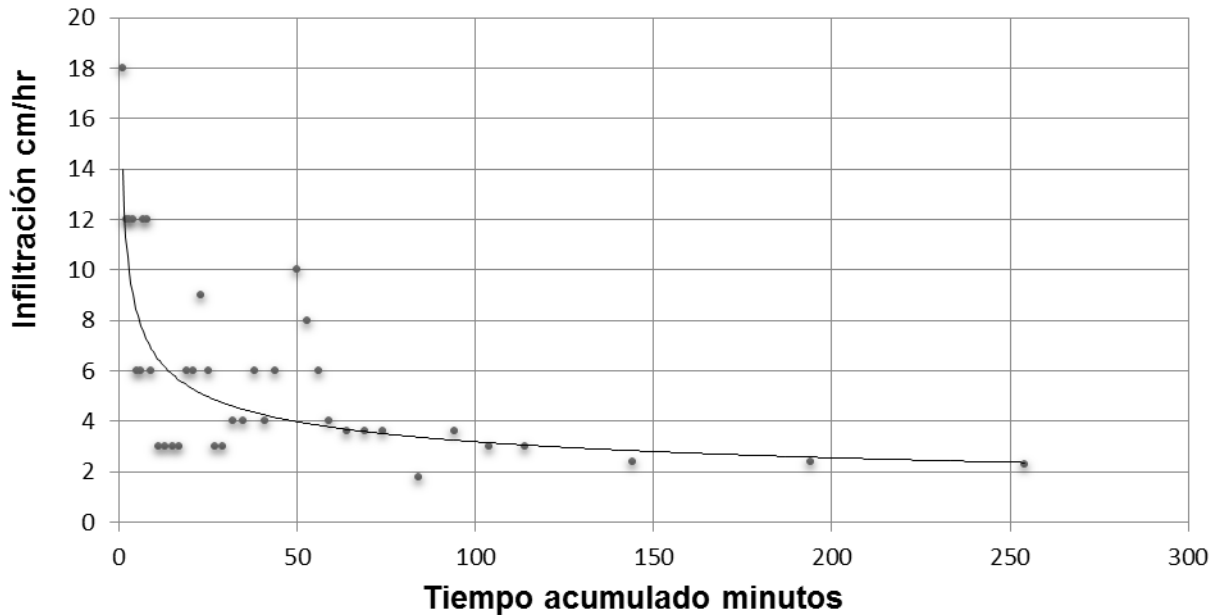


Figura 2.38 Curva de infiltración básica finca Buganvilia.

El perfil evaluado tiene la capacidad de retener una lámina de agua de 3.25 centímetros, de los cuales al consumirse el 60% (1.95 cm) , es necesario aplicar el riego para evitar que la humedad baje a punto de marchitez permanente (%).

2.6.3.4 Punto 21 finca Ilusiones Gonzáles

El cuadro 2.31 la información de diseño de riego para esta finca, además de los resultados de constantes físicas de análisis de muestras de suelo y el cálculo de infiltración básica (cm/hr) y lámina de humedad rápidamente aprovechable (cm).

Cuadro 2.31 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Ilusiones Gonzáles.

Ubicación: Santa Lucia, Escuintla		Región productiva: Central Norte	
Administración: Velásquez		Finca: Ilusiones Gonzáles	
Sistema : Aspersión		Modelo Aspersor: Nelson F100,F150	
Coordenadas: 14 ° 25' 18.7" Norte ; 90 ° 0' 34.26" Oeste			
Fuente de abastecimiento: Noria		Estación de bombeo: Móvil	
Distanciamiento entre aspersores: 45 m		Distanciamiento entre laterales: 45 m	
Frecuencia de riego: 15 días		Área de la finca: 150.7 ha	
Estrato evaluado	A (0 a 20cm)	B (20 a 40cm)	C (40 a 60cm)
Textura de suelo	Franco areno arcilloso	Franco arenoso	Franco arenoso
Capacidad de campo	26.7 %	26.40 %	27.57 %
Punto marchitez permanente	21.2 %	13.8 %	8.9 %
Densidad aparente (gr/cm ³)	1.4	0.98	1.11
Lámina de humedad aprovechable (cm)	1.56	2.46	4.14
Lámina de humedad rápidamente aprovechable	4.88 cm		
Lámina de diseño	5 cm	50 mm	
Infiltración básica	2.13 cm/hr	21.3 mm/hr	
Intensidad de riego aspersor	2.51 cm/hr	25.1 mm/hr	

La infiltración para este perfil evaluado fue de 2.13 centímetros por hora al compararse con la intensidad de riego generada por los aspersores tipo cañon Nelson F100 (2.51cm/hr) y F150 (2.58 cm/hr), se pudieron determinar problemas con encharcamientos y escorrentias ya que la intensidad de riego es mayor a la velocidad de infiltración.

La estabilidad en la curva de infiltración básica (cm/hr) fue encontrada a las 2 horas con 30 minutos de duración de la prueba (Figura 2.39).

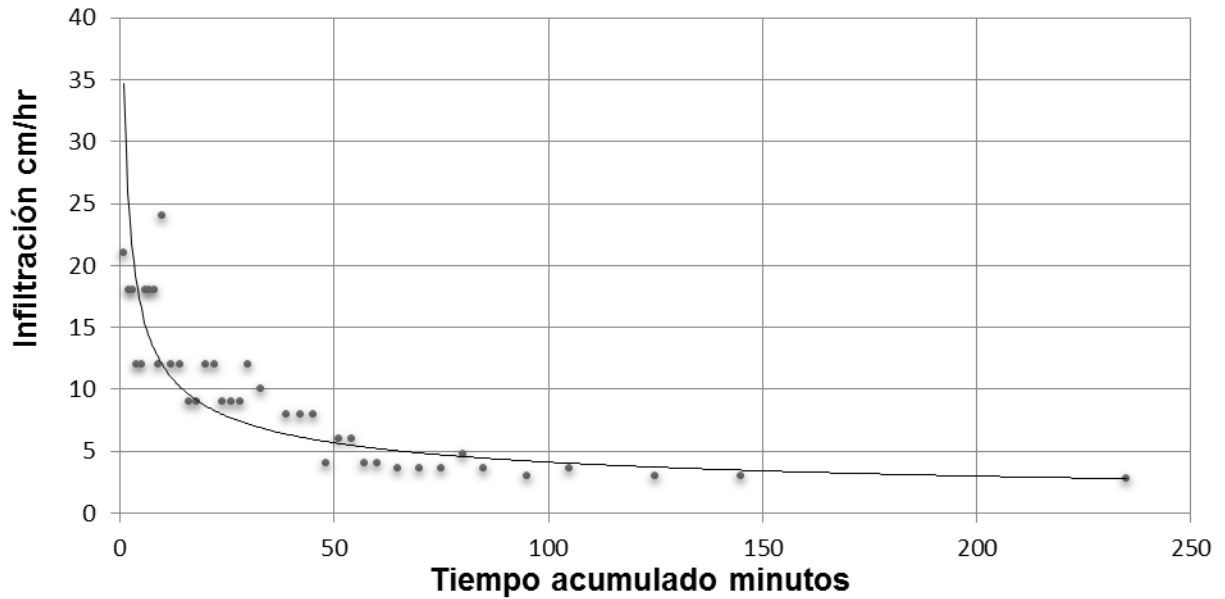


Figura 2.39 Curva de infiltración básica finca Ilusiones Gonzáles.

Este perfil evaluado mostró tener capacidad de retener una lámina de agua de 4.88 cm la cual al consumirse (2.92 cm) equivalente al 60% es necesario aplicar el riego, para evitarse que la humedad llegue a la zona de punto de marchitez permanente (%).

2.6.3.5 Prueba 22 finca Santa Cristina

El cuadro 2.32 muestra la información de diseño de riego con el que cuenta la finca, además se muestran las constantes físicas obtenidas por el análisis de muestras de suelo y el cálculo de la infiltración básica que conformo al perfil de suelo.

Cuadro 2.32 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Santa Cristina.

Ubicación: La Democracia, Escuintla		Región productiva: Central Norte	
Administración: Velásquez		Finca: Santa Cristina	
Sistema : Mini aspersión		Modelo Aspersor: Naan 503SD	
Coordenadas: 14 ° 14' 29.5" Norte ; 90 ° 57' 11.3" Oeste			
Fuente de abastecimiento: Pozo mecánico		Estación de bombeo: Semi fija	
Distanciamiento entre aspersores: 12 m		Distanciamiento entre laterales: 18 m	
Frecuencia de riego: 8.5 días		Área de la finca: 303.36 ha	
Estrato evaluado	A (0 a 20cm)	B (20 a 40cm)	C (40 a 60cm)
Textura de suelo	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso
Capacidad de campo	36.64 %	26.97 %	36.87 %
Punto marchitez permanente	24.97 %	16.78 %	24.65 %
Densidad aparente (gr/cm ³)	0.97	1.12	0.92
Lámina de humedad aprovechable (cm)	2.26	2.28	1.36
Lámina de humedad rápidamente aprovechable	4.05 cm		
Lámina de diseño	5.5 cm	55 mm	
Infiltración básica	3.33 cm/hr	33.3 mm/hr	
Intensidad de riego aspersor	0.46 cm/hr	46 mm/hr	

La infiltración para este punto es de 3.33 cm/hr al compararse con la intensidad riego de 0.46 cm/hr generada por el miniaspersor Naan 5035SD, se pudo determinar que no habrá ningún problema con encharcamiento debido a que la intensidad es menor que la velocidad de infiltración.

La infiltración básica para este punto se encontró a las 4 horas de duración de la prueba (Figura 2.40).

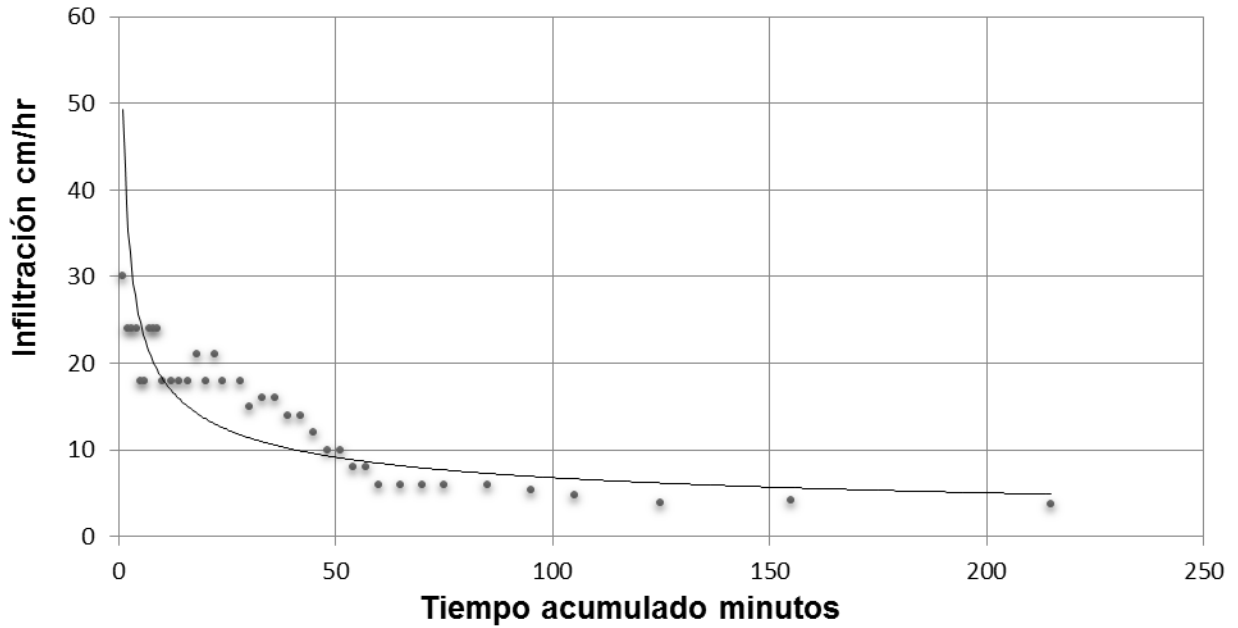


Figura 2.40 Curva de infiltración básica finca Santa Cristina.

El perfil evaluado mostró la capacidad de retener una lámina de agua de 4.05 cm , al consumirse el 60% (2.43 cm) es necesario aplicar el riego, ya que la humedad del suelo podría bajar a punto de marchitez permanente, la cual ya no estará disponible para la zona radicular del cultivo.

2.6.4 Región Central Sur

La región Central sur se encuentra conformada por el municipio de la Gomera, esta zona se caracterizó por ser una zona altamente productiva de caña de *azúcar (Saccharum spp)* debido a los tonelajes reportados en las zafras anteriores

Los sistemas de riego utilizados en su mayoría son los de miniaspersión y aspersión y en algunos casos mecanizados, utilizando láminas de riego de 6 centímetros esto es debido a la evapotranspiración que se tiene en el día que es de 5.5 a 6 mm.

Los sistemas de riego en esta zona utilizan frecuencias de riego de 8 a 10 días, esto se debe al alto contenido de arena que poseen estos suelo.

La textura de suelo predominante en esta zona fue Franco arenosa, estos suelos presentaron una alta velocidad de infiltración debido a la estructura indefinida que tienen.

En la figura 2.41 se presenta el mapa de texturas de suelo correspondiente a la región Central Sur, en donde se ve la predominancia de los suelos Franco arenosos. Para dicha región se realizaron 7 evaluaciones remarcadas en el mapa.

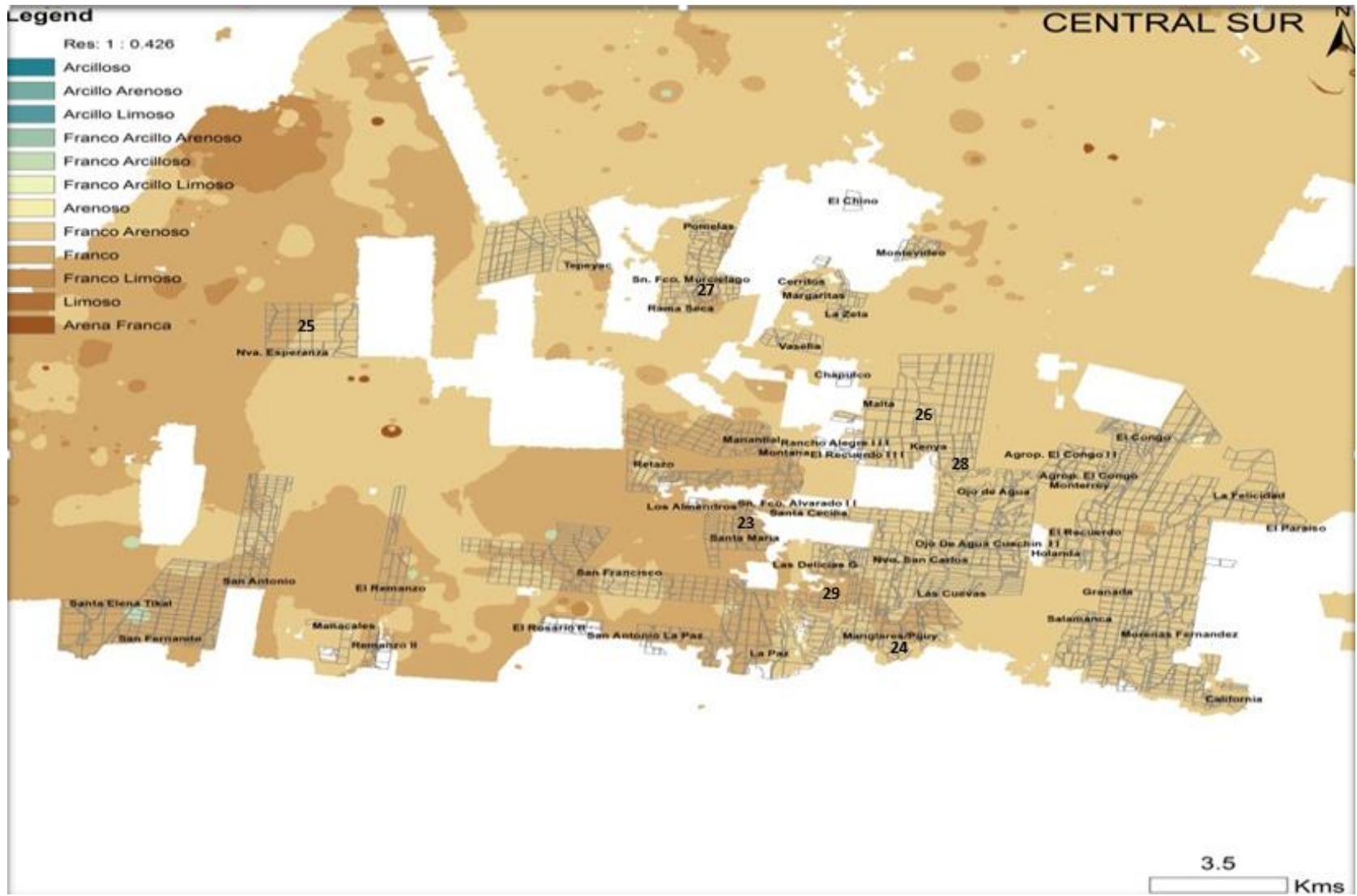


Figura 2.41 Mapa de texturas de suelos región Central Sur, Ingenio Magdalena 2,011.

2.6.4.1 Punto 23 finca Santa María

El cuadro 2.33 la información de diseño de riego para esta finca, además de los resultados de constantes físicas de análisis de muestras de suelo y el cálculo de infiltración básica (cm/hr) y lámina de humedad rápidamente aprovechable (cm).

Cuadro 2.33 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Santa María.

Ubicación: La Gomera, Escuintla		Región productiva: Central Sur	
Administración: Santa María		Finca: Santa María	
Sistema : Aspersión		Modelo Aspersor: Nelson F100,F150	
Coordenadas: 13 ° 59' 18.3" Norte ; 91 ° 05' 12.4" Oeste			
Fuente de abastecimiento: Noria		Estación de bombeo: Móvil	
Distanciamiento entre aspersores: 45 m		Distanciamiento entre laterales: 45 m	
Frecuencia de riego: 15 días		Área de la finca: 219.02 ha	
Estrato evaluado	A (0 a 20cm)	B (20 a 40cm)	C (40 a 60cm)
Textura de suelo	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco areno arcilloso
Capacidad de campo	3.33 %	38.16 %	48.84 %
Punto marchitez permanente	20.31 %	24.95 %	37.79 %
Densidad aparente (gr/cm ³)	0.91	0.97	0.9
Lámina de humedad aprovechable (cm)	2.41	2.56	1.98
Lámina de humedad rápidamente aprovechable	4.16 cm		
Lámina de diseño	5.5 cm	55 mm	
Infiltración básica	2.74 cm/hr	27.4 mm/hr	
Intensidad de riego aspersor	2.51 cm/hr	25.1 mm/hr	

La infiltración para este punto fué de 2.74 cm/hr, comparándola con la intensidad de riego generada por los aspersores tipo cañon Nelson F100 (2.51cm/hr) y F150 (2.58 cm/hr), se pudo determinar que no habrá problemas con encharcamientos, debido a que la velocidad de infiltración es mayor a la intensidad de riego.

La infiltración básica se encontró a las 4 horas de duración de la prueba (Figura 2.42).

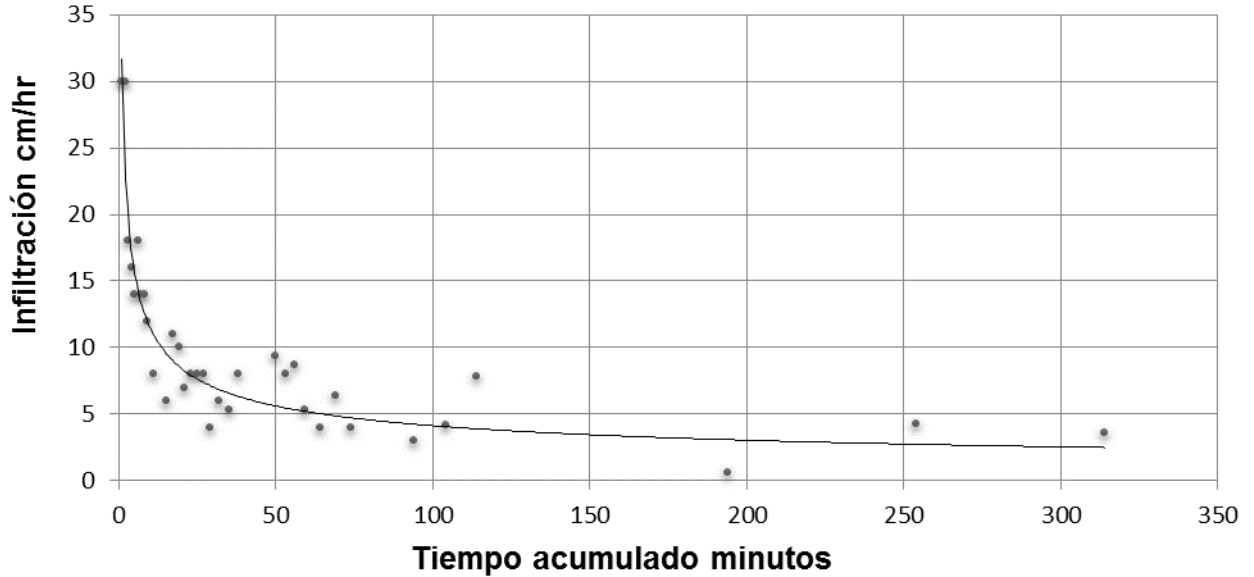


Figura 2.42 Curva de infiltración básica finca Santa María.

Este perfil mostró la capacidad de retener una lámina de agua de 4.16 cm, al consumirse 2.49 cm equivalente al 60% de la humedad es necesario aplicar el riego, para evitar caer en la zona de punto de marchitez permanente (%).

2.6.4.2 Punto 24 finca Manglares

El cuadro 2.34 muestra la información de diseño de riego para esta finca, además de los resultados de constantes físicas de análisis de muestras de suelo y el cálculo de infiltración básica (cm/hr) y lámina de humedad rápidamente aprovechable (cm).

Cuadro 2.34 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Manglares.

Ubicación: La Gomera, Escuintla		Región productiva: Central Sur	
Administración: La Felicidad		Finca: Manglares	
Sistema : Mini aspersión		Modelo Aspersor: Naan 503SD	
Coordenadas: 13° 57' 34.1" Norte ; 91° 04' 2.1" Oeste			
Fuente de abastecimiento: Pozo mecánico		Estación de bombeo: Semi fija	
Distanciamiento entre aspersores: 12 m		Distanciamiento entre laterales: 18 m	
Frecuencia de riego: 8.5 días		Área de la finca: 164.15 ha	
Estrato evaluado	A (0 a 20cm)	B (20 a 40cm)	C (40 a 60cm)
Textura de suelo	Franco areno arcilloso	Franco areno arcilloso	Franco arenoso
Capacidad de campo	28.58 %	30.21 %	36.92 %
Punto marchitez permanente	22.87 %	27.26 %	31.12 %
Densidad aparente (gr/cm ³)	1.04	0.99	0.85
Lámina de humedad aprovechable (cm)	1.18	0.58	0.98
Lámina de humedad rápidamente aprovechable	1.65 cm		
Lámina de diseño	5.5 cm	55 mm	
Infiltración básica	3.38 cm/hr	33.8 mm/hr	
Intensidad de riego aspersor	0.46 cm/hr	46 mm/hr	

La infiltración básica para este punto fué de 3.38 cm/hr, al compararla con la intensidad de riego 0.46 cm/hr generada por el miniaspersor Naan 5035SD, se pudo determinar que no habrá problemas con encharcamientos debido a que la velocidad de infiltración del agua es mayor a la intensidad de riego.

La infiltración básica se encontró a las 4 horas con 30 minutos de duración de la prueba (Figura 2.43).

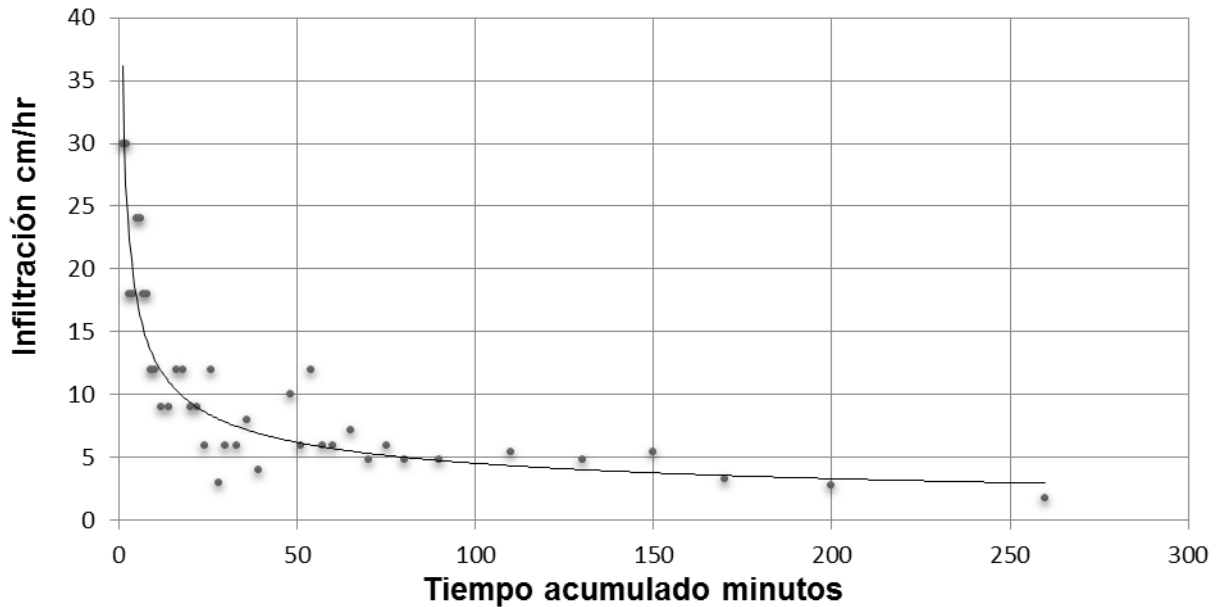


Figura 2.43 Curva de infiltración básica finca Manglares.

El suelo evaluado tiene la capacidad de retener una lámina de agua de 1.65 cm al consumirse el 60% (0.99 cm) de la humedad en el suelo, es necesaria la aplicación del riego con el fin de evitar que la humedad llegue a la zona de punto de marchitez permanente.

2.6.4.3 Punto 25 finca Nueva Esperanza

La información de diseño de riego para esta finca y los resultados de constantes físicas de humedad como también la infiltración básica y lámina de humedad rápidamente aprovechable se muestra en el cuadro 2.35.

Cuadro 2.35 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Nueva Esperanza.

Ubicación: La Gomera, Escuintla		Región productiva: Central Sur	
Administración: Santa María		Finca: Nueva Esperanza	
Sistema : Mini aspersión		Modelo Aspersor: Naan 503SD	
Coordenadas: 14 ° 08' 41.3" Norte ; 91 ° 11' 26.8" Oeste			
Fuente de abastecimiento: Pozo mecánico		Estación de bombeo: Semi fija	
Distanciamiento entre aspersores: 12 m		Distanciamiento entre laterales: 18 m	
Frecuencia de riego: 8.5 días		Área de la finca: 464.10 ha	
Estrato evaluado	A (0 a 20cm)	B (20 a 40cm)	C (40 a 60cm)
Textura de suelo	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso
Capacidad de campo	31.1 %	18.04 %	41.13 %
Punto marchitez permanente	26.77 %	14.51 %	32.37 %
Densidad aparente (gr/cm ³)	1.19	1.02	0.99
Lámina de humedad aprovechable (cm)	1.03	0.7	0.43
Lámina de humedad rápidamente aprovechable	2.08 cm		
Lámina de diseño	5.5 cm	55 mm	
Infiltración básica	2.4 cm/hr	24 mm/hr	
Intensidad de riego aspersor	0.46 cm/hr	46 mm/hr	

La infiltración para este punto fué de 2.4 cm/hr al ser comparada con la intensidad de riego de 0.46 cm/hr generada por un miniaspersor Naan 5035SD se pudo determinar que no existiran problemas con encharcamientos debido a que la velocidad de infiltración es mayor a la intensidad de riego.

La infiltración básica para este punto se encontró a las 4 horas de ejecución de la prueba (Figura 2.44).

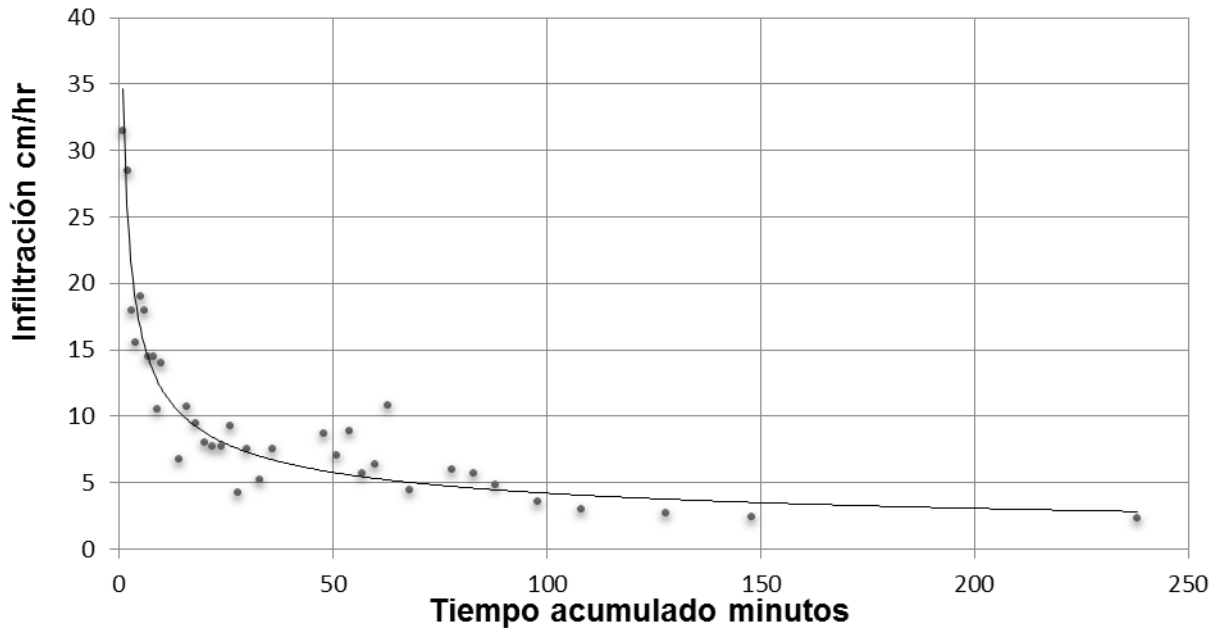


Figura 2.44 Curva de infiltración básica finca Nueva Esperanza.

Este suelo tiene la capacidad de retener una lámina de agua de 2.08 cm al consumirse el 60% de esta lámina 1.24 cm es necesario aplicar el riego, esto para evitar que la humedad llegue a la zona de punto de marchitez permanente (%).

2.6.4.4 Punto 26 finca Malta I

El cuadro 2.36 muestra la información de diseño de riego para esta finca, además de los resultados de constantes físicas de análisis de muestras de suelo y el cálculo de infiltración básica (cm/hr) y lámina de humedad rápidamente aprovechable (cm).

Cuadro 2.36 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Malta I.

Ubicación: La Gomera, Escuintla		Región productiva: Central Sur	
Administración: Santa María		Finca: Malta I	
Sistema : Mini aspersión		Modelo Aspersor: Naan 503SD	
Coordenadas: 14° 01' 42.01" Norte ; 91° 02' 42.7" Oeste			
Fuente de abastecimiento: Pozo mecánico		Estación de bombeo: Semi fija	
Distanciamiento entre aspersores: 12 m		Distanciamiento entre laterales: 18 m	
Frecuencia de riego: 8.5 días		Área de la finca: 837.33 ha	
Estrato evaluado	A (0 a 20cm)	B (20 a 40cm)	C (40 a 60cm)
Textura de suelo	Franco arenoso	Franco arenoso	Areno franco
Capacidad de campo	12.66 %	7.4 %	3.8 %
Punto marchitez permanente	8.4 %	4.63 %	3.07 %
Densidad aparente (gr/cm ³)	1.13	1.28	1.41
Lámina de humedad aprovechable (cm)	0.96	0.77	0.2
Lámina de humedad rápidamente aprovechable	1.11 cm		
Lámina de diseño	5.5 cm	55 mm	
Infiltración básica	4.41 cm/hr	44.1 mm/hr	
Intensidad de riego aspersor	0.46 cm/hr	46 mm/hr	

La infiltración para este perfil evaluado fué de 4.41 cm/hr al ser comparada con la intensidad de 0.46 cm/hr generada por el miniaspersor Naan 5035SD, se pudo determinar que no existiran problemas de encharcamientos debido a que la velocidad de infiltración es mayor que la intensidad de riego.

La infiltración básica se determinó a las 4 horas de ejecución de la prueba (Figura 2.45).

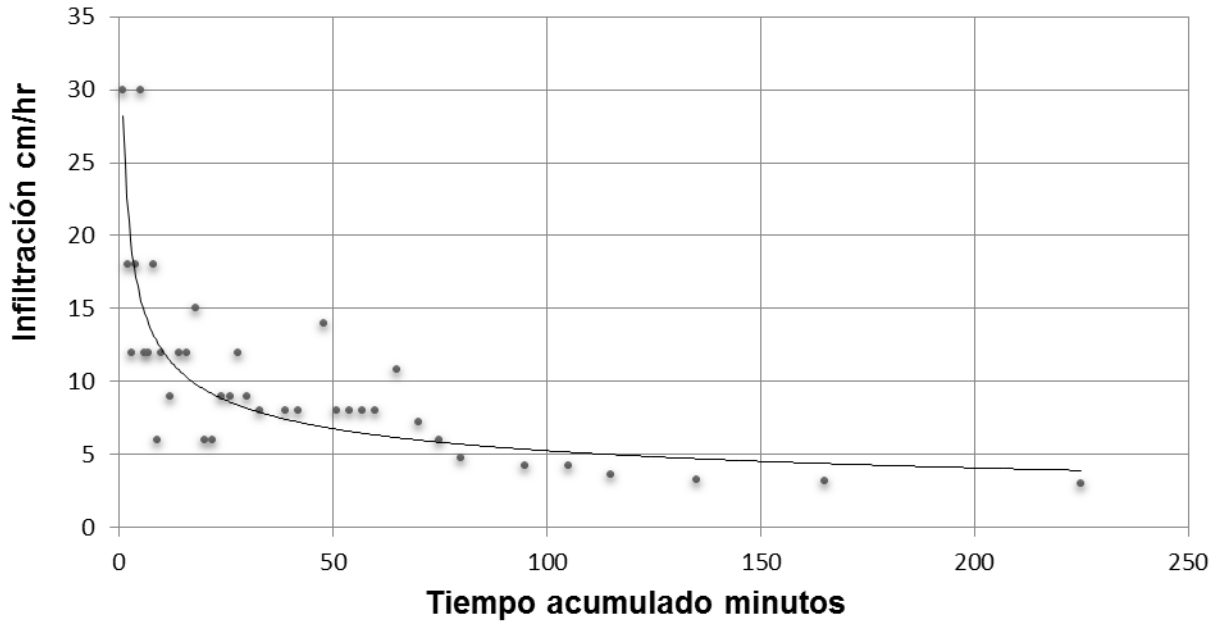


Figura 2.45 Curva de infiltración básica finca Malta I.

El perfil evaluado tiene la capacidad de retener una lámina de agua 1.11 cm, al consumirse el 60% de dicha lámina (0.66 cm) es necesario aplicar el riego, evitándose así que la humedad baje a la zona de punto de marchitez permanente (%).

2.6.4.5 Punto 27 finca Murciélago

El cuadro 2.37 la información de diseño de riego para esta finca, además de los resultados de constantes físicas de análisis de muestras de suelo y el cálculo de infiltración básica (cm/hr) y lámina de humedad rápidamente aprovechable (cm).

Cuadro 2.37 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Murciélago.

Ubicación: La Gomera, Escuintla		Región productiva: Central Sur	
Administración: Santa María		Finca: Murciélago	
Sistema : Aspersión		Modelo Aspersor: Nelson F100,F150	
Coordenadas: 14 ° 04' 44.2" Norte ; 91 ° 05' 44.9" Oeste			
Fuente de abastecimiento: Quinel		Estación de bombeo: Móvil	
Distanciamiento entre aspersores: 45 m		Distanciamiento entre laterales: 45 m	
Frecuencia de riego: 15 días		Área de la finca: 174.02 ha	
Estrato evaluado	A (0 a 20cm)	B (20 a 40cm)	C (40 a 60cm)
Textura de suelo	Areno franco	Areno franco	Areno franco
Capacidad de campo	11.83 %	10.85 %	9.84 %
Densidad aparente (gr/cm ³)	7.63 %	7.03 %	6.89 %
Lamina de humedad aprovechable (cm)	1.28	1.33	1.34
Lámina de humedad aprovechable (cm)	1.06	1.01	0.79
Lámina de humedad rápidamente aprovechable	1.7 cm		
Lámina de diseño	5.5 cm	55 mm	
Infiltración básica	4.42 cm/hr	44.2 mm/hr	
Intensidad de riego aspersor	2.51 cm/hr	25.1 mm/hr	

La infiltración para este punto fué de 4.42 cm/hr al ser comparada con la intensidad de riego que generan los aspersores tipo cañon Nelson F100 (2.51 cm) y F150 (2.58 cm), su pudo determinar que no existieran problemas de encharcamientos debido a que la infiltración obtenida en el punto es mayor a la intensidad generada por el aspersor.

La infiltración básica para este punto se encontró a las 5 horas de ejecución de la prueba (Figura 2.46).

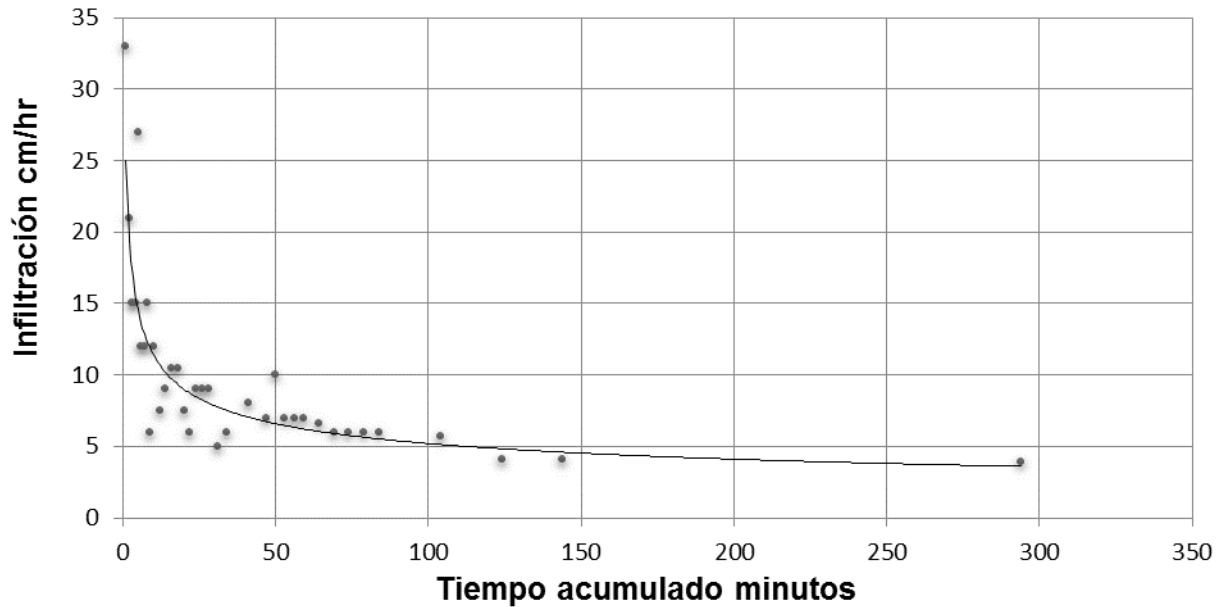


Figura 2.46 Curva de infiltración básica finca Murciélagos.

El perfil evaluado tiene la capacidad de retener una lámina de agua de 3.25 cm al consumirse el 60% de esta lámina (1.95 cm), es necesaria la aplicación del riego ya que la humedad podría bajar a la zona de punto de marchitez permanente (%).

2.6.4.6 Punto 28 finca Kenia

En el cuadro 2.38 se presenta la información de diseño para esta finca, además de los resultados de constantes físicas de suelos, infiltración básica (cm/hr) y lámina de humedad rápidamente aprovechable (cm).

Cuadro 2.38 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Kenia.

Ubicación: La Gomera, Escuintla		Región productiva: Central Sur	
Administración: Santa María		Finca: Kenia	
Sistema : Aspersión		Modelo Aspersor: Nelson F100,F150	
Coordenadas: 14 ° 00' 34.8" Norte ; 91 ° 02' 55.3" Oeste			
Fuente de abastecimiento: Quinel		Estación de bombeo: Móvil	
Distanciamiento entre aspersores: 45 m		Distanciamiento entre laterales: 45 m	
Frecuencia de riego: 15 días		Área de la finca: 385.41 ha	
Estrato evaluado	A (0 a 20cm)	B (20 a 40cm)	C (40 a 60cm)
Textura de suelo	Franco arenoso	Areno franco	Areno franco
Capacidad de campo	28.5 %	11.28 %	9.82 %
Punto marchitez permanente	13.86 %	6.15 %	7.25 %
Densidad aparente (gr/cm ³)	1.22	1.00	0.97
Lámina de humedad aprovechable (cm)	3.57	1.02	0.49
Lámina de humedad rápidamente aprovechable	3.04 cm		
Lámina de diseño	5.5 cm	55 mm	
Infiltración básica	4.58 cm/hr	45.8 mm/hr	
Intensidad de riego aspersor	2.51 cm/hr	25.1 mm/hr	

La infiltración para este punto fue de 3.04 cm/h al compararse este dato con la intensidad de riego generada por los modelos de aspersores tipo cañon Nelson F100 (2.51 cm/hr) y F150 (2.58 cm/hr) se determinó que no existiran problemas con encharcamiento debido a que la velocidad de infiltración es mayor que la intensidad de riego.

La infiltración básica se encontró a las 4 horas de ejecución de la prueba (Figura 2.47).

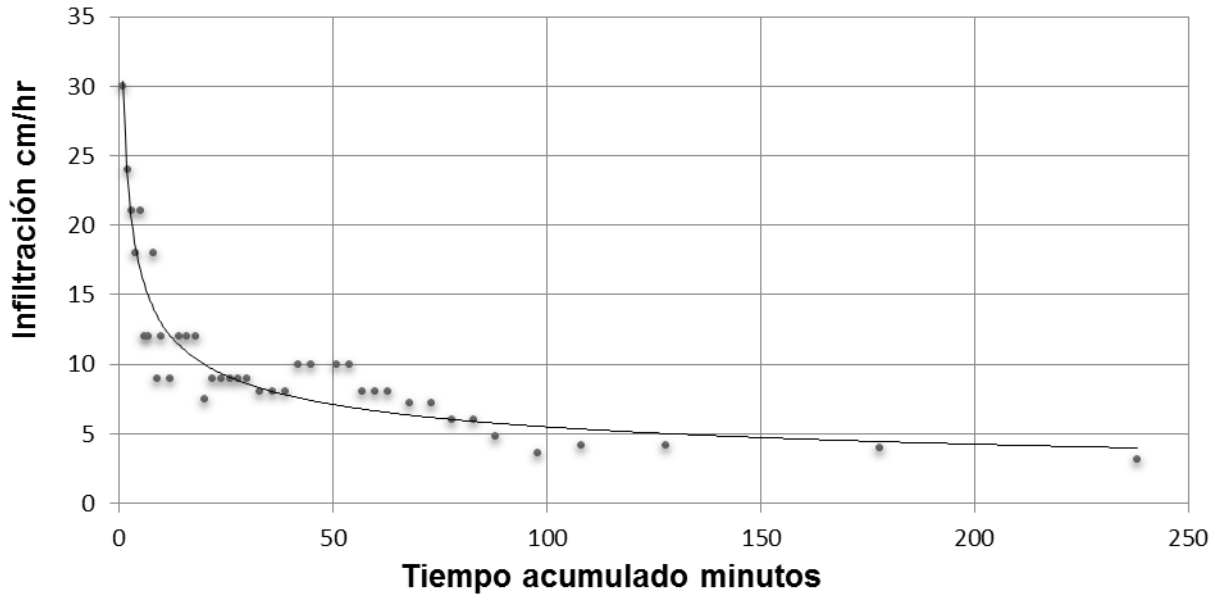


Figura 2.47 Curva de infiltración básica finca Kenia.

La capacidad de retención de humedad que presentó el perfil de suelo evaluado, es de 3.04 cm, al consumirse el 60% de lámina (1.82 cm) es necesario aplicar el riego para evitar que la humedad del suelo llegue a punto de marchitez permanente (%).

2.6.4.7 Punto 29 finca Las Delicias

El cuadro 2.39 la información de diseño de riego para esta finca, además de los resultados de constantes físicas de análisis de muestras de suelo y el cálculo de infiltración básica (cm/hr) y lámina de humedad rápidamente aprovechable (cm).

Cuadro 2.39 Resultados de análisis y cálculos de estudios realizados en finca Las Delicias.

Ubicación: La Gomera, Escuintla		Región productiva: Central Sur	
Administración: La Felicidad		Finca: Las Delicias	
Sistema : Aspersión		Modelo Aspersor: Nelson F100,F150	
Coordenadas: 13 ° 58' 14.5" Norte ; 91 ° 04' 28.02" Oeste			
Fuente de abastecimiento: Noria		Estación de bombeo: Móvil	
Distanciamiento entre aspersores: 45 m		Distanciamiento entre laterales: 45 m	
Frecuencia de riego: 15 días		Área de la finca: 216.77 ha	
Estrato evaluado	A (0 a 20cm)	B (20 a 40cm)	C (40 a 60cm)
Textura de suelo	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso
Capacidad de campo	47.48 %	32.68 %	35.91 %
Punto marchitez permanente	36.08 %	21.86 %	27.95 %
Densidad aparente (gr/cm ³)	0.9	1.03	0.88
Lámina de humedad aprovechable (cm)	2.05	2.22	1.4
Lámina de humedad rápidamente aprovechable	3.4 cm		
Lámina de diseño	5.5 cm	55 mm	
Infiltración básica	3.74 cm/hr	37.4 mm/hr	
Intensidad de riego aspersor	2.51 cm/hr	25.1 mm/hr	

El valor de infiltración para este punto fué de 3.74 cm/hr, al comparar este valor con la intensidad de 0.46 cm/hr que genera el miniaspersor Naan 5035SD, se pudo notar que no existiran problemas de encharcamientos debido a que la infiltración sobrepasa a la intensidad de riego.

La infiltración básica se encontró a las 4 horas de ejecución de la prueba (Figura 2.48).

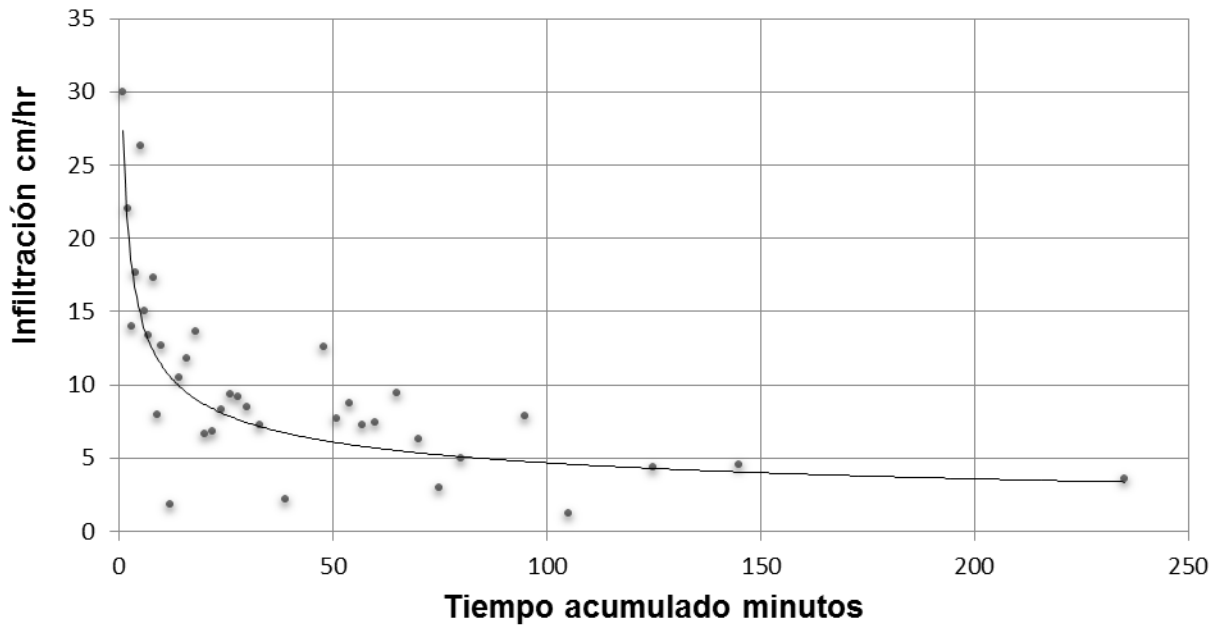


Figura 2.48 Curva de infiltración básica finca Las Delicias.

El suelo evaluado tiene una capacidad de retener una lámina de agua de 3.4 cm al consumirse el 60% (0.24 cm) es necesario aplicar el riego, para evitar que la humedad llegue a punto de marchitez permanente.

2.6.5 Texturas de suelo encontradas con mayor frecuencia

En la Figura 2.49 se muestran las principales texturas encontradas en la realización de 87 muestreos de suelos que se realizaron. Siendo las predominantes las texturas Franco arenoso y Franco arenoso arcilloso.

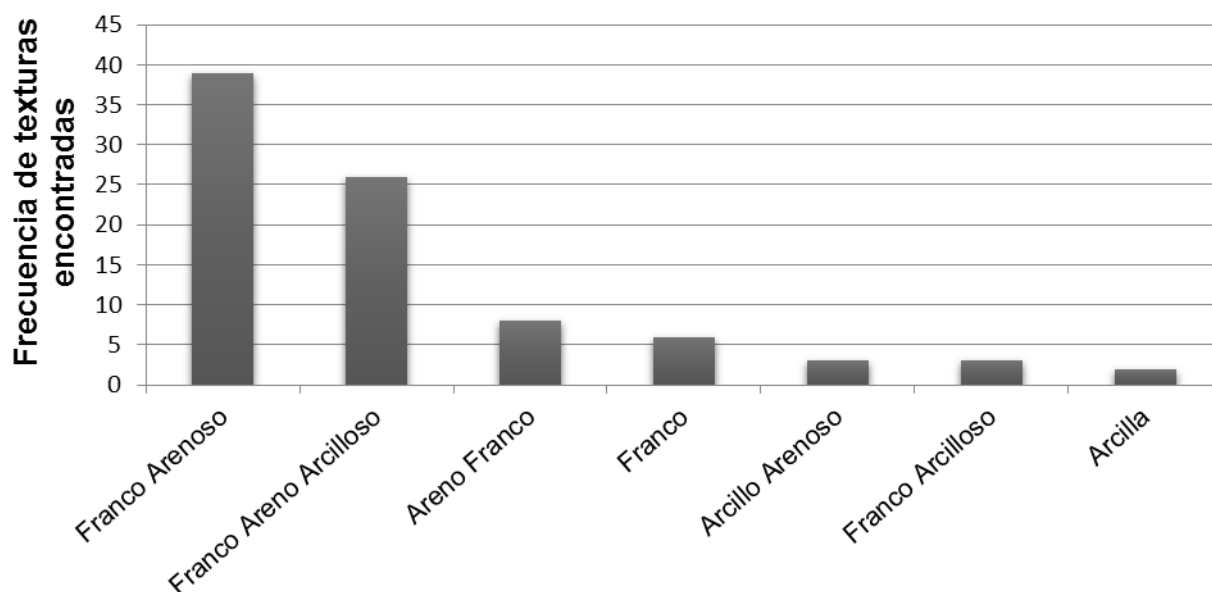


Figura 2.49 Frecuencias de texturas de suelo encontradas (la numeración asignada que tiene cada barra significa la frecuencia con la que se encontró cada clase textural).

2.6.6 Rangos de infiltración básica (cm/hr) con respecto a la textura de suelo

En la Figura 2.50 se muestran los valores medios de infiltración básica (cm/hr) con respecto a la textura de suelo encontrados, mostrándose que las texturas con mayor contenido de arena presentan rangos mayores de infiltración comparado con las arcillosas.

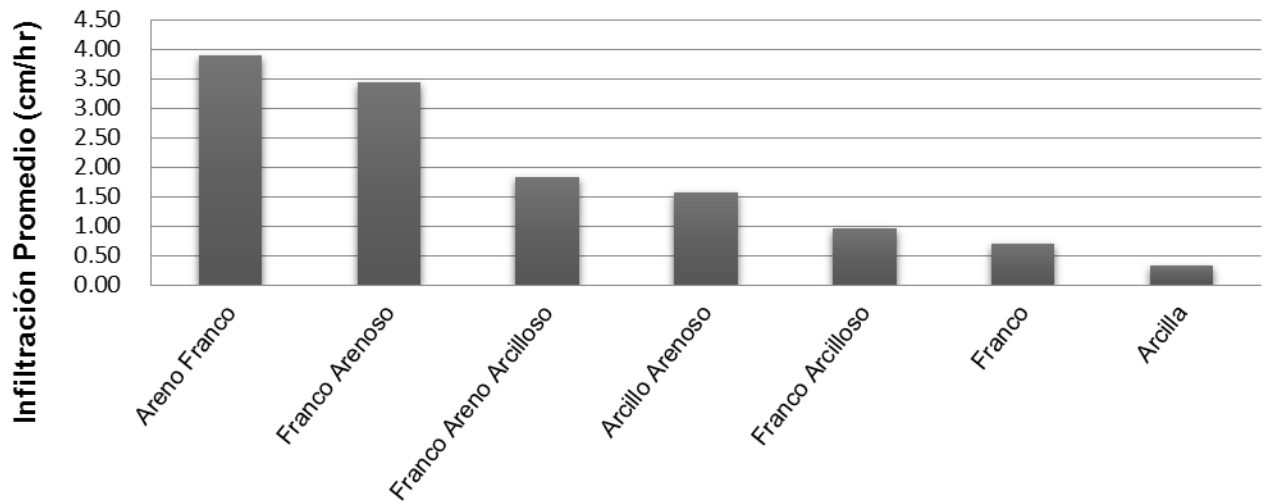


Figura 2.50 Infiltración básica promedio por textura de suelo.

2.6.7 Comparación de infiltración básica e intensidad de riego

En la Figura 2.51 se muestra la comparación de la velocidad de infiltración, la intensidad de riego (cm/hr) por sistema de riego utilizado ya que en base a esto se determina la intensidad con la que aplica un aspersor una lámina de riego, tomando en cuenta la textura de suelo.

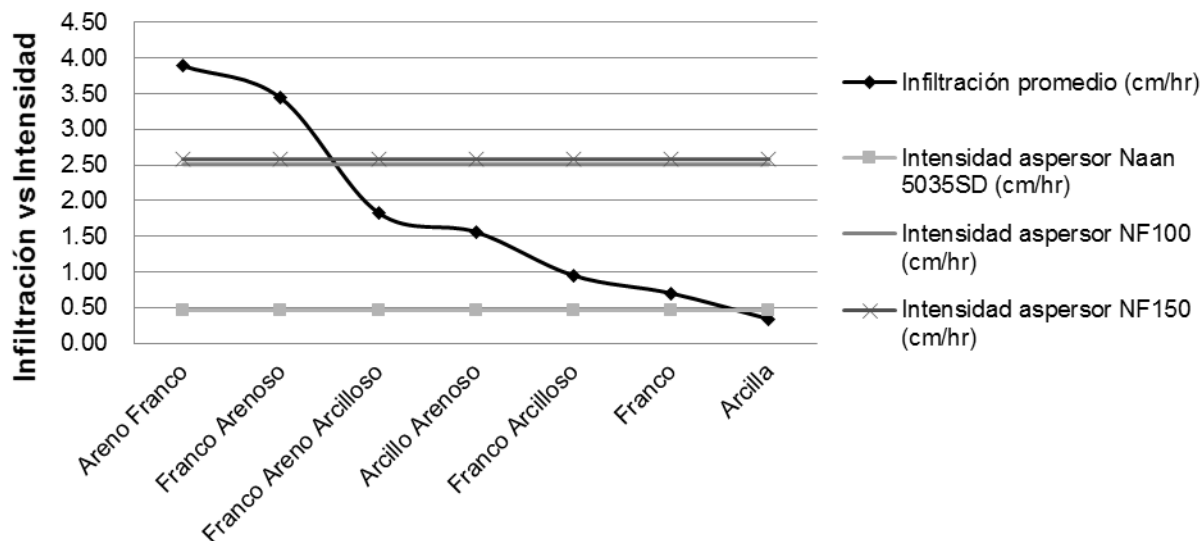


Figura 2.51 Comparación general de infiltración vs intensidad de riego generada por modelo de aspersores, tomando en cuenta la textura de suelo. Se pueden ver los parámetros de infiltración básica promedio (cm/hr) por cada textura de suelo evaluada, teniendo los valores más altos en suelos arenosos.

Las texturas que mostraron su línea de infiltración por debajo de las líneas de intensidad de riego generada por los aspersores tipo cañon Nelson F100 (2.51cm/hr) y F150 (2.58 cm/hr) o en el caso del suelo arcilloso que se encontró por debajo de la intensidad aplicada por el miniaspersor Naan 5035SD (0.46 cm/hr), se denominan como puntos críticos ya que dichas texturas tienen problemas con la distribución del agua en el estrato, presentando problemas de encharcamientos y escorrentías por su capacidad de absorción.

2.6.8 Intensidad de riego de fincas con sistemas de riego miniaspersión

En la Figura 2.52 se listan las fincas que utilizan un sistema de riego de miniaspersión, como se ha mencionado anteriormente estos equipos utilizan un miniaspersor marca Naandanhan 5035SD operando dichos aspersores a 45 psi generando un caudal de 4.4 galones por minuto y una intensidad de riego de 0.46 centímetros por hora.

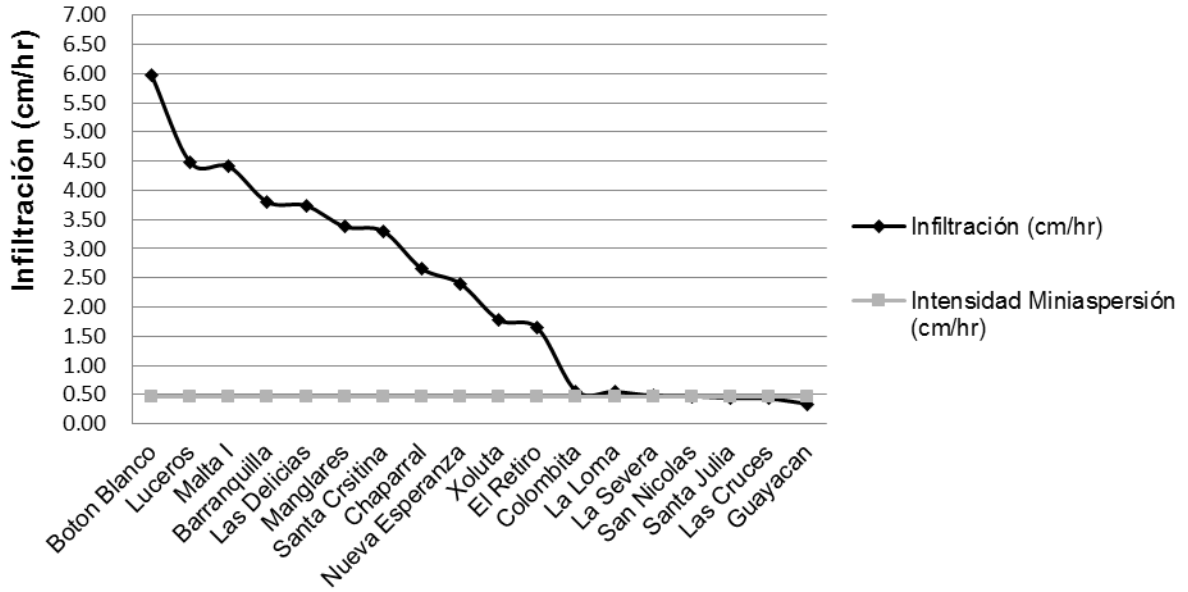


Figura 2.52 Comparación de intensidad de riego para fincas que utilizan el sistema de Miniaspersión.

Las fincas que se encontraron por debajo de la intensidad de riego se consideran críticos debido a que tienen poca capacidad de distribuir la humedad en el momento que se este aplicando el riego.

Este problema se encontrará principalmente en los suelos que poseean alto contenido de arcilla, en los cuales la velocidad de infiltración es baja.

2.6.9 Instensidad de riego de fincas con sistemas de riego aspersion

En la Figura 2.53 se puede ver el comportamiento que tiene la infiltración comparándola con la intensidad de riego que generan los aspersores tipo cañon Nelson F100 y F150.

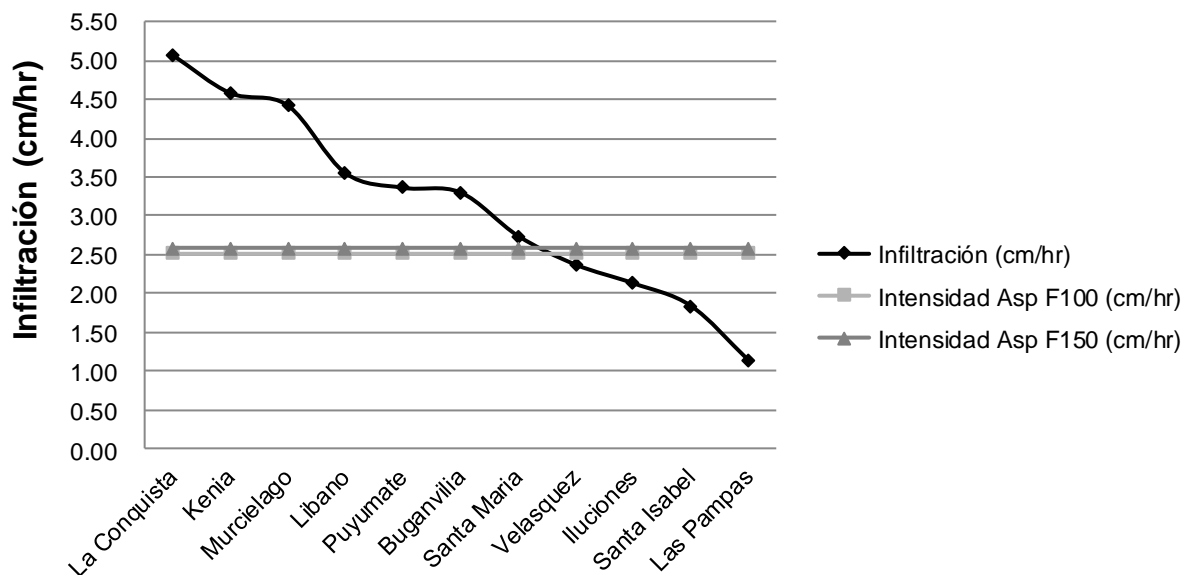


Figura 2.53 Comparación de intensidad de riego para fincas que utilizan el sistema de aspersión, evaluando los modelos F100 y F150.

Los valores de infiltración que se encuentran por debajo de a línea de intensidad presentarán problemas con encharcamientos, esto es debido a que la intensidad generada por los aspersores es mayor.

A pesar que son suelos que poseen alto contenido de arena su capacidad de absorción y distribución de agua dentro del perfil del suelo evaluado es baja, por lo que se recomienda para las fincas Velásquez, Ilusiones, Santa Isabel y Las Pampas, la utilización de sistemas de miniaspersión ya que la intensidad de riego que genera un miniaspersor es de 0.46 cm/hr.

2.6.10 Rangos de infiltración básica encontrados

En el cuadro 2.40 describen los rangos encontrados de infiltración básica por región productiva del Ingenio Magdalena S.A, clasificándolas según el USDA, además se agrega una descripción según el estudio donde se compara con los valores de cada región siendo los valores más bajos 0.4 cm/hr y los más altos 6cm/hr.

Cuadro 2.40 Rangos y descripciones de la infiltración básica según estudios realizados.

Región Productiva	Rangos de Infiltración básica (cm/hr)	Denominación según el USDA	Denominación establecida por el estudio
Oriental	2.5 a 6	Moderada	Alta
Occidental	0.4 a 3.5	Moderadamente Lenta	Baja
Central Norte	2.5 a 4.5	Moderada	Alta
Central Sur	2.5 a 4.6	Moderada	Alta

2.6.11 Mapas de infiltración básica

A la hora de hacer grafica la información fue necesaria la elaboración de los mapas de infiltración básica (cm/hr) , tomando como rango 0.5 cm que es el valor mas bajo.

En el anexo, se presentan las Figuras A2.54, A2.55, A2.56, A2.57 y A2.58, estos son los mapas de interpolaciones de los rangos de infiltración básica obtenidos.

2.7 CONCLUSIONES

Se caracterizaron los suelos de 29 fincas pertenecientes al Ingenio Magdalena, de los cuales se determinó la infiltración básica (cm/hr) en relación con la textura de suelo, tomándose en cuenta la variabilidad edafo climática propia de cada región productiva de caña de azúcar (*Sacharum spp*).

Las principales texturas de suelo encontradas con mayor frecuencia fueron las Franco arenosas predominando en un 45% del total (87 sub muestras) recolectadas, seguido de la Franco areno arcillosa en un 30% y por último la Areno franco con un 9%, dichas texturas de suelo se caracterizan por tener valores de densidad aparente altos que pueden

ir desde 1 a 1.5 gr/cm³, con una capacidad de campo (%) que puede ir de los 10 a 18 , y un punto de marchitez permanente (%) que se encuentra entre 4 y 8.

Se determinó la infiltración básica (cm/hr) utilizando el método de infiltrómetro de doble cilindro, realizándose en la región Oriente 4 pruebas, Occidente 13 pruebas, Central Norte 5 pruebas y en la Central Sur un total de 7 pruebas. Tomándose en cuenta la variabilidad de suelos por región productiva.

Se determinó el parámetro de Lámina Rápidamente Aprovechable LHRA (cm) tomándose en cuenta los parámetros físicos (Dap, CC, PMP) de cada una de las 87 de sub muestras de suelo recolectadas en campo y analizadas en laboratorio.

Se elaboró un mapa donde se relaciona la infiltración básica (cm/hr) según la textura de suelo, presentando rangos promedios por finca y por región de producción.

2.8 RECOMENDACIONES

Caracterizar los suelos previo al diseño o rediseño de riego para una finca nueva o una que será rediseñada, haciendo mención de las principales parámetros físicos tales como textura, infiltración básica (cm/hr) y lámina de agua aprovechable, con el fin de implementar un sistema de riego en función de las características edafo climáticas del área.

Para las fincas que posean suelos con las texturas Franco arenoso, Franco areno arcilloso y Areno franco se recomienda reducir los tiempos de riego debido la velocidad de

infiltración relativamente alta; por esa razón se perderá la humedad fácilmente, se recomienda reducir los tiempos de riego utilizando frecuencias de riego de 9 a 10 días.

Para las fincas que posean suelos con las texturas Franco, Arcillo arenoso, Franco arcilloso y Arcilloso se recomienda utilizar unicamente el sistema miniaspersión debido a la baja velocidad de infiltración que poseen, cada miniaspersor genera 0.46 cm/hr de intensidad por lo que se evitara encharcamientos, además se pueden utilizar tiempos de riego de 10 a 12 horas utilizando frecuencias de riego de 12 a 15 días.

2.9 BIBLIOGRAFÍA

1. Castro, O. 2012. El riego en el cultivo de la caña de azúcar. *In* CENGICAÑA (Centro de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT). 2012. El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala. Guatemala, Artemis Edinter. p. 177-201.
2. CENGICAÑA (Centro de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT). 1996a. Estudio semi-detallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala. Guatemala, CEDIGUAT. p. 3-214.
3. _____. 1996b. Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala: anexo I. Guatemala, CEDIGUAT. p. 1-137.

4. URL (Universidad Rafael Landívar, GT). 2003. Informe ambiental de Guatemala y bases para la evaluación sistemática de estado de ambiente. Guatemala. p. 21-85
5. _____. 2004. Informe anual 2003-2004. Guatemala. 32 p.
6. _____. 2008. Informe anual 2007–2008. Guatemala. 75 p.
7. Sandoval, JE. 2007. Principios de riego y drenaje. Guatemala, USAC, Editorial Universitaria. p. 31-158.
8. Tarjuelo, J; Tarjuelo Martín-Benito, JM. 2005. El riego por aspersión y su tecnología. España, Mundi-Prensa. p. 19-377.

2.10 ANEXOS



Figura 2.54 A Mapa de interpolaciones y rangos de infiltración básica, región Oriente.

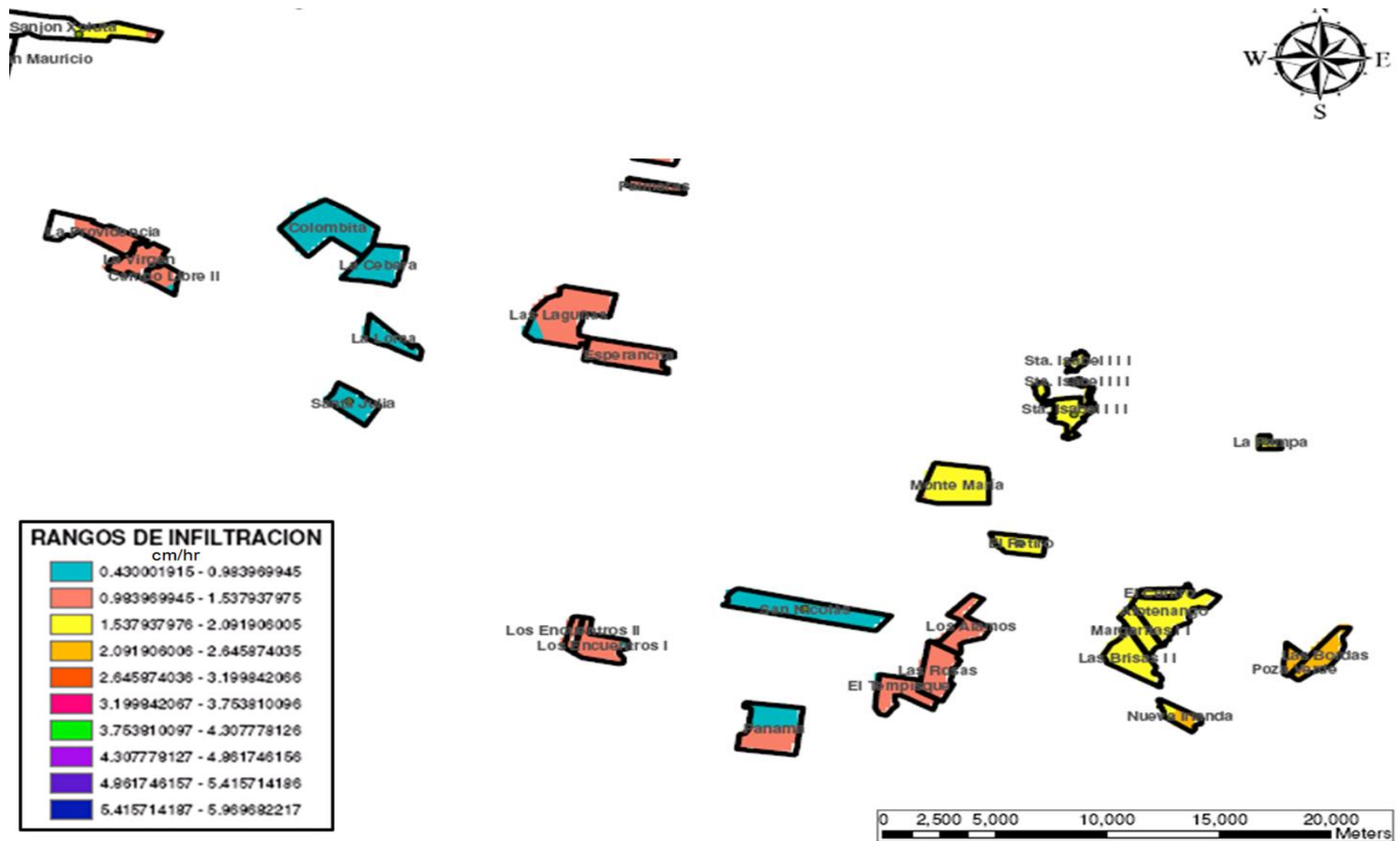


Figura 2.55 A Mapa de interpolaciones y rangos de infiltración básica, región Occidente A

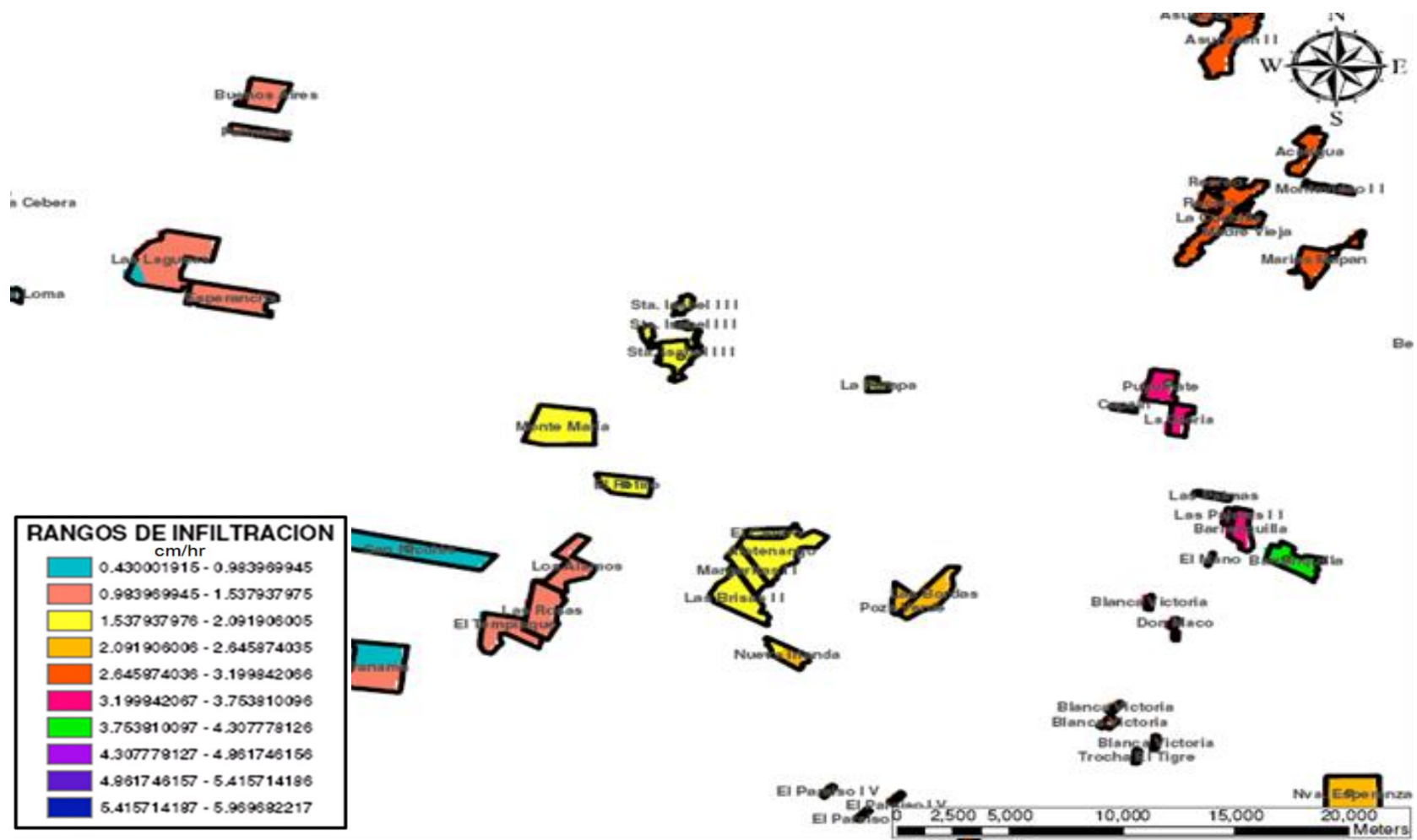


Figura 2.56 A Mapa de interpolaciones y rangos de infiltración básica, región Occidente B.



Figura 2.58 A Mapa de interpolaciones y rangos de infiltración básica, región Central Sur.

Cuadro 2.41 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Chaparral.

Prueba		1									
Región		Oriente									
Administración		Chaparral									
Finca		Chaparral									
No	Hora de Lectura	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencias de Lectura (cm)	Infiltración (cm/hr)	Tiempo Acumulado (min)			Suma log l	Suma log t
								log l	Log t		
1	11:58:00	0	0	20.00	0	0	0				
2	11:59:00	1	1	19.50	0.50	30.00	1	1.47712	0.0000		
3	12:00:00	1	2	19.20	0.30	18.00	2	1.25527	0.3010		
4	12:01:00	1	3	19.00	0.20	12.00	3	1.07918	0.4771		
5	12:02:00	1	4	18.80	0.20	12.00	4	1.07918	0.6021		
6	12:03:00	1	5	18.70	0.10	6.00	5	0.77815	0.6990		
7	12:04:00	1	6	18.60	0.10	6.00	6	0.77815	0.7782		
8	12:05:00	1	7	18.50	0.10	6.00	7	0.77815	0.8451		
9	12:06:00	1	8	18.40	0.10	6.00	8	0.77815	0.9031		
10	12:07:00	1	9	18.30	0.10	6.00	9	0.77815	0.9542		
11	12:09:00	2	11	18.00	0.30	9.00	11	0.95424	1.0414		
12	12:11:00	2	13	17.80	0.20	6.00	13	0.77815	1.1139		
13	12:13:00	2	15	17.60	0.20	6.00	15	0.77815	1.1761		
14	12:15:00	2	17	17.50	0.10	3.00	17	0.47712	1.2304		
15	12:17:00	2	19	17.40	0.10	3.00	19	0.47712	1.2788		
16	12:19:00	2	21	17.10	0.30	9.00	21	0.95424	1.3222		
17	12:21:00	2	23	16.80	0.30	9.00	23	0.95424	1.3617		
18	12:23:00	2	25	16.70	0.10	3.00	25	0.47712	1.3979		
19	12:25:00	2	27	16.50	0.20	6.00	27	0.77815	1.4314		
20	12:27:00	2	29	16.40	0.10	3.00	29	0.47712	1.4624	15.88718	18.37604
21	12:30:00	3	32	16.20	0.20	4.00	32	0.60206	1.5051		
22	12:33:00	3	35	16.00	0.20	4.00	35	0.60206	1.5441		
23	12:36:00	3	38	15.70	0.30	6.00	38	0.77815	1.5798		
24	12:39:00	3	41	15.60	0.10	2.00	41	0.30103	1.6128		
25	12:42:00	3	44	15.40	0.20	4.00	44	0.60206	1.6435		
26	12:45:00	3	47	20.00	-4.60	-92.00	47				
27	12:48:00	3	50	19.70	0.30	6.00	50	0.77815	1.6990		
28	12:51:00	3	53	19.50	0.20	4.00	53	0.60206	1.7243		
29	12:54:00	3	56	19.30	0.20	4.00	56	0.60206	1.7482		
30	12:59:00	5	61	19.00	0.30	3.60	61	0.55630	1.7853		
31	13:04:00	5	66	18.80	0.20	2.40	66	0.38021	1.8195		
32	13:09:00	5	71	18.50	0.30	3.60	71	0.55630	1.8513		
33	13:14:00	5	76	18.20	0.30	3.60	76	0.55630	1.8808		
34	13:19:00	5	81	17.90	0.30	3.60	81	0.55630	1.9085		
35	13:29:00	10	91	17.40	0.50	3.00	91	0.47712	1.9590		
36	13:39:00	10	101	16.80	0.60	3.60	101	0.55630	2.0043		
37	13:49:00	10	111	16.20	0.60	3.60	111	0.55630	2.0453		
38	13:59:00	10	121	19.80	-3.60	-21.60	121				
39	14:19:00	20	141	18.70	1.10	3.30	141	0.51851	2.1492		
40	14:39:00	20	161	17.50	1.20	3.60	161	0.55630	2.2068		
41	15:09:00	30	191	15.70	1.80	3.60	191	0.55630	2.2810	10.69390	34.94787
42	16:09:00	60	251	12.60	3.10	3.10	251	0.49136	2.3997		

Cuadro 2.42 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Botón Blanco.

Prueba		2									
Región		Oriente									
Administración		Agropesa									
Finca		Boton Blanco									
No	Hora de Lectura	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencias de Lectura (cm)	Infiltracion (cm/hr)	Tiempo Acumulado (min)			Suma log I	Suma log t
								log I	Log t		
1	9:32:00	0	0	20.00	0	0	0				
2	9:33:00	1	1	19.50	0.50	30.00	1	1.47712	0.0000		
3	9:34:00	1	2	19.00	0.50	30.00	2	1.47712	0.3010		
4	9:35:00	1	3	18.50	0.50	30.00	3	1.47712	0.4771		
5	9:36:00	1	4	18.20	0.30	18.00	4	1.25527	0.6021		
6	9:37:00	1	5	18.00	0.20	12.00	5	1.07918	0.6990		
7	9:38:00	1	6	17.70	0.30	18.00	6	1.25527	0.7782		
8	9:39:00	1	7	17.40	0.30	18.00	7	1.25527	0.8451		
9	9:40:00	1	8	17.10	0.30	18.00	8	1.25527	0.9031		
10	9:42:00	2	10	16.80	0.30	9.00	10	0.95424	1.0000		
11	9:44:00	2	12	16.50	0.30	9.00	12	0.95424	1.0792		
12	9:46:00	2	14	16.00	0.50	15.00	14	1.17609	1.1461		
13	9:48:00	2	16	16.60	-0.60	-18.00	16				
14	9:50:00	2	18	15.20	1.40	42.00	18	1.62325	1.2553		
15	9:52:00	2	20	14.50	0.70	21.00	20	1.32222	1.3010		
16	9:54:00	2	22	19.70	-5.20	-156.00	22				
17	9:56:00	2	24	19.20	0.50	15.00	24	1.17609	1.3802		
18	9:58:00	2	26	18.80	0.40	12.00	26	1.07918	1.4150		
19	10:00:00	2	28	18.50	0.30	9.00	28	0.95424	1.4472		
20	10:03:00	3	31	18.00	0.50	10.00	31	1.00000	1.4914	20.77119	16.12084
21	10:06:00	3	34	17.30	0.70	14.00	34	1.14613	1.5315		
22	10:09:00	3	37	17.00	0.30	6.00	37	0.77815	1.5682		
23	10:12:00	3	40	16.40	0.60	12.00	40	1.07918	1.6021		
24	10:15:00	3	43	15.80	0.60	12.00	43	1.07918	1.6335		
25	10:18:00	3	46	15.20	0.60	12.00	46	1.07918	1.6628		
26	10:21:00	3	49	19.70	-4.50	0.00	49				
27	10:24:00	3	52	19.20	0.50	10.00	52	1.00000	1.7160		
28	10:27:00	3	55	18.50	0.70	14.00	55	1.14613	1.7404		
29	10:30:00	3	58	17.90	0.60	12.00	58	1.07918	1.7634		
30	10:35:00	5	63	17.10	0.80	9.60	63	0.98227	1.7993		
31	10:40:00	5	68	16.30	0.80	9.60	68	0.98227	1.8325		
32	10:45:00	5	73	15.50	0.80	9.60	73	0.98227	1.8633		
33	10:50:00	5	78	14.50	1.00	12.00	78	1.07918	1.8921		
34	10:55:00	5	83	19.30	-4.80	-57.60	83				
35	11:05:00	10	93	17.40	1.90	11.40	93	1.05690	1.9685		
36	11:15:00	10	103	15.70	1.70	10.20	103	1.00860	2.0128		
37	11:25:00	10	113	19.40	-3.70	-22.20	113				
38	11:35:00	10	123	17.30	2.10	0.00	123				
39	11:55:00	20	143	14.50	2.80	8.40	143	0.92428	2.1553		
40	12:15:00	20	163	16.40	-1.90	-5.70	163				
41	12:45:00	30	193	15.80	0.60	1.20	193	0.07918	2.2856		
42	13:45:00	60	253	14.10	1.70	1.70	253	0.23045	2.4031	15.71254	31.43036
43	14:45:00	60	313	13.30	0.80	0.80	313				

Cuadro 2.43 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Líbano.

Prueba		3											
Región		Oriente											
Administración		Agropesa											
Finca		Líbano											
No	Hora de Lectura	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencias de Lectura (cm)	Infiltración (cm/hr)	Tiempo Acumulado (min)	log l	Log t	Suma log l	Suma log t		
1	9:57:00	0	0	22.00	0	0	0						
2	9:58:00	1	1	21.40	0.60	36.00	1	1.55630250	0.00000000				
3	9:59:00	1	2	21.00	0.40	24.00	2	1.38021124	0.30103000				
4	10:00:00	1	3	20.70	0.30	18.00	3	1.25527251	0.47712125				
5	10:01:00	1	4	20.50	0.20	12.00	4	1.07918125	0.60205999				
6	10:02:00	1	5	20.10	0.40	24.00	5	1.38021124	0.69897000				
7	10:03:00	1	6	19.90	0.20	12.00	6	1.07918125	0.77815125				
8	10:04:00	1	7	19.70	0.20	12.00	7	1.07918125	0.84509804				
9	10:05:00	1	8	19.50	0.20	12.00	8	1.07918125	0.90308999				
10	10:06:00	1	9	19.40	0.10	6.00	9	0.77815125	0.95424251				
11	10:07:00	1	10	19.20	0.20	12.00	10	1.07918125	1.00000000				
12	10:09:00	2	12	19.00	0.20	6.00	12	0.77815125	1.07918125				
13	10:11:00	2	14	18.80	0.20	6.00	14	0.77815125	1.14612804				
14	10:13:00	2	16	18.50	0.30	9.00	16	0.95424251	1.20411998				
15	10:15:00	2	18	18.30	0.20	6.00	18	0.77815125	1.25527251				
16	10:17:00	2	20	18.00	0.30	9.00	20	0.95424251	1.30103000				
17	10:19:00	2	22	17.80	0.20	6.00	22	0.77815125	1.34242268				
18	10:21:00	2	24	17.50	0.30	9.00	24	0.95424251	1.38021124				
19	10:23:00	2	26	17.20	0.30	9.00	26	0.95424251	1.41497335	18.67563	16.68310		
20	10:25:00	2	28	17.00	0.20	6.00	28	0.77815125	1.44715803				
21	10:27:00	2	30	16.80	0.20	6.00	30	0.77815125	1.47712125				
22	10:30:00	3	33	16.60	0.20	4.00	33	0.60205999	1.51851394				
23	10:33:00	3	36	16.30	0.30	6.00	36	0.77815125	1.55630250				
24	10:36:00	3	39	15.90	0.40	8.00	39	0.90308999	1.59106461				
25	10:39:00	3	42	22.00	-6.10	-122.00	42						
26	10:42:00	3	45	21.70	0.30	0.00	45						
27	10:45:00	3	48	21.40	0.30	6.00	48	0.77815125	1.68124124				
28	10:48:00	3	51	21.10	0.30	6.00	51	0.77815125	1.70757018				
29	10:51:00	3	54	20.80	0.30	6.00	54	0.77815125	1.73239376				
30	10:54:00	3	57	20.50	0.30	6.00	57	0.77815125	1.75587486				
31	10:57:00	3	60	20.20	0.30	6.00	60	0.77815125	1.77815125				
32	11:02:00	5	65	19.70	0.50	6.00	65	0.77815125	1.81291336				
33	11:07:00	5	70	19.30	0.40	4.80	70	0.68124124	1.84509804				
34	11:12:00	5	75	18.80	0.50	6.00	75	0.77815125	1.87506126				
35	11:17:00	5	80	18.20	0.60	7.20	80	0.85733250	1.90308999				
36	11:22:00	5	85	17.80	0.40	4.80	85	0.68124124	1.92941893				
37	11:32:00	10	95	17.10	0.70	4.20	95	0.62324929	1.97772361				
38	11:42:00	10	105	16.50	0.60	0.00	105						
39	12:02:00	20	125	15.10	1.40	4.20	125	0.62324929	2.09691001				
40	12:22:00	20	145	21.20	-6.10	-18.30	145						
41	12:52:00	30	175	19.20	2.00	4.00	175	0.60205999	2.24303805	13.35504	31.92864		
42	13:52:00	60	235	15.40	3.80	3.80	235	0.57978360	2.37106786				

Cuadro 2.44 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca La Conquista.

Prueba		4								
Región		Oriente								
Administración		Agropesa								
Finca		La Conquista								
No	Hora de Lectura	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencias de Lectura (cm)	Infiltración (cm/hr)	Tiempo Acumulado (min)			Suma logI
								log I	Log t	
1	10:18:00	0	0	21.0	0	0	0			
2	10:19:00	1	1	20.6	0.43	26.00	1	1.41497	0.0000	
3	10:20:00	1	2	20.2	0.33	20.00	2	1.30103	0.3010	
4	10:21:00	1	3	20.0	0.23	14.00	3	1.14613	0.4771	
5	10:22:00	1	4	19.7	0.27	16.00	4	1.20412	0.6021	
6	10:23:00	1	5	19.4	0.33	20.00	5	1.30103	0.6990	
7	10:24:00	1	6	19.2	0.23	14.00	6	1.14613	0.7782	
8	10:25:00	1	7	18.9	0.23	14.00	7	1.14613	0.8451	
9	10:26:00	1	8	18.7	0.27	16.00	8	1.20412	0.9031	
10	10:27:00	1	9	18.5	0.13	8.00	9	0.90309	0.9542	
11	10:28:00	1	10	18.4	0.17	10.00	10	1.00000	1.0000	
12	10:29:00	1	11	18.1	0.23	14.00	11	1.14613	1.0414	
13	10:30:00	1	12	17.9	0.27	16.00	12	1.20412	1.0792	
14	10:32:00	2	14	17.6	0.30	9.00	14	0.95424	1.1461	
15	10:34:00	2	16	17.2	0.37	11.00	16	1.04139	1.2041	
16	10:36:00	2	18	17.0	0.23	7.00	18	0.84510	1.2553	
17	10:38:00	2	20	16.7	0.27	8.00	20	0.90309	1.3010	
18	10:40:00	2	22	16.5	0.23	7.00	22	0.84510	1.3424	
19	10:42:00	2	24	16.2	0.27	8.00	24	0.90309	1.3802	19.60901
20	10:44:00	2	26	16.0	0.20	6.00	26	0.77815	1.4150	
21	10:46:00	2	28	15.8	0.23	7.00	28	0.84510	1.4472	
22	10:48:00	2	30	15.5	0.30	9.00	30	0.95424	1.4771	
23	10:50:00	2	32	17.4	-1.93	-58.00	32			
24	10:53:00	3	35	17.1	0.27	5.33	35	0.72700	1.5441	
25	10:56:00	3	38	19.5	-2.33	-46.67	38			
26	10:59:00	3	41	21.2	-1.70	-34.00	41			
27	11:02:00	3	44	20.6	0.57	11.33	44	1.05436	1.6435	
28	11:05:00	3	47	20.2	0.37	7.33	47	0.86530	1.6721	
29	11:08:00	3	50	19.8	0.43	8.67	50	0.93785	1.6990	
30	11:11:00	3	53	19.5	0.30	6.00	53	0.77815	1.7243	
31	11:14:00	3	56	19.2	0.33	6.67	56	0.82391	1.7482	
32	11:17:00	3	59	18.6	0.60	12.00	59	1.07918	1.7709	
33	11:20:00	3	62	18.1	0.43	8.67	62	0.93785	1.7924	
34	11:25:00	5	67	17.7	0.43	5.20	67	0.71600	1.8261	
35	11:30:00	5	72	17.2	0.47	5.60	72	0.74819	1.8573	
36	11:35:00	5	77	18.8	-1.53	-18.40	77			
37	11:40:00	5	82	17.6	1.17	14.00	82	1.14613	1.9138	
38	11:50:00	10	92	18.6	-1.03	-6.20	92			
39	12:00:00	10	102	17.4	1.23	7.40	102	0.86923	2.0086	
40	12:10:00	10	112	16.3	1.10	6.60	112	0.81954	2.0492	
41	12:30:00	20	132	15.2	1.10	3.30	132	0.51851	2.1206	
42	12:50:00	20	152	14.1	1.10	3.30	152	0.51851	2.1818	15.11722
43	13:20:00	30	182	19.3	-5.20	-10.40	182			
44	14:20:00	60	242	16.3	3.00	3.00	242	0.47712	2.3838	

Cuadro 2.45 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca El Retiro.

Prueba		5									
Región		Occidente									
Administración		Barranquilla									
Finca		El Retiro									
No	Hora de Lectura	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencias de Lectura (cm)	Infiltracion (cm/hr)	Tiempo Acumulado (min)	log l	Log t	Suma log l	Suma log t
1	10:41:00	0	0	21.0	0	0	0				
2	10:42:00	1	1	20.5	0.50	30.00	1	1.47712	0.0000		
3	10:43:00	1	2	20.0	0.50	30.00	2	1.47712	0.3010		
4	10:44:00	1	3	19.5	0.50	30.00	3	1.47712	0.4771		
5	10:45:00	1	4	19.0	0.50	30.00	4	1.47712	0.6021		
6	10:46:00	1	5	18.6	0.40	24.00	5	1.38021	0.6990		
7	10:47:00	1	6	18.2	0.40	24.00	6	1.38021	0.7782		
8	10:48:00	1	7	17.9	0.30	18.00	7	1.25527	0.8451		
9	10:49:00	1	8	17.5	0.40	24.00	8	1.38021	0.9031		
10	10:50:00	1	9	17.2	0.30	18.00	9	1.25527	0.9542		
11	10:51:00	1	10	16.9	0.30	18.00	10	1.25527	1.0000		
12	10:53:00	2	12	16.4	0.50	15.00	12	1.17609	1.0792		
13	10:55:00	2	14	16.0	0.40	12.00	14	1.07918	1.1461		
14	10:57:00	2	16	15.6	0.40	12.00	16	1.07918	1.2041		
15	10:59:00	2	18	15.2	0.40	12.00	18	1.07918	1.2553		
16	11:01:00	2	20	20.8	-5.60	-168.00	20				
17	11:03:00	2	22	20.5	0.30	9.00	22	0.95424	1.3424		
18	11:05:00	2	24	20.2	0.30	9.00	24	0.95424	1.3802		
19	11:07:00	2	26	19.8	0.40	12.00	26	1.07918	1.4150		
20	11:09:00	2	28	19.5	0.30	9.00	28	0.95424	1.4472		
21	11:11:00	2	30	19.2	0.30	9.00	30	0.95424	1.4771	23.12472	18.30635
22	11:14:00	3	33	18.8	0.40	8.00	33	0.90309	1.5185		
23	11:17:00	3	36	18.5	0.30	6.00	36	0.77815	1.5563		
24	11:20:00	3	39	18.2	0.30	6.00	39	0.77815	1.5911		
25	11:23:00	3	42	17.8	0.40	8.00	42	0.90309	1.6232		
26	11:26:00	3	45	17.4	0.40	8.00	45	0.90309	1.6532		
27	11:29:00	3	48	17.1	0.30	6.00	48	0.77815	1.6812		
28	11:32:00	3	51	16.8	0.30	6.00	51	0.77815	1.7076		
29	11:35:00	3	54	16.6	0.20	4.00	54	0.60206	1.7324		
30	11:38:00	3	57	16.3	0.30	6.00	57	0.77815	1.7559		
31	11:41:00	3	60	16.0	0.30	6.00	60	0.77815	1.7782		
32	11:46:00	5	65	15.6	0.40	4.80	65	0.68124	1.8129		
33	11:51:00	5	70	15.2	0.40	4.80	70	0.68124	1.8451		
34	11:56:00	5	75	14.8	0.40	4.80	75	0.68124	1.8751		
35	12:01:00	5	80	20.8	-6.00	-72.00	80				
36	12:06:00	5	85	20.5	0.30	3.60	85	0.55630	1.9294		
37	12:16:00	10	95	19.9	0.60	3.60	95	0.55630	1.9777		
38	12:26:00	10	105	19.4	0.50	3.00	105	0.47712	2.0212		
39	12:46:00	20	125	18.4	1.00	3.00	125	0.47712	2.0969		
40	13:06:00	20	145	17.4	1.00	3.00	145	0.47712	2.1614		
41	13:36:00	30	175	16.0	1.40	2.80	175	0.44716	2.2430	13.01509	34.56029
42	14:36:00	60	235	13.5	2.50	2.50	235	0.39794	2.3711		

Cuadro 2.46 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Las Pampas.

Prueba		6									
Región		Occidente									
Administración		Barranquilla									
Finca		Las Pampas									
No	Hora de Lectura	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencias de Lectura (cm)	Infiltracion (cm/hr)	Tiempo Acumulado (min)			Suma log l	Suma log t
								log l	Log t		
1	6:56:00	0	0	20.5	0	0	0				
2	6:57:00	1	1	20.1	0.40	24.00	1	1.38021	0.0000		
3	6:58:00	1	2	19.8	0.30	18.00	2	1.25527	0.3010		
4	6:59:00	1	3	19.5	0.30	18.00	3	1.25527	0.4771		
5	7:00:00	1	4	19.2	0.30	18.00	4	1.25527	0.6021		
6	7:01:00	1	5	18.9	0.30	18.00	5	1.25527	0.6990		
7	7:02:00	1	6	18.6	0.30	18.00	6	1.25527	0.7782		
8	7:03:00	1	7	18.3	0.30	18.00	7	1.25527	0.8451		
9	7:04:00	1	8	18.0	0.30	18.00	8	1.25527	0.9031		
10	7:05:00	1	9	17.8	0.20	12.00	9	1.07918	0.9542		
11	7:07:00	2	11	17.4	0.40	12.00	11	1.07918	1.0414		
12	7:09:00	2	13	17.0	0.40	12.00	13	1.07918	1.1139		
13	7:11:00	2	15	16.6	0.40	12.00	15	1.07918	1.1761		
14	7:13:00	2	17	16.3	0.30	9.00	17	0.95424	1.2304		
15	7:15:00	2	19	16.0	0.30	9.00	19	0.95424	1.2788		
16	7:17:00	2	21	15.7	0.30	9.00	21	0.95424	1.3222		
17	7:19:00	2	23	15.4	0.30	9.00	23	0.95424	1.3617		
18	7:21:00	2	25	15.1	0.30	9.00	25	0.95424	1.3979		
19	7:23:00	2	27	14.9	0.20	6.00	27	0.77815	1.4314		
20	7:25:00	2	29	14.7	0.20	6.00	29	0.77815	1.4624		
4	7:28:00	3	32	14.5	0.20	4.00	32	0.60206	1.5051	21.41342	19.88119
22	7:31:00	3	35	14.3	0.20	4.00	35	0.60206	1.5441		
23	7:34:00	3	38	14.0	0.30	6.00	38	0.77815	1.5798		
24	7:37:00	3	41	13.8	0.20	4.00	41	0.60206	1.6128		
25	7:40:00	3	44	13.6	0.20	4.00	44	0.60206	1.6435		
26	7:43:00	3	47	13.4	0.20	4.00	47	0.60206	1.6721		
27	7:46:00	3	50	13.2	0.20	4.00	50	0.60206	1.6990		
28	7:49:00	3	53	13.0	0.20	4.00	53	0.60206	1.7243		
29	7:52:00	3	56	12.8	0.20	4.00	56	0.60206	1.7482		
30	7:55:00	3	59	12.6	0.20	4.00	59	0.60206	1.7709		
31	8:00:00	5	64	20.5	-7.90	-94.80	64				
32	8:05:00	5	69	20.0	0.50	6.00	69	0.77815	1.8388		
33	8:10:00	5	74	19.6	0.40	4.80	74	0.68124	1.8692		
34	8:15:00	5	79	19.2	0.40	4.80	79	0.68124	1.8976		
35	8:20:00	5	84	18.8	0.40	4.80	84	0.68124	1.9243		
36	8:30:00	10	94	18.1	0.70	4.20	94	0.62325	1.9731		
37	8:40:00	10	104	17.4	0.70	4.20	104	0.62325	2.0170		
38	8:50:00	10	114	16.6	0.80	4.80	114	0.68124	2.0569		
39	9:00:00	10	124	16.0	0.60	3.60	124	0.55630	2.0934		
40	9:20:00	20	144	14.9	1.10	3.30	144	0.51851	2.1584		
41	9:50:00	30	174	13.4	1.50	3.00	174	0.47712	2.2405		
42	10:50:00	60	234	11.0	2.40	2.40	234	0.38021	2.3692	12.27639	37.43307

Cuadro 2.47 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Puyumate.

Prueba		7									
Región		Occidente									
Administración		Barranquilla									
Finca		Puyumate									
No	Hora de Lectura	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencias de Lectura (cm)	Infiltracion (cm/hr)	Tiempo Acumulado (min)			Suma log I	Suma log t
								log I	Log t		
1	11:25:00	0	0	20.5	0	0	0				
2	11:26:00	1	1	20.0	0.50	30.00	1	1.47712	0.0000		
3	11:27:00	1	2	19.5	0.50	30.00	2	1.47712	0.3010		
4	11:28:00	1	3	19.0	0.50	30.00	3	1.47712	0.4771		
5	11:29:00	1	4	18.5	0.50	30.00	4	1.47712	0.6021		
6	11:30:00	1	5	18.0	0.50	30.00	5	1.47712	0.6990		
7	11:31:00	1	6	17.5	0.50	30.00	6	1.47712	0.7782		
8	11:32:00	1	7	17.0	0.50	30.00	7	1.47712	0.8451		
9	11:33:00	1	8	16.5	0.50	30.00	8	1.47712	0.9031		
10	11:34:00	1	9	16.0	0.50	30.00	9	1.47712	0.9542		
11	11:35:00	1	10	15.6	0.40	24.00	10	1.38021	1.0000		
12	11:37:00	2	12	15.0	0.60	18.00	12	1.25527	1.0792		
13	11:39:00	2	14	14.5	0.50	15.00	14	1.17609	1.1461		
14	11:41:00	2	16	14.0	0.50	15.00	16	1.17609	1.2041		
15	11:43:00	2	18	13.5	0.50	15.00	18	1.17609	1.2553		
16	11:45:00	2	20	12.9	0.60	18.00	20	1.25527	1.3010		
17	11:47:00	2	22	12.3	0.60	18.00	22	1.25527	1.3424		
18	11:49:00	2	24	11.8	0.50	15.00	24	1.17609	1.3802		
19	11:51:00	2	26	20.3	-8.50	-255.00	26				
20	11:53:00	2	28	19.8	0.50	15.00	28	1.17609	1.4472		
4	11:55:00	2	30	19.3	0.50	15.00	30	1.17609	1.4771	25.49667	18.19241
22	11:58:00	3	33	18.7	0.60	12.00	33	1.07918	1.5185		
23	12:01:00	3	36	18.2	0.50	10.00	36	1.00000	1.5563		
24	12:04:00	3	39	17.7	0.50	10.00	39	1.00000	1.5911		
25	12:07:00	3	42	17.3	0.40	8.00	42	0.90309	1.6232		
26	12:10:00	3	45	16.8	0.50	10.00	45	1.00000	1.6532		
27	12:13:00	3	48	16.4	0.40	8.00	48	0.90309	1.6812		
28	12:16:00	3	51	16.0	0.40	8.00	51	0.90309	1.7076		
29	12:19:00	3	54	15.6	0.40	8.00	54	0.90309	1.7324		
30	12:22:00	3	57	15.3	0.30	6.00	57	0.77815	1.7559		
31	12:25:00	3	60	14.9	0.40	8.00	60	0.90309	1.7782		
32	12:30:00	5	65	14.3	0.60	7.20	65	0.85733	1.8129		
33	12:35:00	5	70	13.7	0.60	7.20	70	0.85733	1.8451		
34	12:40:00	5	75	13.2	0.50	6.00	75	0.77815	1.8751		
35	12:45:00	5	80	12.7	0.50	6.00	80	0.77815	1.9031		
36	12:50:00	5	85	12.3	0.40	4.80	85	0.68124	1.9294		
37	13:00:00	10	95	11.7	0.60	3.60	95	0.55630	1.9777		
38	13:10:00	10	105	19.8	-8.10	-48.60	105				
39	13:20:00	10	115	19.3	0.50	3.00	115	0.47712	2.0607		
40	13:40:00	20	135	18.2	1.10	3.30	135	0.51851	2.1303		
41	14:10:00	30	165	16.8	1.40	2.80	165	0.44716	2.2175		
42	15:10:00	60	225	14.3	2.50	2.50	225	0.39794	2.3522	15.72203	36.70158

Cuadro 2.48 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Barranquilla.

Prueba		8									
Región		Occidente									
Administración		Barranquilla									
Finca		Barranquilla									
No	Hora de Lectura	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencias de Lectura (cm)	Infiltracion (cm/hr)	Tiempo Acumulado (min)			Suma log I	Suma log t
								log I	Log t		
1	9:04:00	0	0	20.5	0	0	0				
2	9:05:00	1	1	20.0	0.50	30.00	1	1.47712	0.0000		
3	9:06:00	1	2	19.5	0.50	30.00	2	1.47712	0.3010		
4	9:07:00	1	3	19.0	0.50	30.00	3	1.47712	0.4771		
5	9:08:00	1	4	18.5	0.50	30.00	4	1.47712	0.6021		
6	9:09:00	1	5	18.1	0.40	24.00	5	1.38021	0.6990		
7	9:10:00	1	6	17.6	0.50	30.00	6	1.47712	0.7782		
8	9:11:00	1	7	17.1	0.50	30.00	7	1.47712	0.8451		
9	9:12:00	1	8	16.7	0.40	24.00	8	1.38021	0.9031		
10	9:13:00	1	9	16.3	0.40	24.00	9	1.38021	0.9542		
11	9:14:00	1	10	15.9	0.40	24.00	10	1.38021	1.0000		
12	9:16:00	2	12	15.2	0.70	21.00	12	1.32222	1.0792		
13	9:18:00	2	14	14.4	0.80	24.00	14	1.38021	1.1461		
14	9:20:00	2	16	13.6	0.80	24.00	16	1.38021	1.2041		
15	9:22:00	2	18	12.9	0.70	21.00	18	1.32222	1.2553		
16	9:24:00	2	20	12.2	0.70	21.00	20	1.32222	1.3010		
17	9:26:00	2	22	11.5	0.70	21.00	22	1.32222	1.3424		
18	9:28:00	2	24	19.8	-8.30	-249.00	24				
19	9:30:00	2	26	19.1	0.70	21.00	26	1.32222	1.4150		
20	9:32:00	2	28	18.5	0.60	18.00	28	1.25527	1.4472		
4	9:34:00	2	30	17.9	0.60	18.00	30	1.25527	1.4771	26.26564	18.22717
22	9:37:00	3	33	17.0	0.90	18.00	33	1.25527	1.5185		
23	9:40:00	3	36	16.2	0.80	16.00	36	1.20412	1.5563		
24	9:43:00	3	39	15.4	0.80	16.00	39	1.20412	1.5911		
25	9:46:00	3	42	14.6	0.80	16.00	42	1.20412	1.6232		
26	9:49:00	3	45	13.8	0.80	16.00	45	1.20412	1.6532		
27	9:52:00	3	48	13.1	0.70	14.00	48	1.14613	1.6812		
28	9:55:00	3	51	12.4	0.70	14.00	51	1.14613	1.7076		
29	9:58:00	3	54	11.8	0.60	12.00	54	1.07918	1.7324		
30	10:01:00	3	57	11.3	0.50	10.00	57	1.00000	1.7559		
31	10:04:00	3	60	20.0	-8.70	-174.00	60				
32	10:09:00	5	65	19.3	0.70	8.40	65	0.92428	1.8129		
33	10:14:00	5	70	18.7	0.60	7.20	70	0.85733	1.8451		
34	10:19:00	5	75	18.2	0.50	6.00	75	0.77815	1.8751		
35	10:24:00	5	80	17.6	0.60	7.20	80	0.85733	1.9031		
36	10:29:00	5	85	17.1	0.50	6.00	85	0.77815	1.9294		
37	10:39:00	10	95	16.3	0.80	4.80	95	0.68124	1.9777		
38	10:49:00	10	105	15.5	0.80	4.80	105	0.68124	2.0212		
39	10:59:00	10	115	14.8	0.70	4.20	115	0.62325	2.0607		
40	11:19:00	20	135	13.6	1.20	3.60	135	0.55630	2.1303		
41	11:49:00	30	165	19.3	-5.70	-11.40	165				
42	12:49:00	60	225	16.3	3.00	3.00	225	0.47712	2.3522	17.65759	34.72713

Cuadro 2.49 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Xoluta.

Prueba		9									
Región		Occidente									
Administración		Retalhuleu									
Finca		Xoluta									
No	Hora de Lectura	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencias de Lectura (cm)	Infiltración (cm/hr)	Tiempo Acumulado (min)	log I	Log t	Suma log I	Suma log t
1	10:18:00	0	0	30.0	0	0	0				
2	10:19:00	1	1	29.6	0.40	24.00	1	1.38021	0.0000		
3	10:20:00	1	2	29.3	0.30	18.00	2	1.25527	0.3010		
4	10:21:00	1	3	29.0	0.30	18.00	3	1.25527	0.4771		
5	10:22:00	1	4	28.7	0.30	18.00	4	1.25527	0.6021		
6	10:23:00	1	5	28.4	0.30	18.00	5	1.25527	0.6990		
7	10:24:00	1	6	28.2	0.20	12.00	6	1.07918	0.7782		
8	10:26:00	2	8	27.9	0.30	9.00	8	0.95424	0.9031		
9	10:28:00	2	10	27.6	0.30	9.00	10	0.95424	1.0000		
10	10:30:00	2	12	27.3	0.30	9.00	12	0.95424	1.0792		
11	10:32:00	2	14	27.0	0.30	9.00	14	0.95424	1.1461	11.29745	6.98573
12	10:34:00	2	16	26.7	0.30	9.00	16	0.95424	1.2041		
13	10:37:00	3	19	26.3	0.40	8.00	19	0.90309	1.2788		
14	10:40:00	3	22	25.9	0.40	8.00	22	0.90309	1.3424		
15	10:43:00	3	25	25.6	0.30	6.00	25	0.77815	1.3979		
16	10:48:00	5	30	25.2	0.40	4.80	30	0.68124	1.4771		
17	10:53:00	5	35	24.8	0.40	4.80	35	0.68124	1.5441		
18	10:58:00	5	40	24.4	0.40	4.80	40	0.68124	1.6021		
19	11:08:00	10	50	23.8	0.60	3.60	50	0.55630	1.6990		
20	11:28:00	20	70	22.7	1.10	3.30	70	0.51851	1.8451		
21	11:58:00	30	100	21.2	1.50	3.00	100	0.47712	2.0000	7.13424	15.39055
22	12:58:00	60	160	18.3	2.90	2.90	160	0.46240	2.2041		

Cuadro 2.50 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca La Severa.

Prueba		10									
Región		Occidente									
Administración		Retalhuleu									
Finca		La Severa									
No	Hora de Lectura	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencias de Lectura (cm)	Infiltración (cm/hr)	Tiempo Acumulado (min)	log I	Log t	Suma log I	Suma log t
1	12:09:00	0	0	30.0	0	0	0				
2	12:10:00	1	1	30.0	0.00	0.00	1		0.0000		
3	12:11:00	1	2	30.0	0.00	0.00	2				
4	12:12:00	1	3	30.0	0.00	0.00	3				
5	12:13:00	1	4	30.0	0.00	0.00	4				
6	12:14:00	1	5	29.9	0.10	6.00	5	0.77815	0.6990		
7	12:15:00	1	6	29.9	0.00	0.00	6				
8	12:17:00	2	8	29.9	0.00	0.00	8				
9	12:19:00	2	10	29.9	0.00	0.00	10				
10	12:21:00	2	12	29.8	0.10	3.00	12	0.47712	1.0792		
11	12:23:00	2	14	29.8	0.00	0.00	14				
12	12:25:00	2	16	29.7	0.10	3.00	16	0.47712	1.2041		
13	12:28:00	3	19	29.6	0.10	2.00	19	0.30103	1.2788		
14	12:31:00	3	22	29.5	0.10	2.00	22	0.30103	1.3424		
15	12:34:00	3	25	29.5	0.00	0.00	25				
16	12:39:00	5	30	29.4	0.10	1.20	30	0.07918	1.4771	2.41363	7.08057
17	12:44:00	5	35	29.3	0.10	1.20	35	0.07918	1.5441		
18	12:54:00	10	45	29.1	0.20	1.20	45	0.07918	1.6532		
19	13:04:00	10	55	28.9	0.20	1.20	55	0.07918	1.7404		
20	13:24:00	20	75	28.5	0.40	1.20	75	0.07918	1.8751		
21	13:54:00	30	105	28.0	0.50	1.00	105	0.00000	2.0212		
22	14:54:00	60	165	27.1	0.90	0.90	165	-0.04576	2.2175	0.27097	11.05138

Cuadro 2.51 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Colombita.

Prueba		11									
Región		Occidente									
Administración		Retalhuleu									
Finca		Colombita									
No	Hora de Lectura	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencias de Lectura (cm)	Infiltracion (cm/hr)	Tiempo Acumulado (min)	log I	Log t	Suma log I	Suma log t
1	8:47:00	0	0	30.0	0	0	0				
2	8:48:00	1	1	30.0	0.00	0.00	1				
3	8:49:00	1	2	30.0	0.00	0.00	2				
4	8:50:00	1	3	30.0	0.00	0.00	3				
5	08:51	1	4	30.0	0.00	0.00	4				
6	8:52:00	1	5	30.0	0.00	0.00	5				
7	8:53:00	1	6	30.0	0.00	0.00	6				
8	8:55:00	2	8	30.0	0.00	0.00	8				
9	8:57:00	2	10	30.0	0.00	0.00	10				
10	8:59:00	2	12	29.9	0.10	3.00	12	0.47712	1.0792		
11	9:01:00	2	14	29.9	0.00	0.00	14				
12	9:03:00	2	16	29.9	0.00	0.00	16				
13	9:06:00	3	19	29.8	0.10	2.00	19	0.30103	1.2788		
14	9:09:00	3	22	29.7	0.10	2.00	22	0.30103	1.3424		
15	9:12:00	3	25	29.6	0.10	2.00	25	0.30103	1.3979		
16	9:17:00	5	30	29.5	0.10	1.20	30	0.07918	1.4771	1.45939	6.57542
17	9:22:00	5	35	29.4	0.10	1.20	35	0.07918	1.5441		
18	9:32:00	10	45	29.2	0.20	1.20	45	0.07918	1.6532		
19	9:42:00	10	55	29.0	0.20	1.20	55	0.07918	1.7404		
20	10:02:00	20	75	28.6	0.40	1.20	75	0.07918	1.8751		
21	10:32:00	30	105	28.0	0.60	1.20	105	0.07918	2.0212	0.39591	8.83389
22	11:32:00	60	165	26.8	1.20	1.20	165	0.07918	2.2175		

Cuadro 2.52 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Santa Julia.

Prueba		12									
Región		Occidente									
Administración		Retalhuleu									
Finca		Santa Julia									
No	Hora de Lectura	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencias de Lectura (cm)	Infiltracion (cm/hr)	Tiempo Acumulado (min)	log l	Log t	Suma log l	Suma log t
1	12:15:00	0	0	30.0	0	0	0				
2	12:16:00	1	1	29.5	0.50	30.00	1	1.47712	0.0000		
3	12:17:00	1	2	29.1	0.40	24.00	2	1.38021	0.3010		
4	12:18:00	1	3	28.7	0.40	24.00	3	1.38021	0.4771		
5	12:19:00	1	4	28.3	0.40	24.00	4	1.38021	0.6021		
6	12:20:00	1	5	28.0	0.30	18.00	5	1.25527	0.6990		
7	12:21:00	1	6	27.7	0.30	18.00	6	1.25527	0.7782		
8	12:23:00	2	8	27.2	0.50	15.00	8	1.17609	0.9031		
9	12:25:00	2	10	26.8	0.40	12.00	10	1.07918	1.0000		
10	12:27:00	2	12	26.4	0.40	12.00	12	1.07918	1.0792		
11	12:29:00	2	14	26.0	0.40	12.00	14	1.07918	1.1461	12.54193	6.98573
12	12:31:00	2	16	25.7	0.30	9.00	16	0.95424	1.2041		
13	12:33:00	2	18	25.5	0.20	6.00	18	0.77815	1.2553		
14	12:36:00	3	21	25.3	0.20	4.00	21	0.60206	1.3222		
15	12:39:00	3	24	25.1	0.20	4.00	24	0.60206	1.3802		
16	12:42:00	3	27	24.9	0.20	4.00	27	0.60206	1.4314		
17	12:47:00	5	32	24.6	0.30	3.60	32	0.55630	1.5051		
18	12:52:00	5	37	24.3	0.30	3.60	37	0.55630	1.5682		
19	13:02:00	10	47	23.8	0.50	3.00	47	0.47712	1.6721		
20	13:22:00	20	67	22.9	0.90	2.70	67	0.43136	1.8261		
21	13:52:00	30	97	21.7	1.20	2.40	97	0.38021	1.9868	5.93987	15.15148
22	14:52:00	60	157	19.6	2.10	2.10	157	0.32222	2.1959		

Cuadro 2.53 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca La Loma.

Prueba		13									
Región		Occidente									
Administración		Retalhuleu									
Finca		La Loma									
No	Hora de Lectura	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencias de Lectura (cm)	Infiltracion (cm/hr)	Tiempo Acumulado (min)			Suma log I	Suma log t
								log I	Log t		
1	14:58:00	0	0	30.0	0	0	0				
2	14:59:00	1	1	29.9	0.10	6.00	1	0.77815	0.0000		
3	15:00:00	1	2	29.9	0.00	0.00	2				
4	15:01:00	1	3	29.8	0.10	6.00	3	0.77815	0.4771		
5	15:02:00	1	4	29.8	0.00	0.00	4				
6	15:03:00	1	5	29.8	0.00	0.00	5				
7	15:04:00	1	6	29.7	0.10	6.00	6	0.77815	0.7782		
8	15:06:00	2	8	29.7	0.00	0.00	8				
9	15:08:00	2	10	29.6	0.10	3.00	10	0.47712	1.0000		
10	15:10:00	2	12	29.5	0.10	3.00	12	0.47712	1.0792		
11	15:12:00	2	14	29.4	0.10	3.00	14	0.47712	1.1461		
12	15:14:00	2	16	29.3	0.10	3.00	16	0.47712	1.2041		
13	15:17:00	3	19	29.2	0.10	2.00	19	0.30103	1.2788		
14	15:20:00	3	22	29.1	0.10	2.00	22	0.30103	1.3424	4.84500	8.30588
15	15:23:00	3	25	29.0	0.10	2.00	25	0.30103	1.3979		
16	15:26:00	3	28	28.9	0.10	2.00	28	0.30103	1.4472		
17	15:31:00	5	33	28.8	0.10	1.20	33	0.07918	1.5185		
18	15:36:00	5	38	28.7	0.10	1.20	38	0.07918	1.5798		
19	15:46:00	10	48	28.5	0.20	1.20	48	0.07918	1.6812		
20	15:56:00	10	58	28.3	0.20	1.20	58	0.07918	1.7634		
21	16:16:00	20	78	27.9	0.40	1.20	78	0.07918	1.8921		
22	16:46:00	30	108	27.3	0.60	1.20	108	0.07918	2.0334		
23	17:46:00	60	168	26.1	1.20	1.20	168	0.07918	2.2253	1.15633	15.53889

Cuadro 2.54 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Las Cruces.

Prueba		14									
Región		Occidente									
Administración		Retalhuleu									
Finca		Las Cruces									
No	Hora de Lectura	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencias de Lectura (cm)	Infiltración (cm/hr)	Tiempo Acumulado (min)	log I	Log t	Suma	Suma
										log I	log t
1	8:50:00	0	0	30.0	0	0	0				
2	8:51:00	1	1	29.9	0.10	6.00	1	0.77815	0.0000		
3	8:52:00	1	2	29.8	0.10	6.00	2	0.77815	0.3010		
4	8:53:00	1	3	29.7	0.10	6.00	3	0.77815	0.4771		
5	8:54:00	1	4	29.6	0.10	6.00	4	0.77815	0.6021		
6	8:55:00	1	5	29.5	0.10	6.00	5	0.77815	0.6990		
7	8:57:00	2	7	29.4	0.10	3.00	7	0.47712	0.8451		
8	8:59:00	2	9	29.3	0.10	3.00	9	0.47712	0.9542		
9	9:01:00	2	11	29.2	0.10	3.00	11	0.47712	1.0414		
10	9:03:00	2	13	29.1	0.10	3.00	13	0.47712	1.1139		
11	9:05:00	2	15	29.0	0.10	3.00	15	0.47712	1.1761	6.27636	7.20995
12	9:08:00	3	18	28.9	0.10	2.00	18	0.30103	1.2553		
13	9:11:00	3	21	28.8	0.10	2.00	21	0.30103	1.3222		
14	9:14:00	3	24	28.7	0.10	2.00	24	0.30103	1.3802		
15	9:19:00	5	29	28.6	0.10	1.20	29	0.07918	1.4624		
16	9:24:00	5	34	28.5	0.10	1.20	34	0.07918	1.5315		
17	9:34:00	10	44	28.3	0.20	1.20	44	0.07918	1.6435		
18	9:44:00	10	54	28.1	0.20	1.20	54	0.07918	1.7324		
19	9:54:00	10	64	27.9	0.20	1.20	64	0.07918	1.8062		
20	10:14:00	20	84	27.5	0.40	1.20	84	0.07918	1.9243		
21	10:44:00	30	114	27.0	0.50	1.00	114	0.00000	2.0569	1.37818	16.11479
22	11:44:00	60	174	26.0	1.00	1.00	174	0.00000	2.2405		

Cuadro 2.55 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca San Nicolás.

Prueba		15									
Región		Occidente									
Administración		Retalhuleu									
Finca		San Nicolas									
No	Hora de Lectura	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencias de Lectura (cm)	Infiltracion (cm/hr)	Tiempo Acumulado (min)	log I	Log t	Suma	Suma
										log I	log t
1	8:41:00	0	0	30.0	0	0	0				
2	8:42:00	1	1	29.9	0.10	6.00	1	0.77815	0.0000		
3	8:43:00	1	2	29.8	0.10	6.00	2	0.77815	0.3010		
4	8:44:00	1	3	29.7	0.10	6.00	3	0.77815	0.4771		
5	8:45:00	1	4	29.6	0.10	6.00	4	0.77815	0.6021		
6	8:46:00	1	5	29.5	0.10	6.00	5	0.77815	0.6990		
7	8:47:00	1	6	29.4	0.10	6.00	6	0.77815	0.7782		
8	8:49:00	2	8	29.3	0.10	3.00	8	0.47712	0.9031		
9	8:51:00	2	10	29.2	0.10	3.00	10	0.47712	1.0000		
10	8:53:00	2	12	29.1	0.10	3.00	12	0.47712	1.0792		
11	8:55:00	2	14	29.0	0.10	3.00	14	0.47712	1.1461	6.57739	6.98573
12	8:58:00	3	17	28.9	0.10	2.00	17	0.30103	1.2304		
13	9:01:00	3	20	28.8	0.10	2.00	20	0.30103	1.3010		
14	9:04:00	3	23	28.7	0.10	2.00	23	0.30103	1.3617		
15	9:07:00	3	26	28.7	0.00	0.00	26				
16	9:12:00	5	31	28.6	0.10	1.20	31	0.07918	1.4914		
17	9:17:00	5	36	28.5	0.10	1.20	36	0.07918	1.5563		
18	9:27:00	10	46	28.3	0.20	1.20	46	0.07918	1.6628		
19	9:37:00	10	56	28.1	0.20	1.20	56	0.07918	1.7482		
20	9:57:00	20	76	27.7	0.40	1.20	76	0.07918	1.8808		
21	10:27:00	30	106	27.1	0.60	1.20	106	0.07918	2.0253		
22	11:27:00	60	166	25.9	1.20	1.20	166	0.07918	2.2201	1.45736	16.47804

Cuadro 2.56 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Guayacán.

Prueba		16									
Región		Occidente									
Administración		Retalhuleu									
Finca		Guayacan									
No	Hora de Lectura	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencias de Lectura (cm)	Infiltracion (cm/hr)	Tiempo Acumulado (min)			Suma log I	Suma log t
								log I	Log t		
1	11:32:00	0	0	30.0	0	0	0				
2	11:33:00	1	1	29.9	0.10	6.00	1	0.77815	0.0000		
3	11:34:00	1	2	29.8	0.10	6.00	2	0.77815	0.3010		
4	11:35:00	1	3	29.7	0.10	6.00	3	0.77815	0.4771		
5	11:36:00	1	4	29.6	0.10	6.00	4	0.77815	0.6021		
6	11:37:00	1	5	29.5	0.10	6.00	5	0.77815	0.6990		
7	11:39:00	2	7	29.4	0.10	3.00	7	0.47712	0.8451		
8	11:41:00	2	9	29.3	0.10	3.00	9	0.47712	0.9542		
9	11:43:00	2	11	29.2	0.10	3.00	11	0.47712	1.0414		
10	11:45:00	2	13	29.1	0.10	3.00	13	0.47712	1.1139		
11	11:47:00	2	15	29.0	0.10	3.00	15	0.47712	1.1761	6.27636	7.20995
12	11:50:00	3	18	28.9	0.10	2.00	18	0.30103	1.2553		
13	11:53:00	3	21	28.8	0.10	2.00	21	0.30103	1.3222		
14	11:56:00	3	24	28.7	0.10	2.00	24	0.30103	1.3802		
15	12:01:00	5	29	28.5	0.20	2.40	29	0.38021	1.4624		
16	12:06:00	5	34	28.3	0.20	2.40	34	0.38021	1.5315		
17	12:16:00	10	44	28.1	0.20	1.20	44	0.07918	1.6435		
18	12:26:00	10	54	27.9	0.20	1.20	54	0.07918	1.7324		
19	12:46:00	20	74	27.7	0.20	0.60	74	-0.22185	1.8692		
20	13:16:00	30	104	27.5	0.20	0.40	104	-0.39794	2.0170		
21	14:16:00	60	164	27.1	0.40	0.40	164	-0.39794	2.2148	0.80415	16.42854

Cuadro 2.57 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Santa Isabel.

Prueba		17									
Región		Occidente									
Administración		Retalhuleu									
Finca		Santa Isabel									
No	Hora de Lectura	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencias de Lectura (cm)	Infiltración (cm/hr)	Tiempo Acumulado (min)			Suma log I	Suma log t
								log I	Log t		
1	11:45:00	0	0	30.0	0	0	0				
2	11:46:00	1	1	29.9	0.10	6.00	1	0.77815	0.0000		
3	11:47:00	1	2	29.8	0.10	6.00	2	0.77815	0.3010		
4	11:48:00	1	3	29.7	0.10	6.00	3	0.77815	0.4771		
5	11:49:00	1	4	29.6	0.10	6.00	4	0.77815	0.6021		
6	11:50:00	1	5	29.5	0.10	6.00	5	0.77815	0.6990		
7	11:52:00	2	7	29.3	0.20	6.00	7	0.77815	0.8451		
8	11:54:00	2	9	29.1	0.20	6.00	9	0.77815	0.9542		
9	11:56:00	2	11	28.9	0.20	6.00	11	0.77815	1.0414		
10	11:58:00	2	13	28.7	0.20	6.00	13	0.77815	1.1139		
11	12:00:00	2	15	28.5	0.20	6.00	15	0.77815	1.1761	7.78151	7.20995
12	12:03:00	3	18	28.3	0.20	4.00	18	0.60206	1.2553		
13	12:06:00	3	21	28.1	0.20	4.00	21	0.60206	1.3222		
14	12:09:00	3	24	27.9	0.20	4.00	24	0.60206	1.3802		
15	12:14:00	5	29	27.6	0.30	3.60	29	0.55630	1.4624		
16	12:19:00	5	34	27.3	0.30	3.60	34	0.55630	1.5315		
17	12:29:00	10	44	26.8	0.50	3.00	44	0.47712	1.6435		
18	12:39:00	10	54	26.4	0.40	2.40	54	0.38021	1.7324		
19	12:49:00	10	64	26.0	0.40	2.40	64	0.38021	1.8062		
20	13:09:00	20	84	25.2	0.80	2.40	84	0.38021	1.9243		
21	13:39:00	30	114	24.1	1.10	2.20	114	0.34242	2.0569	4.87896	16.11479
22	14:39:00	60	174	21.9	2.20	2.20	174	0.34242	2.2405		

Cuadro 2.58 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Santa María.

Prueba		18									
Región		Central Sur									
Administración		Santa María									
Finca		Santa María									
No	Hora de Lectura	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencias de Lectura (cm)	Infiltracion (cm/hr)	Tiempo Acumulado (min)			Suma log I	Suma log t
								log I	Log t		
1	9:26:00	0	0	20.5	0	0	0				
2	9:27:00	1	1	20.0	0.50	30.00	1	1.47712	0.0000		
3	9:28:00	1	2	19.5	0.50	30.00	2	1.47712	0.3010		
4	9:29:00	1	3	19.2	0.30	18.00	3	1.25527	0.4771		
5	9:30:00	1	4	18.9	0.27	16.00	4	1.20412	0.6021		
6	9:31:00	1	5	18.7	0.23	14.00	5	1.14613	0.6990		
7	9:32:00	1	6	18.4	0.30	18.00	6	1.25527	0.7782		
8	9:33:00	1	7	18.2	0.23	14.00	7	1.14613	0.8451		
9	9:34:00	1	8	17.9	0.23	14.00	8	1.14613	0.9031		
10	9:35:00	1	9	17.7	0.20	12.00	9	1.07918	0.9542		
11	9:37:00	2	11	17.5	0.27	8.00	11	0.90309	1.0414		
12	9:39:00	2	13	18.6	-1.13	-34.00	13				
13	9:41:00	2	15	18.4	0.20	6.00	15	0.77815	1.1761		
14	9:43:00	2	17	18.0	0.37	11.00	17	1.04139	1.2304		
15	9:45:00	2	19	17.7	0.33	10.00	19	1.00000	1.2788		
16	9:47:00	2	21	17.5	0.23	7.00	21	0.84510	1.3222		
17	9:49:00	2	23	17.2	0.27	8.00	23	0.90309	1.3617		
18	9:51:00	2	25	16.9	0.27	8.00	25	0.90309	1.3979		
19	9:53:00	2	27	16.7	0.27	8.00	27	0.90309	1.4314	18.46347	15.79970
20	9:55:00	2	29	16.5	0.13	4.00	29	0.60206	1.4624		
21	9:58:00	3	32	16.2	0.30	6.00	32	0.77815	1.5051		
22	10:01:00	3	35	16.0	0.27	5.33	35	0.72700	1.5441		
23	10:04:00	3	38	15.6	0.40	8.00	38	0.90309	1.5798		
24	10:07:00	3	41	16.7	-1.13	-22.67	41				
25	10:10:00	3	44	19.1	-2.40	-48.00	44				
26	10:13:00	3	47	20.7	-1.63	0.00	47				
27	10:16:00	3	50	20.3	0.47	9.33	50	0.97004	1.6990		
28	10:19:00	3	53	19.9	0.40	8.00	53	0.90309	1.7243		
29	10:22:00	3	56	19.4	0.43	8.67	56	0.93785	1.7482		
30	10:25:00	3	59	19.2	0.27	5.33	59	0.72700	1.7709		
31	10:30:00	5	64	18.8	0.33	4.00	64	0.60206	1.8062		
32	10:35:00	5	69	18.3	0.53	6.40	69	0.80618	1.8388		
33	10:40:00	5	74	18.0	0.33	4.00	74	0.60206	1.8692		
34	10:50:00	10	84	19.0	-1.03	-6.20	84				
35	11:00:00	10	94	18.5	0.50	3.00	94	0.47712	1.9731		
36	11:10:00	10	104	17.8	0.70	4.20	104	0.62325	2.0170		
37	11:20:00	10	114	16.5	1.30	7.80	114	0.89209	2.0569		
38	11:30:00	10	124	17.9	-1.37	0.00	124				
39	11:50:00	20	144	18.2	-0.37	-1.10	144				
40	12:10:00	20	164	18.7	-0.43	-1.30	164				
41	12:40:00	30	194	18.4	0.30	0.60	194	-0.22185	2.2878		
42	13:40:00	60	254	14.1	4.27	4.27	254	0.63009	2.4048		
43	14:40:00	60	314	10.5	3.57	3.57	314	0.55226	2.4969	11.51155	31.78458

Cuadro 2.59 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Manglares.

Prueba		19									
Región		Central Sur									
Administración		Santa María									
Finca		Manglares									
No	Hora de Lectura	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencias de Lectura (cm)	Infiltración (cm/hr)	Tiempo Acumulado (min)			Suma log l	Suma log t
								log l	Log t		
1	11:21:00	0	0	22.00	0	0	0				
2	11:22:00	1	1	21.50	0.50	30.00	1	1.47712	0.0000		
3	11:23:00	1	2	21.00	0.50	30.00	2	1.47712	0.3010		
4	11:24:00	1	3	20.70	0.30	18.00	3	1.25527	0.4771		
5	11:25:00	1	4	20.40	0.30	18.00	4	1.25527	0.6021		
6	11:26:00	1	5	20.00	0.40	24.00	5	1.38021	0.6990		
7	11:27:00	1	6	19.60	0.40	24.00	6	1.38021	0.7782		
8	11:28:00	1	7	19.30	0.30	18.00	7	1.25527	0.8451		
9	11:29:00	1	8	19.00	0.30	18.00	8	1.25527	0.9031		
10	11:30:00	1	9	18.80	0.20	12.00	9	1.07918	0.9542		
11	11:31:00	1	10	18.60	0.20	12.00	10	1.07918	1.0000		
12	11:33:00	2	12	18.30	0.30	9.00	12	0.95424	1.0792		
13	11:35:00	2	14	18.00	0.30	9.00	14	0.95424	1.1461		
14	11:37:00	2	16	17.60	0.40	12.00	16	1.07918	1.2041		
15	11:39:00	2	18	17.20	0.40	12.00	18	1.07918	1.2553		
16	11:41:00	2	20	16.90	0.30	9.00	20	0.95424	1.3010		
17	11:43:00	2	22	16.60	0.30	9.00	22	0.95424	1.3424		
18	11:45:00	2	24	16.40	0.20	6.00	24	0.77815	1.3802		
19	11:47:00	2	26	16.00	0.40	12.00	26	1.07918	1.4150		
20	11:49:00	2	28	15.90	0.10	3.00	28	0.47712	1.4472	21.2039	18.1303
21	11:51:00	2	30	15.70	0.20	6.00	30	0.77815	1.4771		
22	11:54:00	3	33	15.40	0.30	6.00	33	0.77815	1.5185		
23	11:57:00	3	36	15.00	0.40	8.00	36	0.90309	1.5563		
24	12:00:00	3	39	14.80	0.20	4.00	39	0.60206	1.5911		
25	12:03:00	3	42	22.50	-7.70	-154.00	42				
26	12:06:00	3	45	22.20	0.30	0.00	45				
27	12:09:00	3	48	21.70	0.50	10.00	48	1.00000	1.6812		
28	12:12:00	3	51	21.40	0.30	6.00	51	0.77815	1.7076		
29	12:15:00	3	54	20.80	0.60	12.00	54	1.07918	1.7324		
30	12:18:00	3	57	20.50	0.30	6.00	57	0.77815	1.7559		
31	12:21:00	3	60	20.20	0.30	6.00	60	0.77815	1.7782		
32	12:26:00	5	65	19.60	0.60	7.20	65	0.85733	1.8129		
33	12:31:00	5	70	19.20	0.40	4.80	70	0.68124	1.8451		
34	12:36:00	5	75	18.70	0.50	6.00	75	0.77815	1.8751		
35	12:41:00	5	80	18.30	0.40	4.80	80	0.68124	1.9031		
36	12:51:00	10	90	17.50	0.80	4.80	90	0.68124	1.9542		
37	13:11:00	20	110	15.70	1.80	5.40	110	0.73239	2.0414		
38	13:21:00	10	120	21.50	-5.80	0.00	120				
39	13:31:00	10	130	20.70	0.80	4.80	130	0.68124	2.1139		
40	13:51:00	20	150	19.10	1.60	4.80	150	0.68124	2.1761		
41	14:11:00	20	170	17.80	1.30	3.90	170	0.59106	2.2304		
42	14:41:00	30	200	16.40	1.40	2.80	200	0.44716	2.3010	14.2874	35.0515
43	15:41:00	60	260	14.60	1.80	1.80	260	0.25527	2.4150		

Cuadro 2.60 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Nueva Esperanza.

Prueba		20											
Región		Central Sur											
Administración		Santa María											
Finca		Nueva Esperanza											
No	Hora de Lectura	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencias de Lectura (cm)	Infiltración (cm/hr)	Tiempo Acumulado (min)			Suma log l	Suma log t		
								log l	Log t				
1	8:59:00	0	0	20.5	0	0	0						
2	9:00:00	1	1	20.0	0.50	30.00	1	1.47712	0.0000				
3	9:01:00	1	2	19.5	0.50	30.00	2	1.47712	0.3010				
4	9:02:00	1	3	19.0	0.50	30.00	3	1.47712	0.4771				
5	9:03:00	1	4	18.7	0.30	18.00	4	1.25527	0.6021				
6	9:04:00	1	5	18.5	0.20	12.00	5	1.07918	0.6990				
7	9:05:00	1	6	18.3	0.20	12.00	6	1.07918	0.7782				
8	9:06:00	1	7	18.1	0.20	12.00	7	1.07918	0.8451				
9	9:07:00	1	8	17.8	0.30	18.00	8	1.25527	0.9031				
10	9:08:00	1	9	17.6	0.20	12.00	9	1.07918	0.9542				
11	9:09:00	1	10	17.4	0.20	12.00	10	1.07918	1.0000				
12	9:11:00	2	12	17.1	0.30	9.00	12	0.95424	1.0792				
13	9:13:00	2	14	16.7	0.40	12.00	14	1.07918	1.1461				
14	9:15:00	2	16	16.3	0.40	12.00	16	1.07918	1.2041				
15	9:17:00	2	18	16.0	0.30	9.00	18	0.95424	1.2553				
16	9:19:00	2	20	15.7	0.30	9.00	20	0.95424	1.3010				
17	9:21:00	2	22	15.3	0.40	12.00	22	1.07918	1.3424				
18	9:23:00	2	24	15.0	0.30	9.00	24	0.95424	1.3802				
19	9:25:00	2	26	14.7	0.30	9.00	26	0.95424	1.4150				
20	9:27:00	2	28	14.5	0.20	6.00	28	0.77815	1.4472				
21	9:29:00	2	30	14.2	0.30	9.00	30	0.95424	1.4771	22.07897	19.60738		
22	9:32:00	3	33	13.8	0.40	8.00	33	0.90309	1.5185				
23	9:35:00	3	36	13.5	0.30	6.00	36	0.77815	1.5563				
24	9:38:00	3	39	20.1	-6.60	-132.00	39						
25	9:41:00	3	42	19.9	0.20	4.00	42	0.60206	1.6232				
26	9:44:00	3	45	19.6	0.30	6.00	45	0.77815	1.6532				
27	9:47:00	3	48	19.3	0.30	6.00	48	0.77815	1.6812				
28	9:50:00	3	51	19.0	0.30	6.00	51	0.77815	1.7076				
29	9:53:00	3	54	18.7	0.30	6.00	54	0.77815	1.7324				
30	9:56:00	3	57	18.5	0.20	4.00	57	0.60206	1.7559				
31	9:59:00	3	60	18.3	0.20	4.00	60	0.60206	1.7782				
32	10:02:00	3	63	18.0	0.30	6.00	63	0.77815	1.7993				
33	10:07:00	5	68	17.4	0.60	7.20	68	0.85733	1.8325				
34	10:12:00	5	73	16.9	0.50	6.00	73	0.77815	1.8633				
35	10:17:00	5	78	16.3	0.60	7.20	78	0.85733	1.8921				
36	10:22:00	5	83	15.8	0.50	6.00	83	0.77815	1.9191				
37	10:27:00	5	88	15.4	0.40	4.80	88	0.68124	1.9445				
38	10:37:00	10	98	14.8	0.60	3.60	98	0.55630	1.9912				
39	10:47:00	10	108	14.3	0.50	3.00	108	0.47712	2.0334				
40	11:07:00	20	128	13.3	1.00	3.00	128	0.47712	2.1072				
41	11:27:00	20	148	19.2	-5.90	-17.70	148						
42	11:57:00	30	178	17.9	1.30	2.60	178	0.41497	2.2504				
43	12:57:00	60	238	15.6	2.30	2.30	238	0.36173	2.3766	13.61763	37.01619		

Cuadro 2.61 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Malta I.

Prueba		21									
Región		Central Sur									
Administración		Santa Maria									
Finca		Malta I									
No	Hora de Lectura	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencias de Lectura (cm)	Infiltracion (cm/hr)	Tiempo Acumulado (min)	log l	Log t	Suma log l	Suma log t
1	12:00:00	0	0	21.50	0	0	0				
2	12:01:00	1	1	21.00	0.50	30.00	1	1.47712	0.0000		
3	12:02:00	1	2	20.70	0.30	18.00	2	1.25527	0.3010		
4	12:03:00	1	3	20.50	0.20	12.00	3	1.07918	0.4771		
5	12:04:00	1	4	20.20	0.30	18.00	4	1.25527	0.6021		
6	12:05:00	1	5	19.70	0.50	30.00	5	1.47712	0.6990		
7	12:06:00	1	6	19.50	0.20	12.00	6	1.07918	0.7782		
8	12:07:00	1	7	19.30	0.20	12.00	7	1.07918	0.8451		
9	12:08:00	1	8	19.00	0.30	18.00	8	1.25527	0.9031		
10	12:09:00	1	9	18.90	0.10	6.00	9	0.77815	0.9542		
11	12:10:00	1	10	18.70	0.20	12.00	10	1.07918	1.0000		
12	12:12:00	2	12	18.40	0.30	9.00	12	0.95424	1.0792		
13	12:14:00	2	14	18.00	0.40	12.00	14	1.07918	1.1461		
14	12:16:00	2	16	17.60	0.40	12.00	16	1.07918	1.2041		
15	12:18:00	2	18	17.10	0.50	15.00	18	1.17609	1.2553		
16	12:20:00	2	20	16.90	0.20	6.00	20	0.77815	1.3010		
17	12:22:00	2	22	16.70	0.20	6.00	22	0.77815	1.3424		
18	12:24:00	2	24	16.40	0.30	9.00	24	0.95424	1.3802		
19	12:26:00	2	26	16.10	0.30	9.00	26	0.95424	1.4150		
20	12:28:00	2	28	15.70	0.40	12.00	28	1.07918	1.4472	20.64760	18.13026
21	12:30:00	2	30	15.40	0.30	9.00	30	0.95424	1.4771		
22	12:33:00	3	33	15.00	0.40	8.00	33	0.90309	1.5185		
23	12:36:00	3	36	21.50	-6.50	-130.00	36				
24	12:39:00	3	39	21.10	0.40	8.00	39	0.90309	1.5911		
25	12:42:00	3	42	20.70	0.40	8.00	42	0.90309	1.6232		
26	12:45:00	3	45	20.30	0.40	0.00	45				
27	12:48:00	3	48	19.60	0.70	14.00	48	1.14613	1.6812		
28	12:51:00	3	51	19.20	0.40	8.00	51	0.90309	1.7076		
29	12:54:00	3	54	18.80	0.40	8.00	54	0.90309	1.7324		
30	12:57:00	3	57	18.40	0.40	8.00	57	0.90309	1.7559		
31	13:00:00	3	60	18.00	0.40	8.00	60	0.90309	1.7782		
32	13:05:00	5	65	17.10	0.90	10.80	65	1.03342	1.8129		
33	13:10:00	5	70	16.50	0.60	7.20	70	0.85733	1.8451		
34	13:15:00	5	75	16.00	0.50	6.00	75	0.77815	1.8751		
35	13:20:00	5	80	15.60	0.40	4.80	80	0.68124	1.9031		
36	13:25:00	5	85	21.50	-5.90	-70.80	85				
37	13:35:00	10	95	20.80	0.70	4.20	95	0.62325	1.9777		
38	13:45:00	10	105	20.10	0.70	4.20	105	0.62325	2.0212		
39	13:55:00	10	115	19.50	0.60	3.60	115	0.55630	2.0607		
40	14:15:00	20	135	18.40	1.10	3.30	135	0.51851	2.1303		
41	14:45:00	30	165	16.80	1.60	3.20	165	0.50515	2.2175		
42	15:45:00	60	225	13.80	3.00	3.00	225	0.47712	2.3522	15.07574	35.06095

Cuadro 2.62 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Murciélagos.

Prueba		22									
Región		Central Sur									
Administración		Santa María									
Finca		Murciélagos									
No	Hora de Lectura	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencias de Lectura (cm)	Infiltración (cm/hr)	Tiempo Acumulado (min)	log I	Log t	Suma log I	Suma log t
1	10:25:00	0	0	21.8	0	0	0				
2	10:26:00	1	1	21.2	0.55	33.00	1	1.51851	0.0000		
3	10:27:00	1	2	20.9	0.35	21.00	2	1.32222	0.3010		
4	10:28:00	1	3	20.6	0.25	15.00	3	1.17609	0.4771		
5	10:29:00	1	4	20.4	0.25	15.00	4	1.17609	0.6021		
6	10:30:00	1	5	19.9	0.45	27.00	5	1.43136	0.6990		
7	10:31:00	1	6	19.7	0.20	12.00	6	1.07918	0.7782		
8	10:32:00	1	7	19.5	0.20	12.00	7	1.07918	0.8451		
9	10:33:00	1	8	19.3	0.25	15.00	8	1.17609	0.9031		
10	10:34:00	1	9	19.2	0.10	6.00	9	0.77815	0.9542		
11	10:35:00	1	10	19.0	0.20	12.00	10	1.07918	1.0000		
12	10:37:00	2	12	18.7	0.25	7.50	12	0.87506	1.0792		
13	10:39:00	2	14	18.4	0.30	9.00	14	0.95424	1.1461		
14	10:41:00	2	16	18.1	0.35	10.50	16	1.02119	1.2041		
15	10:43:00	2	18	17.7	0.35	10.50	18	1.02119	1.2553		
16	10:45:00	2	20	17.5	0.25	7.50	20	0.87506	1.3010		
17	10:47:00	2	22	17.3	0.20	6.00	22	0.77815	1.3424		
18	10:49:00	2	24	17.0	0.30	9.00	24	0.95424	1.3802		
19	10:51:00	2	26	16.7	0.30	9.00	26	0.95424	1.4150	19.24945	16.68310
20	10:53:00	2	28	16.4	0.30	9.00	28	0.95424	1.4472		
21	10:56:00	3	31	16.1	0.25	5.00	31	0.69897	1.4914		
22	10:59:00	3	34	15.8	0.30	6.00	34	0.77815	1.5315		
23	11:03:00	4	38	18.9	-3.10	-46.50	38				
24	11:06:00	3	41	18.5	0.40	8.00	41	0.90309	1.6128		
25	11:09:00	3	44	21.4	-2.85	-57.00	44				
26	11:12:00	3	47	21.0	0.35	7.00	47	0.84510	1.6721		
27	11:15:00	3	50	20.5	0.50	10.00	50	1.00000	1.6990		
28	11:18:00	3	53	20.2	0.35	7.00	53	0.84510	1.7243		
29	11:21:00	3	56	19.8	0.35	7.00	56	0.84510	1.7482		
30	11:24:00	3	59	19.5	0.35	7.00	59	0.84510	1.7709		
31	11:29:00	5	64	18.9	0.55	6.60	64	0.81954	1.8062		
32	11:34:00	5	69	18.4	0.50	6.00	69	0.77815	1.8388		
33	11:39:00	5	74	17.9	0.50	6.00	74	0.77815	1.8692		
34	11:44:00	5	79	17.4	0.50	6.00	79	0.77815	1.8976		
35	11:49:00	5	84	16.9	0.50	6.00	84	0.77815	1.9243		
36	11:59:00	10	94	19.7	-2.75	-16.50	94				
37	12:09:00	10	104	18.7	0.95	5.70	104	0.75587	2.0170		
38	12:29:00	20	124	17.4	1.35	4.05	124	0.60746	2.0934		
39	12:49:00	20	144	16.0	1.35	4.05	144	0.60746	2.1584		
40	13:19:00	30	174	17.5	-1.50	-3.00	174				
41	14:19:00	60	234	19.2	-1.65	-1.65	234				
42	15:19:00	60	294	15.3	3.90	3.90	294	0.59106	2.4683	14.20884	32.77050

Cuadro 2.63 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Kenia.

Prueba		23									
Región		Central Sur									
Administración		Santa María									
Finca		Kenia									
No	Hora de Lectura	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencias de Lectura (cm)	Infiltración (cm/hr)	Tiempo Acumulado (min)	log I	Log t	Suma log I	Suma log t
1	11:24:00	0	0	21.0	0	0	0				
2	11:25:00	1	1	20.5	0.50	30.00	1	1.47712	0.0000		
3	11:26:00	1	2	20.1	0.40	24.00	2	1.38021	0.3010		
4	11:27:00	1	3	19.8	0.35	21.00	3	1.32222	0.4771		
5	11:28:00	1	4	19.5	0.30	18.00	4	1.25527	0.6021		
6	11:29:00	1	5	19.1	0.35	21.00	5	1.32222	0.6990		
7	11:30:00	1	6	18.9	0.20	12.00	6	1.07918	0.7782		
8	11:31:00	1	7	18.7	0.20	12.00	7	1.07918	0.8451		
9	11:32:00	1	8	18.4	0.30	18.00	8	1.25527	0.9031		
10	11:33:00	1	9	18.3	0.15	9.00	9	0.95424	0.9542		
11	11:34:00	1	10	18.1	0.20	12.00	10	1.07918	1.0000		
12	11:36:00	2	12	17.8	0.30	9.00	12	0.95424	1.0792		
13	11:38:00	2	14	17.4	0.40	12.00	14	1.07918	1.1461		
14	11:40:00	2	16	17.0	0.40	12.00	16	1.07918	1.2041		
15	11:42:00	2	18	16.6	0.40	12.00	18	1.07918	1.2553		
16	11:44:00	2	20	16.3	0.25	7.50	20	0.87506	1.3010		
17	11:46:00	2	22	16.0	0.30	9.00	22	0.95424	1.3424		
18	11:48:00	2	24	15.7	0.30	9.00	24	0.95424	1.3802		
19	11:50:00	2	26	15.4	0.30	9.00	26	0.95424	1.4150		
20	11:52:00	2	28	15.1	0.30	9.00	28	0.95424	1.4472		
21	11:54:00	2	30	14.8	0.30	9.00	30	0.95424	1.4771	22.04216	19.60738
22	11:57:00	3	33	14.4	0.40	8.00	33	0.90309	1.5185		
23	12:00:00	3	36	14.0	0.40	8.00	36	0.90309	1.5563		
24	12:03:00	3	39	13.6	0.40	8.00	39	0.90309	1.5911		
25	12:06:00	3	42	13.1	0.50	10.00	42	1.00000	1.6232		
26	12:09:00	3	45	12.6	0.50	10.00	45	1.00000	1.6532		
27	12:12:00	3	48	20.7	-8.10	-162.00	48				
28	12:15:00	3	51	20.2	0.50	10.00	51	1.00000	1.7076		
29	12:18:00	3	54	19.7	0.50	10.00	54	1.00000	1.7324		
30	12:21:00	3	57	19.3	0.40	8.00	57	0.90309	1.7559		
31	12:24:00	3	60	18.9	0.40	8.00	60	0.90309	1.7782		
32	12:27:00	3	63	18.5	0.40	8.00	63	0.90309	1.7993		
33	12:32:00	5	68	17.9	0.60	7.20	68	0.85733	1.8325		
34	12:37:00	5	73	17.3	0.60	7.20	73	0.85733	1.8633		
35	12:42:00	5	78	16.8	0.50	6.00	78	0.77815	1.8921		
36	12:47:00	5	83	16.3	0.50	6.00	83	0.77815	1.9191		
37	12:52:00	5	88	15.9	0.40	4.80	88	0.68124	1.9445		
38	13:02:00	10	98	15.3	0.60	3.60	98	0.55630	1.9912		
39	13:12:00	10	108	14.6	0.70	4.20	108	0.62325	2.0334		
40	13:32:00	20	128	13.2	1.40	4.20	128	0.62325	2.1072		
41	13:52:00	20	148	19.5	-6.30	-18.90	148				
42	14:22:00	30	178	17.5	2.00	4.00	178	0.60206	2.2504		
43	15:22:00	60	238	14.4	3.10	3.10	238	0.49136	2.3766	16.26697	36.92602

Cuadro 2.64 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Las Delicias.

Prueba		24									
Región		Central Sur									
Administración		Santa María									
Finca		Las Delicias									
No	Hora de Lectura	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencias de Lectura (cm)	Infiltración (cm/hr)	Tiempo Acumulado (min)	log l	Log t	Suma log l	Suma log t
1	9:23:00	0	0	21.4	0	0	0				
2	9:24:00	1	1	20.9	0.50	30.00	1	1.47712	0.0000		
3	9:25:00	1	2	20.6	0.37	22.00	2	1.34242	0.3010		
4	9:26:00	1	3	20.3	0.23	14.00	3	1.14613	0.4771		
5	9:27:00	1	4	20.0	0.29	17.67	4	1.24715	0.6021		
6	9:28:00	1	5	19.6	0.44	26.33	5	1.42051	0.6990		
7	9:29:00	1	6	19.3	0.25	15.00	6	1.17609	0.7782		
8	9:30:00	1	7	19.1	0.22	13.33	7	1.12494	0.8451		
9	9:31:00	1	8	18.8	0.29	17.33	8	1.23888	0.9031		
10	9:32:00	1	9	18.7	0.13	8.00	9	0.90309	0.9542		
11	9:33:00	1	10	18.5	0.21	12.67	10	1.10266	1.0000		
12	9:35:00	2	12	18.4	0.06	1.83	12	0.26324	1.0792		
13	9:37:00	2	14	18.1	0.35	10.50	14	1.02119	1.1461		
14	9:39:00	2	16	17.7	0.39	11.83	16	1.07311	1.2041		
15	9:41:00	2	18	17.2	0.46	13.67	18	1.13566	1.2553		
16	9:43:00	2	20	17.0	0.22	6.67	20	0.82391	1.3010		
17	9:45:00	2	22	16.8	0.23	6.83	22	0.83463	1.3424		
18	9:47:00	2	24	16.5	0.28	8.33	24	0.92082	1.3802		
19	9:49:00	2	26	16.2	0.31	9.33	26	0.97004	1.4150	19.22159	16.68310
20	9:51:00	2	28	15.9	0.31	9.17	28	0.96221	1.4472		
21	9:53:00	2	30	15.6	0.28	8.50	30	0.92942	1.4771		
22	9:56:00	3	33	15.2	0.36	7.22	33	0.85867	1.5185		
23	9:59:00	3	36	19.4	-4.20	-84.00	36				
24	10:02:00	3	39	19.3	0.11	2.22	39	0.34679	1.5911		
25	10:05:00	3	42	20.7	-1.42	-28.33	42				
26	10:08:00	3	45	20.7	0.04	0.00	45				
27	10:11:00	3	48	20.1	0.63	12.56	48	1.09884	1.6812		
28	10:14:00	3	51	19.7	0.38	7.67	51	0.88461	1.7076		
29	10:17:00	3	54	19.2	0.44	8.78	54	0.94338	1.7324		
30	10:20:00	3	57	18.9	0.36	7.22	57	0.85867	1.7559		
31	10:23:00	3	60	18.5	0.37	7.44	60	0.87183	1.7782		
32	10:28:00	5	65	17.7	0.79	9.47	65	0.97620	1.8129		
33	10:33:00	5	70	17.2	0.52	6.27	70	0.79704	1.8451		
34	10:38:00	5	75	17.0	0.24	2.93	75	0.46736	1.8751		
35	10:43:00	5	80	16.5	0.42	5.00	80	0.69897	1.9031		
36	10:48:00	5	85	20.2	-3.68	-44.20	85				
37	10:58:00	10	95	18.9	1.32	7.90	95	0.89763	1.9777		
38	11:08:00	10	105	18.7	0.21	1.23	105	0.09108	2.0212		
39	11:28:00	20	125	17.2	1.47	4.42	125	0.64509	2.0969		
40	11:48:00	20	145	15.7	1.53	4.58	145	0.66118	2.1614		
41	12:18:00	30	175	18.8	-3.07	-6.13	175				
42	13:18:00	60	235	15.2	3.61	3.61	235	0.55764	2.3711	13.54661	32.75351

Cuadro 2.65 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Velásquez.

Prueba		25									
Región		Central Norte									
Administración		Velasquez									
Finca		Velasquez									
No	Hora de Lectura	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencias de Lectura (cm)	Infiltracion (cm/hr)	Tiempo Acumulado (min)			Suma log t	Suma log t
								log I	Log t		
1	9:52:00	0	0	20.0	0	0	0				
2	9:53:00	1	1	19.9	0.10	6.00	1	0.77815	0.0000		
3	9:54:00	1	2	19.8	0.10	6.00	2	0.77815	0.3010		
4	9:55:00	1	3	19.7	0.10	6.00	3	0.77815	0.4771		
5	9:56:00	1	4	19.6	0.10	6.00	4				
6	9:57:00	1	5	19.5	0.10	6.00	5	0.77815	0.6990		
7	9:58:00	1	6	19.4	0.10	6.00	6	0.77815	0.7782		
8	9:59:00	1	7	19.3	0.10	6.00	7	0.77815	0.8451		
9	10:00:00	1	8	19.2	0.10	6.00	8	0.77815	0.9031		
10	10:01:00	1	9	19.1	0.10	6.00	9	0.77815	0.9542		
11	10:03:00	2	11	19.0	0.10	3.00	11	0.47712	1.0414		
12	10:05:00	2	13	18.9	0.10	3.00	13	0.47712	1.1139		
13	10:07:00	2	15	18.8	0.10	3.00	15	0.47712	1.1761		
14	10:09:00	2	17	18.7	0.10	3.00	17	0.47712	1.2304		
15	10:11:00	2	19	18.6	0.10	3.00	19	0.47712	1.2788		
16	10:13:00	2	21	18.5	0.10	3.00	21	0.47712	1.3222		
17	10:15:00	2	23	18.4	0.10	3.00	23	0.47712	1.3617		
18	10:17:00	2	25	18.3	0.10	3.00	25	0.47712	1.3979		
19	10:19:00	2	27	18.2	0.10	3.00	27	0.47712	1.4314		
20	10:21:00	2	29	18.0	0.20	6.00	29	0.77815	1.4624		
21	10:24:00	3	32	17.9	0.10	2.00	32	0.30103	1.5051		
22	10:27:00	3	35	17.8	0.10	2.00	35	0.30103	1.5441	11.89951	20.82320
23	10:30:00	3	38	17.7	0.10	2.00	38	0.30103	1.5798		
24	10:33:00	3	41	17.5	0.20	4.00	41	0.60206	1.6128		
25	10:36:00	3	44	17.4	0.10	2.00	44	0.30103	1.6435		
26	10:39:00	3	47	17.3	0.10	2.00	47	0.30103	1.6721		
27	10:42:00	3	50	17.1	0.20	4.00	50	0.60206	1.6990		
28	10:45:00	3	53	17.0	0.10	2.00	53	0.30103	1.7243		
29	10:48:00	3	56	16.9	0.10	2.00	56	0.30103	1.7482		
30	10:51:00	3	59	20.0	-3.10	-62.00	59				
31	10:56:00	5	64	19.9	0.10	1.20	64	0.07918	1.8062		
32	11:01:00	5	69	19.7	0.20	2.40	69	0.38021	1.8388		
33	11:06:00	5	74	19.5	0.20	2.40	74	0.38021	1.8692		
34	11:11:00	5	79	19.3	0.20	2.40	79	0.38021	1.8976		
35	11:16:00	5	84	18.9	0.40	4.80	84	0.68124	1.9243		
36	11:26:00	10	94	18.5	0.40	2.40	94	0.38021	1.9731		
37	11:36:00	10	104	18.2	0.30	1.80	104	0.25527	2.0170		
38	11:46:00	10	114	17.7	0.50	3.00	114	0.47712	2.0569		
39	11:56:00	10	124	19.9	-2.20	-13.20	124				
40	12:03:00	7	131	19.6	0.30	2.57	131	0.41017	2.1173		
41	12:23:00	20	151	18.8	0.80	2.40	151	0.38021	2.1790		
42	12:43:00	20	171	18.0	0.80	2.40	171	0.38021	2.2330		
43	13:13:00	30	201	16.9	1.10	2.20	201	0.34242	2.3032		
44	14:13:00	60	261	14.8	2.10	2.10	261	0.32222	2.4166	7.55817	38.31187

Cuadro 2.66 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Luceros.

Prueba		26									
Región		Central Norte									
Administración		Buganvilia									
Finca		Luceros									
No	Hora de Lectura	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencias de Lectura (cm)	Infiltracion (cm/hr)	Tiempo Acumulado (min)			Suma log I	Suma log t
								log I	Log t		
1	9:32:00	0	0	20.00	0	0	0				
2	9:33:00	1	1	19.30	0.70	42.00	1	1.62325	0.0000		
3	9:34:00	1	2	18.50	0.80	48.00	2	1.68124	0.3010		
4	9:35:00	1	3	18.10	0.40	24.00	3	1.38021	0.4771		
5	9:36:00	1	4	17.80	0.30	18.00	4	1.25527	0.6021		
6	9:37:00	1	5	17.60	0.20	12.00	5	1.07918	0.6990		
7	9:38:00	1	6	17.20	0.40	24.00	6	1.38021	0.7782		
8	9:39:00	1	7	17.00	0.20	12.00	7	1.07918	0.8451		
9	9:40:00	1	8	16.80	0.20	12.00	8	1.07918	0.9031		
10	9:41:00	1	9	16.50	0.30	18.00	9	1.25527	0.9542		
11	9:43:00	2	11	16.00	0.50	15.00	11	1.17609	1.0414		
12	9:45:00	2	13	19.80	-3.80	-114.00	13				
13	9:47:00	2	15	19.60	0.20	6.00	15	0.77815	1.1761		
14	9:49:00	2	17	19.00	0.60	18.00	17	1.25527	1.2304		
15	9:51:00	2	19	18.60	0.40	12.00	19	1.07918	1.2788		
16	9:53:00	2	21	18.40	0.20	6.00	21	0.77815	1.3222		
17	9:55:00	2	23	18.20	0.20	6.00	23	0.77815	1.3617		
18	9:57:00	2	25	17.80	0.40	12.00	25	1.07918	1.3979		
19	9:59:00	2	27	17.50	0.30	9.00	27	0.95424	1.4314		
20	10:01:00	2	29	17.30	0.20	6.00	29	0.77815	1.4624	20.46958	17.26210
21	10:04:00	3	32	16.80	0.50	10.00	32	1.00000	1.5051		
22	10:07:00	3	35	16.50	0.30	6.00	35	0.77815	1.5441		
23	10:10:00	3	38	16.00	0.50	10.00	38	1.00000	1.5798		
24	10:13:00	3	41	19.80	-3.80	-76.00	41				
25	10:16:00	3	44	19.60	0.20	4.00	44	0.60206	1.6435		
26	10:19:00	3	47	19.00	0.60	0.00	47				
27	10:22:00	3	50	18.60	0.40	8.00	50	0.90309	1.6990		
28	10:25:00	3	53	18.10	0.50	10.00	53	1.00000	1.7243		
29	10:28:00	3	56	17.70	0.40	8.00	56	0.90309	1.7482		
30	10:31:00	3	59	17.40	0.30	6.00	59	0.77815	1.7709		
31	10:34:00	3	62	17.00	0.40	8.00	62	0.90309	1.7924		
32	10:39:00	5	67	16.30	0.70	8.40	67	0.92428	1.8261		
33	10:44:00	5	72	16.00	0.30	3.60	72	0.55630	1.8573		
34	10:49:00	5	77	19.90	-3.90	-46.80	77				
35	10:54:00	5	82	19.40	0.50	6.00	82	0.77815	1.9138		
36	10:59:00	5	87	18.60	0.80	9.60	87	0.98227	1.9395		
37	11:09:00	10	97	17.00	1.60	9.60	97	0.98227	1.9868		
38	11:19:00	10	107	15.90	1.10	0.00	107				
39	11:29:00	10	117	18.60	-2.70	-16.20	117				
40	11:39:00	10	127	17.30	1.30	7.80	127	0.89209	2.1038		
41	11:59:00	20	147	18.70	-1.40	-4.20	147				
42	12:19:00	20	167	16.00	2.70	8.10	167	0.90849	2.2227		
43	12:39:00	20	187	17.00	-1.00	-3.00	187				
44	13:09:00	30	217	18.00	-1.00	-2.00	217				
45	13:16:00	7	224	17.60	0.40	3.43	224	0.53511	2.3502		
46	14:16	60	284	15.90	1.70	1.70	284	0.23045	2.4533	14.65705	33.66073

Cuadro 2.67 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Buganvilla.

Prueba		27									
Región		Central Norte									
Administración		Buganvilla									
Finca		Buganvilla									
No	Hora de Lectura	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencias de Lectura (cm)	Infiltracion (cm/hr)	Tiempo Acumulado (min)			Suma log I	Suma log t
								log I	Log t		
1	9:26:00	0	0	19.50	0	0	0				
2	9:27:00	1	1	19.20	0.30	18.00	1	1.25527	0.0000		
3	9:28:00	1	2	19.00	0.20	12.00	2	1.07918	0.3010		
4	9:29:00	1	3	18.80	0.20	12.00	3	1.07918	0.4771		
5	9:30:00	1	4	18.60	0.20	12.00	4	1.07918	0.6021		
6	9:31:00	1	5	18.50	0.10	6.00	5	0.77815	0.6990		
7	9:32:00	1	6	18.40	0.10	6.00	6	0.77815	0.7782		
8	9:33:00	1	7	18.20	0.20	12.00	7	1.07918	0.8451		
9	9:34:00	1	8	18.00	0.20	12.00	8	1.07918	0.9031		
10	9:35:00	1	9	17.90	0.10	6.00	9	0.77815	0.9542		
11	9:37:00	2	11	17.80	0.10	3.00	11	0.47712	1.0414		
12	9:39:00	2	13	17.70	0.10	3.00	13	0.47712	1.1139		
13	9:41:00	2	15	17.60	0.10	3.00	15	0.47712	1.1761		
14	9:43:00	2	17	17.50	0.10	3.00	17	0.47712	1.2304		
15	9:45:00	2	19	17.30	0.20	6.00	19	0.77815	1.2788		
16	9:47:00	2	21	17.10	0.20	6.00	21	0.77815	1.3222		
17	9:49:00	2	23	16.80	0.30	9.00	23	0.95424	1.3617		
18	9:51:00	2	25	16.60	0.20	6.00	25	0.77815	1.3979		
19	9:53:00	2	27	16.50	0.10	3.00	27	0.47712	1.4314		
20	9:55:00	2	29	16.40	0.10	3.00	29	0.47712	1.4624	15.13706	18.37604
21	9:58:00	3	32	16.20	0.20	4.00	32	0.60206	1.5051		
22	10:01:00	3	35	16.00	0.20	4.00	35	0.60206	1.5441		
23	10:04:00	3	38	15.70	0.30	6.00	38	0.77815	1.5798		
24	10:07:00	3	41	15.50	0.20	4.00	41	0.60206	1.6128		
25	10:10:00	3	44	15.20	0.30	6.00	44	0.77815	1.6435		
26	10:13:00	3	47	21.00	-5.80	0.00	47				
27	10:16:00	3	50	20.50	0.50	10.00	50	1.00000	1.6990		
28	10:19:00	3	53	20.10	0.40	8.00	53	0.90309	1.7243		
29	10:22:00	3	56	19.80	0.30	6.00	56	0.77815	1.7482		
30	10:25:00	3	59	19.60	0.20	4.00	59	0.60206	1.7709		
31	10:30:00	5	64	19.30	0.30	3.60	64	0.55630	1.8062		
32	10:35:00	5	69	19.00	0.30	3.60	69	0.55630	1.8388		
33	10:40:00	5	74	18.70	0.30	3.60	74	0.55630	1.8692		
34	10:50:00	10	84	18.40	0.30	1.80	84	0.25527	1.9243		
35	11:00:00	10	94	17.80	0.60	3.60	94	0.55630	1.9731		
36	11:10:00	10	104	17.30	0.50	3.00	104	0.47712	2.0170		
37	11:20:00	10	114	16.80	0.50	3.00	114	0.47712	2.0569		
38	11:30:00	10	124	16.20	0.60	0.00	124				
39	11:50:00	20	144	15.40	0.80	2.40	144	0.38021	2.1584		
40	12:10:00	20	164	19.80	-4.40	-13.20	164				
41	12:40:00	30	194	18.60	1.20	2.40	194	0.38021	2.2878		
42	13:40:00	60	254	16.30	2.30	2.30	254	0.36173	2.4048	11.20266	35.16413

Cuadro 2.68 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Ilusiones Gonzáles.

Prueba		28									
Región		Central Norte									
Administración		Velasquez									
Finca		Ilusiones G									
No	Hora de Lectura	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencias de Lectura (cm)	Infiltracion (cm/hr)	Tiempo Acumulado (min)	log I	Log t	Suma	Suma
										log I	log t
1	11:15:00	0	0	20.3	0	0	0				
2	11:16:00	1	1	19.9	0.35	21.00	1	1.32222	0.0000		
3	11:17:00	1	2	19.6	0.30	18.00	2	1.25527	0.3010		
4	11:18:00	1	3	19.3	0.30	18.00	3	1.25527	0.4771		
5	11:19:00	1	4	19.1	0.20	12.00	4	1.07918	0.6021		
6	11:20:00	1	5	18.9	0.20	12.00	5	1.07918	0.6990		
7	11:21:00	1	6	18.6	0.30	18.00	6	1.25527	0.7782		
8	11:22:00	1	7	18.3	0.30	18.00	7	1.25527	0.8451		
9	11:23:00	1	8	18.0	0.30	18.00	8	1.25527	0.9031		
10	11:24:00	1	9	17.8	0.20	12.00	9	1.07918	0.9542		
11	11:25:00	1	10	17.4	0.40	24.00	10	1.38021	1.0000		
12	11:27:00	2	12	17.0	0.40	12.00	12	1.07918	1.0792		
13	11:29:00	2	14	16.6	0.40	12.00	14	1.07918	1.1461		
14	11:31:00	2	16	16.3	0.30	9.00	16	0.95424	1.2041		
15	11:33:00	2	18	16.0	0.30	9.00	18	0.95424	1.2553		
16	11:35:00	2	20	15.6	0.40	12.00	20	1.07918	1.3010		
17	11:37:00	2	22	15.2	0.40	12.00	22	1.07918	1.3424		
18	11:39:00	2	24	14.9	0.30	9.00	24	0.95424	1.3802		
19	11:41:00	2	26	14.6	0.30	9.00	26	0.95424	1.4150		
20	11:43:00	2	28	14.3	0.30	9.00	28	0.95424	1.4472	21.30427	18.13026
21	11:45:00	2	30	13.9	0.40	12.00	30	1.07918	1.4771		
22	11:48:00	3	33	13.4	0.50	10.00	33	1.00000	1.5185		
23	11:51:00	3	36	20.2	-6.80	-136.00	36				
24	11:54:00	3	39	19.8	0.40	8.00	39	0.90309	1.5911		
25	11:57:00	3	42	19.4	0.40	8.00	42	0.90309	1.6232		
26	12:00:00	3	45	19.0	0.40	8.00	45	0.90309	1.6532		
27	12:03:00	3	48	18.8	0.20	4.00	48	0.60206	1.6812		
28	12:06:00	3	51	18.5	0.30	6.00	51	0.77815	1.7076		
29	12:09:00	3	54	18.2	0.30	6.00	54	0.77815	1.7324		
30	12:12:00	3	57	18.0	0.20	4.00	57	0.60206	1.7559		
31	12:15:00	3	60	17.8	0.20	4.00	60	0.60206	1.7782		
32	12:20:00	5	65	17.5	0.30	3.60	65	0.55630	1.8129		
33	12:25:00	5	70	17.2	0.30	3.60	70	0.55630	1.8451		
34	12:30:00	5	75	16.9	0.30	3.60	75	0.55630	1.8751		
35	12:35:00	5	80	16.5	0.40	4.80	80	0.68124	1.9031		
36	12:40:00	5	85	16.2	0.30	3.60	85	0.55630	1.9294		
37	12:50:00	10	95	15.7	0.50	3.00	95	0.47712	1.9777		
38	13:00:00	10	105	15.1	0.60	3.60	105	0.55630	2.0212		
39	13:20:00	20	125	14.1	1.00	3.00	125	0.47712	2.0969		
40	13:40:00	20	145	13.1	1.00	3.00	145	0.47712	2.1614	13.04505	34.14117
41	14:10:00	30	175	18.6	-5.50	-11.00	175				
42	15:10:00	60	235	15.8	2.80	2.80	235	0.44716	2.3711		

Cuadro 2.69 A Tabla de cálculo para la determinación de infiltración básica finca Santa Cristina.

Prueba		29									
Región		Central Norte									
Administración		Buganvilia									
Finca		Santa Cristina									
No	Hora de Lectura	Intervalo de tiempo (min)	Tiempo Acumulado (min)	Lectura (cm)	Diferencias de Lectura (cm)	Infiltracion (cm/hr)	Tiempo Acumulado (min)	log I	Log t	Suma log I	Suma log t
1	9:36:00	0	0	20.3	0	0	0				
2	9:37:00	1	1	19.8	0.50	30.00	1	1.47712	0.0000		
3	9:38:00	1	2	19.4	0.40	24.00	2	1.38021	0.3010		
4	9:39:00	1	3	19.0	0.40	24.00	3	1.38021	0.4771		
5	9:40:00	1	4	18.6	0.40	24.00	4	1.38021	0.6021		
6	9:41:00	1	5	18.3	0.30	18.00	5	1.25527	0.6990		
7	9:42:00	1	6	18.0	0.30	18.00	6	1.25527	0.7782		
8	9:43:00	1	7	17.6	0.40	24.00	7	1.38021	0.8451		
9	9:44:00	1	8	17.2	0.40	24.00	8	1.38021	0.9031		
10	9:45:00	1	9	16.8	0.40	24.00	9	1.38021	0.9542		
11	9:46:00	1	10	16.5	0.30	18.00	10	1.25527	1.0000		
12	9:48:00	2	12	15.9	0.60	18.00	12	1.25527	1.0792		
13	9:50:00	2	14	15.3	0.60	18.00	14	1.25527	1.1461		
14	9:52:00	2	16	14.7	0.60	18.00	16	1.25527	1.2041		
15	9:54:00	2	18	14.0	0.70	21.00	18	1.32222	1.2553		
16	9:56:00	2	20	13.4	0.60	18.00	20	1.25527	1.3010		
17	9:58:00	2	22	12.7	0.70	21.00	22	1.32222	1.3424		
18	10:00:00	2	24	12.1	0.60	18.00	24	1.25527	1.3802		
19	10:02:00	2	26	19.6	-7.50	-225.00	26				
20	10:04:00	2	28	19.0	0.60	18.00	28	1.25527	1.4472		
21	10:06:00	2	30	18.5	0.50	15.00	30	1.17609	1.4771	24.87637	18.19241
22	10:09:00	3	33	17.7	0.80	16.00	33	1.20412	1.5185		
23	10:12:00	3	36	16.9	0.80	16.00	36	1.20412	1.5563		
24	10:15:00	3	39	16.2	0.70	14.00	39	1.14613	1.5911		
25	10:18:00	3	42	15.5	0.70	14.00	42	1.14613	1.6232		
26	10:21:00	3	45	14.9	0.60	12.00	45	1.07918	1.6532		
27	10:24:00	3	48	14.4	0.50	10.00	48	1.00000	1.6812		
28	10:27:00	3	51	13.9	0.50	10.00	51	1.00000	1.7076		
29	10:30:00	3	54	13.5	0.40	8.00	54	0.90309	1.7324		
30	10:33:00	3	57	13.1	0.40	8.00	57	0.90309	1.7559		
31	10:36:00	3	60	12.8	0.30	6.00	60	0.77815	1.7782		
32	10:41:00	5	65	12.3	0.50	6.00	65	0.77815	1.8129		
33	10:46:00	5	70	11.8	0.50	6.00	70	0.77815	1.8451		
34	10:51:00	5	75	11.3	0.50	6.00	75	0.77815	1.8751		
35	10:56:00	5	80	20.0	-8.70	-104.40	80				
36	11:01:00	5	85	19.5	0.50	6.00	85	0.77815	1.9294		
37	11:11:00	10	95	18.6	0.90	5.40	95	0.73239	1.9777		
38	11:21:00	10	105	17.8	0.80	4.80	105	0.68124	2.0212		
39	11:41:00	20	125	16.5	1.30	3.90	125	0.59106	2.0969		
40	12:11:00	30	155	14.4	2.10	4.20	155	0.62325	2.1903		
41	13:11:00	60	215	10.6	3.80	3.80	215	0.57978	2.3324	16.68435	34.67866

BIG GUN® PERFORMANCE (U.S. UNITS)

Flow and diameter (feet) information at various pressures with different nozzle sizes. (See information at bottom of page 11.)

75 TAPER RING NOZZLE — 24° TRAJECTORY

PSI	0.4"		0.45"		0.5"		0.55"		0.6"		0.65"		0.7"		0.75"		0.8"	
	GPM	DIAM. FT.	GPM	DIAM. FT.	GPM	DIAM. FT.	GPM	DIAM. FT.	GPM	DIAM. FT.	GPM	DIAM. FT.	GPM	DIAM. FT.	GPM	DIAM. FT.	GPM	DIAM. FT.
25*	—	—	—	—	—	—	42	146	50	155	59	161	69	167	80	174	91	182
30*	—	—	—	—	37	158	45	158	55	165	64	172	75	182	87	187	99	192
35	—	—	32	154	40	164	49	172	59	178	69	191	81	195	93	202	106	208
40	27	149	35	160	43	171	52	180	63	190	74	198	87	204	98	213	112	221
45	29	155	37	167	46	180	56	189	67	198	79	206	91	214	104	223	118	230
50	30	161	39	174	48	186	59	195	70	203	83	212	95	220	109	230	123	237
55	32	165	41	179	50	193	62	203	74	213	87	221	100	230	115	239	130	247
60	33	169	42	184	53	198	64	208	77	220	91	228	104	237	120	245	136	254
65	35	172	44	189	55	205	67	216	80	227	95	237	109	247	125	254	142	263
70	36	175	45	194	57	210	69	221	83	232	98	243	113	254	129	260	147	270
75	37	179	47	201	59	217	72	228	86	239	101	250	117	261	134	268	153	277
80	39	182	49	207	61	222	74	234	89	244	105	256	121	266	138	274	158	283

*Operating at pressures above 30 PSI provides better performance.

100 TAPER BORE NOZZLE — 24° TRAJECTORY

PSI	0.5"		0.55"		0.6"		0.65"		0.7"		0.75"		0.8"		0.85"		0.9"		1.0"	
	GPM	DIAM. FT.	GPM	DIAM. FT.	GPM	DIAM. FT.	GPM	DIAM. FT.	GPM	DIAM. FT.	GPM	DIAM. FT.	GPM	DIAM. FT.	GPM	DIAM. FT.	GPM	DIAM. FT.	GPM	DIAM. FT.
40	47	191	57	202	66	213	76	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	236	345	289	372
110	76	265	92	278	111	290	129	303	150	315	171	324	195	335	222	344	247	355	304	380

150 TAPER BORE NOZZLE — 24° TRAJECTORY

PSI	0.7"		0.8"		0.9"		1.0"		1.1"		1.2"		1.3"		1.4"	
	GPM	DIAM. FT.	GPM	DIAM. FT.	GPM	DIAM. FT.	GPM	DIAM. FT.	GPM	DIAM. FT.	GPM	DIAM. FT.	GPM	DIAM. FT.	GPM	DIAM. FT.
50	100	250	130	270	165	290	205	310	255	330	300	345	350	360	408	373
60	110	265	143	285	182	305	225	325	275	345	330	365	385	390	446	396
70	120	280	155	300	197	320	245	340	295	360	355	390	415	395	483	412
80	128	290	165	310	210	335	260	355	315	375	380	395	445	410	516	427
90	135	300	175	320	223	345	275	365	335	390	405	410	475	425	547	442
100	143	310	185	330	235	355	290	375	355	400	425	420	500	440	577	458
110	150	320	195	340	247	365	305	385	370	410	445	430	525	450	605	471
120	157	330	204	350	258	375	320	395	385	420	455	440	545	460	632	481

200 TAPER BORE NOZZLE — 27° TRAJECTORY


PSI	1.05"		1.1"		1.2"		1.3"		1.4"		1.5"		1.6"		1.75"		1.9"	
	GPM	DIAM. FT.	GPM	DIAM. FT.	GPM	DIAM. FT.	GPM	DIAM. FT.	GPM	DIAM. FT.	GPM	DIAM. FT.	GPM	DIAM. FT.	GPM	DIAM. FT.	GPM	DIAM. FT.
60	250	345	285	355	330	375	385	390	445	410	515	430	585	445	695	470	825	495
70	270	360	310	380	355	395	415	410	480	430	555	450	630	465	755	495	890	515
80	290	375	330	395	380	410	445	430	515	450	590	470	675	485	805	515	950	535
90	310	390	350	410	405	425	475	445	545	465	625	485	715	505	855	535	1005	555
100	325	400	370	420	425	440	500	460	575	480	660	500	755	520	900	550	1050	575
110	340	410	390	430	445	450	525	470	605	495	695	515	790	535	945	565	1110	590
120	355	420	405	440	465	460	545	480	630	505	725	530	825	550	985	580	1160	605
130	370	425	425	445	485	465	565	485	655	515	755	540	860	560	1025	590	1210	620

Figura 2.59 A Tabla de caudales y presiones para aspersores NF100 Y NF150 que se utilizarán para riego por aspersión.

5035 SD

Overhead sprinklers

Plastic impact sprinkler
3/4" male



Applications: general field use with solid-set irrigation systems

- Unique hammer with SD (super- diffuser) plate for uniform distribution
- SD – Designed for optimal performance even in low pressure
- High water distribution with spacing up to 20m
- Higher resistance to wind
- Color-coded bayonet nozzle for easy service
- Integrated stream-straightening vane for maximum range
- High-impact, heavy-duty plastic materials provide resistance to corrosion, chemicals and UV radiation

5035 SD Performance table -Single nozzle, Long SD
Precipitation rates (mm/hr) and uniformity (CU) at various spacing

Sleeve Color	Nozzle Color (mm)	P (bar)	Q (m ³ /hr)	D (m)	Spacing (m)						
					12x15	12x18	15x15	15x18	18x18	20x20	
Red	318e	2.5	0.720	24.0	4.0	3.3	3.2				
		3.0	0.790	24.0	4.4	3.7	3.5				
		4.0	0.910	25.0	5.1	4.2	4.0	3.4			
	418a	5.0	1.040	25.0	5.8	4.8	4.6	3.9			
		2.5	0.950	26.0	5.3	4.4	4.2	3.5			
		3.0	1.040	26.0	5.8	4.8	4.6	3.9			
		4.0	1.200	26.0	6.7	5.6	5.3	4.4	3.7		
		5.0	1.350	28.0	7.5	6.3	6.0	5.0	4.2		
		Black	451mm	2.5	1.210	28.0	6.7	5.6	5.4	4.5	
3.0	1.320			28.0	7.3	6.1	5.9	4.9	4.1		
4.0	1.540			29.0	14.1	11.8	11.3	9.4	7.8		
1818a	5.0		1.710	30.0	9.5	7.9	7.6	6.3	5.3		
	2.5		1.460	29.0	8.1	6.8	6.5	5.4	4.5		
	3.0		1.610	29.0	8.9	7.5	7.2	6.0	5.0	4.0	
	4.0		1.870	31.0	10.4	8.7	8.3	6.9	5.8	4.7	
	5.0		2.100	32.0	11.7	9.7	9.3	7.8	6.5	5.3	
	550a		2.5	1.760	30.0	9.8	8.1	7.8	6.5	5.4	4.4
3.0		1.930	31.0	10.7	8.9	8.6	7.1	6.0	4.8		
4.0		2.230	34.0	12.4	10.3	9.9	8.3	6.9	5.6		
5.0		2.490	35.0	13.8	11.5	11.1	9.2	7.7	6.2		
418a		2.5	2.060	30.0	11.4	9.5	9.2	7.6	6.4	5.2	
		3.0	2.260	32.0	12.6	10.5	10.0	8.4	7.0	5.7	
	4.0	2.620	34.0	14.6	12.1	11.6	9.7	8.1	6.6		
	5.0	2.940	36.0	16.3	13.6	13.1	10.9	9.1	7.4		

Color code - Distributes uniformity: CU > 92% | CU 88-92% | CU 85-88% | CU < 85%

5035 SD Performance table - Dual nozzle, Short SD
Precipitation rates (mm/hr) and uniformity (CU) at various spacing

Sleeve Color	Nozzle Color (mm)	P (bar)	Q (m ³ /hr)	D (m)	Spacing (m)						
					12x15	12x18	15x15	15x18	18x18	20x20	
Red	35x2.5L Blue	3.0	1.240	27.2	6.9	5.7	5.5	4.6	3.8	3.1	
		4.0	1.430	27.2	7.9	6.6	6.4	5.3	4.4	3.6	
		5.0	1.620	27.2	9.0	7.5	7.2	6.0	5.0	4.1	
	40x2.5L Black	3.0	1.490	28.0	8.3	6.9	6.6	5.5	4.6	3.7	
		4.0	1.740	29.0	9.7	8.1	7.7	6.4	5.4	4.4	
		5.0	1.950	29.2	10.8	9.0	8.7	7.2	6.0	4.9	
	Black	45x2.5L Brown	3.0	1.790	29.7	9.9	8.3	8.0	6.6	5.5	4.5
			4.0	2.070	30.2	11.5	9.6	9.2	7.7	6.4	5.2
			5.0	2.320	30.2	12.9	10.7	10.3	8.6	7.2	5.8
50x2.5L Purple		3.0	2.110	31.5	11.7	9.8	9.4	7.8	6.5	5.3	
		4.0	2.400	32.2	13.3	11.1	10.7	8.9	7.4	6.0	
		5.0	2.690	35.2	14.9	12.5	12.0	10.0	8.3	6.7	
55x2.5L Orange		3.0	2.390	32.2	13.3	11.1	10.6	8.9	7.4	6.0	
		4.0	2.760	34.2	15.3	12.8	12.3	10.2	8.5	6.9	
		5.0	3.090	35.0	17.2	14.3	13.7	11.4	9.5	7.7	

Performance table under review
Rear nozzle color : 2.5L - grey,
Do not change nozzles from Red sleeve group to Black sleeve group or vice versa.

Figura 2.60 A Tabla de caudal y presión para miniaspersor Naandanjain.

CAPITULO III

SERVICIO

**PROYECTO GESTIÓN CALIDAD DE RIEGOS, EVALUACIÓN DE LA OPERACIÓN EN
CAMPO DE LOS EQUIPOS DE ASPERSIÓN Y MINIASPERSIÓN, INGENIO
MAGDALENA S.A**

3.1 PRESENTACIÓN

El Ingenio Magdalena S.A en la temporada 2,011- 2,012 conto con 76 equipos de riego por aspersión tipo cañón y 283 de miniaspersión, dichos sistemas conforman el 87% del total de los equipos de riego.

Durante el período de Noviembre 2,011 a Mayo 2,012 se realizó el proyecto de gestión calidad riegos, el cual consistía en hacer visitas semanales a cada uno de los equipos de aspersión y miniaspersión en funcionamiento, los principales valores operativos tales como: rpm de motor, caudal de sistema, presión de sistema, caudal de aspersor, presión de aspersores, profundidad de mojado y distribución de tubería de aluminio.

Además se realizaba una intensa evaluación del estado del equipo (motor, bomba, tubería y aspersores), ya que de la calidad de estos se depende para aplicar una correcta lámina de riego.

Para la ejecución del proyecto se contó con el apoyo de 5 técnicos agrícolas, los cuales realizaban visitas a cada equipo de riego programado por día, las evaluaciones de los técnicos consistían en conocer el funcionamiento del motor midiendo revoluciones, presiones, caudal general del sistema (gpm) además de la presión generada por los aspersores. La cantidad de visitas al día eran 6 equipos teniendo a la semana 150 equipos en general

Dicha información era entregada al departamento de Ingeniería Agrícola el cual se encargaba de tabular y elaborar informes semanales a la Gerencia Agrícola, para tomar acciones a las problemáticas a corto y mediano plazo.

El principal objetivo del proyecto era mejorar la eficiencia en la operación de los sistemas de riego campo, haciendo el mejor uso de los recursos y recuperando las inversiones realizadas en cada finca con el incremento de producción en cada tonelada de caña de azúcar (*Saccharum spp*).

3.2 OBJETIVOS

3.2.1 General

Evaluar el estado operativo de los equipos de riego aspersión y miniaspersión implementados en campo en las diferentes fincas del Ingenio Magdalena S.A.

3.2.2 Específicos

- A. Identificar los principales problemas que se generan al operar en campo un equipo de miniaspersión móvil y estacionario.
- B. Identificar los principales problemas que se generan al operar en campo un equipo de aspersión móvil.
- C. Proponer soluciones a los principales problemas encontrados a la hora de operar un equipo de miniaspersión móvil y estacionario.
- D. Proponer soluciones a los principales problemas encontrados a la hora de operar un equipo de aspersión móvil.
- E. Elaborar una propuesta de nuevo proyecto de gestión calidad de riegos.

3.3 METODOLOGÍA

3.3.1 Distribución de técnicos en zonas productivas

El cuadro 3.1 presenta la distribución del personal técnico por región y por administración además de la cantidad de equipos que tiene asignado.

Cuadro 3.1 Distribución de técnicos de riego por región y administración.

Gestor	Región	Administración	Numero equipos visitados por día	Total equipos asignados	Cobertura completa de equipos días
A	Central Norte	Buganvilia, Velásquez	6	63	11
B	Central Sur	La Felicidad, Santa María	6	102	17
C	Oriente	Agropesa	6	40	7
D	Occidente 1	Barranquilla, La Maquina	6	55	9
E	Occidente 2	Ican, Retalhuleu	6	56	9
5 gestores	4 regiones	9 administraciones	30 equipos por día	316 equipos	53 días

El proceso de gestión calidad de riegos consistió en realizar las fases:

- Fase de Evaluación en campo y recopilación de información.
- Fase de Tabulación y análisis de la información.
- Elaboración de informes y presentaciones a la gerencia agrícola.

3.3.2 Fase de evaluación en campo y recopilación de información

Esta fase se caracterizó por la evaluación del estado del equipo y su funcionamiento (operación), comparándolo con parámetros establecidos por el fabricante del motor y bomba (turbina o centrífuga) y el equipo de aluminio (tubería, accesorios y aspersores) para realizar estas evaluaciones se uso la boleta de campo (anexo 1).

Para la evaluación general de un equipo fué necesaria la evaluación completa de cada componente que conforma a un sistema de riego ya sea aspersión móvil o miniaspersión fijo y móvil.

3.3.2.1 Componentes generales de un sistema de riego (aspersión y miniaspersión)

D. Estación de bombeo

La principal función de la estación de bombeo es abastecer al sistema de riego de agua, para esto se utilizan bombas tipo turbinas o centrífugas accionadas por motores que pueden ir desde los 125 a 267 hp, el agua succionada por la bomba es distribuida por una conducción central hacia las laterales para luego ser irrigada por los aspersores.

Cabe mencionar que el funcionamiento de una estación de bombeo se encuentra en función de la fuente de agua , clasificandolas como fijas y moviles. En el cuadro 3.2 se muestran los componentes que conforman a los dos tipos de estaciones de bombeo mencionadas.

Cuadro 3.2 Componentes generales de una estación de bombeo.

Recurso	Estación de bombeo fija	Estación de bombeo móvil
Fuente de abastecimiento	Pozo Mecánico	Laguna, río, noria, quinel, etc.
Motor	Estacionario (125 a 267 hp)	Motor (125 hp)
Bomba	Turbina (1,000 a 2,200 gpm)	Centrífuga (800 a 1,000 gpm)

a. Control preventivo de la estación de bombeo

En las Figuras 3.1 y 3.2 se muestra el control preventivo a realizarse previo al arranque de un equipo de bombeo ya que si no cumple alguno de estos requisitos mencionados su vulnerabilidad a desperfectos mecánicos aumenta afectando la calidad de aplicación del riego.

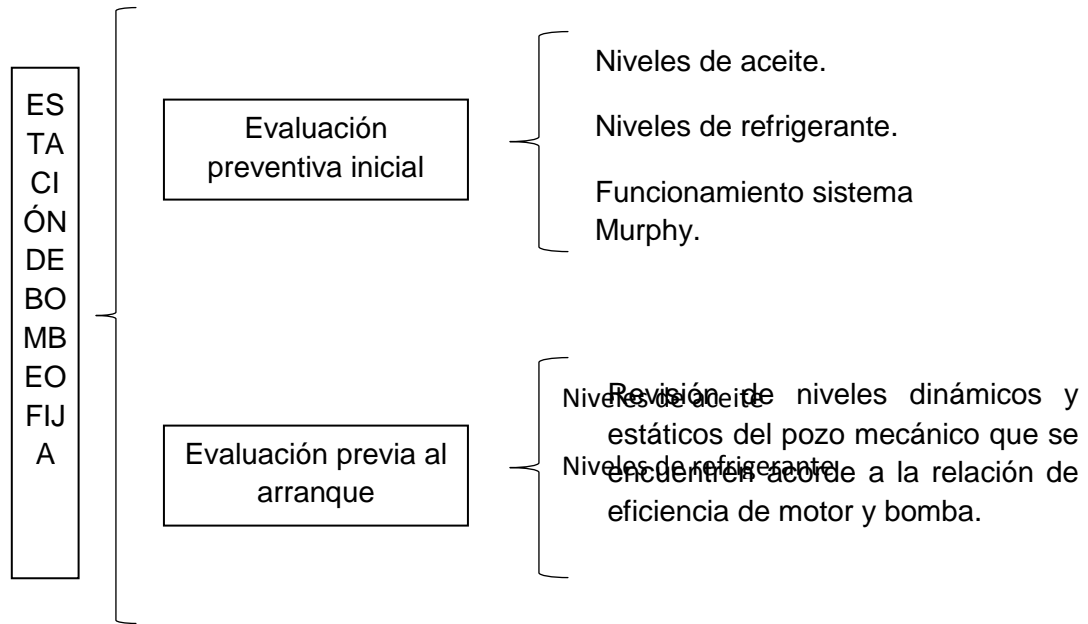


Figura 3.1 Evaluación preventiva previa al arranque del motor fijo.

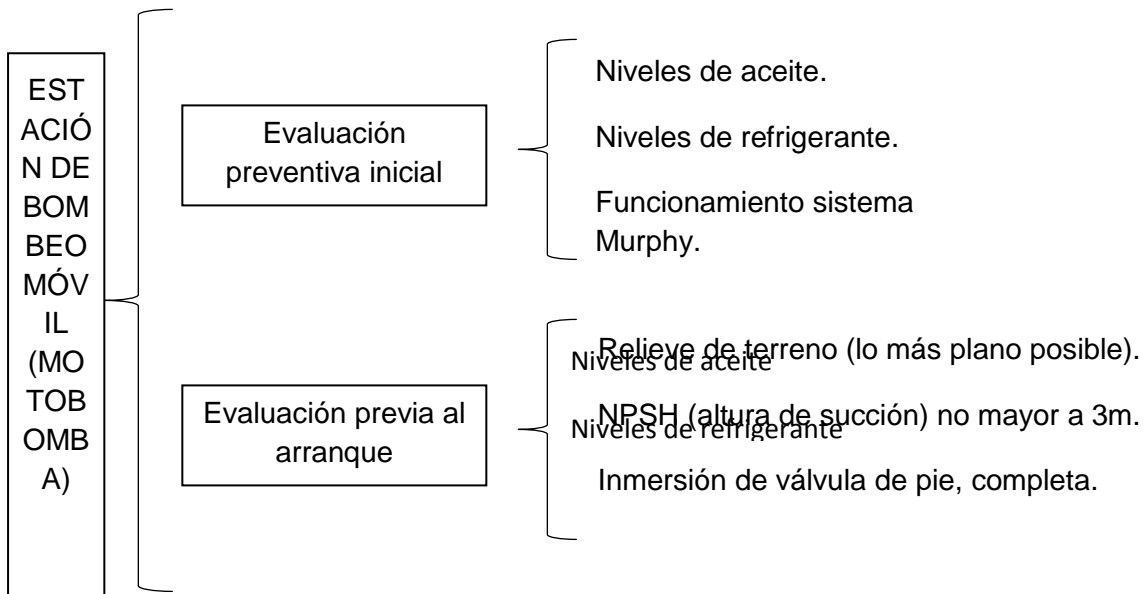


Figura 3.2 Evaluación preventiva previa al arranque de la motobomba.

E. Estado de tubería de aluminio y accesorios (conducción central y secundaria)

La principal función del equipo de aluminio es conducir y distribuir el caudal a todo el sistema de riego para luego ser irrigado por los aspersores, si en alguno de los casos la tubería presenta fugas no garantiza una correcta conducción del caudal.

Por esa razón se evaluó la calidad de tubería y accesorios, observando las principales fugas por desgaste en tubería, accesorios y en algunos de los casos por mal acoplamiento (Figura 3.3).



Figura 3.3 Evaluación del estado de tubería y accesorios de aluminio.

F. Parámetros operativos de los sistemas aspersión y miniaspersión

Para determinar si se estuvo haciendo buen uso a todo el sistema de riego, el gestor asignado evalúe la operación momentánea y la compare con los parámetros establecidos por las curvas de motor de fabricante.

Además se muestra la diferencia que existe entre operar un equipo móvil contra uno estacionario o fijo.

El cuadro 3.3 muestra los parámetros para operar las dos distintas estaciones para bombeo.

Cuadro 3.3 Parámetros de diseño para una correcta operación de riego.

Sistema	Factor	Variable	Rango
Miniaspersión	Revoluciones de motor	rpm	1,200 a 1,800
	Presión del sistema	psi	65 a 70
	Caudal de descarga	gpm	1,200 a 2,200
	Caudal de aspersor	gpm	4.4
	Presión de aspersor	psi	40 a 45
Aspersión	Revoluciones de motor	rpm	1,000 a 1,200
	Presión del sistema	psi	75 a 100
	Caudal de descarga	gpm	600 a 900
	Caudal de aspersor	gpm	150 a 250
	Presión de aspersor	psi	65

Si el operador del equipo de riego se encontraba operando fuera de los rangos mencionados anteriormente el gestor de calidad calibraba el equipo para dejarle un mejor funcionamiento.

G. Parametros de diseño del sistema de riego

Cada sistema de riego implementado posee un diseño agronomico propio, por lo que el gestor de riego tenia velar que cada uno de estos se cumpliera a como lo requería el diseño.

Los parametros de diseño de riego para la costa sur ya se encuentran estandarizados debido a las evapotraspiraciones que se tienen en las regiones Cuadro 3.3.

Cuadro 3.3 Parámetros de diseño para una correcta operación de riego.

Sistema	Factor	Variable	Rango
Miniaspersión	Frecuencia de riego	días	8 a 10
	Turnos de riego	turnos/día	2
	Tiempo de riego	horas	11
	Tiempo de traslado	horas	2 a 3
Aspersión	Frecuencia de riego	días	10
	Turnos de riego	turnos/día	10
	Tiempo de riego	horas	2
	Tiempo de traslado	horas	1 a 2

3.3.3 Fase de tabulación y análisis de la información

Para realizar la tabulación y análisis de datos se realizó el procedimiento:

- A. Entrega de boletas electrónicas del día por medio de correo electrónico.
- B. Tabulación de datos operativos encontrados en una base de datos de Excel, clasificándolos por región productiva y sistema de riego utilizado.
- C. Identificar los principales problemas de equipo encontrados.
- D. Identificar los principales problemas operativos encontrados en cada visita.

3.3.4 Elaboración de informes y presentaciones a la gerencia agrícola

Con la información tabulada en las bases de datos se realizaron, informes y presentaciones sobre la operación de riego realizada durante la semana, mostrando los principales hallazgos ya sean de funcionamiento mecánico y de operación en campo.

Luego del análisis de información se entregaron los datos a la gerencia del departamento de ingeniería agrícola, para que este la presentará en las reuniones semanales de campo a gerente agrícola, gerentes de producción.

El fin de presentar la información a la gerencia fue mostrar las principales deficiencias y trabajar en ellas para obtener soluciones a corto y mediano plazo.

3.4 RESULTADOS

De la información generada en campo por los gestores de calidad de riego se obtuvieron las frecuencias de fallas, las cuales se graficaron en forma ascendente para encontrar las de mayor importancia. Con la frecuencia acumulada se obtiene la línea de tendencia de fallas mostrando el comportamiento del problema a través del tiempo (diagrama de Pareto).

La Figura 3.4 resalta las causas que sobrepasan el 80%, indicando que dichas causas crecerán de forma exponencial dando generando problemas a corto, mediano y largo plazo. Por esa razón es necesario buscar soluciones.

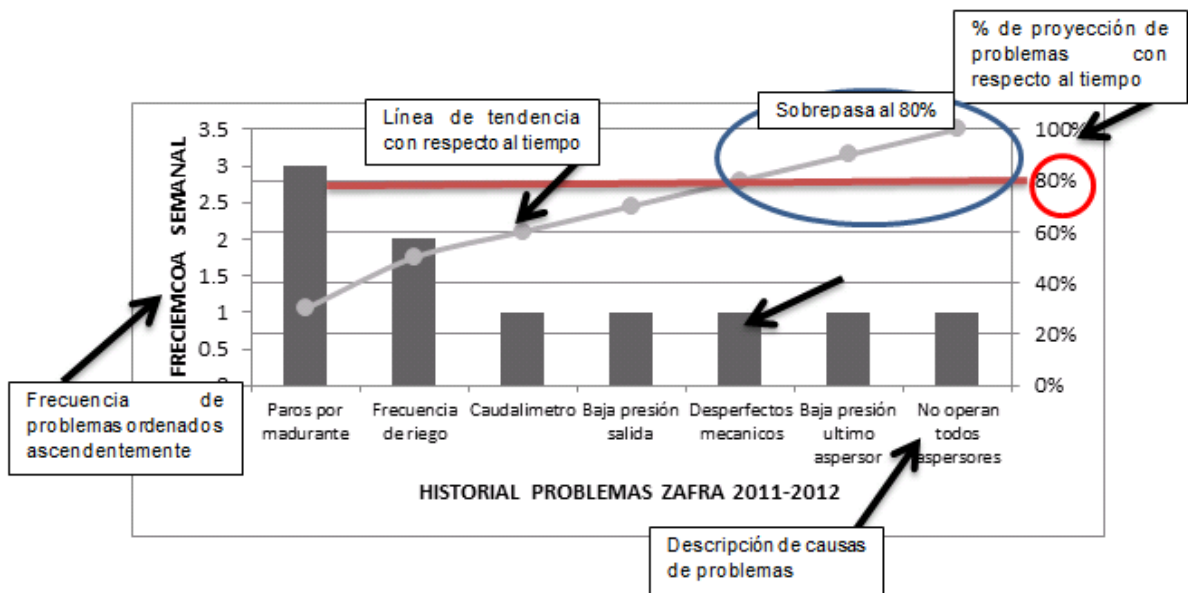


Figura 3.4 Descripción de resultados, utilizando el diagrama de Pareto de causa y efecto.

El análisis de la información por medio del diagrama de Pareto se reflejó por región de producción, administración y sistema de riego utilizado.

3.4.1 Región Central Norte

3.4.3.1 Administración Buganvilia

A. Aspersión

Conformada por 5 equipos que presentaron 3 causas a problemas que afectan su eficiencia de aplicación en la lámina de riego (mm)

De estas la baja presión en el aspersor critico (menor a 30 psi), la falta de operación de todos los aspersores de diseño y equipos con manometro de psi en mal estado. Siendo el mal funcionamiento del manometro de psi el que sobrepasa el 80% de la línea de tendencia de pareto (Figura 3.5).

Por lo que hay que buscar soluciones a corto y mediano plazo para mejorar la calidad de aplicación del riego (Cuadro 3.4).

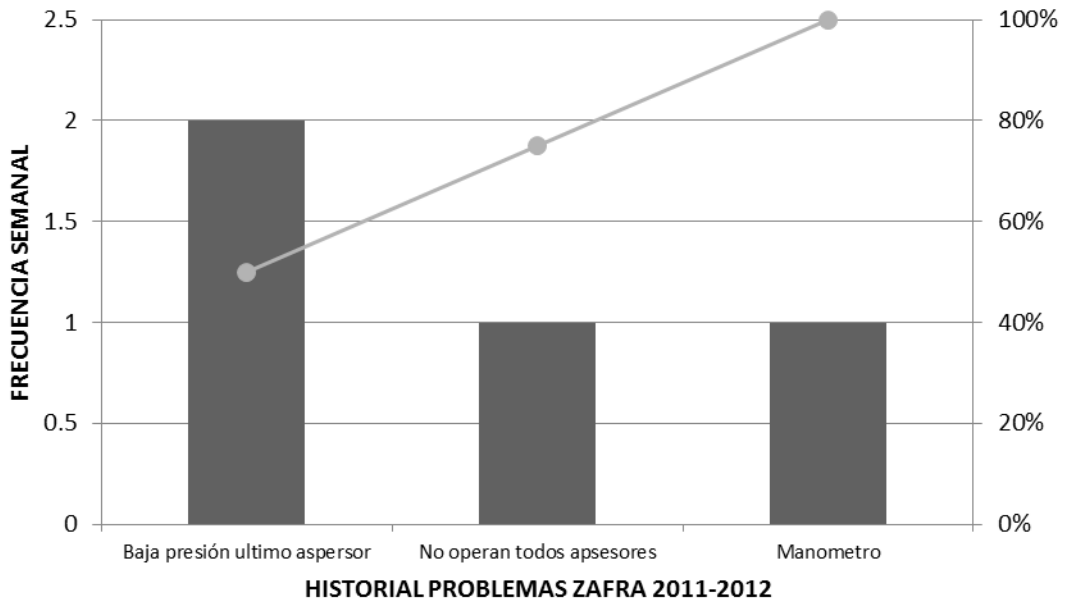


Figura 3.5 Diagrama de pareto equipos aspersión, administración Buganvilia.

B. Miniaspersión

Conformado por 25 equipos de los cuales presentaron 7 causas que afectaron la aplicación de la lámina de riego (mm).

De estas los paros del equipo de riego por desperfectos mecánicos, la baja presión en el ultimo aspersor (psi) y la falta de operación de todos los aspersores, dichas causas sobrepasaron el 80% de la línea de tendencia de pareto (Figura 3.6).

Para estas causas se deben buscar soluciones a corto y mediano plazo (Cuadro 3.4).

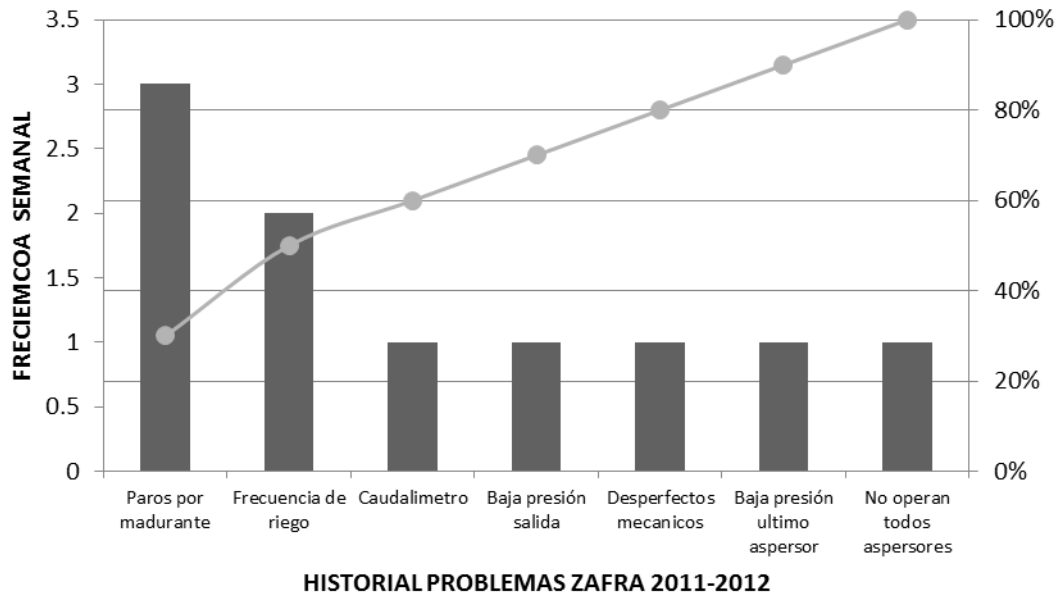


Figura 3.6 Diagrama de pareto equipos miniaspersión, administración Buganvilla.

3.4.1.2 Administración Velásquez

A. Aspersión

Conformado por 11 equipos de los cuales presentaron 8 causas que afectaron la eficiencia en la aplicación en la lámina de riego (mm).

De estas los paros del equipo de bombeo por desperfectos mecánicos, la falta de caudalímetro para la medición del caudal (gpm) y la baja presión (psi) de la descarga del sistema fueron las que sobrepasaron el 80% de la línea de tendencia de Pareto (Figura 3.7).

Para estas causas es necesaria la propuesta de soluciones a corto y mediano plazo (Cuadro 3.4).

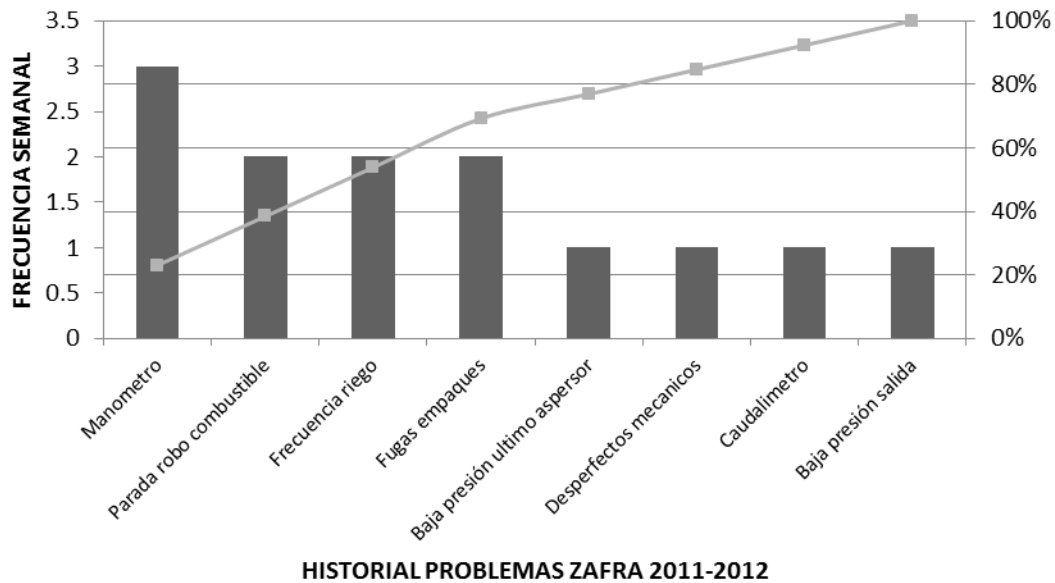


Figura 3.7 Diagrama de Pareto equipos de aspersión, administración Velásquez.

B. Miniaspersión

Conformado por 22 equipos de los cuales presentaron 7 causas que afectaron la calidad de la aplicación de la lámina de riego (mm).

De estas la baja presión de la salida (psi) y la falta de operación de todos los aspersores fueron las que sobrepasaron el 80% de la línea de tendencia de pareto (Figura 3.8).

Para esta causas es necesaria la propuestas de soluciones a corto y mediano plazo (Cuadro 3.4).

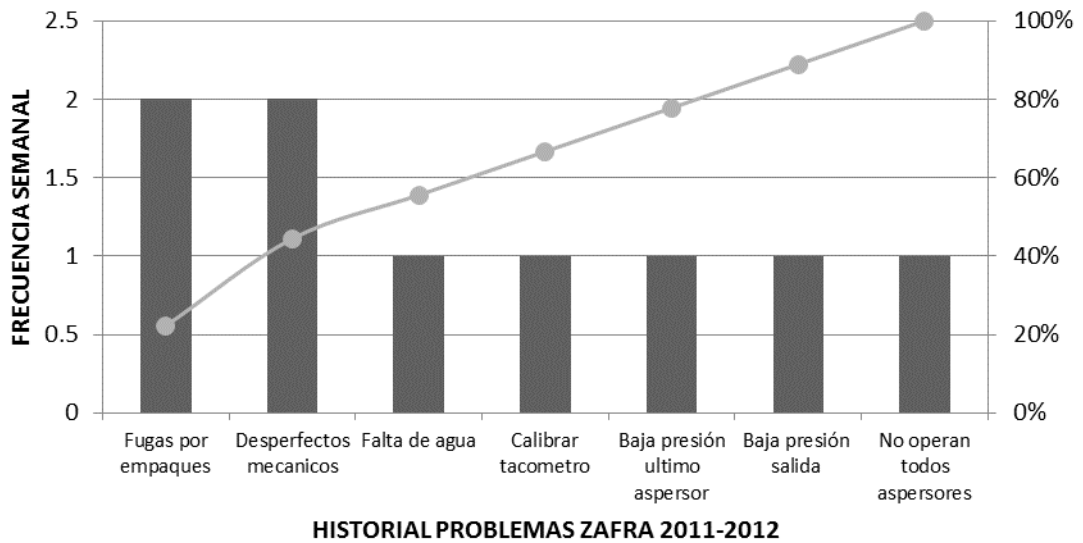


Figura 3.8 Diagrama de pareto equipos miniaspersión,administración Velásquez.

3.4.2 Región Central Sur

3.4.2.1 Administración Santa María

A. Aspersión

Conformado por 10 equipos de los cuales presentaron 7 causas afectando la calidad de la aplicación de la lámina de riego (mm).

De estas la baja presión (psi) de la salida y la falta de caudalimetro para la medición de caudal (gpm) fueron que sobrepasaron el 80% de la línea de tendencia de pareto (Figura 3.9).

Para estas casuas es necesario buscar soluciones a corto y mediano plazo (Cuadro 3.4).

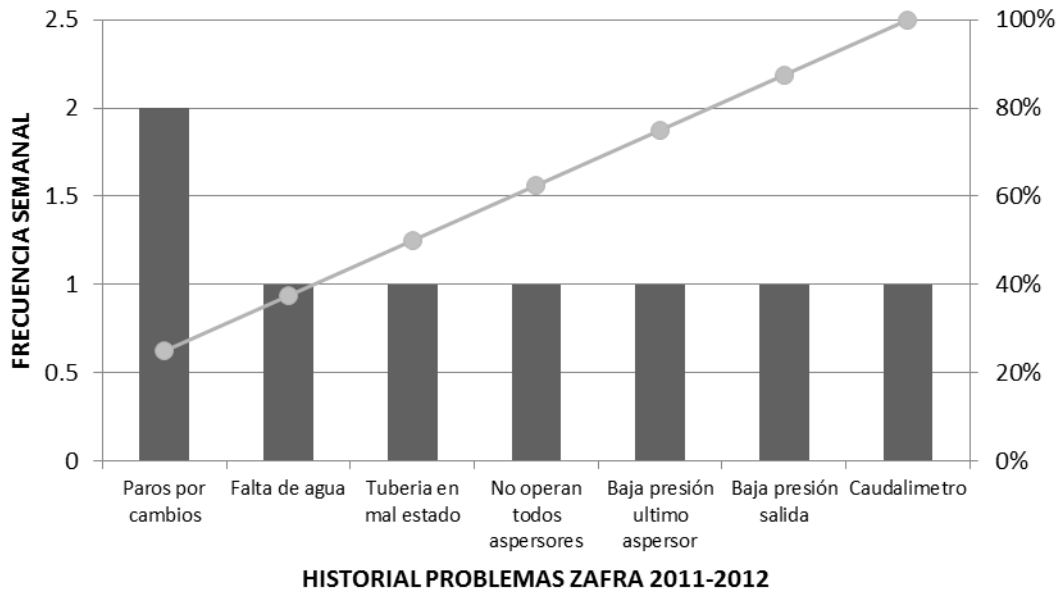


Figura 3.9 Diagrama de pareto equipos aspersión, administración Santa María.

B. Miniaspersión

Conformado por 40 equipos de los cuales presentaron 9 causas que afectaron la calidad de aplicación de la lámina de riego (mm).

De estas la tubería de aluminio de (3”) que se encuentra en mal estado, los paros por madurante si al suelo no se le aplico un riego previo, los paros por exesos de lluvia que pueden generar inundaciones en el área y la falta de operación de todos los aspersores, siendo estos los que sobrepasan el 80% de la línea de tendencia de pareto (Figura 3.10).

Para estas causas es necesaria la propuesta de sulciones a corto y mediano plazo (Cuadro 3.4).

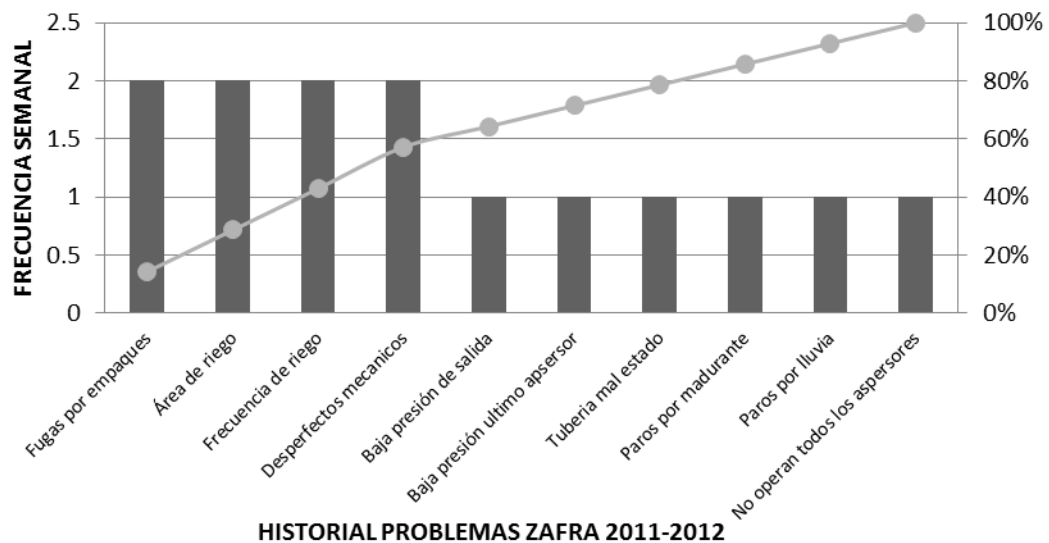


Figura 3.10 Diagrama de pareto equipos miniaspersión, administración Santa María.

3.4.2.2 Administración La Felicidad

A. Aspersión

Conformado por 6 equipos que presentaron 7 causas los cuales afectaron la calidad de aplicación de la lámina de riego (mm).

De estos la operación del equipo sin caudalimetro de medición de caudal (gpm) y la tubería de aluminio de 6" fueron las que sobreparasaron el 80% de la línea de tendencia de pareto (Figura 3.11).

Para estas causas es necesaria la propuesta de soluciones a corto y mediano plazo (Cuadro 3.4).

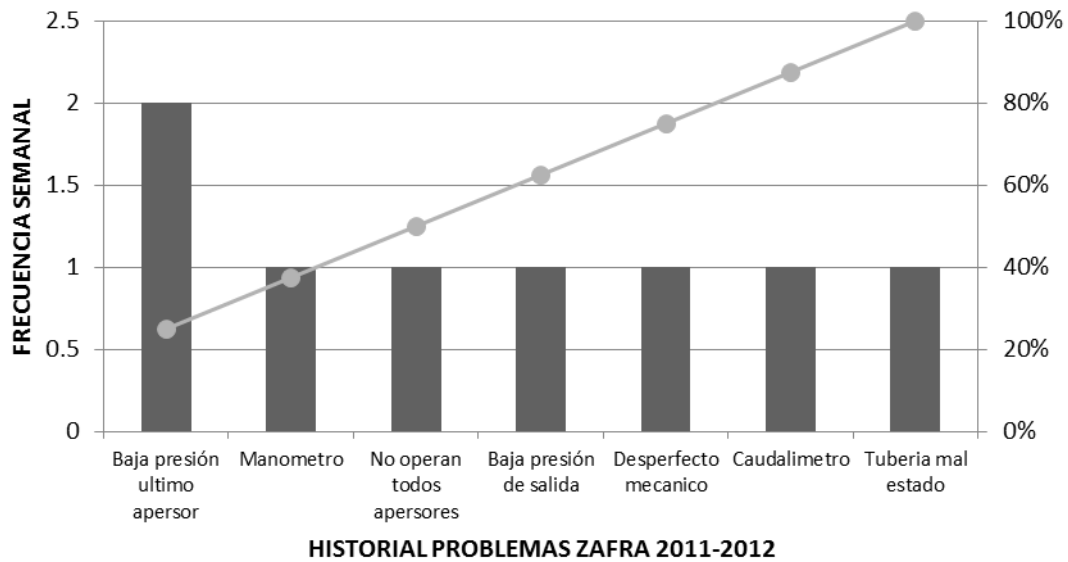


Figura 3.11 Diagrama de pareto equipos aspersión, administración La Felicidad.

B. Miniaspersión

Conformado por 46 equipos de los cuales presentaron 6 causas afectando la calidad de aplicación de la lámina de riego (mm).

De los cuales la baja presión de salida del sistema (psi), la mala distribución de ramales de aluminio y la falta de operación de todos los aspersores, sobrepasaron el 80% de la línea de tendencia de pareto (Figura 3.12).

Para estas causas es necesario la propuesta de soluciones a corto y mediano plazo (Cuadro 3.4).

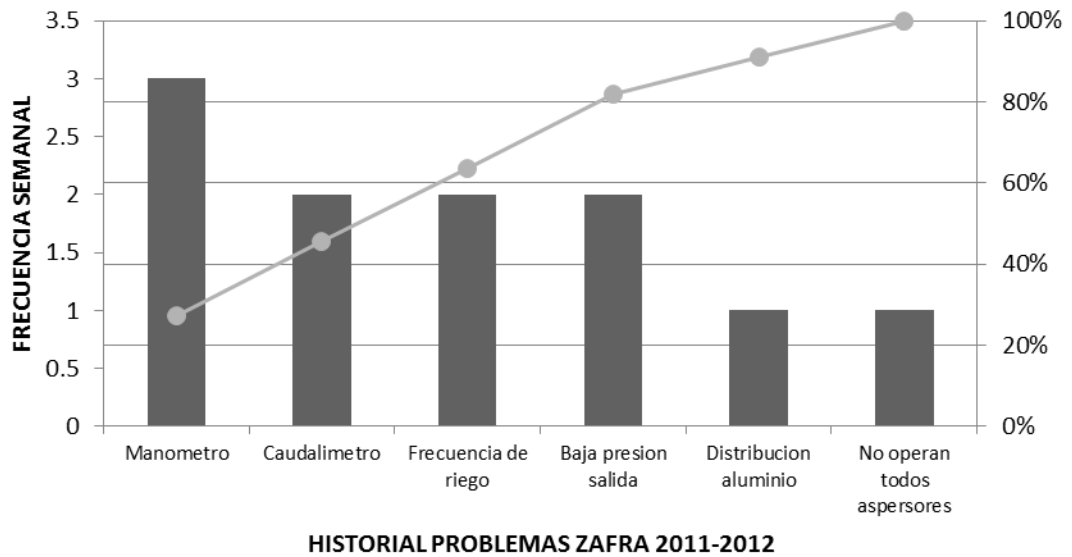


Figura 3.12 Diagrama de Pareto equipos miniaspersión, administración La Felicidad.

3.4.3 Región Oriente

3.4.3.1 Administración Agropesa

A. Aspersión

Conformado por 15 equipos de los cuales presentaron 6 causas que afectaron la calidad de aplicación de la lámina de riego (mm).

De estas la mala distribución de tubería de 6" de aluminio y la falta de caudalímetro para medición de caudal (gpm), fueron las que sobrepasaron el 80% de la línea de tendencia de pareto (Figura 3.13).

Para estas causas es necesaria la propuestas de soluciones a corto y mediano plazo (Cuadro 3.4).

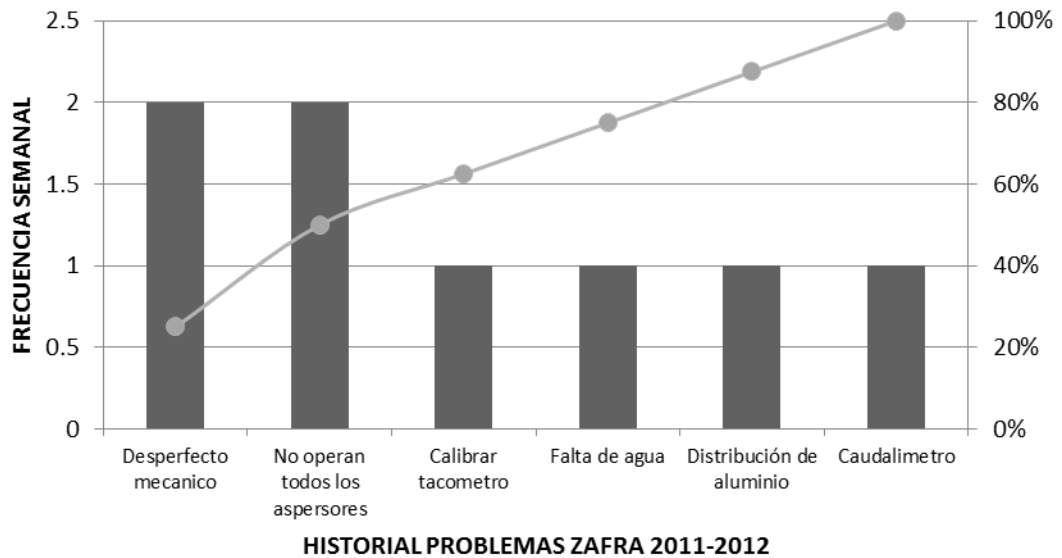


Figura 3.13 Diagrama de pareto equipos aspersión, administración Agropesa.

B. Miniaspersión

Conformado por 26 equipos de los cuales se encontraron 12 causas que afectaron la calidad de aplicación de la lámina de riego (mm).

De estas la baja presión de salida (psi), la baja presión del aspersor crítico (psi) y la falta de operación de los aspersores, sobrepasaron el 80% de la línea de tendencia de pareto (Figura 3.14).

Para estas causas es necesaria la propuesta de soluciones a corto y mediano plazo (Cuadro 3.4).

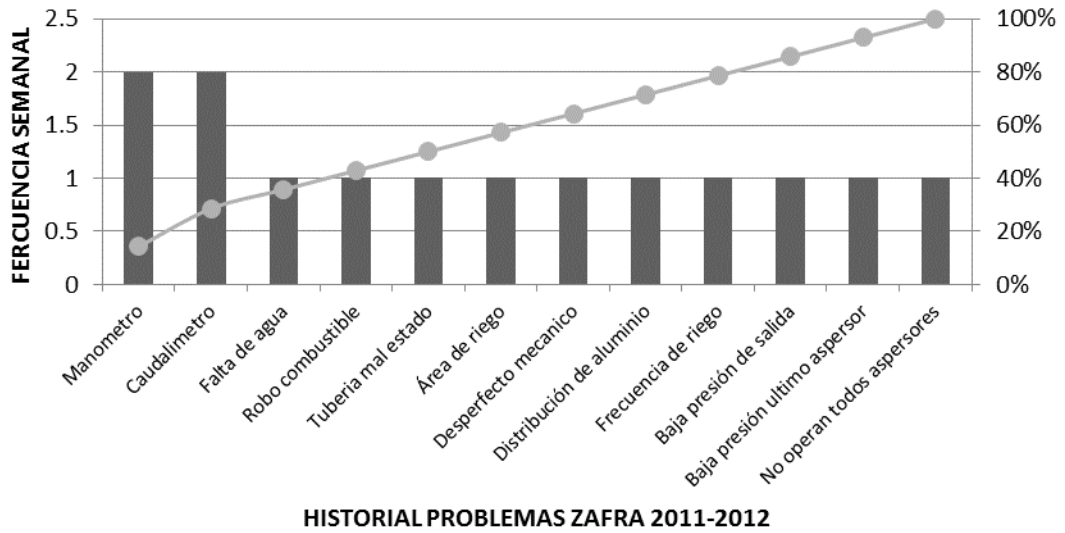


Figura 3.14 Diagrama de pareto equipos miniaspersión, administración Agropesa.

3.4.4 Región Occidente

3.4.4.1 Administración Barranquilla

A. Aspersión

Conformado por 15 equipos de los cuales presentaron 7 causas que afectaron la calidad de aplicación de la lámina de riego (mm).

De estas la falta de agua por las sequias de las norias, la descalibración del tacometro de (rpm) y la falta de caudalimetro (gpm), sobrepasaron el 80% de la línea de tendencia de pareto (Figura 3.15).

Para estas causas es necesaria la propuesta de soluciones a corto y mediano plazo (Cuadro 3.4).

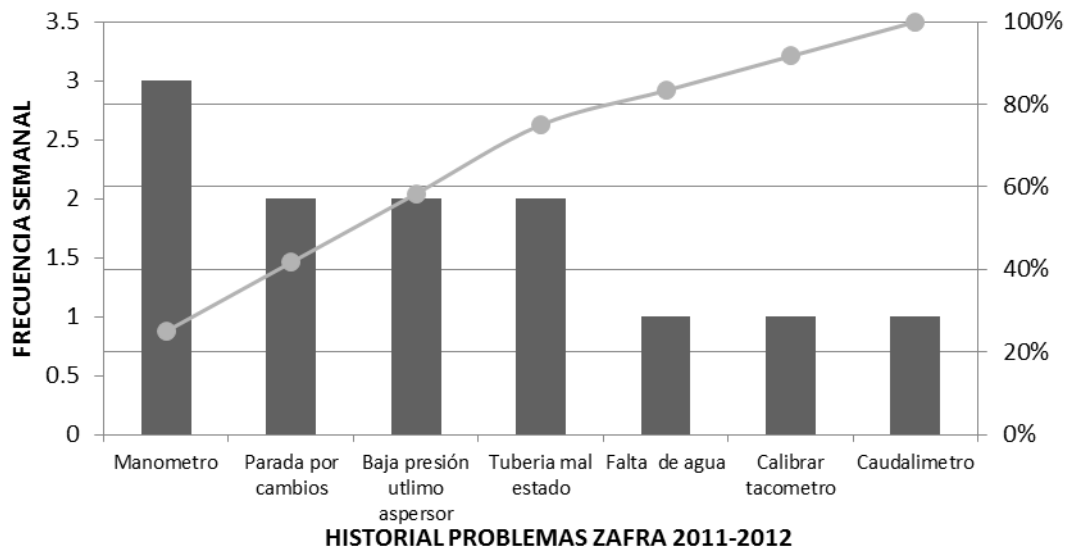


Figura 3.15
Diagrama de Pareto de equipos aspersión, administración Barranquilla.

sión, administración Barranquilla.

B. Miniaspersión

Conformado por 27 equipos de los cuales presentaron 8 causas que afectaron la calidad de la aplicación de la lámina de riego (mm).

De estas la falta de caudalímetro para medición de caudal (gpm) y la falta de operación de todos los aspersores, fueron las causas que sobrepasaron el 80% de la línea de tendencia de pareto (Figura 3.16).

Para estas causas es necesaria la propuesta de soluciones a corto y mediano plazo (Cuadro 3.4).

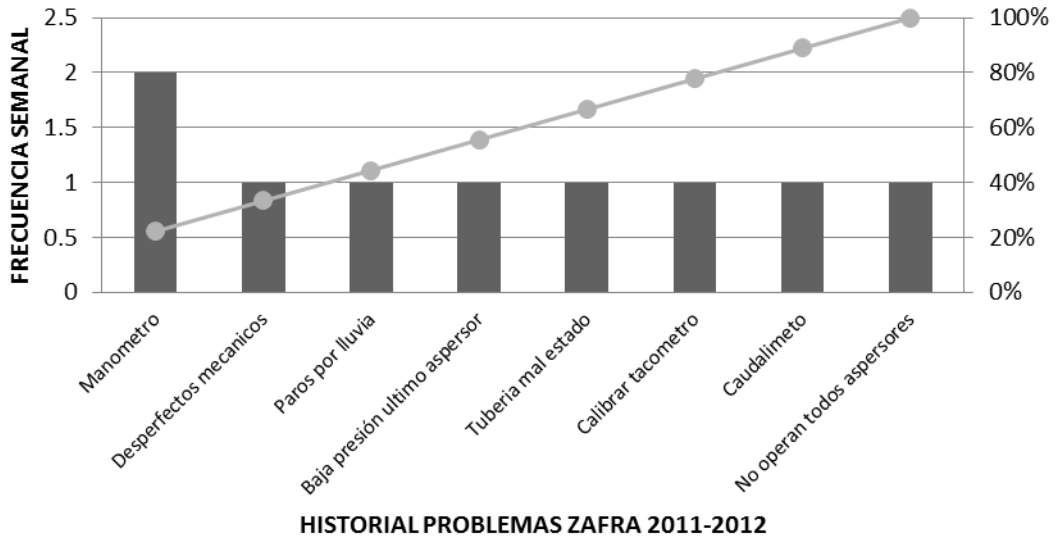


Figura 3.16 Diagrama de pareto equipos miniaspersión, administración Barranquilla.

3.4.4.2 Administración Ican

A. Miniaspersión

Conformado por 20 equipos de los cuales presentaron 7 causas que afectaron la calidad de aplicación de la lámina de riego (mm).

de estas la baja presión del aspersor critico (psi), la baja presión de salida (psi) y la falta de operación de todos los aspersores, sobrepasaron el 80% de la línea de tendencia de pareto (Figura 3.17).

Para estas causas es necesario proponer soluciones a corto y mediano plazo (Cuadro 3.4).

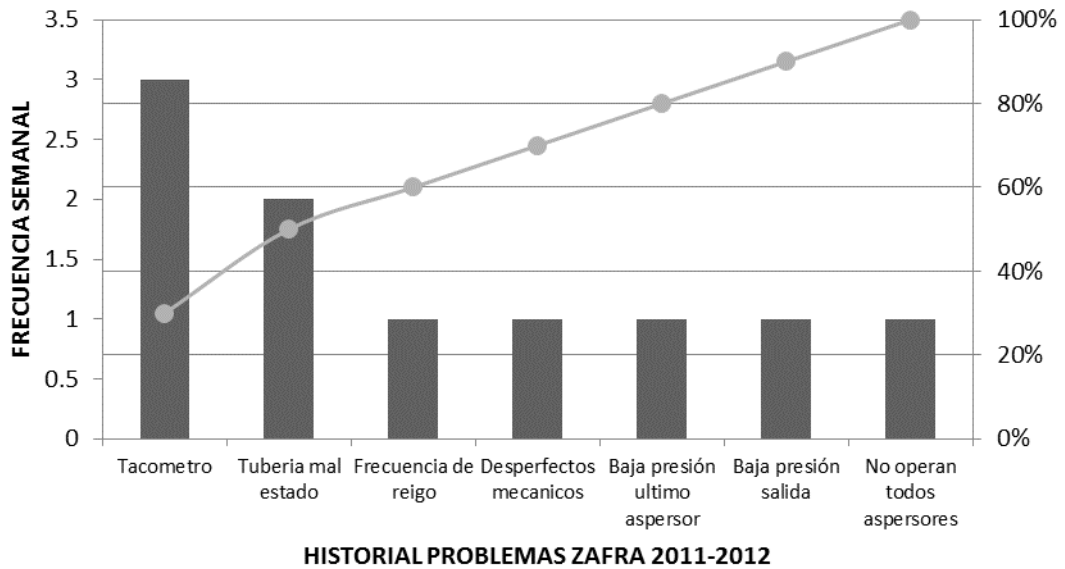


Figura 3.17 Diagrama de pareto equipos miniaspersión, administración Ican.

3.4.4.3 Administración La Maquina

A. Miniaspersión

Conformado por 13 equipos de los cuales presentaron 5 causas que afectaron la calidad de aplicación de la lámina de riego (mm).

De los cuales la baja presión del aspersor critico y la falta de operación de todos los aspersores de diseño, sobrepasaron el 80% de la línea de tendencia de pareto (Figura 3.18).

Para estas causas es necesaria la propuesta de soluciones a corto y mediano plazo (Cuadro 3.4).

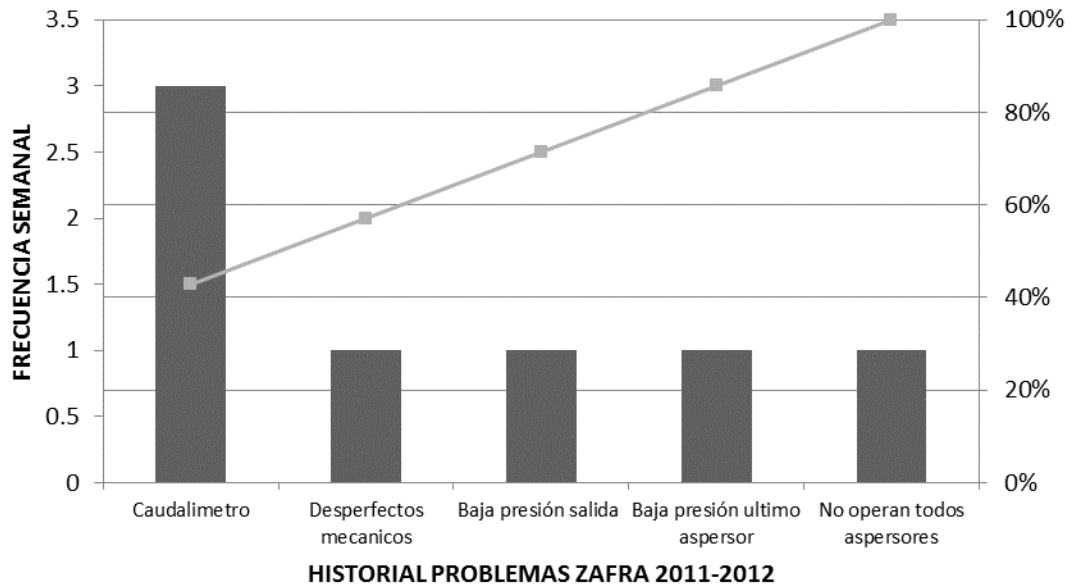


Figura 3.18
Diagrama de Pareto de equipos miniaspersión

n, administración La Maquina.

3.4.4.4 Administración Retalhuleu

A. Miniaspersión

Conformado por 36 equipos, de los cuales mostraron 7 causas que afectaron la calidad de aplicación de la lámina de riego (mm).

De las cuales la falta de caudalimetro para medición de caudales (gpm) y la falta de operación de todos los aspersores, sobrepasaron el 80% de la línea de tendencia de pareto (Figura 3.19).

Para dichas causas es necesario proponer soluciones a corto y mediano plazo (Cuadro 3.4).

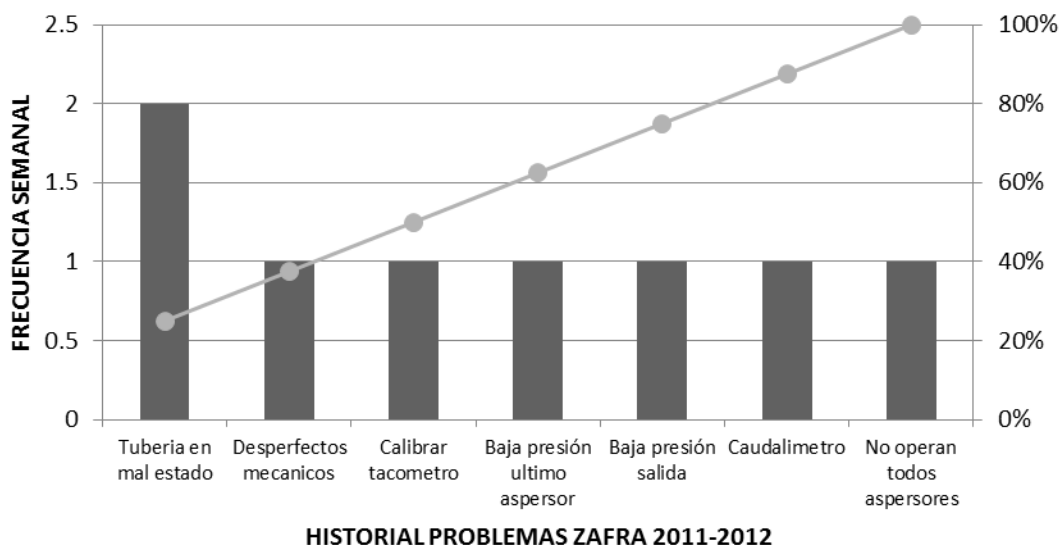


Figura 3.19 Diagrama de pareto equipos miniaspersión, administración Retalhuleu.

3.4.5 Descripción de las causas encontradas y planteamiento de solución

En el Cuadro 3.4 se muestra el nombre de cada una de las causas encontradas como también el efecto negativo que tiene cada una de ellas sobre la aplicación de la lámina de riego requerida, como también se muestran posibles soluciones a estas causas con el fin que los efectos no sean progresivos.

Cuadro 3.4 Descripción de causas, efectos y soluciones encontradas durante el análisis de la información recopilada en campo.

CAUSA	EFEECTO	SOLUCIÓN
Manómetro	Si no se cuenta con este accesorio, no se puede determinar la uniformidad de presión en todo el sistema	Tener este accesorio en stock para suplir rápidamente
Caudalímetro	Sin este accesorio no se puede determinar el caudal general para abastecer toda el área de riego	Suplir la demanda de caudalímetros principalmente a los equipos móviles
Robo combustible	El equipo dejo de operar por robo en promedio se queda sin operar 1 día y medio debido a que tiene que llegar auditoría, deteniéndose la aplicación de riego	Mayor seguridad en los turnos de riego nocturnos contar con patrullas en zonas marginales
Tubería de aluminio	La tubería está generando fugas considerables, perdiéndose así la presión del sistema y caudal.	Realizar inventarios iniciales y finales del estado de la tubería, esto con el fin de descartar. Además mejorar la calidad de reparación.

Área de riego	El supervisor de riegos desconoce el área de cobertura del equipo.	Entregarle los planos de diseños a mayordomos y supervisores a cada proyecto implementado
Desperfectos mecánicos	Equipo parado por algún desperfecto mecánico del motor o algún problema en la bomba. En promedio 1-2 días en espera de asistencia técnica	Apoyo de los administradores para presionar con la reparación del equipo parado.
Distribución aluminio	Mala ubicación de tubería de aluminio muchas veces regando calles, perdiéndose la lámina de riego	Supervisión constante del gestor de calidad y supervisor de riego.
Frecuencia riego	Con frecuencias de riego mayor a 12 días el cultivo empieza a presentar estrés hídrico, dependiendo de la etapa fenológica en la que se encuentre	Cumplir las frecuencias de riego establecidas en el diseño. Utilizando la cantidad de ramales implementados
Presión de salida	Con presiones menores a los rangos establecidos por el diseño la uniformidad del riego será baja	Monitorear constantemente la presión por parte del supervisor de riegos
Aspersores	No se encuentran operando todos los aspersores asignados, en algunos casos no operan 50 aspersores, perdiéndose la uniformidad	Realizar conteo de aspersores semanalmente.

Falta agua	Se encuentran parados por falta de abastecimiento de agua, más frecuente en equipos aspersion debido a las fuentes superficiales.	Llevar controles preventivos de fuentes superficiales de agua.
Calibrar tacómetro	Se encuentra descalibrado el tacómetro del motor comparando con el digital.	Supervisores de riego deben de tener su kit de riego (manómetro con pitot, tacómetro).
Presión ultimo aspersor	La presión del último aspersor se encuentra a -10 psi de presión.	
Fugas por empaques	Esto es debido a que se utilizan empaques genéricos.	Utilizar empaques originales, aunque sea más costosos pero se reducen considerablemente las fugas.
Madurante	Equipos parados de 1 a 2 días por aplicación de madurante.	Análisis de tiempo perdido.
Lluvia	Equipos parados por lluvias.	Manejar el balance hídrico.
Falta combustible	Falta de abastecimiento del tanque de diesel. Paros de por lo menos 8 horas.	Apoyo de administrador de finca para presionar a gasolinera.
Paros cambios	Apagan lo equipos para realizar los cambios de turno.	Bajar rpm del motor acorde a los ramales operando.

3.4.6 Propuesta proyecto gestión de calidad

3.4.6.1 Propuesta ejecución temporada 2013-2014

Para la zafra 2013-2014 se espera cubrir el 100% de los equipos en una semana (lunes a sábado).

Para lograr este objetivo se necesitan 16 gestores de calidad de riego, la distribución requerida se explica en el cuadro 3.5.

Cuadro 3.5 Propuesta de distribución de técnicos para evaluación de equipos temporada 2013-2014.

No De Gestores Asignados	Administración	Total de equipos proyectados	Equipos visitados al día	Equipos visitados a la semana	Tiempo que se cubre toda el área
1	Buganvilia	33	6	36	1 semana
1	Velásquez	28	6	36	1 semana
2	La Felicidad	45	6	36	1 semana
2	Santa María	60	6	36	1 semana
1	Barranquilla	34	6	36	1 semana
1	Ican	26	6	36	1 semana
1	La Maquina	29	6	36	1 semana
2	Retalhuleu	61	6	36	1 semana
2	Agropesa	54	6	36	1 semana
1	Chiquimulilla	21	6	36	1 semana
1	Chaparral Taxisco	33	6	36	1 semana
Total :15 gestores	12 Admon	424 equipos	72 equipos	432 equipos	100% 1 semana

3.4.6.2 Ventajas (nueva propuesta)

- ✓ Se supervisarán 36 equipos de riego en una semana, por lo que se tendrá una cobertura total del 100% (424 equipos).
- ✓ Se hará llegar la información a los gerentes, administradores, jefes de zona y supervisores de riego, para realizar cambios instantáneos en la operación de los motores y distribución del equipo de aluminio.
- ✓ Control continuo de la operación en los equipos de riego.
- ✓ Determinación de las láminas de riego (mm/día) aplicadas semanalmente.
- ✓ Se conocerá el consumo de combustible (gal/hora) de los motores, semanalmente.
- ✓ Continúa asesoría y recomendación del gestor hacia los operadores y ayudantes de riego.
- ✓ Agilizar el reporte de los desperfectos mecánicos en las fincas.
- ✓ La disponibilidad del gestor será de 6 días hábiles a la semana.
- ✓ El horario será de 7:00 am a 5:00 pm
- ✓ Menor distancia a recorrer.

3.4.6.3 Desventajas (Ejecución Actual)

- ✓ Se supervisan 30 equipos por semana, cubriendo un total del 51% (180 equipos).
- ✓ Se obtiene la información de los equipos en 2 semanas y medio como promedio.
- ✓ El movimiento de información de gestor a supervisor o jefe de zona no es fluido.
- ✓ El reporte de desperfectos mecánicos es muy lento.
- ✓ Menor control en la operación de los equipos de riego.
- ✓ Tiempos perdidos por recorridos de sus hogares hacia las fincas.
- ✓ La disponibilidad es de 5 días por semana.
- ✓ Horario de 8 horas por día.

3.4.6.4 Recursos

Recursos necesarios por gestor:

A. Hospedaje y Alimentación: La administración proporcionará vivienda en una de sus fincas y alimentación al gestor asignado, esto con el fin de reducir tiempos perdidos por recorridos.

B. Materiales

- ✓ **Trasporte (Motocicleta Honda XI 200):** El gestor asignado a la administración necesita movilizarse dentro de las fincas para realizar su labor de supervisión.
- ✓ **Combustible:** El abastecimiento de diesel semanal será de 7 galones por semana.

C. Equipo de riego

- ✓ **Tacómetro digital:** Su función es determinar a cuantas revoluciones se encuentra trabajando un motor.
- ✓ **Manómetro con pitot:** Este nos sirve para determinar la presión (psi) de salida de los aspersores.
- ✓ **Cinta métrica:** Esta se utiliza para conocer los distanciamientos entre aspersores, su radio de mojado y también para determinar la altura de succión de los equipos móviles.
- ✓ **Barrenos para muestreos de humedad:** su función es determinar la profundidad de mojado de los lugares donde se aplicó riego 24 horas antes del muestreo.
- ✓ **Talonarios de evaluación:** Estos talonarios serán utilizados en campo estos serán llenados por el gestor en cada equipo supervisado.

3.5 CONCLUSIONES

Se evaluó la operación de 316 equipos completos de riego cubriendo el 88 % del total 359 equipos de aspersión y miniaspersión 359, el período de evaluación fué realizado durante los meses de Noviembre del 2,011 a Mayo del 2,012. El fin de la elaboración de este proyecto fué determinar las condiciones reales en las que opera un equipo de riego, para así determinar sus principales debilidades para buscar soluciones a corto y largo plazo, además se generó una base de datos con la información recolectada por cada gestor de riego en campo.

Se identificó por medio de las evaluaciones realizadas en campo y el análisis de la información para los equipos de miniaspersión estacionario y móvil, se encontraron con mayor frecuencia la baja presión con la que operaba el sistema (PSI), además de la falta de operación de todos los aspersores asignados por el diseño para cada una de las ID y por último la presión de los aspersores.

Se identificó por medio de las evaluaciones realizadas en campo, además de la tabulación y análisis de la información, los principales problemas que tuvieron mayor frecuencia fueron la baja presión con la que operaba la motobomba (PSI) esto no garantizaba la distribución de presión necesaria para levantar los 4 cañones que conforman un equipo de aspersión, por esa razón se encontraron aspersores operando debajo de los 65 psi y por último la falta de caudalímetro para equipos móviles sin este accesorio se desconoce el caudal de salida para alimentar todo el sistema de riego.

Se propuso una solución a los problemas que afectan a los equipos de miniaspersión de tipo estacionarios y móviles, para el caso de la baja presión del sistema es necesaria la constante supervisión involucrando a todo el personal que interviene en las labores de riego en campo, para el caso de la falta de aspersores es necesario ver el estado de estos y además entregar el plano de diseño para que los operadores conozcan como tiene que operar el sistema, y por último para la baja presión de los aspersores es necesaria la entrega de manómetros con pitot a los supervisores de riego para que estos realicen evaluaciones de la presión de los aspersores.

Se propusieron soluciones a los problemas encontrados con mayor frecuencia estos fueron la baja presión de la motobomba, para solucionar esto es necesaria la constante supervisión periódica en campo por todo el personal involucrado en las labores de riego, además para el monitoreo de las presiones de los aspersores es necesario la entrega de manómetros con pitot a todos los supervisores de riego para que estos evalúen y corrijan instantáneamente, y para el caso de la ausencia del caudalímetro es necesaria la implementación de caudalímetros de tipo portátil que faciliten la manipulación en campo.

3.6 RECOMENDACIONES

Constante capacitación y asesoría a mayordomos, supervisores de riego, operadores y ayudantes, ya que en algunos casos desconocen el uso apropiado del equipo.

Selección de equipo comparativo por administración y sistema de riego (aspersión, miniaspersión) utilizando caudalímetro y manómetro electrónico, esto con el fin de conocer su comportamiento durante todo el período de riego.

Instalación de caudalímetros en equipos de aspersión móvil.

Realizar estudios sobre láminas aplicadas en campo.

Realizar análisis económicos de rentabilidad de sistemas de riego.

Elaborar un protocolo para implementar las funciones que tiene cada persona que interviene en la operación del riego.

3.7 BIBLIOGRAFÍA

1. Barneond, J. 2011. Análisis de la operación del riego por aspersión en caña de azúcar (*Saccharum* sp.) con fines de mejoras técnicas y económicas; Ingenio Magdalena S.A. Escuintla, Guatemala. 10 p.
2. MAGRISA, GT. 2012. Manual de control preventivo de motores de disel para estaciones de bombeo fijas y movolies; departamento de taller Ingenio Magdalena S.A. Escuintla, Guatemala. 17 p.
3. Pinto, J. 2011. Diseño del sistema de riego por miniaspersión para caña de azúcar (*Saccharum* spp.) finca San Nicolás, parcelamiento La Maquina, Cuyotenango; Ingenio Magdalena S.A. EPSA Investigación. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 79 p.
4. Sandoval, JE. 2007. Principios de riego y drenaje. Guatemala, USAC, Editorial Universitaria. p. 31-158.

3.8 ANEXOS

Cadro 3.6 A Boleta de campo, para evaluación de sistemas aspersión y miniaspersión.

Ingenio Magdalena S.A		Departamento de Ingeniería Agrícola			
BOLETA DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS ASPERSIÓN Y MINIASPERSIÓN					
Gestor Asignado	<input type="text"/>				
Ubicación					
Fecha	<input type="text"/>	Región	<input type="text"/>	Administración	<input type="text"/>
Zona	<input type="text"/>	Finca	<input type="text"/>	Modulo	<input type="text"/>
Fase Fenologica del Cultivo	<input type="text"/>	ID del Equipo	<input type="text"/>		
Información Equipo					
Sistema de Riego	<input type="text"/>	Operación	<input type="text"/>	Modelo Motor	<input type="text"/>
Modelo Bomba	<input type="text"/>	Fuente	<input type="text"/>	Altura Succión (m)	<input type="text"/>
Estación de Bombeo					
Motor					
Horometro	<input type="text"/>	RPM Motor	<input type="text"/>	RPM Digital	<input type="text"/>
Caudal					
Tipo Caudalimetro	<input type="text"/>	Correlativo Caudalimetro	<input type="text"/>	Caudal (gpm)	<input type="text"/>
Presión Sistema (PSI)	<input type="text"/>				
Equipo Aluminio					
Aspersores					
Modelo Aspersor	<input type="text"/>	Aspersores Asignados	<input type="text"/>	Aspersores en Operación	<input type="text"/>
Caudal Primer Aspersor (gpm)	<input type="text"/>	Caudal Ultimo Aspersor (gpm)	<input type="text"/>	Presión Primer Aspersor (PSI)	<input type="text"/>
Presión Ultimo Aspersor (PSI)	<input type="text"/>	Cantidad Prolongadores	<input type="text"/>		
Distribución de Tubería					
Tubería Asignada	<input type="text"/>	Tubería en Operación	<input type="text"/>	Cantidad Fugas Encontradas	<input type="text"/>
Calidad de Distribución	<input type="text"/>				
Parametros de Riegos					
Lamina de Riego Aplicada (mm)	<input type="text"/>	Frecuencia de Riego (dias)	<input type="text"/>	Turnos de Riego	<input type="text"/>
Horas por turno de riego	<input type="text"/>	Área regada por turno (ha)	<input type="text"/>		
Observaciones Generales	Codigos para equipos parados		Reporte de equipo parado		
	1 Reparación Motor	9 Falta de caña	Tiempo parado	Codigo	
	2 Mantenimiento Equipo	10 Falta de Agua			
	3 Falta de Combustible	11 Reparación de Accesorio			
	4 Falta de Accesorio Motor	12 Equipo en Taller			
	5 Traslado de Equipo	13 Fallas Motobombas			
	6 Traslado de Equipo	14 Abastecimiento Combustible			
	7 Falta de Transporte	15 Falta Asistencia de taller			
	8 Lluvia	16 Aplicación de madurantes			

